

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVES

| AgroParisTech | TRAVAUX D'ÉLÈVES |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TITRE : Contribution à l'optimisation de la mobilisation des bois par l'étude de la desserte, en forêt publique du massif des Vosges | Mots clés : Desserte, mobilisation, bois, forêt, montagne, Vosges, accessibilité, Sylvaccess, SIG |
| AUTEUR(S) : Paul PETITDEMANGE | Promotion : 24 ème |
| Caractéristiques : 1 Volume ; 69 Pages ; 19 Figures ; 7 Annexes ; 0 Cartes ; bibliographie | |

CADRE DU TRAVAIL

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : | | |
| Office National des Forêts | | |
| Nom du responsable : Odile Mougeot | | |
| Fonction : Cheffe du service forêt, Agence ONF de Mulhouse | | |
| Nom du correspondant AgroParisTech : Philippe Durand | | |
| <input type="checkbox"/> Spécialité Ressources forestières et filière bois (RFF) | <input type="checkbox"/> Stage 2A <input checked="" type="checkbox"/> Stage fin d'études Date de remise : 7/10/2016 | <input type="checkbox"/> Autre |

SUITE À DONNER (réservé au Service des Etudes)

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Consultable et diffusable <input type="checkbox"/> Confidentiel de façon permanente <input type="checkbox"/> Confidentiel jusqu'au/...../..... , puis diffusable |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Contribution à l'optimisation de la mobilisation des bois par l'étude de la desserte, en forêt publique du massif des Vosges



Mémoire de dominante d'approfondissement ressources forestières et filière bois (RFF)

Tutrice en entreprise : Odile MOUGEOT
Enseignant référent : Philippe DURAND

Paul PETITDEMANGE

2015/2016

Illustration de la page de couverture : tracteur forestier à câble sur une piste de la forêt vosgienne

Crédit photo : Paul PETITDEMANGE

Agro Paris Tech - Centre de Nancy
Office national des forêts - Agence territoriale de Mulhouse

Contribution à l'optimisation de la mobilisation des bois par l'étude de la desserte, en forêt publique du massif des Vosges

Mémoire de dominante d'approfondissement ressources
forestières et filière bois (RFF)

Tutrice en entreprise : Odile MOUGEOT

Enseignant référent : Philippe DURAND

Paul PETITDEMANGE

2015/2016

Résumé

Dans un contexte qui promeut les énergies renouvelables, l'ONF s'est engagé auprès de l'Etat dans le contrat d'objectif et de performance 2016-2020 à augmenter le volume de bois mis en vente en forêt communales de 0,8 millions de m³. Agir sur la desserte est l'un des moyens d'optimiser la mobilisation des bois. Dans cette optique, l'agence territoriale ONF de Mulhouse constate qu'en forêt de montagne des Vosges il y a fréquemment des portions de forêts non desservies. En ne considérant que le tracteur forestier qui est le moyen de débardage le plus répandu, quelle est alors la surface de forêt non desservie et où sont ces surfaces ? Quelles sont les surfaces à desservir prioritairement ? Pour répondre à cela, nous avons mis en place et appliqué une méthode de mise à jour de la desserte afin d'avoir une base de données actualisées. Après quoi, nous avons étudié l'accessibilité des forêts de production à l'aide du modèle *Sylvaccess*. Les paramètres ont été adaptés aux conditions locales. Enfin nous avons mis au point une estimation de l'enjeu économique pour une exploitation à court terme des surfaces non desservies en utilisant les données issues des inventaires d'aménagement. Nous avons trouvé 3 310 ha de forêt non desservis sur les 16 059 ha de forêt de production. Parmi cette surface on retrouve 459 ha de surfaces non desservies qui font plus de 5 ha d'un seul tenant. La cohérence des résultats a été vérifiée par une simple visite de terrain. Les résultats ont été compilés sous forme de cartes et de tableaux de synthèse par forêt afin de pouvoir être utilisés par les forestiers de terrain et les aménagistes. La véritable évaluation des informations produites proviendra des retours qui seront faits par les utilisateurs. Il serait facile de reproduire une telle étude dans d'autres massifs et il serait alors judicieux de la compléter par une estimation des zones accessibles au câble mât, ce que *Sylvaccess* est en mesure de faire.

Today renewable energies are promoted, and the french national forest office committed to increasing the volume of wood coming from communal forest by 0.8 million m³. Acting on the forest road network is one way to harvest more wood. From this perspective the territorial agency of the national forest office of Mulhouse often observe parts of forest non provided by the roads dans tracks network in the Vosges mountains. In order to optimize the volume of wood harvested, and considering only the skidder which is the main way of skidding in the area, what is the surface of non accessbile forest and where are those surfaces ? What surface to provide access to in priority? To answer that and to get an actualised data set we have built and used an updating process of the forest roads and tracks network. After that we have studied the accessibility of the production forests with a model : *Sylvaccess*. The setting have been adapted to the local conditions. Eventually we have created an estimation of the economic stakes for a short terme exploitation of the non accessible forest areas. It has been built with the forest management plan inventory data. We have found 3 310 ha of non provided forest on 16 059 ha of production forest. Among the non provided surface we have encountered 459 ha of non provided forest which areas are bigger than 5 ha a single piece. The results consistency have been checked by a simple field visit. The results have been combined in maps and synthetics tables per public forest in order to be used by field foresters. The true evaluation of the producted informations will come from the feedbacks of the users. It would be easy to reproduce this study in other forests. Hence completing the study with an estimation of aerial cable provided surfaces would be useful. Such a thing can be done with *Sylvaccess*.

Remerciements

Je remercie tout d'abord l'ONF de m'avoir permis de faire mes deux dernières années d'étude en apprentissage et de travailler sur des sujets si intéressants. Plus particulièrement, je voudrais remercier Odile Mougeot d'avoir été ma tutrice en entreprise, de m'avoir guidé et conseillé dans mon travail. Je remercie également Philippe Durand d'avoir pris de son temps pour encadrer ce stage en tant que tuteur enseignant Agro Paris Tech.

Je souhaite aussi remercier toutes les personnes que j'ai rencontrées et qui ont contribué plus ou moins directement aux résultats de l'étude : les agents patrimoniaux et les responsables d'UT de Saint Amarin, de la Doller Basse-Largue, de la Thur, Patrick Tibiletti, Rodolphe Pierrat, Nicolas Degarne, Roger Notter, Marie-Noëlle Gillot et tous ceux que j'oublie...

Je remercie également tous mes collègues de l'agence de Mulhouse, pour l'ambiance chaleureuse et riante où les jeux de mots pouvaient pleuvoir certains jours. Je pense particulièrement à mon collègue de bureau Claude Villard et Lucie Bouchereau qui lui a succédé.

Je voudrais aussi citer ma famille, qui m'a soutenu bien plus qu'elle ne pourrait le penser. Merci.

« [...] afin qu'en toutes choses Dieu soit glorifié » (Règle de Saint Benoît 57, 7-9)

Avertissement

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Remerciements | 1 |
| Avertissement | 2 |
| Table des illustrations..... | 7 |
| Table des abréviations | 8 |
| INTRODUCTION..... | 9 |
| 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS | 10 |
| 1.1 Une volonté politique d'augmenter la mobilisation des bois | 10 |
| 1.1.1 Qu'est-ce que la mobilisation des bois..... | 10 |
| 1.1.2 Le soutien financier accordé à la desserte | 11 |
| 1.2 La desserte forestière, point clé pour une mobilisation efficace des bois..... | 11 |
| 1.2.1 La constitution de la desserte..... | 11 |
| 1.2.2 L'importance de la distance de traîne et de la densité de la desserte..... | 12 |
| 1.2.3 L'importance des systèmes d'information géographique | 13 |
| 1.3 La zone d'étude, le sud-est du massif des Vosges..... | 14 |
| 1.3.1 Les Vosges cristallines région montagneuse et productive | 14 |
| 1.3.2 Un réseau de desserte dense qui demande à être mis à jour | 15 |
| 1.3.3 Le tracteur forestier comme mode de débardage privilégié | 15 |
| 1.4 Une desserte façonnée par différents acteurs..... | 17 |
| 1.4.1 L'office national des forêts et l'agence de Mulhouse | 17 |
| 1.4.2 Les schémas de desserte forestière : des outils au service de la filière..... | 18 |
| 1.5 Sylvaccess un logiciel pour étudier la desserte forestière | 18 |
| 1.5.1 Plusieurs moyens de cartographier l'accessibilité des forêts..... | 18 |
| 1.5.2 Simuler l'accessibilité au tracteur forestier | 19 |
| 1.6 Objectifs de l'étude | 22 |
| 1.6.1 Rappel de la problématique | 22 |
| 1.6.2 Trois objectifs principaux..... | 22 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.6.1 | Développer des outils d'aide à la décision | 23 |
| 2. | MATERIEL ET METHODE..... | 24 |
| 2.1 | Mise à jour de la desserte | 24 |
| 2.1.1 | Entretien de mise à jour avec les agents patrimoniaux..... | 24 |
| 2.1.2 | L'opportunité du LiDAR..... | 25 |
| 2.1.3 | Acquisition des relevés GPS d'associations syndicales autorisées | 26 |
| 2.2 | Cartographie des zones de forêts publiques non desservies par le tracteur forestier..... | 26 |
| 2.2.1 | Préparation des données | 26 |
| 2.2.2 | Paramétrage de <i>Sylvaccess</i> | 28 |
| 2.2.1 | Définition de zones où des cloisonnements peuvent être mis en place | 28 |
| 2.2.2 | Les distances de débusquage | 28 |
| 2.2.3 | Mise en forme des cartes et distance de traîne..... | 29 |
| 2.3 | Estimation de l'enjeu économique de l'exploitation des zones non desservies | 30 |
| 2.3.1 | Les données utilisées | 30 |
| 2.3.2 | Assembler les données avec un arbre de décision | 31 |
| 2.4 | Pertinence des résultats..... | 32 |
| 3. | RESULTATS..... | 34 |
| 3.1 | Des forêts inégalement équipées | 34 |
| 3.2 | Un réseau de desserte qui reflète plus fidèlement la réalité..... | 36 |
| 3.2.1 | Plus de pistes que de routes | 36 |
| 3.2.2 | Des places de dépôt et des places de retournement en sous nombre | 36 |
| 3.3 | Cartographie des zones de forêts publiques non desservies par le tracteur forestier et zones cloisonnables | 37 |
| 3.4 | Estimer la rentabilité économique de l'exploitation de ces zones non desservies | 38 |
| 3.4.1 | La couche produite | 38 |
| 3.4.2 | Une majorité de petites macro-zones..... | 39 |

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.3 | L'enjeu économique sur la zone d'étude | 41 |
| 3.5 | Estimation du volume supplémentaire mobilisable | 42 |
| 4. | DISCUSSION ET PROPOSITIONS | 44 |
| 4.1 | Une mise à jour rapide | 44 |
| 4.2 | Des places de dépôt à définir | 44 |
| 4.3 | La distances de traîne, la densité et la répartition du réseau | 45 |
| 4.4 | Les surfaces non desservies | 46 |
| 4.5 | Les surfaces cloisonnables | 47 |
| 4.6 | L'estimation de l'enjeu économique | 47 |
| 4.7 | Valoriser des zones non desservies en ilots de senescence | 48 |
| 4.8 | Que faire pour la suite avec les données produites | 49 |
| | CONCLUSION | 50 |
| | BIBLIOGRAPHIE | 51 |
| | LISTE DES CONTACTS | 53 |
| | TABLE DES ANNEXES | 55 |
| | Annexe 1 : Evolution de la distance de débusquage en fonction de la pente | 56 |
| | Annexe 2 : Mode opératoire pour la mise à jour de la desserte forestière d'une forêt | 57 |
| | 1 Environnement SIG | 57 |
| | 2 Support de suivi | 58 |
| | 2.1 Mise à jour | 58 |
| | 2.2 Préalable | 59 |
| | 2.3 Les attributs | 59 |
| | 2.3.1 Le nom de la route | 59 |
| | 2.3.2 La classe administrative | 59 |
| | 2.3.3 La nature | 59 |
| | 2.3.4 L'origine | 59 |
| | 2.3.5 La date de mise à jour | 59 |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----|
| 2.4 | Suppression ou création de desserte | 60 |
| 2.4.1 | Connecter le nouveau tronçon | 60 |
| 2.4.2 | Segmenter les tronçons | 61 |
| 2.5 | Recalage de la desserte | 61 |
| 2.6 | L'image Lidar est décalée de 4m..... | 61 |
| 3 | Recommandations diverses | 62 |
| 3.1 | Lors de la prise de rendez vous..... | 62 |
| 3.2 | Après une session de travail | 62 |
| Annexe 3 : Code Python reprenant le fonctionnement de l'arbre de décision pour estimer l'enjeu économique..... | | 63 |
| Annexe 4 : Exemple de carte synthétique des résultats | | 67 |
| Annexe 5 : Exemple de fiche synthétique des résultats | | 68 |
| Annexe 7 : Liste des zones non desservies de plus de 5 ha | | 69 |

Table des illustrations

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Chaîne de la mobilisation de bois (P. PETITDEMANGE)..... | 10 |
| Figure 2 : Différence entre une couche vectorielle (à gauche) et une couche raster (à droite) (source : Esri) | 13 |
| Figure 3 : Plan de situation de la zone d'étude dans le Haut-Rhin (68) (source : ONF)..... | 14 |
| Figure 4: Tracteur forestier à câble (à gauche) et porteur forestier (à droite) (crédits : P.PETITDEMANGE) | 16 |
| Figure 5 : Distance de débusquage maximale moyenne en fonction de la pente, inspiré de CLOUET et al., 2010. | 16 |
| Figure 6 : Entrées et sorties du logiciel <i>Sylvaccess</i> (P.PETITDEMANGE)..... | 20 |
| Figure 7 : Exemple de rendu de la cartographie de l'accessibilité d'une forêt estimée avec <i>Sylvaccess</i> | 21 |
| Figure 8 : Illustration du principe de machine d'exploitation forestière à treuil synchronisé (crédits photo : P. PETITDEMANGE)..... | 23 |
| Figure 9 : Image du MNT issu du LiDAR (source : ONF) | 26 |
| Figure 10 : Préparation des données pour <i>Sylvaccess</i> | 27 |
| Figure 11: distance de débusquage selon les agents patrimoniaux..... | 29 |
| Figure 12 : Schéma du processus de création du raster estimant l'enjeu économique de l'exploitation de peuplements non desservis | 31 |
| Figure 13: Arbre de décision pour estimer l'enjeu économique associé à l'exploitation des peuplements non desservis | 33 |
| Figure 14 : Histogramme de la densité de places de dépôt et de places de retournement par forêt | 35 |
| Figure 15 : Carte extraite de la couche SIG de l'estimation de l'enjeu économique en cas d'exploitaion (source : ONF)..... | 38 |
| Figure 16: Illustration du découpage des macro-zones et de l'estimation de l'enjeu économique (source : ONF) | 39 |
| Figure 17 : Diagramme de distribution du nombre de macro-zones en fonction de leur surface..... | 41 |
| Figure 18 : Place dépôt non aménagée le long d'une route forestière (crédit photo : P. PETITDEMANGE). | 44 |
| Figure 19 : Distance de débusquage en cas de talus infranchissable..... | 46 |

Table des abréviations

ONF : Office national des forêts

DG : direction générale

DT : délégation territoriale

ATE : agence territoriale

UT : unité territoriale

FEADER : fond européen agricole pour le développement rural

PDR : plan de développement rural

MAAF : Ministère de l'agriculture de l'alimentation et de la forêt

MNT : modèle numérique de terrain

ETF : entreprise de travaux forestiers

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

SIG : système d'information géographique

EPIC : établissement publique à caractère industriel et commercial

TOM : territoires d'outre-mer

SDDF : schéma directeur de desserte forestière

SRDF : schéma régional de desserte forestière

ASA : association syndicale autorisée

FCBA : Institut technique forêt cellulose bois-construction ameublement

LiDAR : *light detection and ranging*

GPS : *global positioning system*

INTRODUCTION

La politique européenne actuelle encourage le développement des énergies renouvelables dont le bois fait partie. Il ressort que dans les forêts publiques gérées par l'agence de l'Office national des forêts (ONF) de Mulhouse, lors de la validation des états d'assiette¹, certaines parcelles ou parties de parcelles sont supprimées faute d'une desserte suffisante. La desserte forestière est l'un des leviers d'action à disposition pour augmenter le volume de bois mis à disposition de la filière. Il serait possible d'agir sur la sylviculture, les essences cultivées, le suivi des programmes de coupe par exemple. Si l'on revient au constat fait à l'ONF de Mulhouse, il manque en effet des tronçons de desserte forestière pour rendre accessible tout ou parties de certaines parcelles qui mériteraient d'être exploitées. Ces situations se rencontrent principalement dans les forêts du massif vosgien là où les fortes pentes contraignent l'exploitation sylvicole et rendent la mise en place de voiries plus difficile qu'ailleurs. Le terme d'exploitation sylvicole désigne ici les étapes d'abattage des bois jusqu'à leur mise en dépôt en forêt. De plus l'ONF s'est engagé auprès de l'Etat dans le contrat d'objectif et de performance 2016-2020 à augmenter le volume mis en vente en forêts communales de 0,8 millions de m³. Dans ce contexte, **les questions posées par le service forêt de l'agence sont les suivantes :**

- Quelle est l'importance des zones de forêt non desservies sur la part de massif vosgien gérée par l'agence ? Où ces zones sont-elles localisées ?

Cette interrogation implique d'avoir une base de travail de qualité. Ce travail nécessite de disposer d'une cartographie exhaustive et fiable du réseau de desserte existant. La mise à jour du réseau de desserte existant dans sa position spatiale et son accessibilité aux véhicules sera nécessaire.

- Quelles seraient les surfaces à rendre accessible en priorités le cas échéant ?

Ces deux questions précises seront contenues dans une problématique plus large que l'on pourrait exprimer de la façon suivante :

-Comment optimiser la mobilisation des bois en forêt de montagne des Vosges ?

Cette interrogation guidera le développement de la réflexion tout au long de ce mémoire. Elle nous mènera aussi à définir les problématiques propres au massif vosgien.

¹ Les états d'assiette sont les prévisions des coupes par parcelle qui vont être effectuées l'année suivante. Le programme est établi suivant le document d'aménagement de la forêt et suivant les propositions faites suivant les circonstances (oubli, risque sanitaire, demande de la commune ...).

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 Une volonté politique d'augmenter la mobilisation des bois

Différents plans, projets et lois visent à promouvoir le développement de la filière forêt-bois en France. On peut citer le Grenelle de l'Environnement en 2007 qui prévoit d'augmenter la récolte de bois de 23 millions de m³ d'ici 2020, la loi d'avenir sur la forêt du 13 octobre 2014 qui donne des orientations pour la filière forêt-bois dans les 10 années qui viennent, ou encore la loi sur la transition énergétique du 22 juillet 2015 qui planifie un passage à 32 % d'énergie renouvelable en 2030 dont 40% en biomasse et donc en partie de bois. La politique européenne va aussi dans ce sens et soutien le développement de la filière forêt bois avec des aides distribuées par le fond européen agricole pour le développement rural (FEADER). Cette aide est déclinée sur le territoire français sous forme de plans de développement rural (PDR). L'Etat et les régions participent financièrement à cette aide.

Ces lois et plans sont composés de divers volets visant à soutenir le tissu industriel de transformation du bois, ainsi que l'ensemble des acteurs qui participent à la production du bois que ce soit par la gestion des forêts ou leur exploitation. Dans cette partie nous allons exposer ce qu'est la mobilisation des bois, nous détaillerons ensuite la partie du PDR qui a trait aux forêts, pour enfin nous arrêter sur les subventions qu'il est possible d'obtenir lors de la création de desserte forestière.

1.1.1 Qu'est-ce que la mobilisation des bois

La mobilisation des bois peut être définie de la façon suivante : il s'agit du transfert du volume de bois contenu dans un arbre du lieu où l'arbre grandit jusqu'à son lieu de transformation. On peut la décomposer en plusieurs étapes (Figure 1). Tout d'abord l'exploitation des bois qui comprend, l'abattage des arbres, le débusquage qui

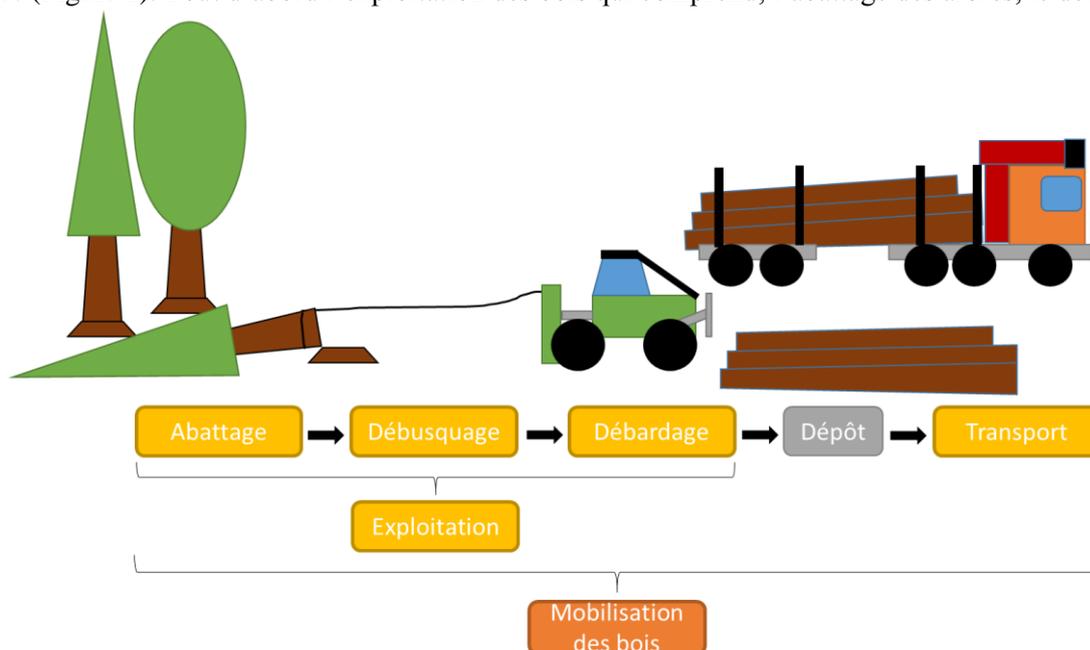


Figure 1 : Chaîne de la mobilisation de bois (P. PETITDEMANGE)

consiste à ramener les grumes de la forêt jusqu'à une piste – nous détaillerons ce qu'est une piste dans le paragraphe 1.2.1 -, le débardage où les grumes sont amenées de la piste jusqu'à une place de dépôt à proximité d'une route forestière, et enfin le transport des bois par camion jusqu'au site industriel de transformation qui peut être une scierie, une papèterie par exemple.

En somme, la mobilisation des bois désigne le nœud de communication entre la filière forêt et la filière bois. Il y a un enjeu important à ce que cette interface fonctionne de façon optimale pour que le bois des forêts se vende correctement et que les transformateurs du bois trouvent à s'approvisionner.

