

ÉTUDE DE LA RESSOURCE EN BOIS SUR LE TERRITOIRE DU HAUT-LANGUEDOC



Crédit photo : Olivier Octobre

Mémoire de fin d'études : Coursus ingénieur AgroParisTech

Dominante d'approfondissement: *Gestion forestière*

Présenté par : Antoine CHABOT

Stage effectué du 05/03/2018 au 04/09/2018

Au : Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 Place du Foirail, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

Maître de stage : Carole FONTAINE, animatrice de la charte forestière de territoire du Haut-Languedoc

Enseignant référent : Éric LACOMBE

Soutenu le : 21/09/2018

Rapport confidentiel : Non

Année universitaire 2017-2018

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE AgroParisTech

Formation des ingénieurs forestiers d'AgroParisTech-	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : Etude de la ressource en bois sur le territoire du Haut-Languedoc	Mots clés : Ressource en bois, Parc Naturel Régional du Haut-Languedoc, Plan d'Approvisionnement Territorial, Inventaire statistique, données IGN
AUTEUR(S) : Antoine Chabot	Promotion : FIF 25/26
Caractéristiques : 1 volume-s ; 86 pages ; 19 figures ; 19 annexes ; 19 tableaux ; bibliographie.	

CADRE DU TRAVAIL		
ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : Parc naturel régional du Haut-Languedoc		
Nom du responsable : Carole Fontaine Fonction : Animatrice de la Charte Forestière de Territoire		
Nom du correspondant AgroParisTech : Eric Lacombe		
Option <input type="checkbox"/> D. d'approfondissement <input checked="" type="checkbox"/> CEI <input type="checkbox"/>	Stage 2A <input type="checkbox"/> Stage fin d'études <input checked="" type="checkbox"/> Date de remise : 10/10/2018	Autre <input type="checkbox"/>

SUITE À DONNER (réservé à la Direction des études) <input type="checkbox"/> Consultable et diffusable <input type="checkbox"/> Confidentiel de façon permanente <input type="checkbox"/> Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable
--

ÉTUDE DE LA RESSOURCE EN BOIS SUR LE TERRITOIRE DU HAUT-LANGUEDOC

Mémoire de fin d'études : Coursus ingénieur AgroParisTech

Dominante d'approfondissement: *Gestion forestière*

Présenté par : Antoine CHABOT

Stage effectué du 05/03/2018 au 04/09/2018

Au : Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 Place du Foirail, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

Maître de stage : Carole FONTAINE, animatrice de la charte forestière de territoire du Haut-Languedoc

Enseignant référent : Éric LACOMBE

Soutenu le : 21/09/2018

Rapport confidentiel : Non

Année universitaire 2017-2018

RESUME

La Parc Naturel Régional du Haut-Languedoc est un territoire forestier d'importance majeure à l'échelle régionale. Il est en effet le massif le plus productif d'Occitanie et concentre des entreprises du bois qui font de la forêt un enjeu économique local majeur. Afin de mieux connaître les potentialités du territoire concernant la mobilisation et la valorisation des bois locaux, le Parc porte une « étude ressource » menée selon le modèle du Plan d'Approvisionnement Territorial. L'application de cette méthode à une partie du territoire du Haut-Languedoc a permis de commencer à estimer les stocks de bois sur pied ainsi que des volumes annuellement mobilisables. Ces volumes seront décrits par essence et selon leur qualité, en bois d'œuvre ou bois d'industrie et énergie.

The Haut-Languedoc regional natural parc is a forest territory of primary importance on a local scale. It has indeed the most productive forests of "Occitanie" and many wood related companies which make the forest one of the most important local economic issue. In order to have a better knowledge of the possibilities that offers the territory, in terms of wood harvesting and valorization, the natural parc leads a study on wood resources. This study is led with a method developed by the organism "Communes Forestières" which is called "Plan d'Approvisionnement Territorial" (Territorial Supply Plan). The application of this method to a part of the territory gives a first estimation of wood stocks and potential volumes that could be harvested every year. These volumes are described for each tree species and according to different wood quality (timber, lumber).



Engagement de non plagiat

❶ Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : Ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive. Recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

❷ Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages in extenso, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sur d'en citer la source.

❸ Sanction : En cas de manquement à ces consignes, la DEVE/le correcteur se réservent le droit d'exiger la réécriture du document sans préjuger d'éventuelles sanctions disciplinaires.