Comme évoqué en introduction de cette partie, l'Europe, la France et les régions sont conscientes de cet enjeu et mettent en place une politique d'aide au fonctionnement de la filière forêt-bois, ce que nous allons voir plus en détail dans le point suivant.

1.1.2 Le soutien financier accordé à la desserte

Par le biais du plan de développement rural d'Alsace, les propriétaires forestiers peuvent bénéficier d'aides pour mieux équiper leur massif forestier. Ceci améliore aussi le fonctionnement de la filière. Le financement provient de l'union européenne via le FEADER d'une part et du ministère de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt (MAAF) d'autre part. Le PDR est mis en application par les préfets avec des spécificités propres à chaque région. Ce plan a fait l'objet d'une première programmation sur la période 2007-2013 et aujourd'hui nous sommes dans la deuxième programmation pour les années 2014 à 2020.

Le module 125A du PDR, traite du soutien à la desserte forestière et observe les choses suivantes : « La France souffre d'un déficit de mobilisation du bois, souvent par manque d'accessibilité des parcelles forestières, notamment dans des zones montagneuses. Le développement de la desserte forestière constitue donc un enjeu majeur pour permettre de "sortir" le bois et d'améliorer l'approvisionnement de la filière aval. » L'Agence ONF de Mulhouse corrobore ce constat par sa demande de localisation des zones de forêt non desservies. Il résulte de ce module 125A une possibilité de subventionner des travaux d'amélioration ou de création de desserte au sein des massifs forestiers qui répondent à un cahier des charges spécifique. En Alsace notamment, il faut que le montant de la subvention des travaux soit supérieurs à 5000 € (FRATACCI, 2015). L'objectif du PDR sur ce point est d'accéder à une ressource en bois aujourd'hui inaccessible dans des conditions économiques supportables.

1.2 La desserte forestière, point clé pour une mobilisation efficace des bois

1.2.1 La constitution de la desserte

Par desserte forestière on comprend principalement deux éléments à l'intérieur du massif forestier permettant la mobilisation des bois : le réseau routier et les équipements. Dans ce réseau routier on distingue trois principales catégories de voirie : les routes forestières, les pistes forestières, et les cloisonnements

d'exploitation. Il s'agit de la nomenclature utilisée par l'ONF. Tous trois sont définis dans le guide technique de l'ONF de travaux routiers forestier en plaine et colline (Office national des forêts, 2014).

Les routes forestières permettent la circulation des grumiers, autres camions et voitures. Elles sont en général empierrées ou parfois revêtues de bitume.

Les pistes forestières ne permettent pas la circulation des camions. Elles sont prévues pour la circulation des engins d'exploitation, tels que les tracteurs forestiers, porteurs, ou machines de bucheronnage. Elles peuvent être empierrées ou en terrain naturel suivant la portance du sol. Dans le massif vosgien, elles sont en terrain naturel.

Les cloisonnements d'exploitation sont à l'instar des pistes, prévus pour la circulation des engins d'exploitation uniquement. Lors de leur ouverture, on ne réalise pas de travaux de terrassement, on abat simplement les arbres sur l'emprise du cloisonnement. Ils sont généralement implantés dans le sens de la plus forte pente et régulièrement espacés entre eux de 20 à 40 mètres. Les cloisonnements constituent des voies de circulation obligatoires dans le peuplement.

Il existe aussi des équipements de la desserte qui peuvent être des moyens de franchir des cours d'eau (passages à gué, passages busés, ponts...), des places de dépôt de bois, ou des places de retournement pour les grumiers. Ces équipements sont situés sur les routes forestières la plupart du temps.

1.2.2 L'importance de la distance de traîne et de la densité de la desserte

Un des enjeux associés aux pistes est la distance de débardage. Si cette dernière dépasse 1000 mètres pour relier la zone d'exploitation des arbres à une place de dépôt située généralement au niveau d'une route forestière, cela engendre un surcoût d'exploitation non négligeable de l'ordre de 2 à 3 €/m³ (source : communication personnelle, ONF). Il est utile de rappeler que le transport du bois par grumier coûte à distance égale, bien moins cher que le débusquage et le débardage par tracteur forestier.

L'importance de la distance de traîne est liée à la densité de piste, de routes et de places de dépôt. Pour les régions montagneuses, on trouve dans la littérature des recommandations de densité de piste de 40 à 50 ml/ha et d'environ 35 ml/ha à propos routes (Société Forestière de Franche-Comté, 2002). Ces recommandations sont toutefois à prendre avec précaution car elles ne prennent pas en compte la répartition du linéaire de piste ou de route dans l'espace. La desserte pourrait être concentrée sur quelques hectares qui seraient sur-desservis laissant un grand nombre d'hectares non-desservis. Au sujet des places de dépôt et de retournement, l'idéal serait d'avoir une place de dépôt à chaque jonction d'une piste avec une route forestière, mais cela est difficilement réalisable. Faute d'avoir des recommandations pour les forêts de montagne, le *Guide technique des travaux routiers forestiers plaine et collines 2014* de l'ONF recommande une place de dépôt et de retournement tous les kilomètres environ.

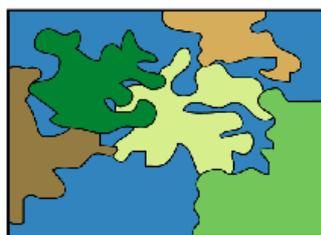
1.2.3 L'importance des systèmes d'information géographique

Les systèmes d'informations géographiques² (SIG) ont pris leur essor avec le développement de l'informatique et sont utilisés pour la gestion du territoire. Leur utilisation dans le monde forestier a grandement facilité la gestion des forêts. Les cartes papiers des forêts et de leur desserte deviennent alors des bases de données spatiales que l'on peut éditer en cartes et mettre à jour facilement. De même la photo-interprétation cède du terrain aux analyses SIG lorsque les bases de données sont de qualité. On manipule aisément les géométries des parcelles et on analyse de grandes surfaces en quelques heures voire quelques minutes suivant la complexité du calcul et l'étendue géographique concernée.

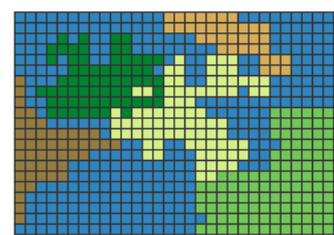
Toutefois des difficultés propres à la gestion de ces bases de données apparaissent avec l'agglomération des données pour atteindre un niveau régional par exemple. Cela implique de trouver et de mettre en place des codifications communes afin de s'assurer de la compatibilité des différentes bases de données, ainsi qu'un niveau de précision de l'information homogène.

Les deux notions exposées dans le paragraphe qui suit vont aider la compréhension de la suite de l'étude. Lorsque l'on utilise un SIG, on travaille avec deux types d'objets pour représenter une donnée spatiale (Figure 2) :

- les objets vectoriels qui peuvent être des points, des lignes, des polygones ;
- les objets raster qui sont des images composées de pixels.



Polygon features



Raster polygon features

Figure 2 : Différence entre une couche vectorielle (à gauche) et une couche raster (à droite) (source : Esri)

Que ce soit pour un objet vectoriel ou raster, chaque élément, point, ligne, polygone ou pixel peut contenir une série d'informations contenus dans un tableau associé que l'on appelle table attributaire.

² Un SIG est un logiciel informatique qui a pour but d'organiser et de gérer des données spatialement géo-référencées (Ingeo, [sans date]).

1.3 La zone d'étude, le sud-est du massif des Vosges

La zone d'étude est constituée des forêts publiques se situant au sud-est du massif des Vosges dans le département Haut-Rhin (68) dans la zone gérée par l'agence de l'office national des forêts de Mulhouse. Les forêts publiques étudiées s'étendent sur 19 870 ha et recourent 3 unités territoriales de l'agence, celle de Saint-Amarin entièrement et celles de la Thur et de la Doller-Basse Largue partiellement.

1.3.1 Les Vosges cristallines région montagneuse et productive

La zone étudiée se situe sur le massif vosgien central. Elle est principalement dans les Vosges cristallines avec quelques parties dans les Collines sous vosgiennes. L'altitude varie de 400 m à 1424 m pour le Grand Ballon (Institut national de l'information géographique et forestière, 2012). C'est une zone montagneuse où les pentes sont en moyenne de 45% (source : base de données ONF).

L'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) ajoute que la forêt est majoritairement feuillue jusque vers 500 m et constituée essentiellement de hêtre (*Fagus sylvatica*), de sapin (*Abies alba*) et d'épicéa (*Picea abies*) au-dessus de cette altitude. Les roches mères, cristallines au sud, donnent des sols plus ou moins profonds à tendance acide. De nombreux cours d'eau prennent leur source dans cet endroit. Les précipitations varient de 900 mm à 2000 mm par an assurant une bonne dynamique forestière. Les

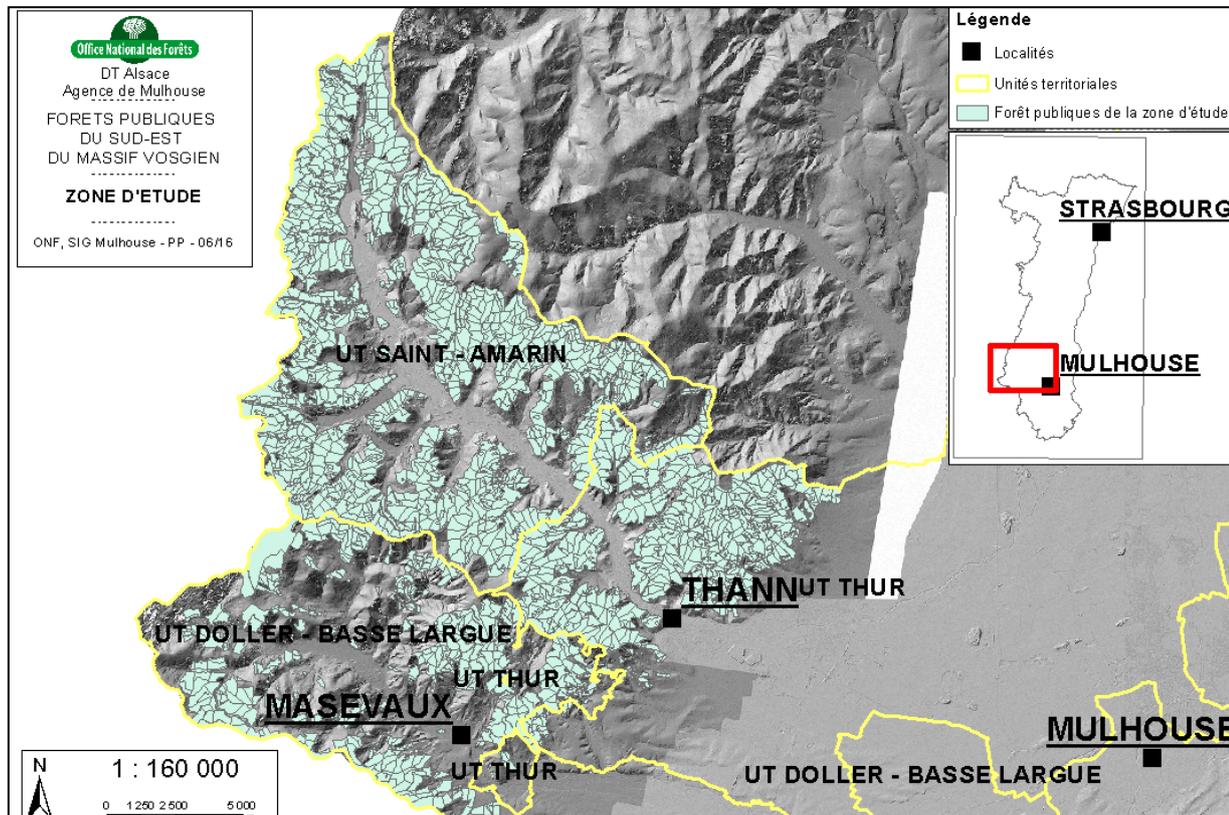


Figure 3 : Plan de situation de la zone d'étude dans le Haut-Rhin (68) (source : ONF)

accroissements annuels sont estimés à 12 m³/ha pour un capital sur pied d'environ 283 m³/ha en volume et 29,8 m²/ha en surface terrière ³(Office national des forêts, 2009). C'est une région très productive.

1.3.2 Un réseau de desserte dense qui demande à être mis à jour

Il apparaît que le réseau de desserte qui sillonne le sud-est du massif vosgien est dense. Un état des lieux de la base de données SIG de l'agence de Mulhouse montre que nous sommes proches des recommandations évoquées dans le paragraphe traitant de l'importance de la distance de traîne. Comme nous le montre le Tableau 1, on retrouve 51 ml/ha de routes pour 35 ml/ha recommandés et 32 ml/ha de pistes pour 45 ml/ha recommandés ce qui semble difficilement améliorable. La proportion de routes déjà cartographiées dans la base de données prédomine sur les pistes.

Tableau 1 : Etat initial de la desserte sur la zone d'étude

| Surface totale de forêt publique de la zone d'étude [ha] : | | 19370 |
|------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|
| NATURE | Longueur [km] | Densité [ml/ha] |
| Pistes | 993 | 51 |
| Routes | 621 | 32 |
| Non connu | 503 | 26 |
| Total | 2120 | 109 |

Suite à un projet de mise à jour de la desserte sur les agences ONF de Colmar et Schirmeck, des tronçons existants potentiellement ont été saisis dans la base de données à partir d'une image de modèle numérique de terrain⁴ acquis par Lidar⁵ aéroporté. L'opération a été réalisée sur l'agence de Mulhouse en même temps. Ces tronçons sont décrits comme non connus. En effet, on connaît leur positionnement spatial mais pas leur nature. Ils peuvent correspondre à une route, une piste, une ancienne piste, un sentier... Il y a donc 503 km de desserte non connue qui peut s'avérer être une route ou une piste.

1.3.3 Le tracteur forestier comme mode de débardage privilégié

En Alsace et dans le sud-est du massif des Vosges, le moyen de débardage motorisé le plus commun, et le plus ancien est le tracteur forestier. Il est aussi appelé, débusqueur, débardeur, ou par son nom anglais *skidder*. Une

³ Surface terrière : c'est un indicateur courant en sylviculture qui représente la somme des surfaces en mètres carrés des sections des arbres s'ils étaient coupés à 1,30 mètre de hauteur sur un hectare.

⁴ Modèle numérique de terrain : C'est une couche SIG qui représente l'élévation du sol sous forme de pixels ayant pour valeur une altitude.

⁵ Lidar : Acronyme qui vient de l'anglais, light detection and ranging, désigne une technique de modélisation de l'environnement par faisceau laser. Par exemple, le Lidar permet d'obtenir des modèles numériques de terrain lorsqu'il est aéroporté, ou de numériser la géométrie d'un arbre lorsqu'il est au sol.

étude réalisée en 2009 par la fédération interprofessionnelle forêt-bois Alsace (FIBOIS Alsace) constate que sur la région les entreprises de travaux forestiers (ETF) possèdent 104 tracteurs forestiers contre 14 porteurs forestiers (Figure 4).



Figure 4: Tracteur forestier à câble (à gauche) et porteur forestier (à droite) (crédits : P.PETITDEMANGE)

Il existe 3 types de tracteur forestier qui sont différenciés par leur mode d'accroche des grumes : le tracteur forestier à câble, à pince, ou à grue et grappin. Le plus commun en Alsace est le débusqueur à câble. Ce mode d'accroche des grumes demande plus de temps et nuit à la rentabilité des exploitants, toutefois il permet deux choses importantes : d'aller chercher les grumes plus loin et de rester sur la desserte.

En effet, les engins d'exploitation ont obligation de ne circuler que sur la desserte et les cloisonnements d'exploitation. On retrouve cette obligation dans le règlement d'exploitation national de l'ONF (Office national des forêts, 2007). Cela est imposé dans un soucis de préservation des sols face au tassement engendré dès le premier passage des engins. C'est un phénomène peut-être réversible mais à l'échelle des temps géologiques. Ajoutons aussi que techniquement, le tracteur forestier peut circuler dans des pentes en travers de 30% au maximum.

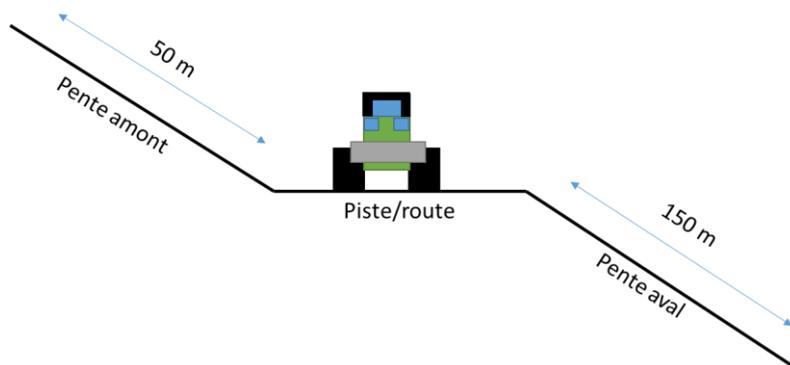


Figure 5 : Distance de débusquage maximale moyenne en fonction de la pente, inspiré de CLOUET et al., 2010.

Ensuite pour en revenir au champ d'action des débusqueurs, les bobines de câbles dont ils sont équipés ont jusqu'à 200 m de portée, ce qui est un maximum potentiel. Pour de la forêt de montagne, on considère qu'en moyenne la distance maximale de débusquage est de 150 m en aval d'un chemin et 50 m en amont d'un chemin (Figure 5).

1.4 Une desserte façonnée par différents acteurs

La desserte forestière est entre autres empruntée par les gestionnaires, les exploitants, les transporteurs et par le public quand il y est autorisé. Ces utilisateurs n'ont pas les mêmes intérêts lorsqu'ils utilisent la desserte et cela joue dans le développement de la desserte en forêt publique, et en forêt privée. Nous allons explorer cela dans cette partie. D'abord nous présenterons brièvement l'office national des forêts et son organisation, puis nous aborderons le thème des schémas directeurs de desserte.

1.4.1 L'office national des forêts et l'agence de Mulhouse

L'Office national des forêts est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) qui est placé sous la cotutelle des ministères en charge respectivement de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt, de l'environnement de l'écologie et de la mer. L'ONF existe depuis 1964 et est en activité depuis 1966.

L'Office, comme nous pouvons parfois l'appeler, a pour mission de gérer des forêts publiques et autres milieux naturels qui appartiennent soit à l'Etat -forêts domaniales- soit aux communes -forêts communales- ou à d'autres établissements publics -i.e. église, hôpital ...-. L'idée directrice est de gérer la forêt suivant le prisme de la multifonctionnalité : fonction de production, fonction environnementale, fonction d'accueil du public. Les consignes sont adaptées suivant la région dans des directives régionales d'aménagement ou des schémas régionaux d'aménagement. A partir de cela des documents d'aménagements forestiers sont rédigés pour chaque forêt et ces 3 enjeux sont évalués et hiérarchisés. Les aménagements planifient la gestion de la forêt sur les 15 ou 20 ans à venir. On y retrouve notamment les plans de desserte de la forêt et des propositions de projets de création de desserte. Entre deux aménagements, c'est l'agent patrimonial en charge de la forêt qui en accord avec sa hiérarchie propose les éventuels autres projets à la commune.

L'ONF se compose de différents services hiérarchisés de façon pyramidale. Afin de diriger et de soutenir la production et la gestion sylvicole, l'établissement est piloté par la direction générale (DG) située à Paris. S'en suivent à l'échelon suivant les directions régionales que l'on trouve en Corse et dans les territoires d'outre-mer (TOM) et les délégations territoriales (DT) qui sont au nombre de neuf. Pour assurer la « gestion multifonctionnelle » nous trouvons les agences territoriales (ATE) qui sont cinquante et les trois cents unités territoriales (UT) qui appliquent la politique de l'établissement. Parallèlement, il existe des agences travaux et des bureaux d'études territoriaux. L'Office national des forêts possède aussi deux filiales : ONF énergie qui commercialise de la biomasse bois, et ONF international qui a une activité d'expertise et d'ingénierie en sylviculture.

L'agence de Mulhouse, qui est une ATE, regroupe sur un même lieu la direction de l'agence, le service forêt, le service bois, le service travaux, l'agence étude, et les services généraux. L'agence dirige six UT du Haut Rhin.

1.4.2 Les schémas de desserte forestière : des outils au service de la filière

Afin de promouvoir le développement de la desserte des forêts en accord avec la politique de gestion du territoire, il existe des schémas directeurs de desserte forestière (SDDF). Ce sont des études collaboratives entre les acteurs cités en introduction de partie, qui fixent des objectifs de développement de la desserte sur un territoire en fonction des besoins de chacun. Ainsi on anticipe les points de désaccords potentiels et on favorise une collaboration entre acteurs plutôt qu'un développement de la desserte forêt par forêt. Les SDDF visent aussi à favoriser les regroupements de propriétaires forestiers désireux de développer leur desserte en créant des tronçons communs, et ouvrant la possibilité d'obtenir un plus grand pourcentage de subvention pour les travaux (LECHINE, 2016). Les SDDF sont réalisés sur un territoire et les projets de développement de la desserte qui suivent sont menés à l'échelle des massifs forestiers contenus dans le territoire. On retrouve par exemple des associations syndicales autorisées (ASA), qui ont la possibilité de contraindre une minorité de propriétaires forestiers privés ou publiques défavorable à la réalisation d'un projet de desserte.

En Alsace il existe aussi un schéma régional de desserte forestière (SRDF). Il s'agit d'une base de données SIG contenant la desserte forestière régionale numérisée. Le projet a commencé en 2001 (Note de service ONF N° 01-21) avec la volonté de mettre à disposition des acteurs de la filière forêt bois une cartographie des routes forestières -donc accessibles au grumier-, des équipements et des contraintes de circulation en forêt. S'en est suivi un programme de levés GPS de la desserte et la mise en place d'une codification bien déterminée pour la base de données. La conséquence de ce projet au sein de l'ONF est l'adoption de cette codification et la mise à jour régulière de la donnée, au fil des modifications.

En somme, le terme de schéma de desserte est large, il englobe aussi bien des études que des bases de données qui ont trait à la desserte forestière.

1.5 *Sylvaccess un logiciel pour étudier la desserte forestière*

Après avoir décrit l'organisation et la gestion de la desserte en forêt publique du sud-est du massif vosgien, nous allons aborder dans cette partie les logiciels qui permettent une analyse à grande échelle de la desserte forestière et nous nous attarderons sur *Sylvaccess*, le logiciel qui a servi pour cette étude.

1.5.1 Plusieurs moyens de cartographier l'accessibilité des forêts

Le monde de la recherche forestière française a élaboré plusieurs logiciels permettant l'analyse de la desserte forestière. On retrouve des logiciels qui simulent l'accessibilité des forêts pour un mode de débardage donné: *Cartuvi* en 2010 pour le tracteur forestier (CLOUET et al., 2010), *Sylvaccess* en 2015 qui reprend les fonctionnalités de *Cartuvi* en y ajoutant le porteur forestier et un modèle de simulation de lignes de câble-aérien (DUPIRE et al., 2015). A un niveau plus poussé, des logiciels intègrent l'accessibilité des forêts et le volume présent pour aider la gestion des forêts et la gestion de la ressource en bois. C'est le cas de *Cartomob* de l'institut technique forêt cellulose bois-construction ameublement (FCBA) qui reprend les fonctionnalités

de *Sylvaccess* (CARETTE, BIGOT-DE-MOROGUES, 2015), ou encore de *CartoMOVAPRO* du centre national de la propriété forestière (CNPF)(HINCELIN, LEHAUT, 2016). Pour la suite du rapport, nous nous intéresserons plus spécialement à *Sylvaccess* qui a été choisi pour l'étude étant le plus récent, libre de droit et facilement utilisable.

1.5.2 Simuler l'accessibilité au tracteur forestier

Comme exposé ci-dessus, *Sylvaccess* permet d'étudier l'accessibilité des forêts au tracteur forestier, au porteur forestier et au câble aérien. Nous allons uniquement développer le processus de simulation avec le tracteur forestier et les paramètres qui nous ont permis de réaliser l'étude. Pour plus de détails il est possible de consulter l'article publié dans la *Revue forestière française* en mars 2015 par S. DUPIRE et al., ainsi que la notice d'utilisation du logiciel disponible à cette adresse : <https://sourcesup.renater.fr/projects/sylvaccess/> .

La partie de *Sylvaccess* qui simule l'accessibilité au tracteur forestier fonctionne avec des données SIG. Il faut fournir au logiciel, la couche des forêts, la couche de desserte, le MNT en format raster avec une définition recommandée de 5 m et éventuellement des couches d'obstacles au débardage ou au débusquage (Figure 6).

On peut ensuite régler différents paramètres :

- **la pente maximale exploitable** c'est-à-dire la pente au-delà de laquelle les bûcherons n'iront plus couper les arbres et donc il n'y aura pas de débusquage à faire;
- **la distance de débusquage maximale moyenne** dans la pente en aval et dans la pente en amont; ce sont donc les deux bornes extrêmes de la distance de débusquage (Figure 5) qui, évolue entre ces deux bornes en fonction de la pente ; c'est un mécanisme repris du modèle *Cartuvi* (CLOUET et al., 2010) (voir Annexe 1 : Evolution de la distance de débusquage en fonction de la pente);
- la pente limite à partir de laquelle le tracteur forestier ne circule plus librement dans la forêt c'est à dire à partir de laquelle de simples cloisonnements ne sont plus suffisants; ceci est dû à une limite technique du tracteur;
- la possibilité de forcer le débusqueur à se rapprocher au maximum des bois (utiliser la circulation dans la parcelle au maximal) avant de débusquer les bois.

Une fois les entrées spécifiées et les paramètres réglés, le logiciel produit un grand nombre de sorties qui sont au format raster, donc un assemblage de pixels :

- les tronçons de pistes non connectés à une route forestière;
- la distance totale de traîne de la forêt à la route forestière la plus proche qui somme le débusquage et le débardage;

- les surfaces de forêt accessibles ou non accessibles au tracteur forestier qui dépendent de la desserte et des distances de débusquage spécifiées et de la pente;
- les zones non exploitables manuellement à cause de la trop forte pente;
- des fichiers texte donnant les résultats de la simulation et rappelant les paramètres choisis.

A partir des sorties, la mise en page des cartes reste à faire. On peut obtenir des résultats comme présentés en Figure 7.

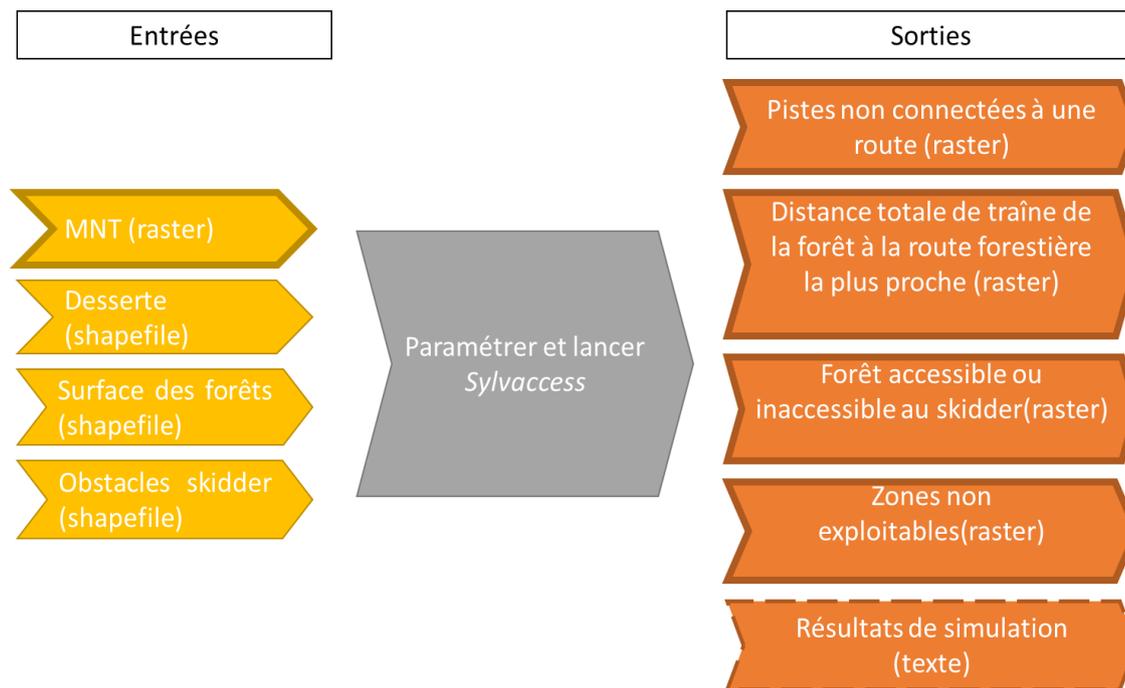


Figure 6 : Entrées et sorties du logiciel Sylvaccess (P.PETITDEMANGE)

1.6 Objectifs de l'étude

1.6.1 Rappel de la problématique

Après avoir décrit le contexte dans lequel s'inscrivent l'étude et les problématiques posées, nous allons établir les objectifs. Pour rappel, la problématique posée est la suivante :

Comment optimiser la mobilisation des bois en forêt de montagne des Vosges ?

Cette interrogation sera traitée avec les deux sous-problématiques qui suivent :

Quelle est l'importance des zones de forêt non desservies sur la part de massif vosgien gérée par l'agence ? Où ces zones sont-elles localisées ?

Quelles seraient les surfaces à rendre accessibles en priorités le cas échéant ?

1.6.2 Trois objectifs principaux

Pour étudier les zones de forêts desservies par le réseau de pistes et de routes et répondre à la première sous problématique, il va falloir une donnée de qualité. Nous devons donc **(1.) définir une méthode de mise à jour de la desserte et procéder à cette mise à jour.**

Ensuite, il a été décidé d'exploiter cette donnée pour **(2.) cartographier à l'aide de *Sylvaccess* les zones non desservies par le tracteur forestier uniquement.** Ce choix s'appuie sur le constat que le tracteur forestier est le mode de débardage le plus répandu dans la zone d'étude et sur une concentration des efforts pour réaliser l'étude dans les temps impartis. Les zones exploitables au câble mâât ont été étudiées par l'ONF en 2007 à la demande du Parc naturel régional des ballons des Vosges (BROBECKER et al., 2007). Les zones d'Alsace exploitables à l'abatteuse et au porteur à treuil synchronisé⁶ (Figure 8) n'ont semble-t-il pas encore été étudiées.

⁶ Abatteuse ou porteur à treuil synchronisé : Il s'agit respectivement d'une machine d'exploitation ou de débardage équipée d'un treuil qui s'accroche au pied d'un arbre d'ancrage. Ce système permet de tirer une partie du poids de l'engin et permet aux roues de ne pas patiner. Ainsi les machines laissent moins d'ornières et peuvent descendre dans des pentes allant jusqu'à 75% au lieu d'être limitées à environ 30% de pente.

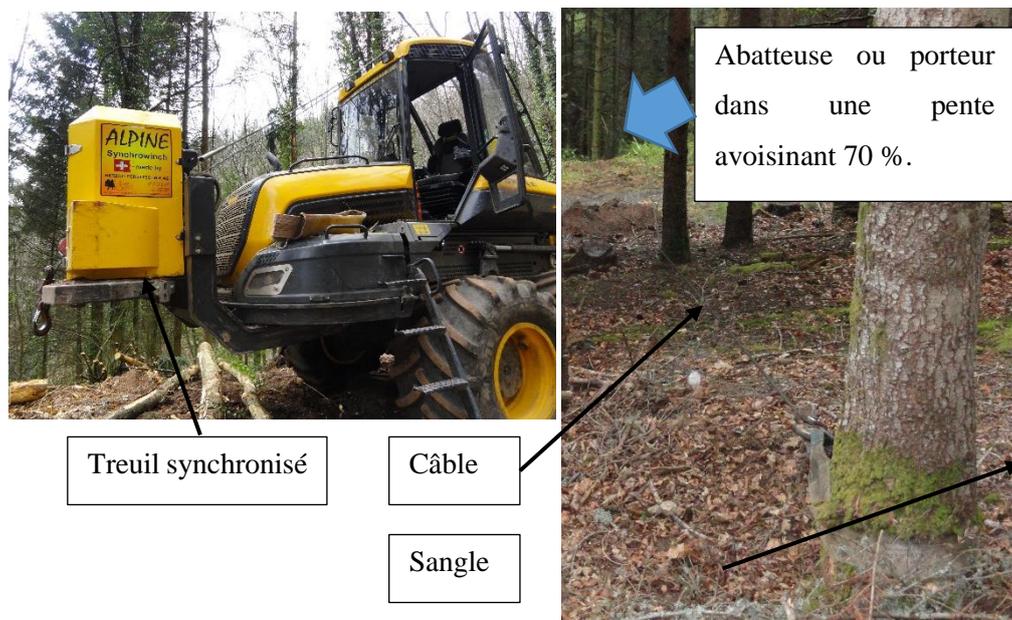


Figure 8 : Illustration du principe de machine d'exploitation forestière à treuil synchronisé (crédits photo : P. PETITDEMANGE)

Enfin, à partir de la base de données issue des aménagements des forêts, il faudra **(3.) construire un outil cartographique et opérationnel pour estimer l'enjeu économique associé aux zones non desservies.**

1.6.1 Développer des outils d'aide à la décision

L'objectif est donc de créer des cartes servant à aider la gestion des forêts. Suivant l'échelle à laquelle on étudie les forêts, elles pourront avoir différents usages. Si l'on regarde les forêts sur toute la zone d'étude la carte pourra servir à des décisions au niveau de l'agence, si l'on regarde les forêts au niveau d'une UT cela sera pertinent pour une décision à cette échelle, et de même pour des cartes par forêt qui pourront servir à la gestion courante ou lors des aménagements. Cette diffusion de l'information peut prendre son sens dans les deux citations de Paul Valéry qui suivent :

Premièrement "Un chef est un homme qui a besoin des autres." J'ajouterai même qu'un chef est au service des personnes qu'il a sous sa charge, de son équipe. Une façon d'aider son équipe est de lui fournir des moyens pour faciliter son travail.

Deuxièmement "Tout ce qui est simple est faux, mais tout ce qui ne l'est pas est inutilisable." ; la seconde partie de la citation peut être exprimée comme « Tout ce qui est compliqué est inutilisable ». Cette idée peut s'appliquer à la gestion forestière quotidienne où la diversité des tâches est grande et où le temps manque pour tout faire parfaitement. Ce sera la ligne de conduite pour créer ces outils cartographiques et géomatiques afin qu'ils soient utilisables.

2. MATERIEL ET METHODE

Dans cette deuxième partie, nous présenterons le matériel utilisé et les méthodes choisies pour remplir les objectifs de l'étude exposés juste avant.

2.1 *Mise à jour de la desserte*

L'acquisition de données est la base de toute étude. Dans notre cas, nous avons une cartographie SIG de la desserte à notre disposition pour les forêts de l'agence ONF de Mulhouse, cependant chaque forêt n'avait pas le même niveau de fiabilité de sa donnée. En effet, pour la majorité des forêts, la desserte est mise à jour lors des aménagements. Comme un aménagement est fait pour une durée d'en moyenne 20 ans, nous avons potentiellement, des dessertes non mises à jour depuis 20 ans donc non exhaustives et d'autres dessertes mises à jour il y a quelques années donc plus exhaustives. De surcroît, la qualité de la mise à jour dépend de l'opérateur qui peut être plus ou moins rigoureux et des consignes de mise à jour. Face à cela nous avons voulu mettre à jour la base de données sur notre zone d'étude.

La question qui a suivi portait sur la définition du mode opératoire à mettre en œuvre.

2.1.1 Entretien de mise à jour avec les agents patrimoniaux

Pour définir la procédure, une réunion a été organisée afin de bénéficier de l'expérience de plusieurs personnes : les responsables SIG de la DT et de l'agence de Mulhouse, un géomaticien de l'agence de Colmar qui a participé au projet de mise à jour de la desserte sur Colmar et Schirmeck. Au terme de la réunion, il a été décidé de procéder par entretiens avec les agents patrimoniaux concernés. Lors de ces entretiens, l'ensemble du réseau de desserte des forêts de la zone d'étude a été parcouru et modifié sur le SIG directement en discutant des points à modifier de vive voix. En effet d'autres essais ont été faits sur les agences ONF voisines où les agents devaient compléter leur desserte sur des cartes ou des logiciels -Canopée- et remplir un tableau d'attributs en parallèle. Mais le retour d'expérience de ces agences nous a indiqué que ces méthodes avaient entraîné des mécompréhensions des consignes et des données partiellement remplies avec au final un retour lent et moyen d'un point de vue qualitatif. Il restait ensuite la mise à jour de la base de données desserte à réaliser. Avec la méthode par entretien qui pourrait sembler très chronophage de prime abord, on gagne en précision, en exhaustivité et également en rapidité.

Il était par ailleurs important que la base ainsi mise à jour soit en parfaite cohérence avec la base desserte de l'agence et de la direction territoriale.

La base de données a principalement été complétée avec les attributs nécessaires à l'étude. Ce qui nous intéressait le plus était de savoir si un tronçon de route est accessible au grumier ou non, ou de savoir si c'est une piste accessible au tracteur forestier seulement. Cette information se traduit par la nature des tronçons qui

est découpée en 5 catégories : accessible en tout temps, accessible par temps sec, revêtu, non accessible, non connu.

Il est important de préciser que les cloisonnements n'ont pas été cartographiés lorsqu'il y en avait. Il y en a rarement en terrain montagneux à cause des fortes pentes.

D'autres champs incontournables pour une bonne gestion de la base de données ont tout de même été remplis eux aussi. On retrouve par exemple : la classe administrative d'un tronçon -est-ce une piste, un chemin forestier, un chemin rural, une route départementale ? -, l'origine de saisie de la donnée -nous sommes-nous basés sur une ortho photographie, une image d'un MNT issu du Lidar, sur les connaissances de l'agent ? -, l'année de modification de la donnée.

Le détail du mode opératoire est consultable en Annexe 2 : Mode opératoire pour la mise à jour de la desserte forestière d'une forêt.

2.1.2 L'opportunité du LiDAR

Dans le paragraphe précédent, nous avons évoqué une image de MNT issu du LiDAR⁷ appartenant au Conseil général d'Alsace. C'est une donnée rare à l'échelle de la France, car elle est coûteuse en acquisition et en traitement d'image. Cela a été rendu possible sur le massif vosgien par le biais du projet FORESEE qui s'est déroulé de 2010 à 2014. Il avait pour but de faire un état des lieux de la ressource en biomasse que représente la forêt française (Bigot De Morgues, 2010). Il regroupait des acteurs tels que le FCBA, l'IGN et l'ONF. Une acquisition par LiDAR aéroporté a donc été réalisée dans le cadre de ce projet en 2011. Un avion de l'IGN, équipé d'un système d'acquisition, a survolé le massif des Vosges. Les données LiDAR ont été traitées l'année suivante (2012) permettant la création de diverses couches données estimant les caractéristiques de la forêt et ce qui nous concerne le plus dans le cadre de la mise à jour, un modèle numérique de terrain avec une définition de 1 m. C'est-à-dire que les pixels le constituant sont des carrés de 1 m par 1 m auxquels est associée une altitude. Moyennant quelques filtres d'ombrage on obtient une image sur laquelle on distingue nettement le relief, les chemins, sentiers et autres particularités de la surface du sol (Figure 9).

⁷ LiDAR : Acronyme qui provient de l'anglais *Light Detection and Ranging* qui désigne une technique de modélisation des objets dans l'espace qui utilise des faisceaux laser. A la rencontre d'un faisceau avec un objet, le rayon laser rebondi et revient à l'émetteur. En fonction du temps de retour nous sommes en mesure d'obtenir la position dans l'espace de l'objet. Pour plus de détails sur la technique vous pouvez consulter l'article publié par BOCK et al. en 2008 dans le [n°20 des Rendez-vous technique de l'ONE](#).

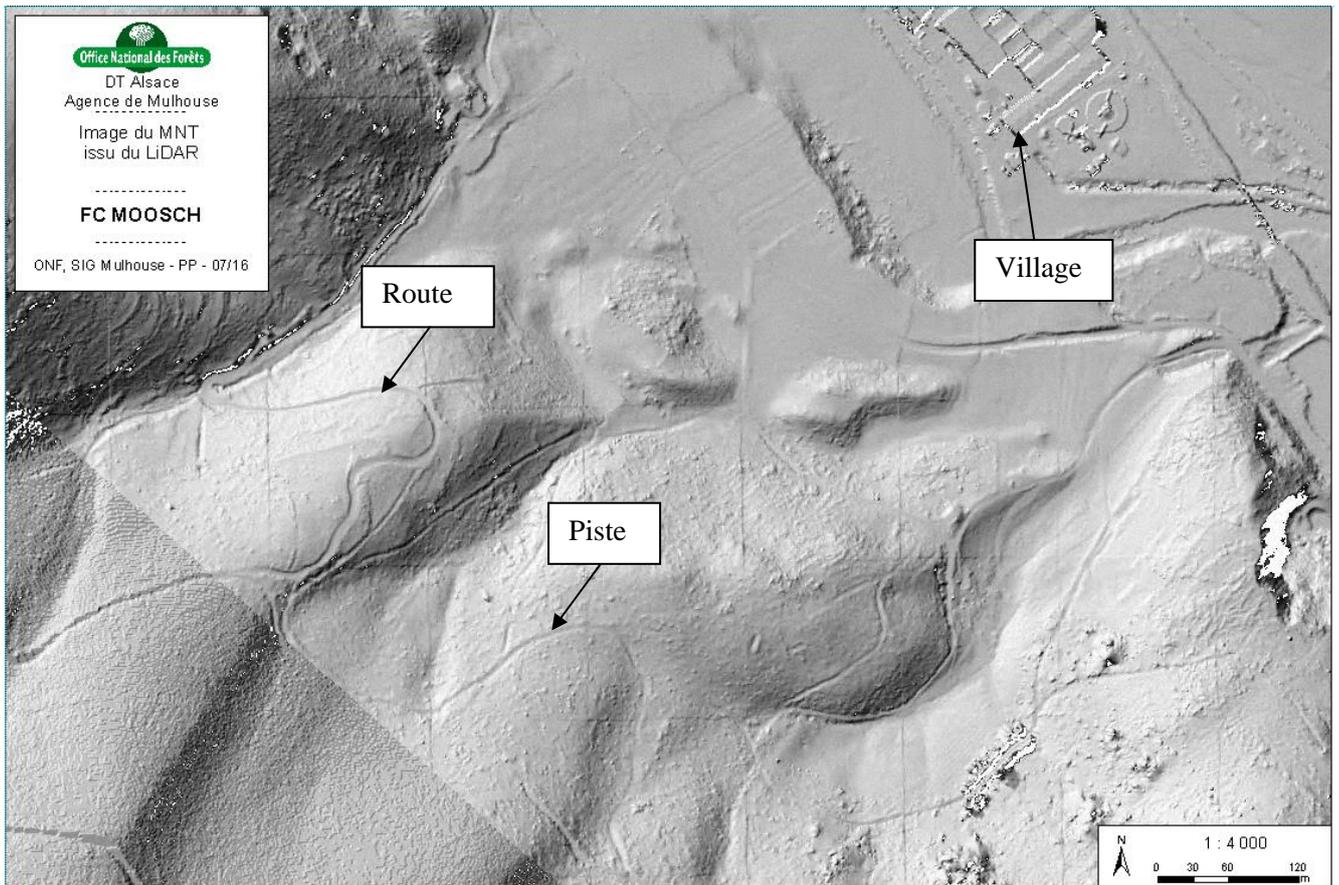


Figure 9 : Image du MNT issu du LiDAR (source : ONF)

2.1.3 Acquisition des relevés GPS d'associations syndicales autorisées

En complément des entretiens, nous avons également échangé des données avec le service forestier de la chambre d'agriculture du Haut-Rhin concernant les ASA présentes au sud-est du massif vosgien. L'intérêt de cet échange était d'obtenir les tracés des projets de création de desserte réalisés récemment que l'on ne voyait pas apparaître sur l'image du MNT issu du Lidar qui date de 2012. En ayant ces tracés qui ont pu être modifiés lors de leur réalisation on gagne en précision par rapport à un positionnement fait « à main levée ».

2.2 Cartographie des zones de forêts publiques non desservies par le tracteur forestier

Une fois que la principale donnée d'entrée du modèle *Sylvaccess*, à savoir la desserte, est mise à jour, il reste 3 choses à faire : préparer les données, paramétrer le modèle, obtenir les résultats et mettre en forme les cartes comme le montre la Figure 6 dans la partie 1.5.2. Nous verrons que nous avons aussi défini des zones de faibles pentes considérées comme cloisonnables.