❹ Engagement :

Je soussigné (e) Antoine Chabot

Reconnait avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non plagiat

A Aiguefonde le 26/08/2018

Signature :

Cet engagement de non plagiat doit être inséré en début de tous les rapports, dossiers, mémoires.

REMERCIEMENTS

Je tiens, dans un premier temps, à remercier Carole Fontaine, animatrice de la charte forestière de territoire du Haut-Languedoc, qui a rendu ce stage possible. Je la remercie pour son accueil chaleureux, sa très grande disponibilité, ses conseils et sa bonne humeur quotidienne.

Je remercie également l'ensemble de l'équipe du parc naturel régional du Haut-Languedoc pour son accueil et sa convivialité. Je remercie particulièrement Frédéric Pereira, Charlène Bonnet et Guillaume Courty pour m'avoir accueilli dans leur bureau et pour les bons moments partagés.

Merci à Stéphane Guitet (IGN) pour ses conseils avisés concernant la méthode utilisée dans cette étude.

Merci également à Éric Lacombe, tuteur AgroParisTech, pour son aide, ses conseils et son suivi tout au long de ce stage.

TABLE DES MATIERES

Table des figures	5
Table des tableaux	6
Abréviations utilisées	7
Introduction	8
1. Contexte de l'étude	9
1.1. Présentation du territoire du Haut-Languedoc.....	9
1.1.1. Contexte administratif.....	9
1.1.2. Contexte climatique.....	9
1.1.3. Description générale des peuplements forestiers.....	10
1.2. État des lieux de la filière forêt-bois du Haut-Languedoc.....	11
1.2.1. La gestion des forêts sur le Haut-Languedoc.....	11
1.2.2. La filière bois dans le Haut-Languedoc.....	12
1.3. Les actions de la charte forestière pour la gestion et la mobilisation de bois : objectifs de l'étude.....	13
2. Méthodologie adoptée	14
2.1. Méthodologie du Plan d'Approvisionnement Territorial (PAT).....	14
2.1.1. Méthodologie générale du PAT.....	14
2.1.2. Insertion du stage dans cette méthode.....	14
2.2. Données à disposition.....	15
2.3. Étude des peuplements forestiers.....	15
2.3.1. Partage de l'étude.....	15
2.3.2. Présentation du protocole de terrain.....	15
2.3.3. Valorisation des données brutes de l'IGN.....	17
2.4. Étude de la desserte.....	20
2.4.1. Protocole.....	20
2.4.2. Synthèse des données « BD TOPO » et des données des schémas de desserte.....	21
3. Méthodologie d'échantillonnage pour l'étude des peuplements forestiers	24
3.1. Technique d'échantillonnage.....	24
3.2. Domaine d'inventaire.....	24
3.3. Détermination de l'effort d'échantillonnage.....	26
3.4. Plan d'échantillonnage.....	27
3.4.1. Rappel du plan d'échantillonnage de l'IGN.....	27
3.4.2. Inscription des points de terrain dans le schéma de l'IGN.....	28
4. Bilan des résultats obtenus	30
4.1. Données livrées aux COFOR.....	30
4.1.1. Concernant l'étude des peuplements.....	30
4.1.2. Concernant l'étude de la desserte.....	30
4.2. Estimation statistique du volume moyen sur le territoire.....	30
4.3. Stocks de bois dans les Avant-Monts du Languedoc.....	31
4.3.1. Résultat général.....	31
4.3.2. Décomposition par peuplement et qualité.....	31
4.4. Stocks de bois dans la Montagne noire.....	33
4.4.1. Résultat général.....	33