2.2.1 Préparation des données

La préparation des données d'entrées a consisté à ajouter des champs dans les tables attributaires des couches SIG afin que le modèle puisse les décoder. Comme dit au paragraphe 1.5.2 cette préparation est détaillée dans

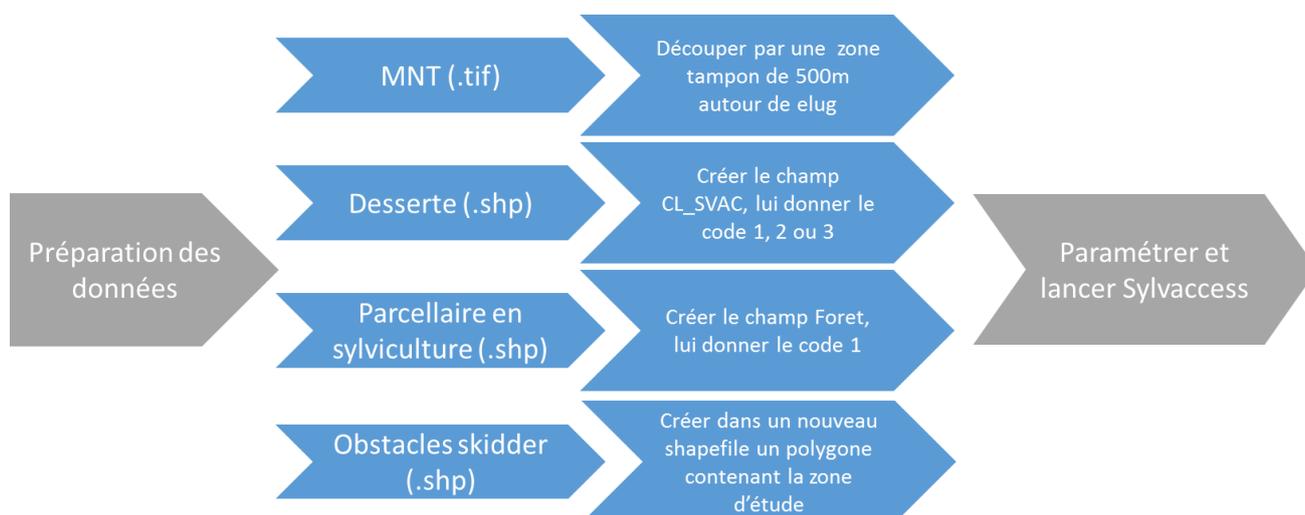


Figure 10 : Préparation des données pour Sylvaccess

le mode d'emploi de *Sylvaccess*. Nous allons tout de même exposer le processus dans ses grandes lignes. La Figure 10 illustre les étapes de la préparation des données expliquées dans les paragraphes qui suivent.

2.2.1.1 La desserte

Sylvaccess codifie l'accessibilité des routes en 3 catégories, dans un champ appelé « CL_SVAC » :

- 1 représente les pistes et correspondra à la nature non accessible ;
- 2 représente les routes forestières et correspondra aux natures « accessible tout-temps », « accessible temps-sec » et aux tronçons « revêtus » dont la classe administrative est un chemin forestier ;
- 3 représente tout le reste du réseau public donc les routes revêtues dont la classe administrative est soit un chemin rural, soit une voie communale, soit une route départementale, une route nationale etc.

Toutes ces correspondances sont illustrées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Correspondance du code CL_SVAC avec la table attributaire de la desserte

| SIGNIFICATION | CL_SVAC | NATURE | CLASSE ADMINISTRATIVE |
|--------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| Piste | 1 | Non accessible | - |
| Routes forestières | 2 | Accessible temps-sec et tout temps | - |
| Routes forestières | 2 | Revêtu | Chemin forestier |
| Réseau public | 3 | Revêtu | - |

2.2.1.2 La surface des forêts

La préparation de la surface des forêts s'est faite à partir du parcellaire des forêts de la zone d'étude auquel on a ajouté un champ « Foret » avec la valeur 1 qui dit au modèle que le polygone est une surface forestière. Nous avons considéré uniquement les unités de gestion (UG) -ce sont les sous composantes des parcelles- qui sont classées en sylviculture. C'est-à-dire que les UG classées en évolution naturelle, hors sylviculture boisée ou non boisée, en îlot de senescence ont été mises à part car il a été choisi dans l'aménagement de ne pas intervenir

dans ces portions de forêt. De ce fait, les sites d'intérêt écologiques laissés en sylviculture entrent dans le cadre de l'étude.

2.2.1.3 Le modèle numérique de terrain

Pour la préparation du modèle numérique de terrain il a d'abord fallu dégrader la résolution de 1 m par 1 m à 5 m par 5 m qui apporte le meilleur compromis entre temps de calcul et précision des résultats (DUPIRE et al., 2015). Cette résolution de 5 m par 5 m sera la résolution de toutes les couches raster produites par la suite car c'est la plus fine. Pour diminuer la résolution une interpolation bilinéaire a été réalisée. Le MNT a ensuite été découpé selon une zone tampon de 500 m construite à partir du parcellaire.

2.2.2 Paramétrage de *Sylvaccess*

Une fois les données prêtes, il faut paramétrer le modèle. Dans un souci d'adaptation aux conditions locales, le paramétrage de *Sylvaccess* a fait l'objet d'essais. Ensuite des discussions ont été menées avec les agents patrimoniaux et les responsables d'unité territoriale de l'UT de Saint-Amarin et de l'UT de la Thur lors de réunion d'équipe à partir de ces essais. Divers points ont été discutés, notamment les distances maximales moyennes de débusquage en amont et en aval et le pourcentage maximal de pente pour une exploitation manuelle. En plus de discussions de groupe, un questionnaire –non présenté dans ce rapport- a été distribué afin de collecter les avis des agents à propos des distances maximales moyennes de débusquage et du pourcentage maximal de pente pour l'exploitation manuelle.

2.2.1 Définition de zones où des cloisonnements peuvent être mis en place

Nous avons précisé dans le paragraphe 1.3.3 que les engins sont contraints de se déplacer uniquement sur la desserte y compris sur les cloisonnements d'exploitation. De plus, une des limites techniques du tracteur forestier, est la pente en travers de 30% au-delà de laquelle il ne peut plus circuler librement. En considération de ces deux informations, il a été jugé opportun de faire une couche SIG matérialisant des zones de faible pente -entre 0 et 30%- où le tracteur pourrait circuler librement en supposant l'existence de cloisonnements d'exploitation. Rappelons-le, ils ne sont pas cartographiés sur notre zone d'étude. Ainsi s'ils existent, le tracteur peut circuler librement, sinon cela veut dire que la zone est propice à l'installation de cloisonnements.

2.2.2 Les distances de débusquage

Dans les réglages proposés par le modèle on retrouve 50 m pour la distance maximale moyenne de débusquage amont, 150 m pour la distance maximale moyenne de débusquage en aval. Ces réglages sont issu de la publication de CLOUET et al. en 2010. Il ressort des réunions d'UT qu'il est raisonnable de compter 50 m pour le débusquage en amont. Dans la pratique tirer un câble en acier est difficile et pénible, c'est pourquoi les débardeurs vont rarement au-delà de 30 à 35 m en pente en amont. Toutefois si on compte l'abattage vers le

bas des arbres on gagne la hauteur de l'arbre moins la taille du houppier soit entre 15 et 20 m. Ce qui nous amène à considérer une bande de 50 m d'où les arbres pourront être débusqués.

Concernant la distance maximale moyenne de débusquage en aval, les agents patrimoniaux

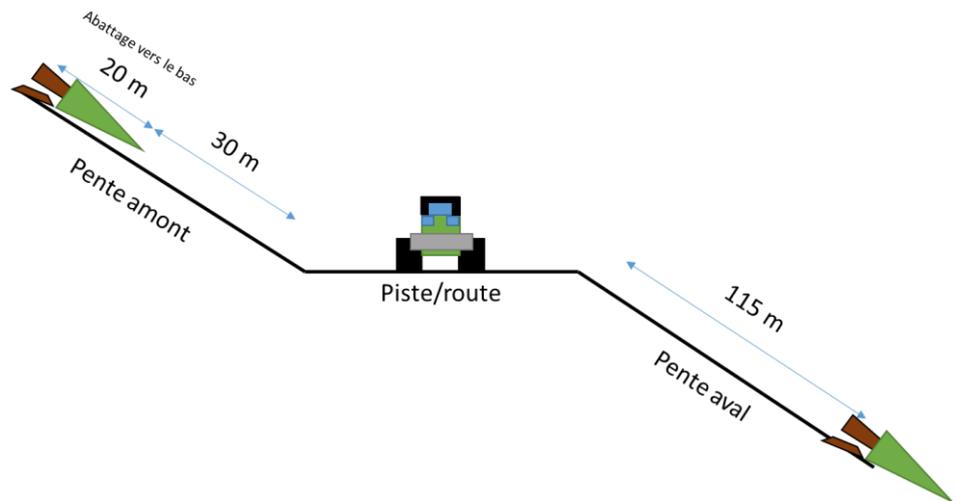


Figure 11: distance de débusquage selon les agents

parlent de 100 à 130 m accessibles au câble du débusqueur soit 115 m en moyenne. Nous aurions pu raisonner de la même manière en supposant un abattage directionnel vers le haut, et ainsi gagner là aussi 15 à 20 m mais cette pratique n'est pas répandue dans la zone d'étude d'après les retours des agents patrimoniaux.

Considérant ces éléments, nous avons choisi 115 m de distance de débusquage maximale moyenne en aval (Figure 11).

2.2.2.1 La pente maximale pour une exploitation manuelle

Les réglages des paramètres de *Sylvaccess* donnent 110 % (DUPIRE et al., 2015) pour la pente maximale au-delà de laquelle l'exploitation manuelle n'est plus envisageable. Les agents patrimoniaux ont trouvé cette limite très haute et selon eux nous serions plus proche de 70 % voire 75 % pour définir la pente maximale où l'exploitation se fait encore. Nous avons gardé la valeur de 75 % de pente. Ceci d'autant que de nombreux sols sont instables, ce qui accentue la dangerosité des exploitations. L'ONF Alsace est particulièrement sensible à la sécurité des bûcherons, il s'agit d'une préoccupation majeure des forestiers (communication personnelle ONF).

2.2.3 Mise en forme des cartes et distance de traîne

La mise en forme des cartes en sortie influe sur la perception de la distance de traîne. Là où le modèle propose dans son résumé des résultats une division en 6 classes de distance de traîne allant de 0 à 2500 m et plus, nous en proposons 4 : 0 à 500 m ; 501 à 1000 m ; 1001 à 1500 m et plus de 1500 m.

Cela s'inscrit dans l'idée de faire des outils d'aide à la décision qui soit simples de lecture et donc utilisables aisément.

2.3 Estimation de l'enjeu économique de l'exploitation des zones non desservies

Après avoir cartographié l'accessibilité au tracteur forestier, il a été question d'estimer l'enjeu économique à court terme de l'exploitation des peuplements contenu dans les zones non desservies par le tracteur forestier. Cet enjeu économique à court terme caractérise la plus-value que le propriétaire pourrait faire sur l'exploitation de ses bois. Pour cela nous allons voir quelles données ont été utilisées puis de quelle manière elles ont été assemblées pour construire une cartographie de l'estimation de l'enjeu économique.

2.3.1 Les données utilisées

2.3.1.1 La base de données peuplement

La base de données sur les peuplements de l'agence a été utilisée pour estimer la rentabilité. Elle regroupe les diverses informations collectées lors des inventaires d'aménagements des forêts. En règle générale l'information est prise sur les points d'une maille de 100 m par 100 m. A chaque point un tour d'horizon relascopique⁸ est fait, ainsi on estime la répartition des essences et la surface terrière. Ces deux informations ont été utilisées.

Nous avons d'abord transformé la répartition des essences qui est exprimée en pourcentage de surface terrière par essence, en pourcentage de surface terrière de résineux. Actuellement, le marché des bois résineux est plus développé que le marché des bois feuillus et assure un débouché plus sûr pour les bois résineux. Ajoutons que le bois d'industrie feuillu se vend très mal en 2016 en Alsace : les prix avoisinent les 37 €/m³ (volume bord de route).

Ensuite nous avons pris telle quelle la surface terrière totale relevée sur les points d'inventaire lors des aménagements. Cela nous donne une approximation grossière du volume sur pied lors de l'inventaire d'aménagement.

2.3.1.2 La fertilité des sols

La fertilité des sols découle des catalogues des stations forestières établis sur la zone d'étude. On retrouve principalement les stations décrites dans le Catalogue des stations des Vosges alsaciennes (OBERTI, 1990) et quelques stations de la vallée de l'Ill ou du Sundgau à la jonction avec la plaine d'Alsace. Nous sommes donc remontés des stations contenues dans la base de données, à leur fertilité associée telle que décrite dans le

⁸ Le tour d'horizon relascopique est une méthode d'estimation de la surface terrière (m²/ha) des arbres depuis un point fixe. On qualifie aussi cette technique de relevé de placette circulaire à « angle constant ». L'angle constant est formé par une encoche et une chaînette qui sert à maintenir l'encoche à égale distance de l'œil. Il reste ensuite à compter les arbres dont le diamètre fait qu'ils dépassent des extrémités l'encoche et leur nombre donne la surface terrière estimée à l'endroit où on se tient.

catalogue et simplifiée en 3 classes : forte, moyenne, faible. Sur 10 % des surfaces, la station n'est pas déterminée et par conséquent la fertilité non plus. Afin de couvrir une surface plus importante nous avons décidé d'assimiler les fertilités non déterminées comme des fertilités fortes. Cette hypothèse est prise en considérant que la zone des Vosges cristallines est très productive (1.3.1 Les Vosges cristallines région montagneuse et productive). La fertilité de la station décrit le sol, soit l'outil de production du bois. C'est une composante qui joue sur le moyen et le long terme.

2.3.2 Assembler les données avec un arbre de décision

Pour estimer l'enjeu économique de l'exploitation des peuplements non desservis nous avons donc combiné 3 données : le pourcentage de résineux, la fertilité de la station et la surface terrière -notée G-. Cela s'est construit par le biais d'un arbre de décision (Figure 13).

L'arbre a été construit en considérant que les peuplements constitués majoritairement de résineux -plus de 66 %- ont le plus fort enjeu économique par rapport à des peuplements mixte -entre 33 % et 66 % de résineux- ou des peuplements principalement feuillus -moins de 33 % de résineux-. Dans un second temps la fertilité a été considérée. Plus elle est forte plus elle procure un enjeu fort sur le long terme notamment, car les arbres produiront du bois plus vite et l'on pourra revenir plus rapidement les récolter et amortir les dépenses faites pour accéder au peuplement. Finalement, c'est la surface terrière totale lors de l'aménagement qui est examinée. Il y a une incertitude sur cette donnée qui est non négligeable car s'il y a eu une coupe faite avec un moyen autre que le débusqueur -câble mât, machine de bûcheronnage à treuil-, la surface terrière aura diminué ce qui biaise l'estimation en sur-estimant l'enjeu économique. De même s'il n'y a pas eu de coupe, la surface terrière aura augmenté et on sous-estimera alors l'enjeu économique. Toutefois nous ne pouvons pas nous affranchir de cette imprécision car nous n'avons pas de donnée de substitution pour estimer la ressource sur pied avec une meilleure précision.

En somme nous avons des composantes économiques immédiates avec le pourcentage de résineux et la surface terrière comme estimatif du volume sur pied, et une composante économique à moyen ou long terme avec la fertilité du sol.

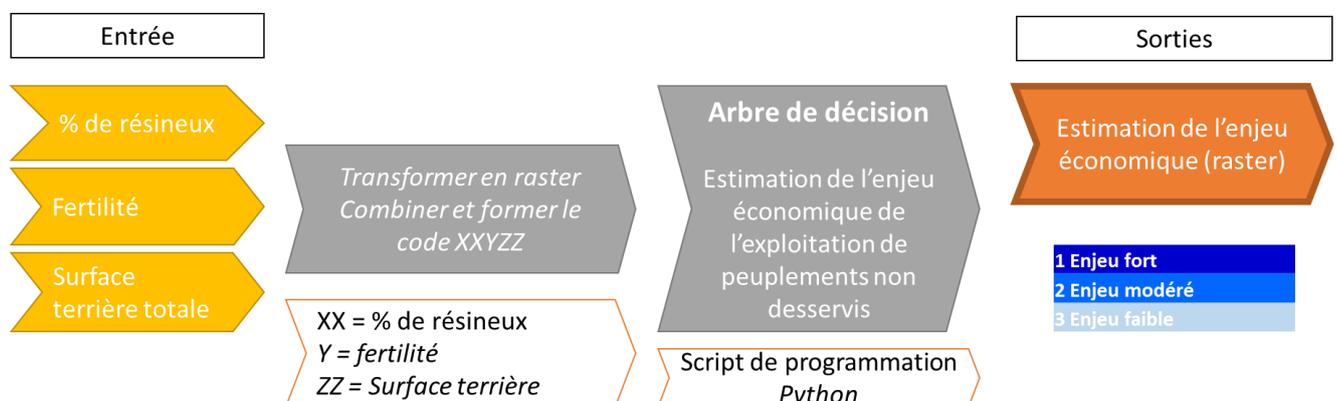


Figure 12 : Schéma du processus de création du raster estimant l'enjeu économique de l'exploitation de peuplements non desservis

Les 3 couches d'information sont d'abord transformées en raster puis assemblées en un même raster. Chaque pixel comporte alors un champ avec un code XXZYY permettant de se situer sur l'arbre de décision. XX est le pourcentage de résineux, Z le code associé à la fertilité et YY la surface terrière. La logique de l'arbre de décision est implémentée dans un script en langage de programmation Python (Annexe 3 : Code Python reprenant le fonctionnement de l'arbre de décision pour estimer l'enjeu économique) et utilisé sous Arcmap 10. Le résultat est présenté sous la forme d'une couche raster avec une résolution de 5x5 mètres renvoyant le résultat 1. Enjeu fort, 2. Enjeu modéré, 3. Enjeu faible. On retrouve le processus de traitement schématisé en Figure 12. Afin d'épurer la carte nous avons retiré les zones de surface inférieure à 1 are.

2.4 Pertinence des résultats

Plutôt que la précision des résultats, nous évaluerons la pertinence des résultats. Cela se fera par des visites de terrain visant à tester la carte produite en se mettant à la place d'un agent patrimonial souhaitant vérifier la véracité de la donnée, et utiliser la carte pour cibler des zones véritablement non desservies, qu'il serait possible de rendre accessibles. Les résultats de ces visites de terrain seront disséminés au long de la partie 4.

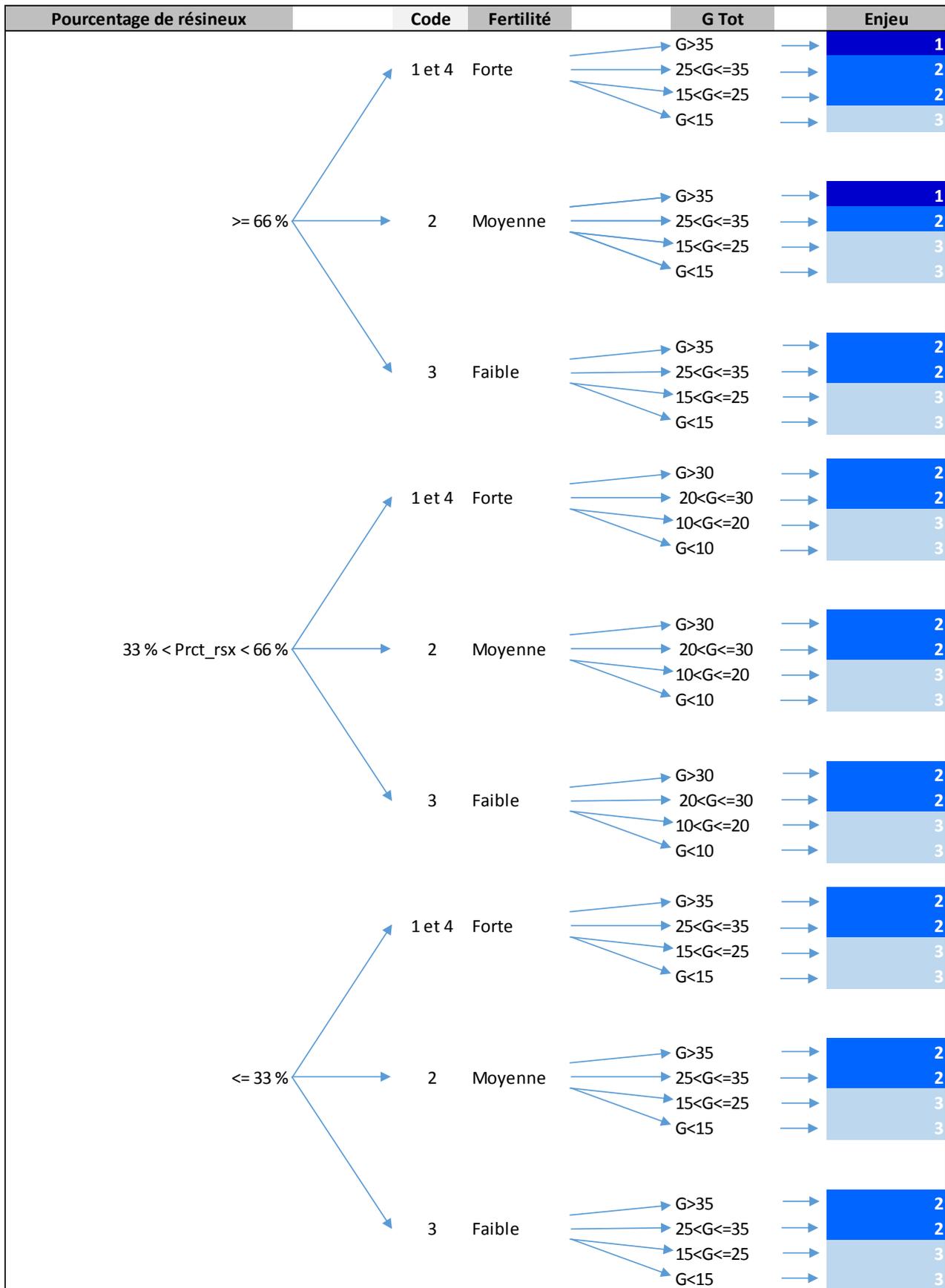


Figure 13: Arbre de décision pour estimer l'enjeu économique associé à l'exploitation des peuplements non desservis

3. RESULTATS

Pour exposer les résultats produits par cette étude nous allons les observer par thématique du plus général au plus détaillé. Nous commencerons donc par l'état de la desserte mise à jour forêt par forêt, puis nous aborderons le détail des pistes, des routes, des places de dépôt et des places de retournement. Nous continuerons avec la cartographie des zones de forêts publiques non desservies et l'estimation du volume supplémentaire mobilisable. Enfin nous traiterons l'enjeu économique de l'exploitation de ces zones non desservies. Vous pourrez voir l'Annexe 4 : Exemple de carte synthétique des résultats et l'Annexe 5 : Exemple de fiche synthétique des résultats pour avoir un exemple de résumé des informations citées ci-dessus pour la forêt de Willer-sur-Thur.

3.1 *Des forêts inégalement équipées*

Le Tableau 3 nous montre que la moyenne des densités de pistes des forêts est de 86,9 plus ou moins 29,3 ml/ha d'écart type et que la moyenne des densités de routes est de 38,7 plus ou moins 16 ml/ha d'écart type. En moyenne nous sommes donc en accord avec les recommandations. Les forêts publiques sont donc très fortement équipées en pistes.

Quant à elles, les places de dépôt et les places de retournement (Figure 14) apparaissent en nombre insuffisant dans la majorité des cas. Nous avons pu évoquer une densité recommandée d'une place de dépôt et d'une place de retournement par kilomètres de route (1.2.2) et nous avons en moyenne des densités de 0,7 plus ou moins 0,4 places de dépôt⁹ par kilomètre. Cette moyenne des densités apparaît insuffisante. De même, nous observons une moyenne des densités des places de retournement par forêt légèrement plus basse de 0,6 plus ou moins 0,3 places par kilomètres de route. Là aussi cela apparaît insuffisant. Pour tous les types de places, la densité par forêt varie beaucoup d'une forêt à l'autre.

⁹ Ici les places de dépôt sont la somme des places de dépôt simples et des places de dépôt et retournement. De même pour ce qui est des places de retournement. On ne peut donc pas sommer les deux densités avec la densité totale de places dans le tableau 5.

Tableau 3: Moyenne et écart type des densités de pistes, de routes, de places de dépôt et de retournement par forêt (les forêts de quelques hectares de superficie ne sont pas prises en compte car elles constituent des points aberrants en termes de densité)

| | Densité de pistes [ml/ha] | Densité de routes [ml/ha] | Densité de places de retournement [u/km de route] | Densité de places de dépôt [u/km de route] |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Moyenne | 86,9 | 38,7 | 0,6 | 0,7 |
| Ecart type | 29,3 | 16,0 | 0,3 | 0,4 |

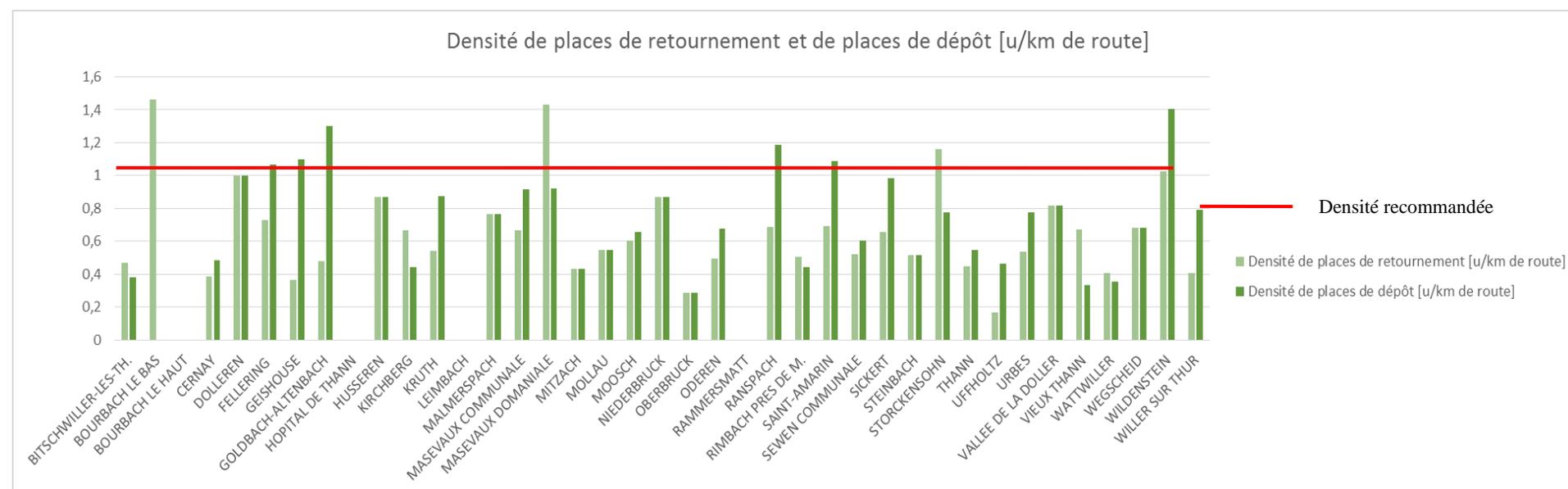


Figure 14 : Histogramme de la densité de places de dépôt et de places de retournement par forêt

3.2 Un réseau de desserte qui reflète plus fidèlement la réalité

3.2.1 Plus de pistes que de routes

Un premier bilan après mise à jour de la desserte par entretien avec les agents patrimoniaux n'a pas sensiblement fait augmenter la longueur totale de desserte, seulement 4 kilomètres supplémentaires ont été saisis. Cependant ce total a beaucoup changé dans sa nature. Nous sommes partis de 503 km de desserte dont la nature était non connue pour arriver à 42 km qui sont restés non déterminés. Rappelons que ces tronçons non connus ont été digitalisés sous SIG en se servant entre autres de l'image du MNT issu du Lidar. La quantité de routes a augmenté de 41 km passant de 621 à 662 km, ce qui est non négligeable. Des pistes ont été transformées en routes et des routes jusque-là non cartographiées ont été ajoutées. L'augmentation de la longueur de piste est la plus forte avec 428 km ajoutés, faisant passer la longueur initiale de 993 km à 1421 km (Tableau 4). Les densités de pistes et de routes sur la zone d'étude s'en trouvent augmentées. Respectivement on passe de 51 à 73 ml/ha et de 32 à 34 ml/ha. La mise à jour a donc permis de distinguer beaucoup de pistes supplémentaires et quelques routes accessibles aux grumiers en plus.

Tableau 4: Comparaison du réseau de desserte sur la zone d'étude avant et après mise à jour

| Surface de forêt publique de la zone d'étude [ha] | | | 19370 | | | |
|--------------------------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| ETAT INITIAL DE LA DESSERTE CONNUE SUR LA ZONE D'ETUDE | | | VARIATION (APRES-AVANT) | | ETAT APRES MISE A JOUR | |
| NATURE | Longueur [km] | Densité [ml/ha] | Longueur [km] | % | Longueur [km] | Densité [ml/ha] |
| Pistes | 993 | 51 | 428 | 43% | 1421 | 73 |
| Routes | 621 | 32 | 41 | 7% | 662 | 34 |
| Non connu | 503 | 26 | -461 | -92% | 42 | 2 |
| Total | 2117 | 109 | 8 | 0% | 2125 | 110 |

La desserte de la forêt communale de Sewen n'a pas été mise à jour en totalité par manque de connaissance du terrain. Le triage dont fait partie cette forêt est vacant depuis plusieurs années, et le forestier en charge de l'intérim n'a pas connaissance de toute la forêt qui de plus est difficile d'accès. Sauf mention contraire les différents résultats présentés dans la suite comprennent la forêt de Sewen qui n'avait pas été mise de côté pour réaliser l'analyse.

3.2.2 Des places de dépôt et des places de retournement en sous nombre

A propos des places de dépôt et de retournement leur nombre total a légèrement augmenté passant de 574 à 619, soit une augmentation de 45 places répertoriées. Dans cette augmentation globale on dénote que les places de retournement ont diminué en nombre passant de 113 à 99. En revanche ce n'est pas le cas des places de dépôt retournement qui sont passées de 262 à 308, ni des places de dépôt qui sont passées de 199 à 212 (Tableau 5). La densité sommée des places de dépôt et des places de dépôt et de retournement passe de 0,7 à 0,8 unités

par kilomètre, ce qui reste inférieur à la recommandation d'une place de dépôt par kilomètre. Nous constatons que la densité sommée des places de retournement et des places de dépôt et de retournement reste à 0,6 unités par kilomètre après la mise à jour. Là encore nous sommes en dessous de la recommandation d'une place au kilomètre.

Tableau 5: Comparaison des places de dépôt et retournement avant et après mise à jour

| Longueur de routes en forêt sur la zone d'étude [km] : | | 662 | | | | |
|--------------------------------------------------------|--------|---------------------------|--------|-------------------|--------|----------------|
| AVANT MISE A JOUR | | VARIATION (APRES - AVANT) | | APRES MISE A JOUR | | |
| | Nombre | Densité [u/km] | Nombre | % | Nombre | Densité [u/km] |
| Dépôt | 199 | 0,3 | 13 | 7% | 212 | 0,3 |
| Dépôt et retournement | 262 | 0,4 | 46 | 18% | 308 | 0,5 |
| Retournement | 113 | 0,2 | -14 | -12% | 99 | 0,1 |
| Total | 574 | 0,9 | 45 | 8% | 619 | 0,9 |

3.3 Cartographie des zones de forêts publiques non desservies par le tracteur forestier et zones cloisonnables

L'analyse de l'accessibilité au tracteur forestier sur les parcelles des forêts publiques en sylviculture faite avec *Sylvaccess* nous donne les résultats suivants : sur 16 059 ha en sylviculture, 69 % soit 11 028 ha sont estimés accessibles au débusqueur, 31% soit 5 030 ha sont estimés inaccessibles. Parmi les 31 % accessibles, 10 % soit 1 564 ha sont estimés non exploitables pour raison de trop forte pente -indiqué non « bûcheronnable » dans le Tableau 6-. Cela implique que 5 030 ha moins 1 564 ha donnent **3 466 ha de forêt non desservies par manque de desserte uniquement** qui représentent **21 %** de la surface totale de forêt en sylviculture. Ce résultat est indiqué « bûcheronnable » dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Résumé de simulation de l'accessibilité au tracteur forestier par *Sylvaccess* sur l'ensemble de la zone d'étude

| | Surface (ha) | Par classe |
|-----------------------------------------------|----------------|------------|
| Total forêt accessible | 11028 ha | 69% |
| Total forêt inaccessible et non desservie | 5030 ha | 31% |
| dont non bûcheronnable | 1564 ha | 10% |
| dont bûcheronnable | 3466 ha | 21% |
| Superficie totale de la forêt en sylviculture | 16059 ha | 100% |

Le modèle estime que parmi les 11 028 ha accessibles, 250 ha sont associés à une distance de traîne comprise entre 1 000 et 1 500 m et 108 ha sont associés à une distance de traîne supérieure à 1 500 m (Tableau 7). Cela fait **358 ha où la distance de traîne engendre un surcoût d'exploitation non négligeable**. Ces surfaces sont réparties sur toute la zone d'étude. Il reste 8618 ha à une distance de traîne comprise entre 0 et 500 m et 2052 ha à une distance de traîne comprise entre 500 et 1000 m.

Tableau 7 : Détails des distances de traînes des surfaces accessibles au tracteur forestier

| Distances de traîne | Surface (ha) | Par classe |
|-------------------------------|------------------|------------|
| 0 - 500 m | 8618 ha | 54% |
| 500 - 1000 m | 2052 ha | 13% |
| 1000 - 1500 m | 250 ha | 2% |
| > 1500 m | 108 ha | 0% |
| Total forêt accessible | 11 028 ha | 69% |

Les zones non desservies où **des cloisonnements peuvent être mis en place** représentent **532 ha**, soit **3,3%** des surfaces de forêt en sylviculture. Ces surfaces cloisonnables se trouvent principalement sur des zones de crête disséminées sur la zone d'étude.

3.4 Estimer la rentabilité économique de l'exploitation de ces zones non desservies

L'estimation de l'enjeu économique de l'exploitation des zones non desservies s'est faite en deux parties. Premièrement des macro-zones non desservies ont été définies. Elles définissent un enjeu pour approvisionner le marché avec plus de volume. Nous verrons leur distribution en nombre et surface. Deuxièmement, le détail de la répartition interne de ces macro-zones a été calculé en fonction du résultat de l'estimation de l'enjeu économique. Ce détail donne une idée de la plus-value faisable par le propriétaire sur la vente des bois.

3.4.1 La couche produite

La couche SIG produite est composée de pixels de 5 mètres de côté. On distingue aussi des grands carrés de 100 mètres de côté qui sont composés de ces petits pixels. Le bleu foncé représente un enjeu économique fort

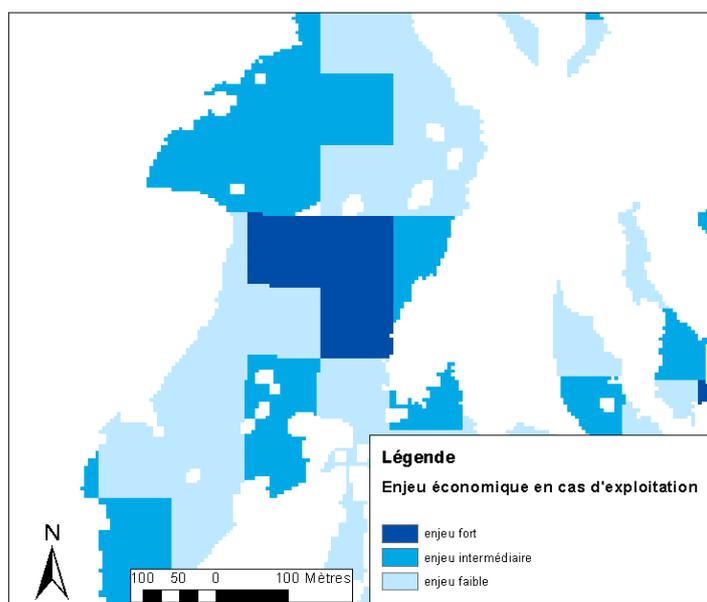


Figure 15 : Carte extraite de la couche SIG de l'estimation de l'enjeu économique en cas d'exploitaion (source : ONF)

en cas d'exploitation, le bleu ciel représente un enjeu intermédiaire et le bleu clair un enjeu faible (Figure 15). La couche a été produite sur toutes les forêts où les données des inventaires forestiers réalisés étaient disponibles dans la base de données SIG. La couche a ensuite été découpée suivant la couche des zones inaccessibles au tracteur forestier et les zones cloisonnables ont été retranchées.

3.4.2 Une majorité de petites macro-zones

Les macro-zones sont composées des différents blocs de forêt non desservis uniquement à cause de la desserte et sans prendre en compte les endroits non desservis à cause de la trop forte pente. Les macro-zones sont découpées par parcelle (Figure 16) et sont composées de surfaces où l'estimation de l'enjeu économique est faite et de surfaces où l'estimation de l'enjeu économique n'est pas faite.

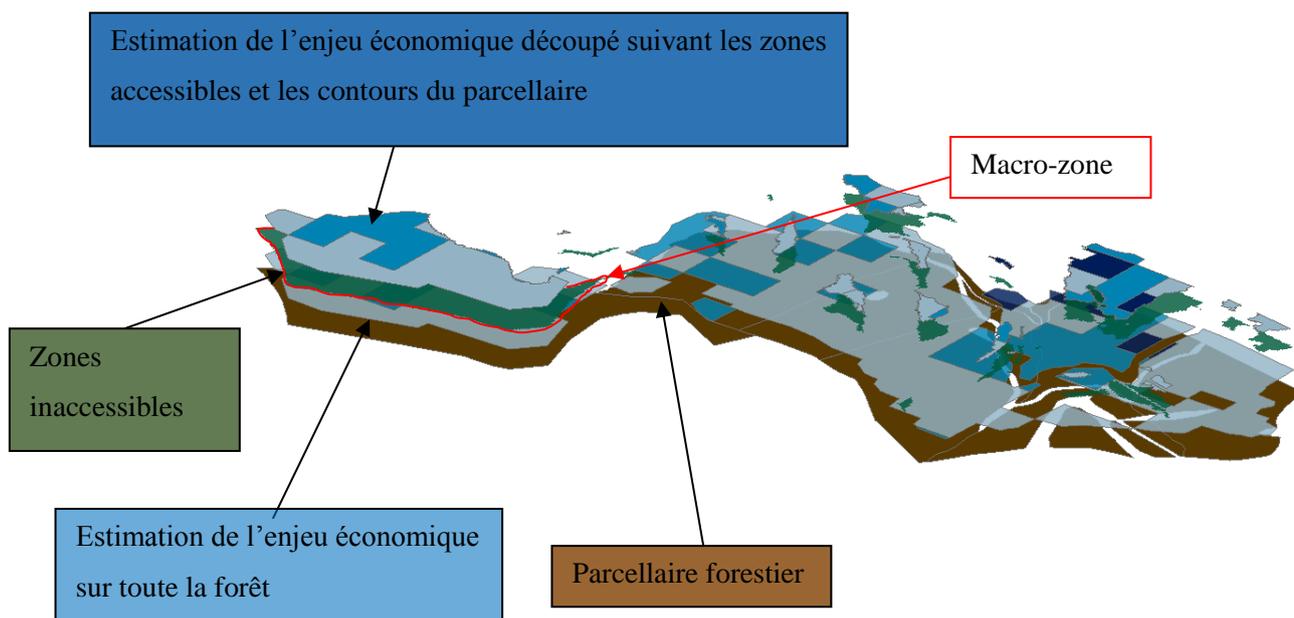


Figure 16: Illustration du découpage des macro-zones et de l'estimation de l'enjeu économique (source : ONF)

Les macro-zones représentent 3 466 ha. Ce sont les 5 030 ha non accessibles au tracteur forestier estimés par *Sylvaccess* auxquels on a soustrait les 1 564 ha non bûcheronnables à cause de la pente supérieure à 75 %. Si l'on fait le calcul on obtient 3 466 ha comme vu au paragraphe 3.1. Cependant surface indiquée par le SIG est de 3 364 (voir Tableau 8).

Il y a une différence de 102 ha qui s'explique par un changement du contour des polygones lors du passage du format raster au format vecteur. De la surface a été perdue. Ne sachant pas dire quelle part des 102 ha a son enjeu économique estimé, nous ferons l'analyse sur les 3 364 ha.

Sur ces 3 364 ha de macro-zones où le tracteur forestier ne peut pas accéder uniquement à cause de la desserte qui est trop éloignée, il y a 54 ha qui représentent des zones inférieures à 1 are qui ont été supprimées. Cela nous amène à 3 310 ha composés de zones où l'estimation de l'enjeu économique est faite et de zones où l'estimation n'est pas faite.

Nous avons choisi de diviser les 3 310 ha en 2 groupes : les surfaces de plus de 5 ha d'un seul tenant et les surfaces de moins de 5 ha d'un seul tenant. Le seuil de 5 ha a été choisi comme pertinent pour définir des zones suffisamment étendues pour étendre la desserte ou exploiter à l'abatteuse à treuil synchronisé voir au câble mât. Ce sont les zones où les bois seront les plus faciles à mobiliser. Il s'agit dans tous les cas, des zones sur lesquelles il est nécessaire que les gestionnaires s'interrogent compte tenu de leur surface. Avant de détailler ces deux groupes rappelons que la forêt de Sewen n'a pas été mise à jour entièrement, par conséquent nous risquons de trouver plus de zones non desservies qu'il n'y en a en réalité. Nous allons présenter les résultats avec et sans la forêt de Sewen.

En prenant en compte la forêt de Sewen, il y a 2 722 ha répartis en zones de moins de 5 ha que nous n'avons pas dénombrées, et 588 ha répartis en 71 zones de 5 ha ou plus. Parmi les zones de plus de 5 ha on retrouve 149 ha de zones cloisonnables.

Tableau 8 : Détails des surfaces non desservies

| | | Surface non desservie [ha] | |
|--------------------|-------------------------------------------|----------------------------|---------|
| Traitement SIG | Forêt inaccessible à cause de la desserte | 3466 | -102 ha |
| | Après conversion de raster vers vecteur | 3364 | -54 ha |
| | Suppression des zones < 0,1ha | 3310 | |
| Détail des 3310 ha | Zones < 5 ha | 2722 | |
| | Zones >= 5 ha | 588 | |
| | dont zones cloisonnables | 149 | |

Si l'on ne considère pas la forêt communale de Sewen (Tableau 9), les zones de plus de 5 ha passent à 459 ha soit 2,8% des surfaces de forêt productives répartis en 57 zones parmi lesquelles on trouve 143 ha de zones cloisonnables. L'Annexe 7 : Liste des zones non desservies de plus de 5 ha, présente la liste des zones de plus de 5 ha par UT, forêt et parcelle.

Tableau 9 : Surfaces des macro-zones supérieures ou égales à 5 ha sans considérer la forêt de Sewen

| Sans Sewen | Surface [ha] | Nombre de zones |
|--------------------------|--------------|-----------------|
| Zones >= 5 ha | 459 | 57 |
| dont zones cloisonnables | 143 | |

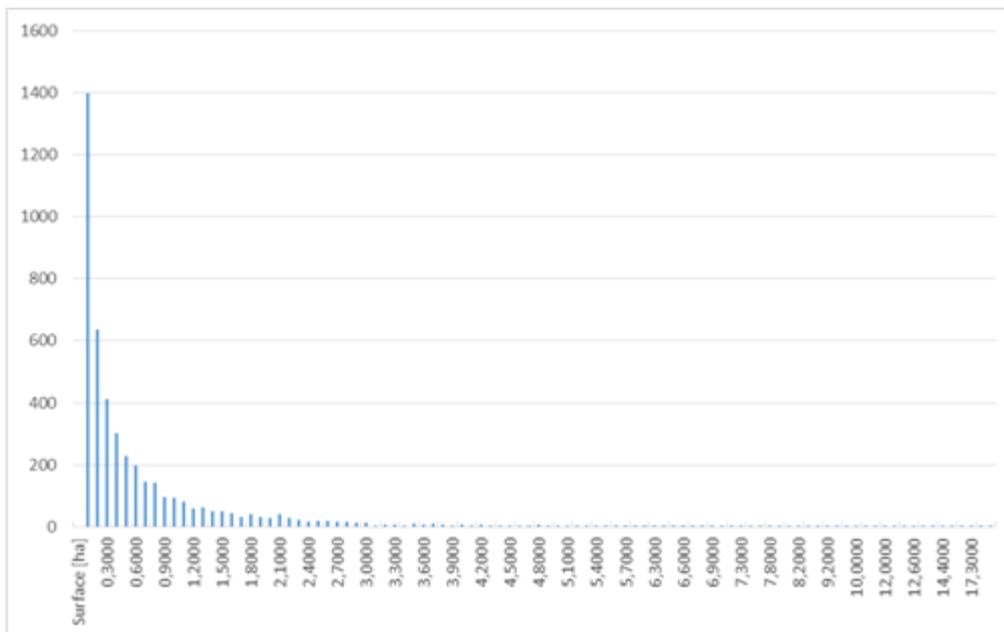


Figure 17 : Diagramme de distribution du nombre de macro-zones en fonction de leur surface

La distribution des macro-zones est déséquilibrée comme nous le montre la Figure 17 qui comprend toutes les surfaces de plus de 0,1 ha. Il y a beaucoup de petites surfaces. Cela signifie que pour exploiter toutes les surfaces non desservies il faudrait déployer beaucoup de moyens.

La surface moyenne d'une zone est de 0,7 ha plus ou moins 1,3 ha d'écart type. Le Tableau 10 nous montre le détail de cette distribution. La zone la plus grande a une surface de 19,7 ha et les plus petites font moins de 0,1 ha. Il y a en tout 4 506 zones cartographiées qui représentent 3 310 ha. En nombre 1,6% des zones ont une surface supérieure ou égale à 5 ha et 98,4% ont une surface inférieure à 5 ha. La somme des surfaces des zones supérieures ou égales à 5 ha vaut 416 ha soit 14,9% de la surface totale des macro-zones. Quant à elle la somme des surfaces des zones inférieures à 5 ha représente 2 368 ha soit 85,1% de la surface totale des macro-zones.