4.4.2.	<i>Décomposition par peuplement et qualité</i>	33
4.5.	Bilan de l'étude de la desserte	37
4.5.1.	<i>Présentation du modèle utilisé pour l'étude de l'accessibilité</i>	37
4.5.2.	<i>Présentation des résultats obtenus</i>	37
5.	Estimation des potentialités de prélèvement	41
5.1.	Estimation en fonction des accroissements	41
5.2.	Étude de cas : Estimation du volume de bois énergie mobilisable sur le territoire d'étude	43
5.2.1.	<i>État des lieux de la ressource présente</i>	43
5.2.2.	<i>Un exemple possible de valorisation sur le territoire</i>	44
6.	Limites de l'étude	47
6.1.	Étude à compléter	47
6.2.	Qualités des données utilisées	47
6.3.	Le problème du foncier	48
6.3.1.	<i>Une propriété majoritairement privée</i>	48
6.3.2.	<i>Volonté de coupe des propriétaires</i>	49
6.3.3.	<i>Le renouvellement des propriétaires</i>	51
6.3.4.	<i>Conclusions</i>	51
	Conclusion générale	52
	Bibliographie	53
	ANNEXES	55
	<i>ANNEXE 1 : Essences forestières majoritaires sur le territoire</i>	56
	<i>ANNEXE 2 : Actions de la CFT du Haut-Languedoc concernant la valorisation durable des bois</i>	57
	<i>ANNEXE 3 : Méthode de calcul et résultats sur les coefficients de forme moyens par essence et par classe de diamètre</i>	58
	<i>ANNEXE 4 : Modèle permettant de calculer la fraction des menus bois dans le volume total aérien d'un arbre</i>	60
	<i>ANNEXE 5 : Protocole de terrain fourni par les COFOR</i>	61
	<i>ANNEXE 6 : Protocole détaillé utilisé</i>	63
	<i>ANNEXE 7 : Script R ayant permis de classer chaque point IGN dans un type de peuplement</i>	65
	<i>ANNEXE 8 : Accroissements annuels moyens sur le rayon (mm) par essence et par classe de diamètre</i>	68
	<i>ANNEXE 9 : Modèle statistique ayant permis d'actualiser la hauteur des arbres mesurés par l'IGN</i>	69
	<i>ANNEXE 10 : Paramètres a, b et c permettant de calcul le volume total aérien avec la formule EMERGE</i>	71
	<i>ANNEXE 11 : Paramètres du modèle de coefficient de houppier du projet EMERGE</i>	72
	<i>ANNEXE 12 : Protocole des COFOR concernant l'étude de la desserte dans la démarche PAT</i>	73
	<i>ANNEXE 13 : Signification des notes du champ "IMPORTANCE" de la table "Route" de la BD TOPO</i>	77
	<i>ANNEXE 14 : Coefficients de variation sur le volume calculés pour chaque type de peuplement</i>	78
	<i>ANNEXE 15 : Calcul de l'intervalle de confiance sur le volume moyen</i>	79
	<i>ANNEXE 16 : Paramètres utilisés pour le modèle Sylvaccess</i>	81
	<i>ANNEXE 17 : Distances de débardage totales avec exploitation au porteur forestier ou au skidder</i>	82
	<i>ANNEXE 18 : Volumes annuels mobilisables de bois d'œuvre selon les essences et les classes d'exploitabilité</i>	84
	<i>ANNEXE 19 : Volumes annuels mobilisables de bois énergie selon les essences et les classes d'exploitabilité</i>	86

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du PNR et de la CFT du Haut-Languedoc.....	9
Figure 2 : Les régions forestières de l'IFN.....	10
Figure 3 : Carte de l'occupation des sols sur le territoire du Haut-Languedoc	11
Figure 4 : La démarche générale du PAT	14
Figure 5 : Description des compartiments étudiés et du volume calculé	17
Figure 6 : Critère d'intégration des points IGN aux données en fonction des documents de gestion durable	17
Figure 7 : Situation géographique des cinq schémas de desserte du Tarn.....	22
Figure 8 : Type de desserte et origine de l'information sur le tronçon étudié (entre parenthèses)	23
Figure 9 : Schéma d'échantillonnage adopté par l'IGN	28
Figure 10 : Inscription des points de terrain dans le schéma d'échantillonnage de l'IGN.....	29
Figure 11 : Volume bois fort total moyen (m ³ /ha) dans les Avant-Monts du Languedoc.....	31
Figure 12 : Stock sur pied de bois fort total (milliers de m ³) par essence, pour bois d'œuvre (BO) et bois d'industrie et énergie (BIBE), dans les Avant-Monts du Languedoc	32
Figure 13 : Volume de bois fort total moyen (m ³ /ha) dans la Montagne Noire.....	33
Figure 14 : Stock sur pied de bois fort total (milliers de m ³) par essence et, pour bois d'œuvre (BO) et bois d'industrie et énergie (BIBE), dans la Montagne noire	34
Figure 15 : Classes d'exploitabilité des peuplements en fonction du mode de débardage préférentiel et de la distance totale de débardage	39
Figure 16 : Volume total de bois énergie mobilisable sur le territoire d'étude selon la classe d'exploitabilité	43
Figure 17 : Consentement des propriétaires forestiers français à couper du bois selon la surface de leur propriété	49
Figure 18 : Consentement des propriétaires à couper en fonction de la valorisation des bois.....	50
Figure 19 : "Pyramide" des âges pour les propriétaires forestiers français.....	51