Tableau 10 : Détails de la distribution des macro-zones

| | Moyenne | Ecart type | Maximum | Minimum |
|------------------|---------|----------------|----------------|-----------------|
| Surfaces [ha] | 0,7 | 1,3 | 19,7 | 0,1 |
| | Nombre | Part en nombre | Σ Surface [ha] | Part en surface |
| Surfaces < 5 ha | 4436 | 98,4% | 2722 | 82,2% |
| Surfaces >= 5 ha | 70 | 1,6% | 588 | 17,8% |
| Total | 4506 | 100% | 3310 | 100% |

3.4.3 L'enjeu économique sur la zone d'étude

Nous avons dit que sur les 3 411 ha de macro-zones, 488 ha n'ont pas d'estimation de l'enjeu économique. Rappelons que l'enjeu économique caractérise la plus-value qu'il serait possible de réaliser en exploitant le peuplement en place. Les 2 296 ha restants se répartissent de la façon suivante : 204 ha soit 8,9 % du total ont

un enjeu fort, 954 ha soit 41,5 % du total ont un enjeu intermédiaire, et 1 139 ha soit 49,6 % ont un enjeu plus faible (Tableau 11).

Quel que soit l'enjeu associé à la zone, les surfaces de chaque zone sont petites en moyenne. Les surfaces à enjeu fort font en moyenne 0,3 ha plus ou moins 0,3 ha d'écart type. La surface maximale d'un seul tenant avec cet enjeu fait 3 ha. Il y a 716 zones. Les surfaces à enjeu intermédiaires sont quant à elles de 0,4 ha en moyenne plus ou moins 0,5 ha d'écart type. La surface maximale que l'on rencontre fait 7 ha pour l'enjeu intermédiaire et on trouve 2 477 zones. Les surfaces à enjeu faible font en moyenne 0,4 ha plus ou moins 0,6 ha d'écart type. La surface maximale d'un seul tenant fait 11 ha et on trouve 2 736 zones.

Tableau 11 : Surface inaccessible au tracteur forestier à cause de la desserte uniquement, répartie par enjeu économique

| | Enjeu fort | Enjeu intermédiaire | Enjeu faible | Total général |
|-------------------------|------------|---------------------|--------------|---------------|
| Nombre [u] | 716 | 2477 | 2736 | 5929 |
| Surface Moyenne [ha] | 0,3 | 0,4 | 0,4 | |
| Ecart Type [ha] | 0,3 | 0,5 | 0,6 | |
| Surface maximale [ha] | 3 | 7 | 11 | |
| Somme des surfaces [ha] | 204 | 954 | 1139 | 2297 |
| Part en surface | 8,9% | 41,5% | 49,6% | 100,0% |

3.5 Estimation du volume supplémentaire mobilisable

Faire une estimation du volume supplémentaire mobilisable si l'on exploite toute les zones non desservies à partir des résultats est une chose très intéressante pour le gestionnaire forestier. Toutefois, on ne peut le faire qu'en ayant bien conscience que l'estimation sera grossière et fautive. Ayant expliqué cela, nous allons donc proposer un intervalle dans lequel le véritable volume mobilisable en supplément pourrait se trouver.

Nous souhaitons calculer un volume supplémentaire mobilisable par année et par hectare. Pour cela nous prenons la moyenne des prélèvements annuels de 2009 à 2015 en volume bois fort arbre¹⁰ sur l'UT de Saint Amarin. Nous choisissons uniquement cette UT car c'est la seule à avoir tout son territoire entier en forêt de montagne. On obtient alors 46 741 m³ prélevés sur 8 697 ha de forêt productive chaque année ce qui nous donne un prélèvement moyen de 5,4 m³/ha/an.

Nous considérons comme borne inférieure de notre intervalle les macro-zones de plus de 5 ha qui représentent 459 ha. Cette surface permettrait ainsi de mobiliser 2 478 m³/an. Comme borne haute nous prenons toutes les surfaces non desservies soit 3 310 ha, qui permettraient de mobiliser 17 874 m³/an. En résumé si l'on se

¹⁰ Volume bois fort arbre : ce volume correspond au volume du tronc et des branches du houppier de l'arbre découpés à un diamètre de 7 cm.

focalise sur les surfaces de plus de 5 ha on peut espérer récolter 2 478 m³/an et si l'on considère toutes les surfaces on peut espérer récolter 17 874 m³/an avec un grand effort à faire pour atteindre toutes ces surfaces.

La véritable valeur se trouve certainement plus proche de la borne inférieure des 2 478 m³/an, voire en dessous car une partie des zones jugées non desservies est exploitable aujourd'hui grâce au câble mât ou à l'abatteuse à treuil synchronisé par exemple.

4. DISCUSSION ET PROPOSITIONS

Dans cette partie nous allons souligner ce qu'apporte l'étude, ses différentes limites ainsi que les marges de progression. Nous reprendrons sensiblement le même enchaînement que pour les résultats. Nous aborderons d'abord la mise à jour de la desserte, puis les distances de traîne, les surfaces non desservies par le tracteur forestier, l'estimation de l'enjeu économique pour terminer avec la possibilité de valoriser l'étude pour créer des îlots de senescence et une série de propositions d'actions à mener avec les données produites.

4.1 Une mise à jour rapide

La mise à jour de la desserte s'est déroulée de façon efficace. Les agents patrimoniaux n'ont pas manifesté de réticence à participer à cette opération qui était profitable directement à la gestion de leur triage. Ces éléments font penser que cette méthode était adaptée du point de vue managérial. Il est nécessaire de prendre le temps et de se donner les moyens pour obtenir un résultat de qualité. La mise à jour a duré deux mois et demi -soit 54 jours ouvrés- sur lesquels environ 60 heures de travail se sont réparties. Si l'on considère les 19 870 ha de forêt publique de la zone d'étude, il a fallu 1 heure de travail pour 360 ha. Avec une meilleure organisation pour la prise de rendez-vous et sans les aléas -notamment des agents patrimoniaux en arrêt maladie- la durée de la tâche aurait certainement pu être maintenue en dessous de deux mois.

4.2 Des places de dépôt à définir

L'étude permet de souligner un sous-équipement en termes de places de dépôt. En 2005 après le levé au *global positioning system* (GPS) en vue du SRDF d'Alsace, le même constat était dressé (PATZELT et al., 2005). Quelques points restent à préciser.

Les notions de place de dépôt et de place de retournement n'ont pas été définies clairement et cela rend les données collectées difficilement exploitables car hétérogènes. Par exemple, une place de dépôt est-elle une place aménagée sur le bord d'un chemin forestier, ou un bord de chemin habituellement utilisée pour déposer les grumes que l'on qualifierait de place non aménagée ? Ou encore une place de retournement doit-elle permettre à un grumier de faire demi-tour lorsqu'il est à vide, ou lorsqu'il est chargé ? La non définition de la place de dépôt n'est pas trop



Figure 18 : Place dépôt non aménagée le long d'une route forestière (crédit photo : P. PETITDEMANGE)

gênante car dans la pratiques les bords de chemins sont utilisés pour stocker les bois lorsqu'il s'agit de grumes (Figure 18), il n'y a alors pas besoin de sur-largeurs conséquentes, ce qui est souhaitable pour une exploitation en billons courts. Concernant les places de retournement, elles sont rarement conçues pour permettre le retournement d'un grumier chargé. Les places de retournement sont souvent des carrefours qui permettent au camion de faire une marche arrière pour retourner.

Quant aux places mixtes, de dépôt et de retournement, leur double fonction est à considérer avec précaution, car en considérant ce que nous avons évoqué avant, on peut légitimement supposer qu'un grumier à peu de chance de faire demi-tour si du bois est stocké sur cette même place.

Proposition 1 : Il serait utile de distinguer dans la base de données SIG, les places de dépôt, de retournement, de dépôt et de retournement, qui sont aménagées de celles qui ne le sont pas. Ensuite il faudrait fixer des objectifs et des recommandations de densité de place pour les agents patrimoniaux. Pour cela une étude de flux de bois faite à partir du programme de coupe permettrait de déterminer le nombre et la taille des places nécessaires. Un exemple d'étude de ce type est donné dans la n° 58 de la Revue forestière (MILLOT Murièle, TORRE Fabrice, LABBÉ Sylvain, 2006).

4.3 La distances de traîne, la densité et la répartition du réseau

Les résultats nous indiquent que seulement 358 ha sur 16 059 ha soit 2,2 % de forêt productive sont à une distance de traîne de plus de 1 000 m. Cela laisse penser que la desserte est bien répartie sur le territoire.

Comme limite de ce résultat nous pouvons noter que la distance de traîne est calculée de la forêt jusqu'à la route la plus proche et non pas jusqu'à la place de dépôt la plus proche. Cela constitue un biais. L'intersection d'une piste avec une route est l'emplacement théorique idéal de toute place de dépôt. Ce n'est pas toujours le cas en réalité cependant nous avons vu que les places de dépôts sont bien souvent improvisées le long des routes où débouchent les pistes. Ces considérations semblent se compenser et ne devraient pas entraîner de forte sous-évaluation de la distance de traîne.

Des erreurs commises par *Sylvaccess* peuvent être rencontrée sur certaines forêts. Les connexions de quelques pistes avec les routes ne sont pas toujours reconnues ce qui engendre des distances de traîne qui sont alors fausses. Il peut s'agir de « trous » -ensemble de pixels où l'information sur l'altitude est absente- dans le MNT qui font que les tronçons de piste ou de route sont considérés comme coupés par *Sylvaccess*. Si l'on pouvait corriger ces erreurs, les 358 ha à une distance de traîne de plus de 1 000 m diminueraient.

Pour améliorer le diagnostic il serait judicieux de considérer les intersections entre les pistes et les routes comme base de développement des places de dépôt et de retournement. Cela impliquerait de modifier le code de *Sylvaccess* qui est libre de droit.

Proposition 2 : Il faudrait juger au cas par cas de la possibilité et de l'intérêt de réduire la distance de traîne en créant un bras de piste supplémentaire.

4.4 Les surfaces non desservies

L'étude a permis de mettre en évidence 3 466 ha de forêt de production non desservies.

Les surfaces non desservies trouvées peuvent être biaisées par la non prise en compte de talus infranchissables en amont des pistes et des routes ne permettant pas au conducteur du débusqueur de monter avec son câble pour accrocher des grumes (Figure 19). Le talus peut être trop haut et raide, il peut y avoir un fossé ou encore il peut s'agir d'un talus rocheux. La visite du massif de l'Altrain de la forêt de Willer-sur-Thur a permis de constater que des talus infranchissables étaient pris en compte et qu'à l'inverse des talus étaient estimés infranchissables alors que des traces montraient qu'ils avaient permis d'accéder à des arbres abattus en amont. D'après ce constat, on aurait donc tendance à sous-estimer la surface de forêt accessible.

Les réglages de *Sylvaccess* qui ont été choisis ne devraient pas générer de forte imprécision sur les résultats car un effort a été fait pour les adapter aux pratiques locales d'exploitation forestière.

Parmi les zones non desservies par le tracteur forestier, certaines ont pu être exploitées par une abatteuse à câble synchronisé et débardée par un porteur à câble synchronisé qui peuvent évoluer dans des pentes allant jusqu'à 75% voire 80%. Pour des pentes plus importantes on peut utiliser le câble mât. De telles surfaces ont été trouvées sur le massif de

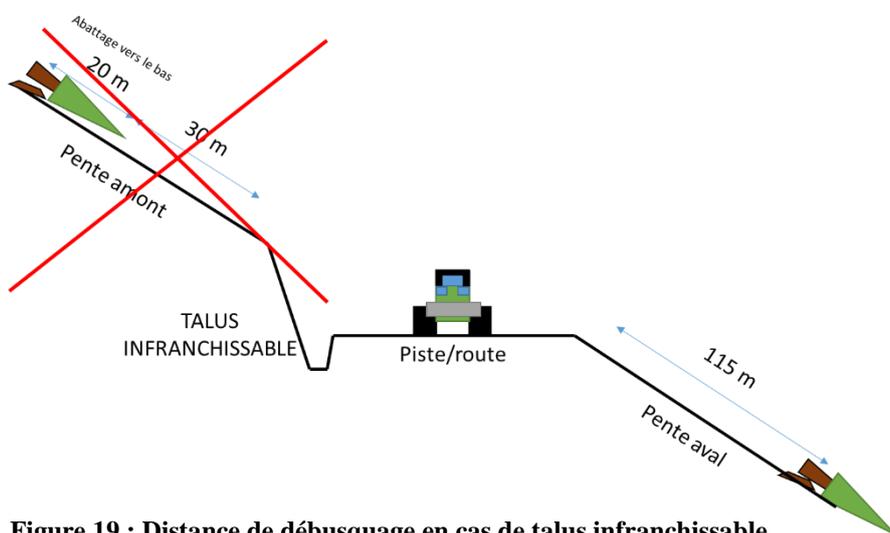


Figure 19 : Distance de débusquage en cas de talus infranchissable

l'Altrain dans la forêt de Willer-sur-Thur. Cela nous amène à considérer que les surfaces non desservies supérieures à 5 ha sont en réalité moins nombreuses. Nous ne connaissons pas la part de surface à retrancher à cause de cela.

La présence d'infrastructures en aval des zones non desservies n'a pas été prise en compte dans l'étude. Cela constitue un biais. Par exemple il peut y avoir une route départementale, des habitations qui engendrent une exploitation très risquée nécessitant des conditions strictes de sécurité rendant l'opération difficilement réalisable.

Un autre point important qui a été remarqué lors de la visite de terrain, est l'existence de pistes non cartographiées. En effet lors de la mise à jour, des pistes ont pu être oubliées par les agents. De ce fait, la surface non desservie devrait encore diminuer.

En somme les surfaces non desservies sont peu importantes et devraient diminuer encore avec les zones exploitées à l'abatteuse à treuil et les zones où des pistes n'ont pas été cartographiées.

Proposition 3 : Afin de distinguer la part des surfaces non desservies par le tracteur forestier mais desservies par d'autres moyens, il serait utile de voir dans quelle mesure l'étude faite sur le massif vosgien par BROBECKER *et al.* en 2007 pour localiser des surfaces exploitables au câble mâât est aussi valable pour l'abatteuse à treuil synchronisé. Le cas échéant une étude dédiée pourrait être faite.

4.5 *Les surfaces cloisonnables*

Les cloisonnements d'exploitation sont peu présents en forêt de montagne. Lors de la mise à jour de la desserte, seuls quelques agents patrimoniaux ayant à leur charge des forêts de collines en bordure de la plaine d'Alsace ont fait mention de parcelles équipées de cloisonnement d'exploitation. Il semble y avoir peu de zones cloisonnées.

La cartographie de zones non desservies et cloisonnables -pente inférieure à 30 %- constitue un point d'attention particulier.

Proposition 4 : Si les conditions le permettent ce sont des zones où des cloisonnements pourront être ouverts moyennant peut être une création de piste pour les desservir s'ils n'existent pas déjà.

4.6 *L'estimation de l'enjeu économique*

L'estimation de l'enjeu économique permet à l'aide de données disponibles pour toutes forêts de se donner une idée qualitative de la plus-value que le propriétaire pourrait percevoir pour l'exploitation de ses bois. L'arbre de décision sur lequel est bâti cette estimation peut facilement être adapté à d'autres situations en changeant les seuils de surface terrière.

La précision de l'estimation de l'enjeu économique en cas d'exploitation de la zone non desservie n'a pas été estimée par un inventaire de validation faute de temps. Cependant nous pouvons dire que l'estimation de l'enjeu économique est variable car nous nous sommes servis de données récoltées lors des aménagements, qui plus est sur une large zone, ce qui implique des données qui peuvent avoir quelques années ou plus de 15 ans selon la forêt. La précision de la donnée est variable.

Le gradient de l'enjeu économique qui va de faible à fort perd de sa pertinence dans certains cas. Les visites de terrain ont permis de trouver des zones non desservies dont l'enjeu économique était majoritairement faible, qui ont été exploitées à l'abatteuse à treuil synchronisé. C'est surprenant car d'une part l'exploitation mécanisée demande un fort prélèvement pour être rentable étant donné le coût élevé des machines et d'autre part notre estimation « enjeu faible » implique une surface terrière modeste. En regardant la parcelle concernée de plus près -parcelle 71 de Willer-sur-Thur-, on remarque d'abord que l'aménagement date de 2008, la donnée a donc environ 8 ans. Ensuite, on observe que la fertilité de la station est globalement moyenne, et que la

surface terrière est de 19 m²/ha. Les essences présentes sont un mixte de sapin -*Abies alba*- et d'épicéa -*Picea abies*- avec quelques poches de douglas -*Pseudotsuga mensiezii*- avec une proportion feuillue un peu plus importante à l'ouest de la parcelle. En se plaçant sur l'arbre de décision (Figure 13, p. 33), on tombe effectivement sur un enjeu faible. Mais ce résultat était valable il y a 8 ans, depuis les arbres ont poussé. Ces éléments laissent penser que l'échelle d'enjeu économique faible, intermédiaire et fort est biaisé et que l'enjeu des forêts dont l'aménagement est ancien est sous-estimé. Cette analyse est plus à prendre comme une priorisation des enjeux.

Après considération de la caractéristique à court terme de l'estimation de l'enjeu économique, la prise en compte de la fertilité n'est pas pertinente dans cette optique. La fertilité d'une station exprime la capacité à produire du bois et cela relève plutôt du moyen voir du long terme. On pourrait alors se passer de cette composante et se servir uniquement des données issues des aménagements. Cependant nous pouvons opposer à cela que sur les stations peu fertiles nous avons toutes les chances que l'enjeu soit faible, cela permet alors de faire un tri.

Afin de s'affranchir d'une partie de la variabilité des résultats due aux dates d'aménagement des forêts, on pourrait essayer d'utiliser la hauteur dominante des peuplements -donnée ONF de 2012 disponible sur le massif vosgien- comme approximation du volume disponible. C'est une donnée périssable, car plus les années passent plus on a d'imprécision par rapport à l'état actuel car les arbres poussent.

4.7 Valoriser des zones non desservies en îlots de senescence

Accéder aux surfaces non desservies en ouvrant de nouvelles pistes créé une contrainte environnementale. La gestion multifonctionnelle des forêts concilie les dimensions économiques, environnementales et sociales. Une nouvelle piste permettant d'accéder à plus de bois mobilisable est un avantage économique. D'un autre côté, la piste constitue un malus environnemental car elle crée du dérangement : rupture dans l'habitat des espèces, passages de véhicules lors de l'exploitation, passage de promeneurs ... Dans les zones sensibles l'enjeu est fort. C'est le cas des zones de quiétude du Grand tétras -*Tetrao urogallus*- par exemple.

Proposition 5 : A ce moment, si on ne peut pas accéder aux surfaces non desservies à causes de trop fortes contraintes, elles forment de parfaites cibles pour créer des îlots de senescence¹¹ au sein des forêts. Ces zones où l'on n'applique plus de sylviculture sont des réservoirs de biodiversité. Un autre avantage à choisir parmi ces surfaces non desservies est qu'elles sont -sauf erreur de simulation- éloignées des principaux axes de la desserte. Si aucun sentier ne passe dans ces surfaces nous sommes assurés qu'il n'y a pas de risque pour les

¹¹ Ilot de senescence : « Petit peuplement laissé en évolution libre sans intervention culturale et conservé jusqu'à son terme physique, c'est-à-dire jusqu'à l'effondrement des arbres. Les îlots de sénescence sont composés d'arbres de faible valeur économique et qui présentent une valeur biologique particulière (gros bois à cavité, vieux bois sénescents) » d'après la note de service NDS-09-T-310 *Îlots de vieux bois l'ONF en 2009*.

promeneurs et les usagers de la forêt d'être victime d'une branche ou d'un arbre qui s'écroule. Afin de compléter le diagnostic des ilots de senescence, il est possible de s'appuyer sur l'estimation de l'enjeu économique pour choisir des zones à enjeu faible et minimiser le sacrifice économique fait.

4.8 Que faire pour la suite avec les données produites

En plus des propositions faites dans les parties précédentes et en conséquence des résultats soulignés dans ce rapport, nous proposons plusieurs actions :

1. Se focaliser sur des zones prioritaires qui seraient les zones cloisonnables et les zones de plus de 5 ha. Les zones cloisonnables seraient repérées sur carte uniquement et les zones de plus de 5 ha seraient aussi listées.
2. Afin d'impliquer le plus possible les agents et d'essayer de bénéficier d'une dynamique de travail basée sur une initiative suggérée par la hiérarchie, il serait utile de leur transmettre une liste de parcelle cible et de leur demander leurs propositions d'actions vis-à-vis de ces parcelles.
3. Diffuser des cartes éditées par forêt aux agents patrimoniaux, et aux aménagistes. Les cartes seraient au format papier et au format informatique disponible sur le SIG terrain de l'ONF qui s'appelle *Canopée*.
4. Dans un second temps, il faudrait inciter les agents à étudier une création de pistes, une ouverture de cloisonnements d'exploitation ou une exploitation à l'abatteuse à treuil synchronisé ou au câble mât dans les zones prioritaires de plus de 5 ha.
5. Encourager les agents à être attentifs aux possibilités de prolonger la desserte ou de transformer une piste en route entre deux communes car cela ouvre à 70% de subvention au lieu de 50% pour un projet individuel (FRATACCI, 2015).

Avec l'application de ces propositions on s'attend à voir dans les années à venir une augmentation des demandes de subventions et une augmentation légère du volume exploité et plus d'exploitation à l'abatteuse à treuil ou au câble mât.

CONCLUSION

Cette étude a été réalisée afin de contribuer à l'optimisation de la mobilisation des bois, en étudiant la desserte des forêts publiques du massif vosgien présentes sur le territoire de l'agence ONF de Mulhouse (68). Des couches SIG et des cartes ont été produites, mettant ainsi en lumière 3 310 ha de forêt de production non desservies par la desserte et donc non exploitables au tracteur forestier. Des zones prioritaires ont été définies dès lors qu'elles dépassaient 5 ha en surface. 459 ha se répartissent ainsi en 57 zones de plus de 5 ha. Une couche SIG évaluant l'enjeu économique d'une exploitation de ces zones non desservies a été créée. Elle permet de prioriser les zones non desservies pour la création de piste ou l'utilisation du câble mâât ou de l'abatteuse à treuil synchronisé pour leur exploitation. Ce sont deux outils d'aide à la prise de décision qui ont été réalisés pour la gestion des forêts. Aussi l'étude a permis d'éprouver une méthode de mise à jour partielle de la desserte qui s'est avérée efficace.

La validation des données produites a été faite de façon succincte par une visite de forêt qui a permis de se rendre compte de la cohérence des résultats avec le terrain et de mettre en lumière des erreurs dues à des morceaux de desserte non cartographiés notamment. Il s'avère que de grandes zones non desservies par le réseau de piste ont pu être exploitées tout de même grâce à d'autres moyens de débardage -abatteuse à treuil notamment -. Etant donné que ce sont des outils d'aide à la décision qui ont été produits, ce sont les utilisateurs -agents patrimoniaux, aménagistes ...- qui pourront juger de la précision des données et ce sont encore eux qui donneront les véritables résultats de l'étude.

Si les retours sont concluants ce genre d'étude pourrait être reproduit et adapté sans trop de difficulté sur d'autres massifs, et dans d'autres régions. Il serait aussi possible d'ajouter une étude de l'accessibilité au câble mâât grâce à *Sylvaccess* afin de réduire le champ d'imprécision.