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition public-privé sur le territoire	12
Tableau 2 : Couverture des forêts privées par des documents de gestion durable	12
Tableau 3 : Prélèvements et mortalité moyens à l'échelle de l'Occitanie	20
Tableau 4 : Regroupements des peuplements de la "BD FORET V2" de l'IGN	24
Tableau 5 : Part de chaque peuplement dans la surface forestière totale des Avant-Monts du Languedoc	25
Tableau 6 : Part de chaque peuplement dans la surface forestière totale de la Montagne noire	25
Tableau 7 : Nombre de points (IGN et terrain) disponibles et transmis aux COFOR et erreur à craindre pour les calculs de volume sur les Avant-Monts du Languedoc	27
Tableau 8 : Nombre de points (IGN et terrain) disponibles et transmis aux COFOR et erreur à craindre pour les calculs de volume sur la Montagne noire	27
Tableau 9 : Répartition du volume bois fort total par essence et par peuplement	35
Tableau 10 : Répartition du volume bois fort total par qualité et par essence	36
Tableau 11 : Classes d'exploitabilité et de rentabilité des exploitations	38
Tableau 12 : Surface forestières exploitables selon la classe d'exploitabilité (ha)	38
Tableau 13 : Accroissements biologiques en volume (m ³ /ha/an) par type de peuplement	41
Tableau 14 : Volumes annuels mobilisables par type de peuplement	42
Tableau 15 : Consommation en bois des réseaux de chaleur du territoire	44
Tableau 16 : PCI (en kWh/kg) des plaquettes forestières en fonction du taux d'humidité	45
Tableau 17 : Productions annuelles théoriques de chaleur grâce au bois énergie mobilisable	45
Tableau 18 : Surfaces des peuplements à échantillonner dans les Monts de Lacaune, Somail et Espinouse	47
Tableau 19 : Organisation de la propriété privée sur le territoire du Haut Languedoc	48

ABREVIATIONS UTILISEES

- BIBE : Bois d'industrie et énergie
- BO : Bois d'œuvre
- CFT : Charte Forestière de Territoire
- CNPF : Centre National de la Propriété Forestière
- COFOR : COmmunes FORestières
- DGD : Document de Gestion Durable
- FFN : Fonds Forestier National
- GRECO : Grande Région ECOlogique
- IFN : Inventaire Forestier National
- IGN : Institut Géographique National
- MAP : Mètres cubes apparents plaquettes
- ONF : Office National des Forêts
- PAT : Plan d'Approvisionnement Territorial
- PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur
- PDM : Plan de Développement de Massif
- PNR : Parc Naturel Régional
- PSG : Plan Simple de Gestion
- RESOFOP : RESeau d'Observation de la FOrêt Privée
- RTM : Restauration de Terrains en Montagne
- SER : SylvoécORégion

INTRODUCTION

Le stage s'est déroulé au sein du Parc Naturel Régional (PNR) du Haut-Languedoc. Le Parc porte la mission d'animation de la charte forestière de territoire (CFT) pour la deuxième période consécutive. La première CFT a été animée de 2009 à 2015 et a ensuite été renouvelée, en 2016, pour la période 2017 – 2022.

Avec son renouvellement la charte s'est construite autour de quatre axes de travail majeurs :

- (A) la valorisation durable de la ressource bois locale,
- (B) la conciliation des enjeux forestiers et environnementaux,
- (C) le développement cohérent des autres usages de la forêt,
- (D) assurer la mise en œuvre des actions et la promotion du patrimoine forestier local.

La filière forêt bois est un acteur majeur de l'emploi local. La forêt du Haut-Languedoc s'étend sur 209 156 ha. Elle est la source de plus de 2 500 emplois directs répartis dans plus de 450 entreprises. L'axe A de la charte forestière prend alors une très grande importance, et la bonne connaissance de la ressource disponible apparaît alors primordiale. Cela permet de garantir aux entreprises que le territoire est capable d'assurer, au moins en partie, la pérennité de leurs activités.

L'étude présentée dans ce rapport concerne une partie de l'acquisition de cette connaissance de la ressource en bois locale. Elle s'inscrit dans un Plan d'Approvisionnement Territorial (PAT) mené à l'échelle du parc. L'objectif final du PAT est d'obtenir une quantité de bois mobilisable sur le territoire afin de juger de la pertinence et de la viabilité d'un ou plusieurs scénarios d'investissements en faveur de la filière bois. Le PAT est entrepris sur une échelle de temps plus longue que le stage. Il prend également en compte des types de ressources non forestières (déchets agricoles, connexes de scierie...) qui n'ont pas pu être étudiées ici. Ses résultats ne pourront donc pas être présentés.

Le présent rapport permettra donc d'aborder la méthodologie d'inventaire adoptée ainsi que des premiers résultats pour la ressource forestière d'une partie du territoire. L'objectif est donc de servir d'élément de comparaison aux futurs résultats du PAT, tout en proposant des premières pistes de valorisation locale de la ressource.

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1. Présentation du territoire du Haut-Languedoc

1.1.1. Contexte administratif

Le territoire du PNR du Haut-Languedoc, depuis la révision de sa charte en 2012, s'étend sur 117 communes réparties sur deux départements, l'Hérault et le Tarn. Les enjeux forestiers du territoire ont cependant conduit à inclure deux communes supplémentaires dans le périmètre de la charte forestière de territoire : Mazamet et Lacabarède. La CFT du Haut-Languedoc couvre alors un total de 314 135 ha (*figure 1*).



Source : Charte forestière de territoire du Haut-Languedoc 2017-2022, PNR Haut-Languedoc

Figure 1 : Situation géographique du PNR et de la CFT du Haut-Languedoc

1.1.2. Contexte climatique

Le Haut-Languedoc est un territoire de moyenne montagne qui se situe à l'extrémité sud du Massif central. Il est entouré de plaines et est à la confluence de trois climats bien distincts : océanique à l'ouest, montagnard au nord et méditerranéen à l'est et au sud.

Cette nette distinction a permis à l'Inventaire Forestier National (IFN) de définir trois régions forestières sur le territoire du Haut-Languedoc (*figure 2*) :

- Montagne noire : soumise à un climat océanique et dominée par les étages montagnard et supra-méditerranéen,
- Monts de Lacaune, Somail, Espinouse : soumise à un climat montagnard et dominée par l'étage montagnard,
- Avant-Monts du Languedoc : soumise à un climat méditerranéen et dominée par les étages méso- et supra-méditerranéens.

Aujourd'hui ces trois régions forestières ont été regroupées au sein de la sylvoécocorégion (SER) du « Haut-Languedoc et Lézou » (1).