BIBLIOGRAPHIE

- BOCK, Jérôme, DUPOUEY, Jean-Luc, DAMBRINE, Etienne et GEORGES-LEROY, Murielle, 2008. Les structures archéologiques et les peuplements de la forêt domaniale de Haye analysés par laser aéroporté. *Rendez-vous techniques de l'ONF*. 2008. N° n° 20, pp. 15-18.
- BROBECKER, Caroline, BEAUVÉRY, Johann et KHELIFA, Jean, 2007. *Inventaire des coupes à câbles aériens du parc naturel régional des ballons des Vosges* [en ligne]. [Consulté le 10 décembre 2015]. Disponible à l'adresse : http://www.fibois-alsace.com/files_upload/documentation/201003170906320.FIBOIS-coupes-cables-PNRBV-2007.pdf
- CARETTE, Thomas et BIGOT-DE-MOROGUES, Francis, 2015. CartoMob: un intégrateur cartographique pour la gestion forestière. *FCBA INFO*. juin 2015. pp. 4
- CLOUET, Nicolas, BERGER, Frédéric, MONNET, Jean-Matthieu et DESCROIX, Laurent, 2010. Cartuvi: un modèle sous SIG pour la cartographie des surfaces débardables en zone de montagne. *Revue forestière française*. février 2010. pp. 155-171.
- DUPIRE, Sylvain, BOURRIER, Franck, MONNET, Jean-Matthieu et BERGER, Frédéric, 2015. Sylvaccess : un modèle pour cartographier automatiquement l'accessibilité des forêts. *Revue forestière française*. mars 2015. pp. 111-126.
- FRATACCI, Stéphane, 2015. *Arrêté n°2015/167*. 30 novembre 2015. Fixant les modalités de financement par des aides de l'Etat pour l'année 2015 des investissements pour l'amélioration de la desserte forestière (mesure 4.3 G du programme de développement rural Alsace 2014-2020)
- HINCELIN, Eric et LEHAUT, Richard, 2016. CartoMOVAPRO évalue les surfaces et volumes réellement mobilisables. *Forêt-Entreprise*. janvier 2016. N° 226, pp. 26-29.
- INGEO, [sans date]. SIG Système d'Information Géographique ou Géomatique : outils de cartographie numérique, représentation spatiale des informations. *sig-geomatique* [en ligne]. [Consulté le 1 juillet 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sig-geomatique.fr/sig-sig.html>
- INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE, 2012. *SER D11: Massif vosgien central* [en ligne]. 2012. Disponible à l'adresse : http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/D_11.pdfFiche de sylvoécocorégion D11
- LECHINE, Patrick, 2016. Evolution des schémas de desserte forestière en Franche-Comté. *Forêt-Entreprise*. janvier 2016. N° 226, pp. 30-34.
- MILLOT MURIÈLE), TORRE (FABRICE) et LABBÉ (SYLVAIN), 2006. Évaluation à l'aide d'un système d'information géographique des flux de bois transitant sur la voirie forestière. Application à l'entretien des routes et à l'évaluation des coûts de mobilisation des bois. *Revue Forestière Française* [en ligne]. 2006. N° 2. [Consulté le 2 septembre 2016]. DOI 10.4267/2042/5811. Disponible à l'adresse : <http://hdl.handle.net/2042/5811>
- OBERTI, Dominique, 1990. *Catalogue des stations forestières des Vosges alsaciennes.1 : Vosges cristallines.2 : Hautes Vosges gréseuses. 3 : Collines sous-vosgiennes*. Nancy : Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF).
- OFFICE NATIONAL DES FORÊTS, 2007. *Règlement national d'exploitation forestière*. 2007.
- OFFICE NATIONAL DES FORÊTS, 2009. *Manuel pratique de sylviculture - Alsace*.
- OFFICE NATIONAL DES FORÊTS, 2014. *Travaux forestiers routiers - guide technique - plaine et collines*. 2014.
- PATZELT, Alain, BESSON, Jean-Louis, GAUTIER, Laurent et GELDREICH, Pierre, 2005. ONF - Rendez-vous techniques de l'ONF - n°8. . 2005. pp. 57-63. Cartographie au GPS des routes forestières en Alsace : un projet au service de la filière bois

SOCIÉTÉ FORESTIÈRE DE FRANCHE-COMTÉ, SFFC, 2002. *Vade-mecum du forestier*. 13ème édition. Besançon : Société forestière de Franche Comté (SFFC). ISBN 978-2-912298-19-5.

LISTE DES CONTACTS

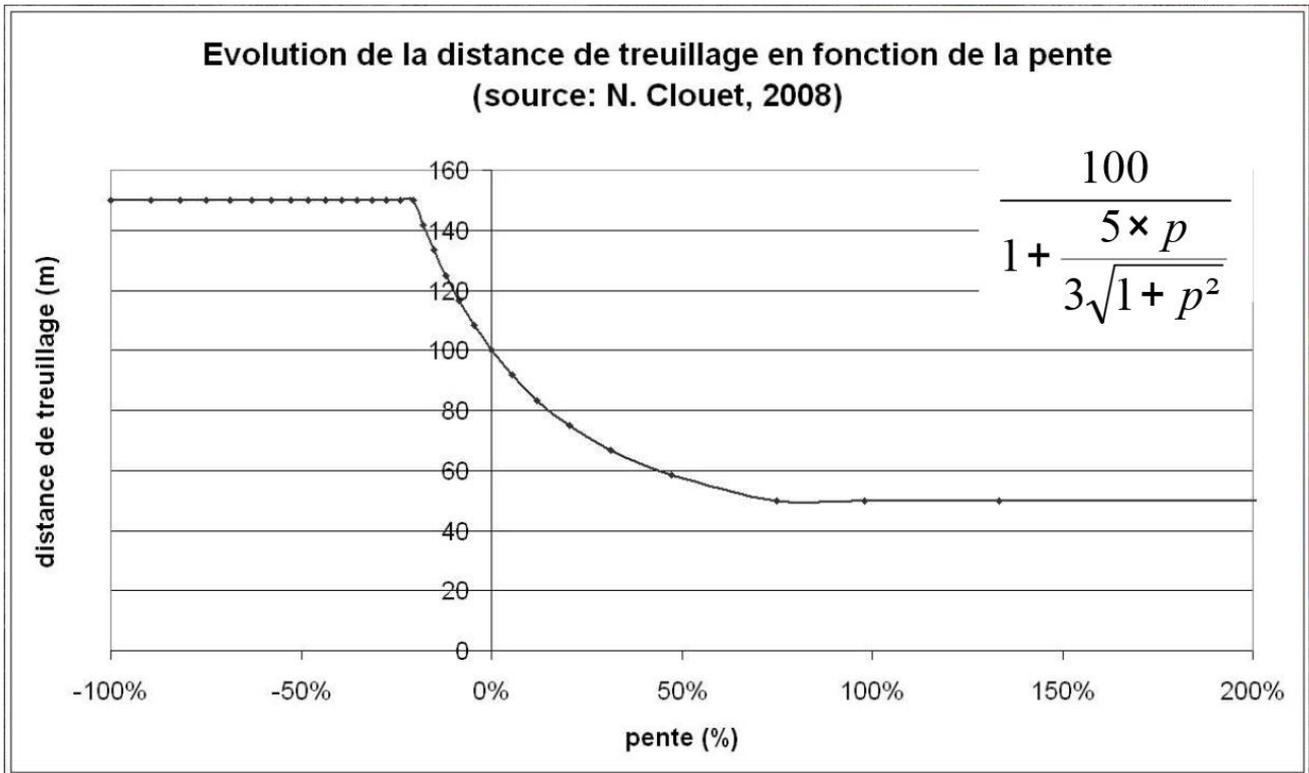
| Prénom / Nom | Entreprise / Fonction | Adresse | Mél | Téléphone |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| ONF | | | | |
| DT ALSACE | | | | |
| Rodolphe Pierrat | Adjoint DT Responsable pôle système d'information | 14, rue du Maréchal Juin 67084 Strasbourg Cedex | rodolphe.pierrat@onf.fr | 388768194 |
| Nicolas Degarne | ONF Responsable SIG Délégation Territoriale | 14, rue du Maréchal Juin 67084 Strasbourg Cedex | nicolas.degarn@onf.fr | 0388768263 |
| ATE MULHOUSE | | | | |
| Odile Mougeot | ONF Chef du service forêt | 15, avenue de Strasbourg 68350 Didenheim | odile.mougeot@onf.fr | 0611103351 |
| Marie-Noëlle Gillot | ONF Responsable SIG | 15, avenue de Strasbourg 68350 Didenheim | marie-noelle.gillot@onf.fr | 0389468201 |
| Guillaume Houth | ONF Chef du service bois | 15, avenue de Strasbourg 68350 Didenheim | guillaume.houth@onf.fr | 0621483220 |
| Romain Massoneau | ONF Technico-commercial bois | 15, avenue de Strasbourg 68350 Didenheim | romain.massoneau@onf.fr | 0624124141 |
| UT Thur | | | | |
| Claude GIRAUD | Agent patrimonial | Uffholtz | claudio.giraud@onf.fr | 03.89.75.44.08 / 06.24.45.01.29 |
| Pierre ROLDOS | Agent patrimonial | Lutterbach | pierre.rolDOS@onf.fr | 03.89.52.13.46 / 06.24.12.42.02 |
| Patrice MULLER | Agent patrimonial | Thann | patrice.muller@onf.fr | 03.89.37.03.56 / 06.24.24.66.81 |
| François PETIT | Agent patrimonial | Hirtzfelden | francois.petit@onf.fr | 03.89.81.29.91 / 06.24.12.41.92 |
| Marc TSCHAEGLE | Agent patrimonial | Bitschwiller | marc.tschaegle@onf.fr | 03.89.37.05.34 / 06.34.49.98.47 |
| Pierre TETTAMANZI | Agent patrimonial | Wattwiller | pierre.tettamanzi@onf.fr | 03.89.75.42.77 / 06.27.66.46.73 |
| Florent MARQUIS | Agent patrimonial | Willer sur Thur | florent.marquis@onf.fr | 03.89.38.93.27 / 06.34.49.98.49 |
| VAN OLMEN Tom stagiaire | Agent patrimonial | Cernay | tom.van-olmen@onf.fr | 03 89 76 43 68 / 06 35 66 56 49 |
| Jean-Pierre HOUBIN | Responsable d'UT | | jean-pierre.houbin@onf.fr | 03.89.37.87.58 / 06.24.12.42.56 |
| UT Doller basse Largue | | | | |
| VILLAUME Jean-Charles | Agent patrimonial | Masevaux FC | jean-charles.villaume@onf.fr | 03.89.38.04.41 / 06.24.66.79 |
| DORGE Rémy | Agent patrimonial | Burnhaupt le haut | remy.dorge@onf.fr | 03.89.08.28.02 / 06.21.48.32.57 |
| FARNY Michel | Agent patrimonial | Masevaux FD | michel.farny@onf.fr | 03.89.82.44.88 / 06.24.24.66.78 |
| LEGRAUX Martin | Agent patrimonial | Oberbruck | martin.legraux@onf.fr | 03.89.82.00.14 / 06 34 49 98 60 |
| NODIN Cédric | Agent patrimonial | Reiningue | cedric.nodin@onf.fr | 03.89.81.91.73 / 06.82.61.21.20 |
| Thierry ZIEGLER | Responsable d'UT | | thierry.ziegler@onf.fr | 03.89.26.14.53 / 06.11.10.33.58 |

| UT Saint Amarin | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Jean MEUNIER | Agent patrimonial | Kruth | jean.meunier@onf.fr | 03 89 38 08 61 / 07 77 46 14 10 |
| André SCHLUSSEL | Agent patrimonial | Oderen | andre.schlussel@onf.fr | 03.89.82.28.11 / 06.22.01.95.83 |
| Jean-Paul SIMON | Agent patrimonial | Mitzach | jean-paul.simon@onf.fr | 03.89.82.61.55 / 06.24.24.66.77 |
| Didier GINOT | Agent patrimonial | Felling | didier.ginot@onf.fr | 03.89.82.60.48 / 06.22.01.95.85 |
| Claudine HALM-PINA | Agent patrimonial | Moosch | claudine.halm-pina@onf.fr | 03.89.82.60.71 / 06.82.61.35.88 |
| Patrick FOLTZER | Agent patrimonial | Wildenstein | patrick.foltzer@onf.fr | 03.89.82.28.71 / 06.82.61.39.93 |
| Marcel HUG | Agent patrimonial | Saint Amarin | marcel.hug@onf.fr | 03.89.82.11.87 / 06.24.45.01.25 |
| Jean-Jacques GIBAUD | Agent patrimonial | Ranspach | jean-jacques.gibaud@onf.fr | 03.89.82.61.78 / 06.82.61.35.98 |
| Charles PILLAIN | Responsable d'UT | 9 rue des Fabriques 68470 Felling | charles.pillain@onf.fr | 03 89 81 02 04 / 06.24.12.42.57 |
| ATE COLMAR | | | | |
| Patrick Tibiletti | ONF Responsable mécanisation | 13, rue du Docteur Pierre Bucher 68500 Guebwiller | patrick.tibiletti@onf.fr | 0609157633 |
| Roger Notter | ONF Géomaticien | 13, rue du Docteur Pierre Bucher 68500 Guebwiller | roger.notter@onf.fr | 0389749788 |
| Exploitants forestiers | | | | |
| Vogel | Entrepreneur de travaux forestier | | | |
| Markus Liehr | Gebrüder Liehr GmbH Chauffeur d'abatteuse treuil | Rütthof 9 PLZ, Ort: 79736 Rickenbach | | 0171 / 382 54 95 |
| Marcel Humbrecht | Exploitant forestier Bûcheron-débardeur | 11, rue du collège 68590 Saint Hippolyte | | |
| Industriels | | | | |
| Vincent Misslin | Scierie Schilliger Acheteur de bois | Zone industrielle et Portuaire Rue du Port Rhénan F-68600 Volgelsheim | vincent.misslin@schilliger.fr | 0677673928 |
| Chambre d'agriculture d'Alsace | | | | |
| DUPEUBLE Matthieu | Conseiller forestier | 11 Rue Jean MERMOZ - BP 80038 68127 SAINTE-CROIX-EN-PLAINE | M.DUPEUBLE@alsace.chambagri.fr | +33 6 42 61 14 35 |
| Frédéric ROY | Chargé de mission Service gestion du territoire | 12 Rue Jean MERMOZ - BP 80038 68127 SAINTE-CROIX-EN-PLAINE | F.ROY@alsace.chambagri.fr | +33 6 81 60 58 82 |

TABLE DES ANNEXES

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Annexe 1 : Evolution de la distance de débusquage en fonction de la pente | 56 |
| Annexe 2 : Mode opératoire pour la mise à jour de la desserte forestière d'une forêt | 57 |
| 1 Environnement SIG | 57 |
| 2 Support de suivi..... | 58 |
| 2.1 Mise à jour | 58 |
| 2.2 Préalable | 59 |
| 2.3 Les attributs | 59 |
| 2.3.1 Le nom de la route | 59 |
| 2.3.2 La classe administrative..... | 59 |
| 2.3.3 La nature | 59 |
| 2.3.4 L'origine | 59 |
| 2.3.5 La date de mise à jour..... | 59 |
| 2.4 Suppression ou création de desserte | 60 |
| 2.4.1 Connecter le nouveau tronçon | 60 |
| 2.4.2 Segmenter les tronçons | 61 |
| 2.5 Recalage de la desserte | 61 |
| 2.6 L'image Lidar est décalée de 4m..... | 61 |
| 3 Recommandations diverses | 62 |
| 3.1 Lors de la prise de rendez vous..... | 62 |
| 3.2 Après une session de travail | 62 |
| Annexe 3 : Code Python reprenant le fonctionnement de l'arbre de décision pour estimer l'enjeu économique | 63 |
| Annexe 4 : Exemple de carte synthétique des résultats..... | 67 |
| Annexe 5 : Exemple de fiche synthétique des résultats..... | 68 |
| Annexe 7 : Liste des zones non desservies de plus de 5 ha | 69 |

Annexe 1 : Evolution de la distance de débusquage en fonction de la pente



Annexe 2 : Mode opératoire pour la mise à jour de la desserte forestière d'une forêt

Projet d'étude de la desserte forestière et de la mobilisation des bois sur le massif des Vosges

Mars 2016 – Paul PETITDEMANGE - Mulhouse

Ce mode opératoire a pour but de formaliser une méthode la mise à jour du fichier de desserte de l'agence ONF de Mulhouse dans le cadre du projet d'étude de la desserte forestière et de la mobilisation des bois sur le massif des Vosges. De ce fait, les données collectées sont moins nombreuses que lors de la mise à jour de la desserte pour la rédaction d'un nouveau document d'aménagement pour une forêt.

La méthode est basée sur une mise à jour faite sur système d'information géographique (SIG) et par entretien avec l'agent patrimonial de la forêt concernée. Les connaissances de l'agent, ce que l'on voit grâce aux ortho photos et à l'image du modèle numérique de terrain (MNT) issu du Lidar sont recoupés. C'est la méthode utilisée à ce jour sur l'agence de Mulhouse.

1 Environnement SIG

Sur le SIG différentes couches sont ouvertes que l'on retrouve dans le tableau 1. La couche routes et places servent à la modification, le parcellaire forestier (elpf), le scan 25, les orthophotos, l'image lidar et le cadastre servent à se repérer et caler la desserte.

Tableau 12: Liste des couches à ouvrir

| Couche SIG | Rôle | Accès |
|------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Routes.gdb | Modification | K:\Commun\Endo\x8000\geodata\1_equipement\desserte\ag_mul\desserte.gdb\places |
| Places.gdb | Modification | K:\Commun\Endo\x8000\geodata\1_equipement\desserte\ag_mul\desserte.gdb\routes |
| Elpf.gdb | Repère | K:\Commun\Endo\x8000\geodata\0_amgt\bug\ag_mul\bug.gdb\jeu_ug\elpf |
| Scan25 | Repère/calage | K:\Commun\Exo\ign_catalogue\catalogues.gdb\scan25_2009 |
| Cadastre | Repère/calage | K:\Commun\Exo\ign\bdparcel_catalogue\communes |

| | | |
|-------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Orthophoto | Repère/calage | K:\Commun\Exo\ign_catalogue\catalogues.gdb\ortho_cigal_20112012_reg42_irc |
| Image lidar | Repère/calage | K:\Commun\Exo\cg\dep68\lidar_catalogue.gdb\lidar68 |

La couche « routes » est associée à une symbologie selon le champ « nature » qui décline l’accessibilité aux grumiers. La figure 1 en montre un exemple. Pour plus de précision voir partie III.b. Les attributs.

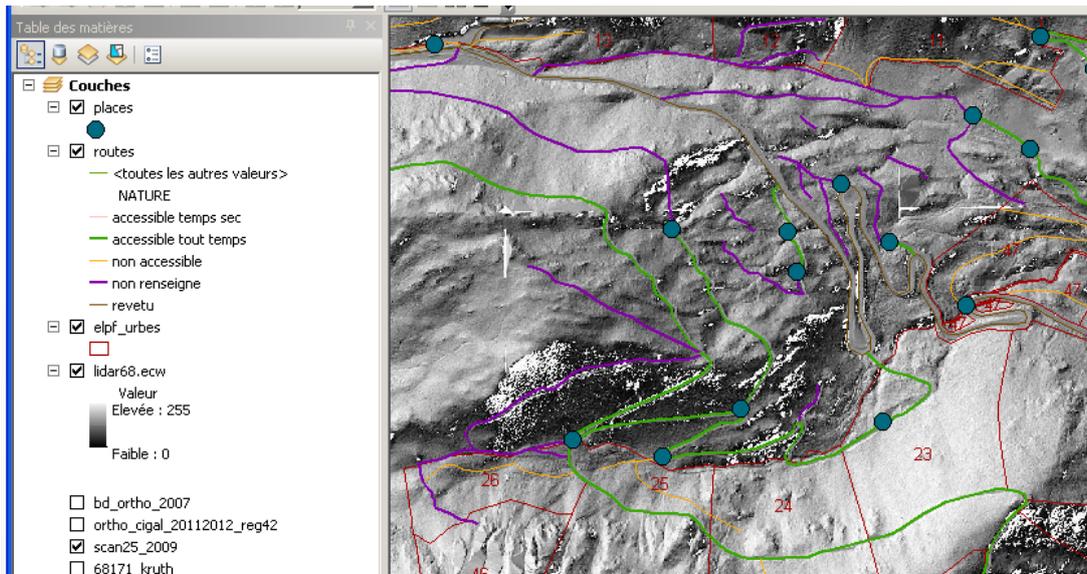


Figure 1: Exemple de symbologie pour la couche routes

2 Support de suivi

Afin de suivre le travail réalisé, nous recommandons de découper la forêt en différentes cartes imprimées en format A3 à une échelle voisine du 10000^{ème}. Le fond de la carte est l’image MNT issu du Lidar. Le réseau de desserte apparaît dessus ainsi que le parcellaire forestier.

Cela permettra de surligner au *stabilo* les tronçons de desserte déjà vérifiés et mis à jour. Les modifications sur les places de dépôt et de retournement seront indiquées sur la carte pour être mises à jour après coup. Cela permet d’optimiser le temps passé avec l’agent patrimonial.

2.1 Mise à jour

La mise à jour de la desserte alterne des opérations de :

- recalage d’un tronçon de desserte existant ;
- suppression ou de création de desserte ;
- remplissage ou modification des attributs du tronçon.

2.2 Préalable

Si la desserte déjà numérisée est très souvent décalée par rapport à l'image du MNT, il est peut-être préférable de déjà recalibrer les tronçons avant de faire la mise à jour avec l'agent patrimonial (voir partie « Recalage de la desserte »).

2.3 Les attributs

Les attributs à remplir sont les suivants, on les retrouve résumés dans le tableau 2.

2.3.1 Le nom de la route

Ce champ est rempli s'il est connu par l'agent.

2.3.2 La classe administrative

Elle est renseignée partiellement afin de distinguer les pistes accessibles uniquement aux tracteurs, et les chemins forestiers qui sont accessibles aux véhicules légers et parfois aux grumiers suivant la nature. Si le champ est déjà renseigné, on laissera l'information, sinon on renseignera piste ou chemin forestier.

2.3.3 La nature

Elle conditionne l'accessibilité du tronçon pour un grumier. On retrouve les accessibilités par temps sec, tout temps, non accessible et revêtu.

2.3.4 L'origine

Il s'agit du référentiel spatial d'où est issu la donnée. Par exemple si on s'est calé sur l'image du MNT lidar on mettra « LIDAR ». Le champ « AGENT » n'est pas à utiliser, si l'information provient de l'agent à ce moment il faut spécifier « AUTRE ».

2.3.5 La date de mise à jour

Lorsque toute la desserte de la forêt a été parcourue, ce champ ajouté, sera rempli en une fois par sélection de toute la desserte sur la surface de la forêt et en utilisant l'outil « Calculateur de champs... » (Accessible par un clic droit sur le titre d'une colonne de la table attributaire.) pour attribuer la date de mise à jour « 2016 » aux tronçons sélectionnés.

Il existe un champ DATE_GPS, qui est à différencier de DATE_MAJ.