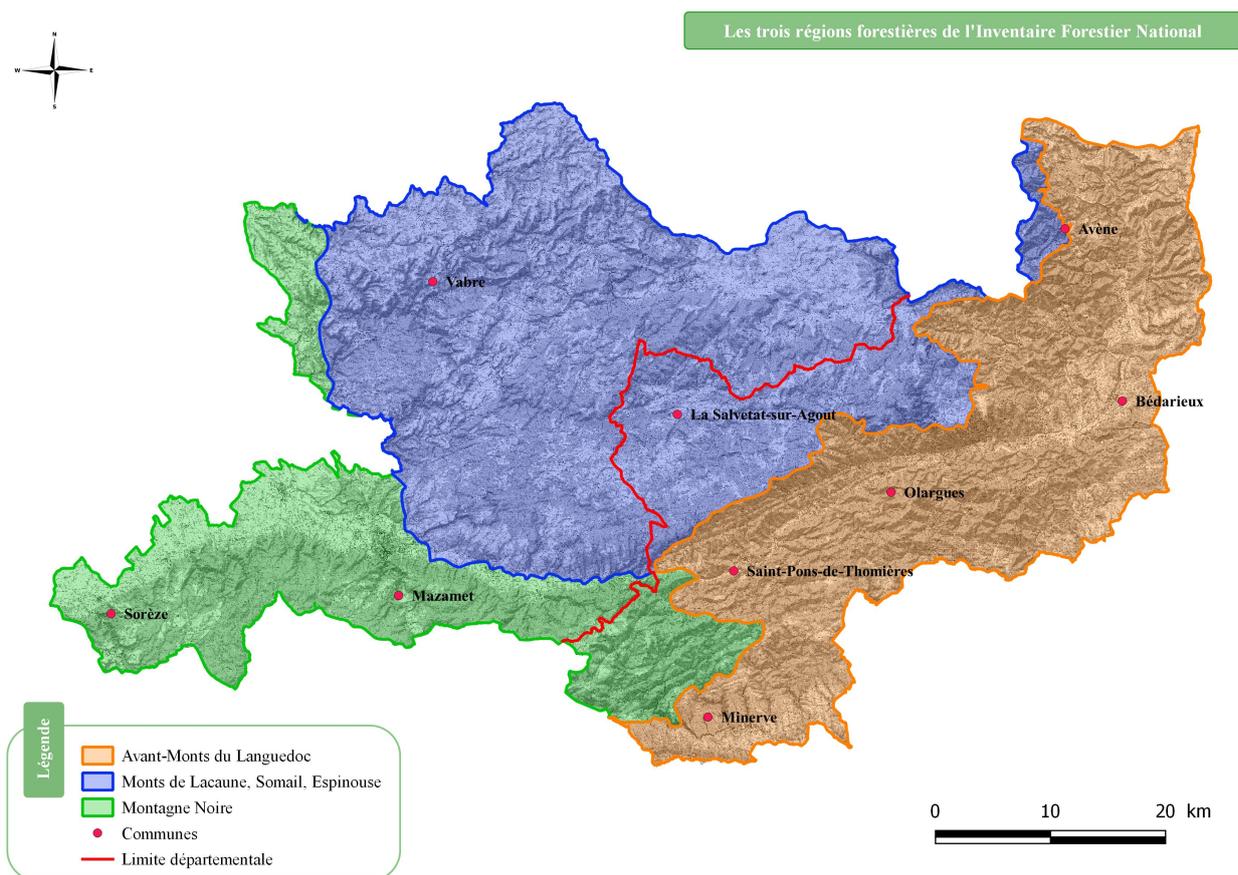
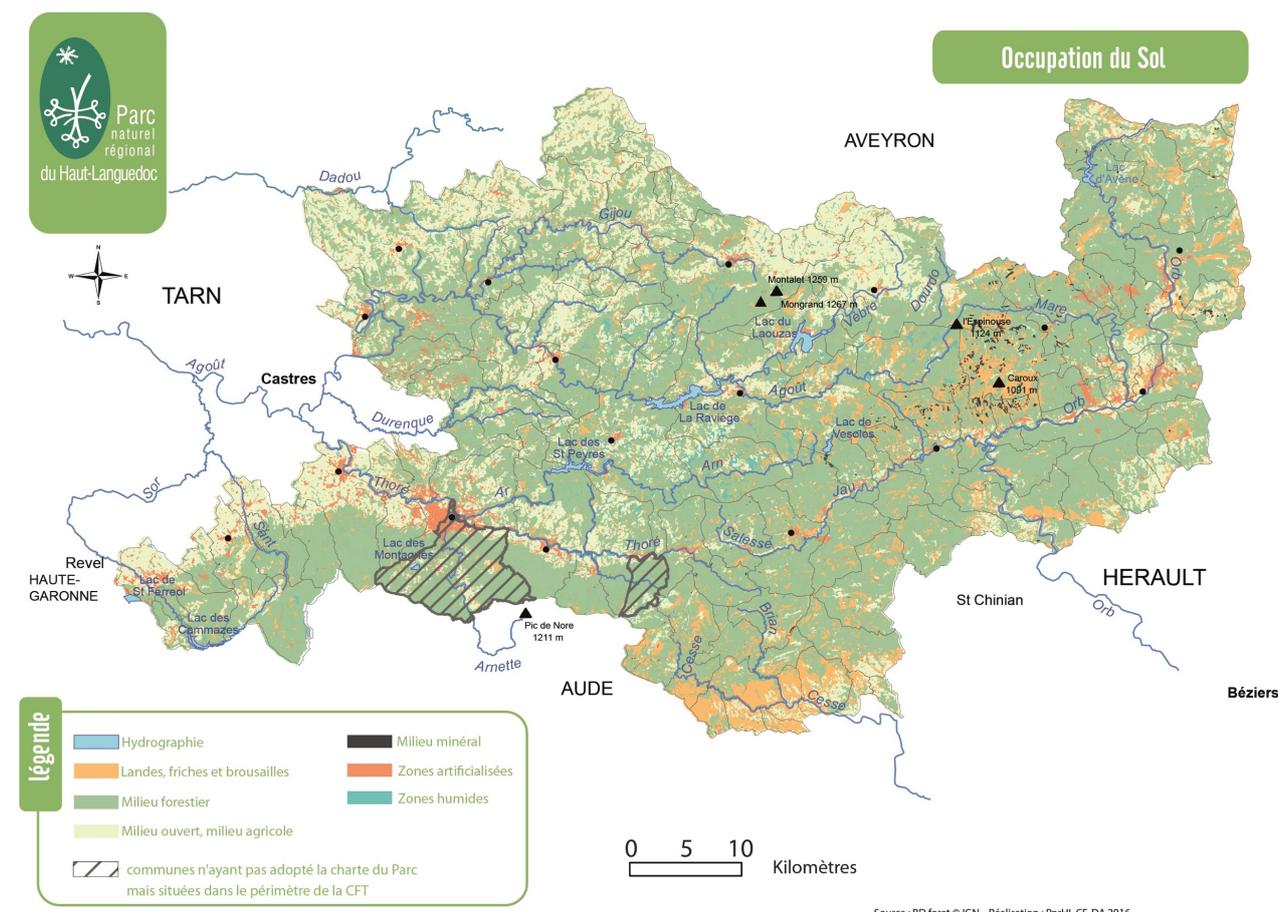