Tableau 13: Résumé des attributs à remplir

| NOM_ROUTE | CLASS_ADM* | NATURE | ORIGINE | DATE_MAJ |
|-----------|-----------------------------------------------------------|---------------------|----------|----------|
| | CF - chemin forestier | TS - temps sec | LIDAR | 2016 |
| | PF - piste forestière | TT - tout temps | BD_ORTHO | |
| | Autres choix ignorés ou laissé tel quel si déjà rempli... | NA - non accessible | AUTRE | |
| | | RV - revêtu | | |

*Classe administrative

2.4 Suppression ou création de desserte

Lorsque l'agent indique qu'un tronçon n'existe pas, il faut le supprimer.

Lors de la création d'un tronçon non répertorié, il faut prendre garde à deux choses.

2.4.1 Connecter le nouveau tronçon

La composante réseau est très importante pour l'exploitabilité de la donnée notamment si l'on souhaite calculer un itinéraire d'un point A à un point B. En effet, il serait impossible de trouver le chemin si à un endroit la desserte n'est pas connectée.

En affichant la barre d'outils capture, il est possible de choisir un type d'accrochage tel que sur les points d'une polyligne ou sur un segment (figure 2). Prenez soin de vérifier que votre nouveau morceau de desserte est bien connecté à une route ou piste existante.

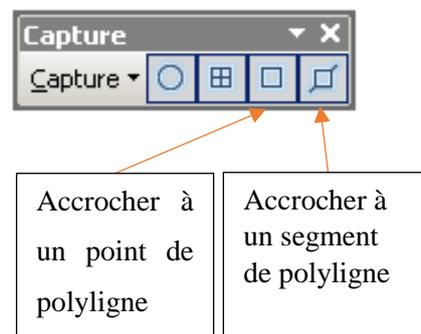


Figure 2 : Barre d'outils Capture

2.4.2 Segmenter les tronçons

Toujours dans l'optique du réseau, il est recommandé de découper chaque morceau de desserte quand :

- il y a une intersection ;
- l'origine de la saisie change ;
- la nature ou la classe administrative changent ...

Pour cette opération on utilisera l'outil de fractionnement de la barre d'édition (figure 3).

A contrario si deux morceaux sont segmentés à tort (par exemple les deux segments ont les mêmes attributs et leur point de séparation n'est pas un croisement) on pourra les combiner. Pour cela, il faut utiliser l'outil « Combiner » dans le menu « Editeur » (figure 4).



Figure 3 : Outil de fractionnement

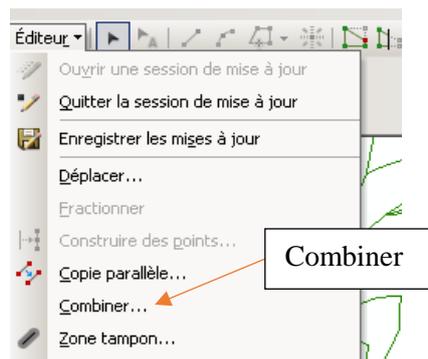


Figure 4 : Outil combiner

2.5 Recalage de la desserte

Pour recalibrer la desserte, il est possible de procéder par déplacement/suppression/ajout des points de la polygone existante.

La barre d'outils topologie sera utile. Elle permettra de déplacer un point d'intersection de plusieurs tronçons.

2.6 L'image Lidar est décalée de 4m

Un détail à noter est que l'image du MNT lidar est décalée de 4 mètres vers l'est. Cette distance représente plus ou moins la largeur d'un chemin forestier. De manière générale, si le décalage est minime aucun recalage n'est à prévoir. La figure 5 montre un exemple de décalage ouest-est à laisser et un exemple de décalage à corriger.

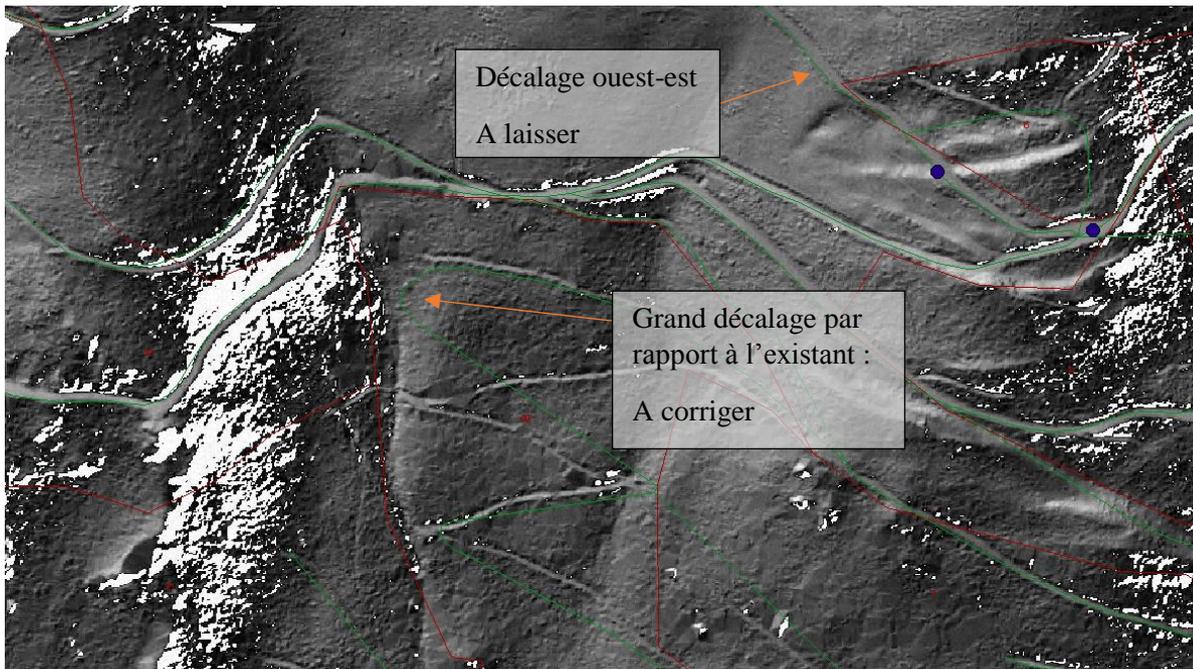


Figure 5 : Exemples de décalage

3 Recommandations diverses

3.1 Lors de la prise de rendez vous

Inviter l'agent à prendre avec lui les éventuels plans où il aurait pris des notes sur la desserte et tout autre document qui aiderait la mise à jour de la desserte de la forêt qu'il gère.

3.2 Après une session de travail

Noter la durée de la session de travail et le travail fait. Par exemple le nombre de feuille A3 de suivi qui ont été parcourues. Cela permet ensuite de mieux planifier son travail pour la suite en connaissant la vitesse d'exécution des tâches.

Annexe 3 : Code Python reprenant le fonctionnement de l'arbre de décision pour estimer l'enjeu économique

```
# -*- coding: cp1252 -*-  
  
# Ce programme simule, pour un code de pixel donné, le cheminement sur l'arbre des choix de la rentabilité  
économique de l'exploitation d'une surface de forêt non desservie.  
  
#####  
  
import arcpy  
  
fc = r'K:\Doss\X999999\paul_petitdemange\1_Etude_desserte_mobilisation\cov\estimeco_gvar' #Connexion  
du répertoire  
  
global Prct_rsx, Fert, Gtot, Gobj # Déclaration des variables  
  
cursor = arcpy.UpdateCursor(fc) #Initialisation de la fonction UpdateCursor  
  
for row in cursor:  
  
    ##Decryptage du code  
  
    #Extraction du code essence  
  
    Prct_rsx = row.VALUE // 1000  
  
    print Prct_rsx  
  
    #Extraction du code fertilité  
  
    Fert = (row.VALUE - Prct_rsx*1000) // 100  
  
    print Fert  
  
    #Extraction de la valeur de G total  
  
    Gtot = row.VALUE - Prct_rsx*1000 - Fert*100  
  
    print Gtot
```

```
##Calcul du G objectif
```

```
Gobj=(20*(100-Prct_rsx)+30*Prct_rsx)/100
```

```
##Choix de la branche d'ordre 1 en fonction de l'essence
```

```
##Choix de la branche d'ordre 2 en fonction de la fertilité
```

```
##FERTILITE FORTE
```

```
if (Fert == 1 or Fert == 4):
```

```
    ##Résultat de l'estimation économique
```

```
    if (Gtot > Gobj + 5):
```

```
        row.ESTIM_ECO = 1
```

```
        cursor.updateRow(row)
```

```
    elif (Gobj - 10 < Gtot < Gobj + 5):
```

```
        row.ESTIM_ECO = 2
```

```
        cursor.updateRow(row)
```

```
    elif (Gobj - 20 < Gtot < Gobj - 10):
```

```
        row.ESTIM_ECO = 3
```

```
        cursor.updateRow(row)
```

```
    else:
```

```
        row.ESTIM_ECO = 3
```

```
        cursor.updateRow(row)
```

```
##FERTILITE MOYENNE
```

```
if (Fert == 2):
```

```
##Résultat de l'estimation économique
```

```
if (Gtot > Gobj + 5):
```

```
    row.ESTIM_ECO = 1
```

```
    cursor.updateRow(row)
```

```
elif (Gobj - 10 < Gtot < Gobj + 5):
```

```
    row.ESTIM_ECO = 2
```

```
    cursor.updateRow(row)
```

```
elif (Gobj - 20 < Gtot < Gobj - 10):
```

```
    row.ESTIM_ECO = 3
```

```
    cursor.updateRow(row)
```

```
else:
```

```
    row.ESTIM_ECO = 3
```

```
    cursor.updateRow(row)
```

```
##FERTILITE FAIBLE
```

```
if (Fert == 3):
```

```
    ##Résultat de l'estimation économique
```

```
    if (Gtot > Gobj + 5):
```

```
        row.ESTIM_ECO = 2
```

```
        cursor.updateRow(row)
```

```
    elif (Gobj - 10 < Gtot < Gobj + 5):
```

```
        row.ESTIM_ECO = 2
```

```
        cursor.updateRow(row)
```

```
    elif (Gobj - 20 < Gtot < Gobj - 10):
```

```
        row.ESTIM_ECO = 3
```

```
        cursor.updateRow(row)
```

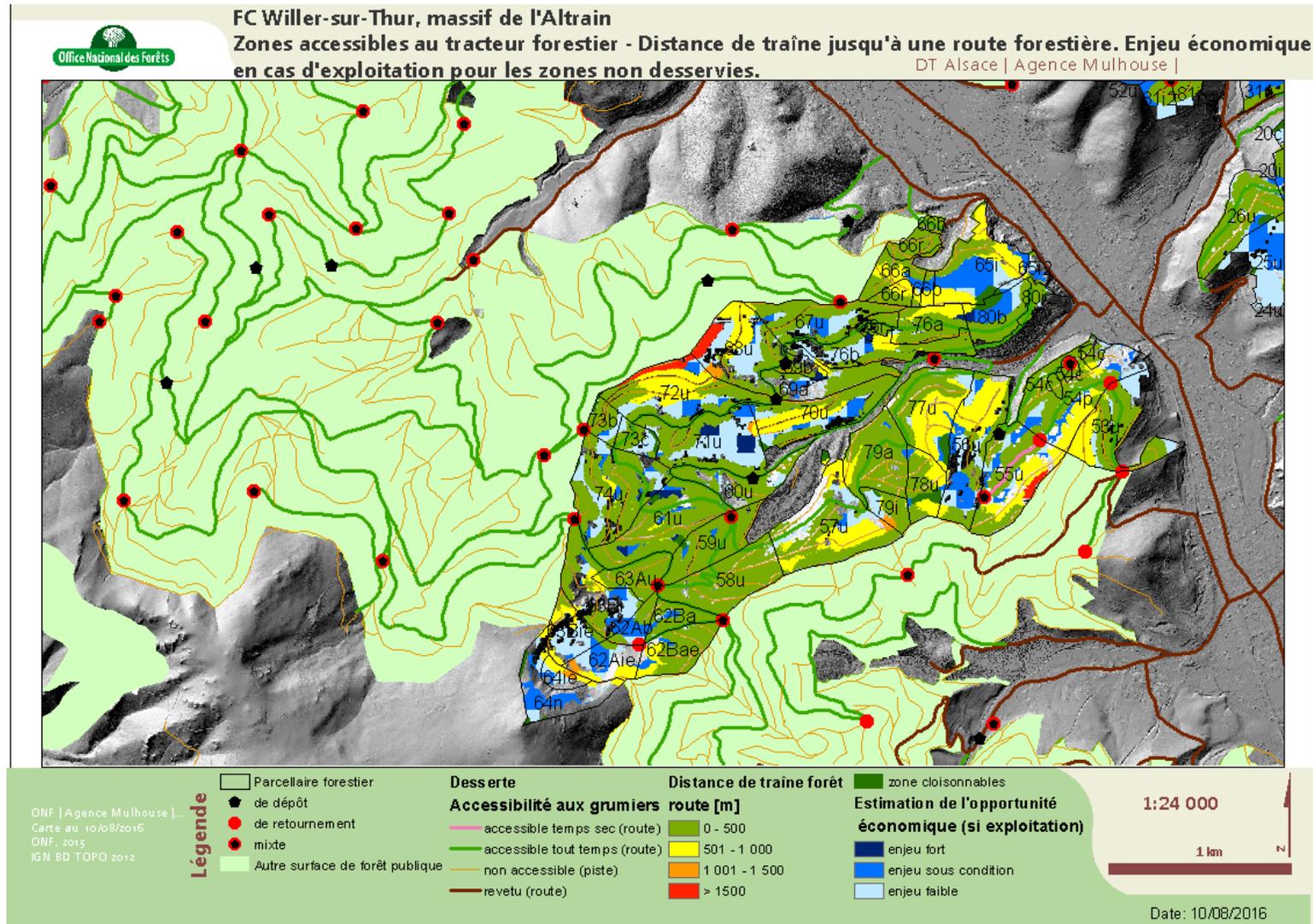
```
    else:
```

```
row.ESTIM_ECO = 3  
cursor.updateRow(row)
```

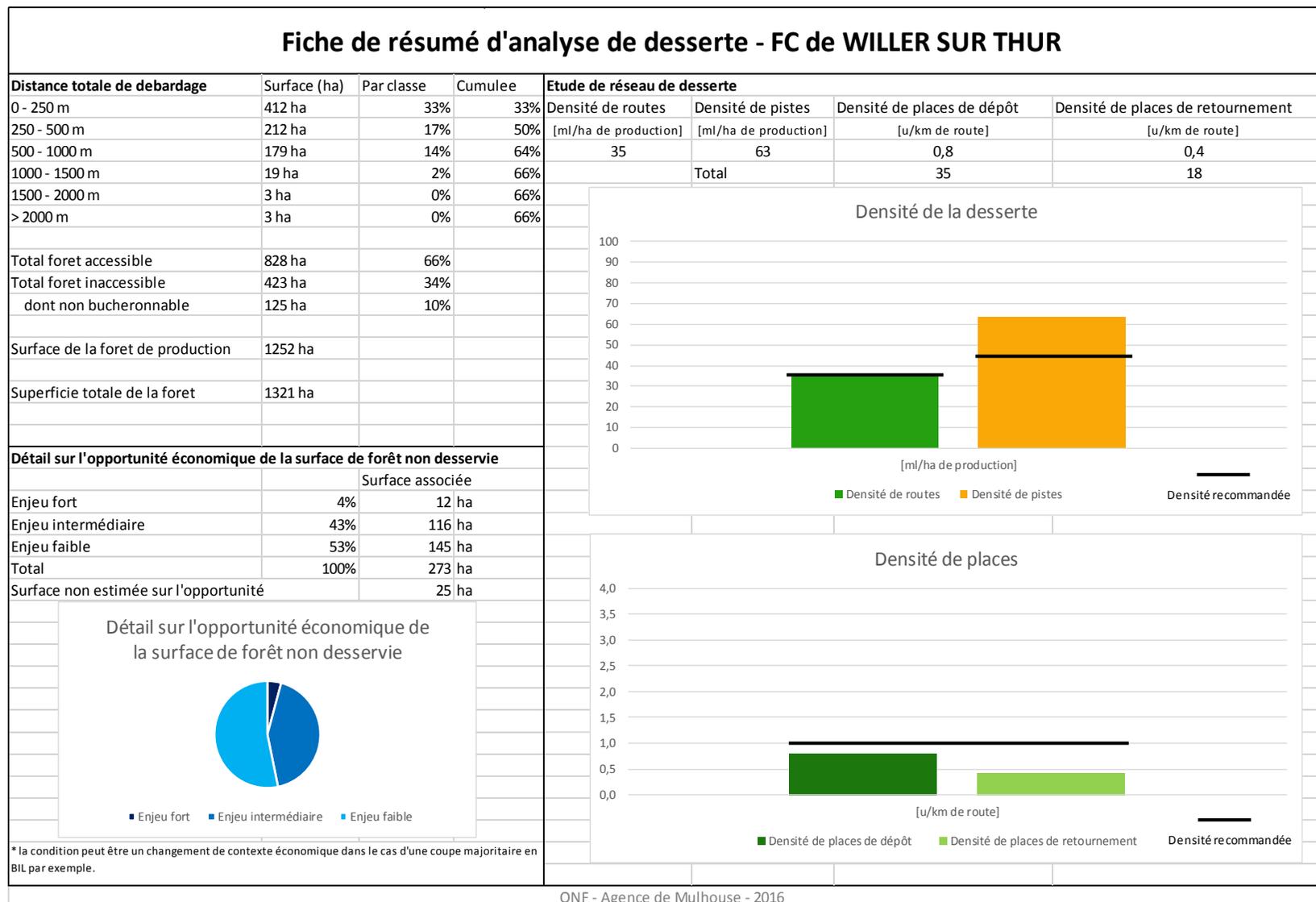
```
print "Processing complete"
```

```
del row, Prct_rsx, Fert, Gtot
```

Annexe 4 : Exemple de carte synthétique des résultats



Annexe 5 : Exemple de fiche synthétique des résultats



Annexe 7 : Liste des zones non desservies de plus de 5 ha

| N° | Code UT | PARCELLE | FORET | SURFACE [ha] |
|----|----------|----------|-------|--------------|
| 1 | 80250202 | KRUTH | 1A | 17,3 |
| 2 | 80250202 | URBES | 23 | 7,1 |
| 3 | 80250202 | URBES | 29 | 6,9 |
| 4 | 80250203 | ODEREN | 53 | 18,2 |
| 5 | 80250203 | ODEREN | 12 | 9,6 |
| 6 | 80250203 | ODEREN | 22 | 7,8 |
| 7 | 80250203 | STORCKEN | 19 | 6,9 |
| 8 | 80250204 | HUSSER | 23 | 6,2 |
| 9 | 80250204 | MALMERSP | 48 | 12,0 |
| 10 | 80250206 | FELLERIN | 73B | 8,4 |
| 11 | 80250206 | FELLERIN | 4 | 6,5 |
| 12 | 80250206 | FELLERIN | 54 | 5,4 |
| 13 | 80250207 | MOOSCH | 7 | 14,0 |
| 14 | 80250207 | MOOSCH | 6 | 11,4 |
| 15 | 80250207 | MOOSCH | 5 | 8,4 |
| 16 | 80250207 | MOOSCH | 10 | 7,7 |
| 17 | 80250207 | MOOSCH | 23 | 5,7 |
| 18 | 80250207 | MOOSCH | 19 | 5,6 |
| 19 | 80250207 | MOOSCH | 11 | 5,3 |
| 20 | 80250208 | KRUTH | 7 | 5,0 |
| 21 | 80250208 | WILDENST | 19 | 6,2 |
| 22 | 80250209 | SAINTAM | 16 | 5,6 |
| 23 | 80250209 | SAINTAM | 17 | 5,5 |
| 24 | 80250210 | MOLLAU | 23 | 7,1 |
| 25 | 80250210 | MOLLAU | 15 | 6,8 |
| 26 | 80250210 | MOLLAU | 14 | 6,7 |
| 27 | 80250210 | RANSPACH | I | 7,0 |
| 28 | 80250210 | RANSPACH | 48 | 7,0 |
| 29 | 80250210 | RANSPACH | 13 | 6,6 |
| 30 | 80250210 | RANSPACH | 34 | 5,6 |
| 31 | 80250210 | RANSPACH | 33 | 5,1 |
| 32 | 80250402 | MASEVAC | 6 | 6,5 |
| 33 | 80250402 | MASEVAC | 42 | 6,2 |
| 34 | 80250402 | MASEVAC | 6 | 5,2 |
| 35 | 80250403 | SEWEN | 1 | 15,6 |
| 36 | 80250403 | SEWEN | 34 | 14,4 |
| 37 | 80250403 | SEWEN | 30 | 13,3 |
| 38 | 80250403 | SEWEN | 26 | 11,5 |
| 39 | 80250403 | SEWEN | 9 | 10,0 |
| 40 | 80250403 | SEWEN | 27 | 9,2 |
| 41 | 80250403 | SEWEN | 25 | 8,8 |

| | | | | |
|----|----------|----------|-----|------|
| 42 | 80250403 | SEWEN | 10 | 7,8 |
| 43 | 80250403 | SEWEN | 7 | 7,5 |
| 44 | 80250403 | SEWEN | 32 | 7,3 |
| 45 | 80250403 | SEWEN | 22 | 7,3 |
| 46 | 80250403 | SEWEN | 18 | 6,4 |
| 47 | 80250403 | SEWEN | 25 | 5,2 |
| 48 | 80250403 | SEWEN | 17 | 5,1 |
| 49 | 80250404 | MASEVAC | I | 19,7 |
| 50 | 80250404 | MASEVAC | H | 14,9 |
| 51 | 80250404 | MASEVAC | G | 12,3 |
| 52 | 80250404 | MASEVAC | E | 9,9 |
| 53 | 80250404 | MASEVAC | J | 6,3 |
| 54 | 80250404 | MASEVAC | F | 5,2 |
| 55 | 80250404 | MASEVAC | F | 5,1 |
| 56 | 80250407 | DOLLEREN | 31 | 7,9 |
| 57 | 80250407 | DOLLEREN | 13 | 6,9 |
| 58 | 80250407 | DOLLEREN | 2 | 5,7 |
| 59 | 80250407 | KIRCHBER | 15 | 6,2 |
| 60 | 80250407 | RIMBACHM | 24 | 5,9 |
| 61 | 80250407 | RIMBACHM | 12 | 5,3 |
| 62 | 80250702 | UFFHOLTZ | 5 | 5,9 |
| 63 | 80250705 | THANN | 17 | 8,2 |
| 64 | 80250708 | WATTWILL | 1 | 5,1 |
| 65 | 80250709 | WILLER | 25 | 12,6 |
| 66 | 80250709 | WILLER | 31 | 12,5 |
| 67 | 80250709 | WILLER | 52 | 12,3 |
| 68 | 80250709 | WILLER | 71 | 8,0 |
| 69 | 80250709 | WILLER | 64 | 7,7 |
| 70 | 80250709 | WILLER | 34B | 6,3 |
| 71 | 80250709 | WILLER | 65 | 6,2 |