Figure 2 : Les régions forestières de l'IFN

1.1.3. Description générale des peuplements forestiers

La couverture forestière sur le Haut-Languedoc est à l'image de la moitié de la forêt française puisqu'elle est récente. Elle provient majoritairement de travaux RTM (Restauration de Terrains en Montagne) menés dès le 19^e siècle et de plantations résineuses avec le Fonds Forestier National (FFN). Ces plantations liées à un fort exode rural ont conduit à une augmentation de la surface forestière pour arriver aujourd'hui à une couverture dominée par les feuillus sur les deux tiers du territoire (selon les données de la BD FORET de l'Institut Géographique National (IGN)) (1) (*figure 3*).



Source : Charte forestière de territoire du Haut-Languedoc 2017-2022, PNR du Haut-Languedoc

Figure 3 : Carte de l'occupation des sols sur le territoire du Haut-Languedoc

Les trois contextes et régions forestières différents offrent au territoire une grande diversité écologique qui permet de recenser des types de peuplements très variés (1) :

- Montagne noire : peuplements répartis entre résineux (52% avec majoritairement sapins, épicéas et douglas) et feuillus (48% avec majoritairement chêne pubescent, du châtaignier et du hêtre) à l'étage montagnard.
- Monts de Lacaune, Somail, Espinouse : peuplements à dominance résineuse (60%) avec sapins, épicéas et douglas et des peuplements feuillus dominés par le hêtre.
- Avant-Monts du Languedoc : peuplements composés très largement de feuillus (90%) avec le chêne vert, le châtaignier et le chêne pubescent comme essences majoritaires.

Une carte présentant la répartition des essences sur le territoire est présentée en *ANNEXE 1*.

1.2. État des lieux de la filière forêt-bois du Haut-Languedoc

1.2.1. La gestion des forêts sur le Haut-Languedoc

Les données cadastrales donnent une répartition de la propriété selon les proportions suivantes (*tableau 1*) (1).

	Forêts privées	Forêts relevant du régime forestier	
		Forêts domaniales	Autres forêts publiques
Part dans la surface forestière inscrite au cadastre	69%	18%	13%

Tableau 1 : Répartition public-privé sur le territoire

Il faut préciser que ce sont les estimations IGN et non les données cadastrales qui servent de référence pour la surface forestière du territoire. Le cadastre présente un déficit d'environ 40 000 ha par rapport aux données IGN. Ces 40 000 ha sont, *a priori*, issus d'accrués forestières en zones agricoles et pourraient donc rentrer en majorité dans la surface forestière privée du territoire.

En ce qui concerne les forêts privées plus particulièrement, les types de propriétés et les documents de gestion durable (DGD) sont présentés dans le **tableau 2** (1). Les résultats sont distingués entre Tarn et Hérault puisqu'on constate de grandes disparités entre les deux départements.

	Tarn				Hérault			
	< 25 ha		> 25 ha		< 25 ha		> 25 ha	
	Sans DGD	Avec DGD	Sans PSG	Avec PSG	Sans DGD	Avec DGD	Sans PSG	Avec PSG
Part dans la surface forestière du département	27 %	6 %	5 %	62 %	36 %	3 %	44 %	17 %

Tableau 2 : Couverture des forêts privées par des documents de gestion durable

1.2.2. La filière bois dans le Haut-Languedoc

Le massif du Haut-Languedoc est le massif forestier le plus productif d'Occitanie. L'IGN a estimé, en 2013, à 6,9 m³/ha/an la production biologique sur la SER du « Haut-Languedoc et Lézou ». A dire d'expert (ONF et CRPF), la récolte a quant à elle été estimée à 3,25 m³/ha/an, soit environ 45% de l'accroissement annuel, pour arriver à un total d'environ 650 000 m³ récoltés annuellement sur le territoire (1).

Cette récolte annuelle est marquée par une prépondérance de la récolte en bois d'œuvre résineux (exploitation des peuplements FFN) orientée vers les petits diamètres. Le territoire fait donc face à un problème de capitalisation des gros bois qui sont de moins en moins recherchés par l'industrie de première transformation.

Les feuillus ne représentent qu'une faible part des bois récoltés sur le territoire, leur valorisation en bois d'œuvre est très faible. La majorité de la ressource est utilisée pour les filières bois d'industrie et bois énergie.

Les flux de bois sont mal connus sur le territoire. On recense 21 entreprises de 1^{ère} transformation dont trois scieries industrielles (approvisionnement à 90% en résineux de petits diamètres (1)) et une entreprise de trituration de portée mondiale. A cela viennent s'ajouter quelques scieries semi-industrielles et de nombreuses scieries artisanales. Malgré cette richesse en entreprises, plus de 10% de la récolte totale est exportée à l'étranger. Une autre grosse partie est exportée en dehors du territoire du parc du fait d'un manque de communication entre amont et aval de la filière. Il s'avère par ailleurs que le bois est peu valorisé sur le territoire puisque les entreprises produisent essentiellement des bois bruts ou à faible valeur ajoutée. A l'inverse, les entreprises de 2^e transformation cherchent des produits séchés et à forte valeur ajoutée comme par exemple, du lamellé-collé dans lesquels les entreprises locales n'ont pas investi. Ce deuxième manque de coordination au sein de la filière fait que le secteur de la 2^e transformation s'approvisionne en très grande majorité à l'extérieur du territoire. Il existe donc un grand déséquilibre entre les importations et les exportations de bois.

1.3. Les actions de la charte forestière pour la gestion et la mobilisation de bois : objectifs de l'étude

Du fait de l'importance de la filière forêt-bois sur le territoire, le premier axe de la charte forestière (axe A) s'est tourné vers la valorisation du bois local dans le cadre d'une gestion forestière dynamique et durable. Cet axe se décline en deux objectifs majoritaires :

- A.1 - Mieux connaître la ressource en bois et y appliquer des modes de gestion durables,
- A.2 - Apporter une plus grande valeur ajoutée aux bois du territoire.

La CFT du Haut-Languedoc dispose donc de deux leviers d'actions pour dynamiser la filière bois locale. Le premier est un levier « amont » dans lequel on retrouve des actions au niveau du foncier forestier, de la desserte forestière et de la mobilisation de bois (mise en place de plans de développement de massifs, contrats d'approvisionnements territoriaux pour valoriser les feuillus et gros bois...). Le second levier est un levier « aval » qui vise à apporter plus de cohérence et de liens entre les entreprises et également à promouvoir l'utilisation du bois local auprès des différents porteurs de projets publics et privés (architecture, chaufferies bois...) (2).

L'« étude ressource », menée en partie lors de ce stage, se place à l'interface entre ces deux objectifs. Elle permettra de mieux connaître la ressource disponible sur le territoire afin d'identifier des zones prioritaires d'actions pour le levier « amont ». Elle donnera par ailleurs une meilleure visibilité sur les potentialités du territoire pour le levier « aval ». Garantir aux entreprises des quantités mobilisables connues pour certaines qualités permettra d'engager des investissements voire d'envisager de nouvelles installations. Ces bases concrètes ont donc pour objectif final de dynamiser le tissu économique local en matière d'exploitation et de transformation du bois.

Cette étude est portée par le PNR du Haut-Languedoc et menée en partenariat avec de nombreux acteurs forestiers du territoire (COFOR, CNPF, ONF, gestionnaires privés...).

Le détail des actions concernant l'axe A de la charte forestière est présenté en *ANNEXE 2*.

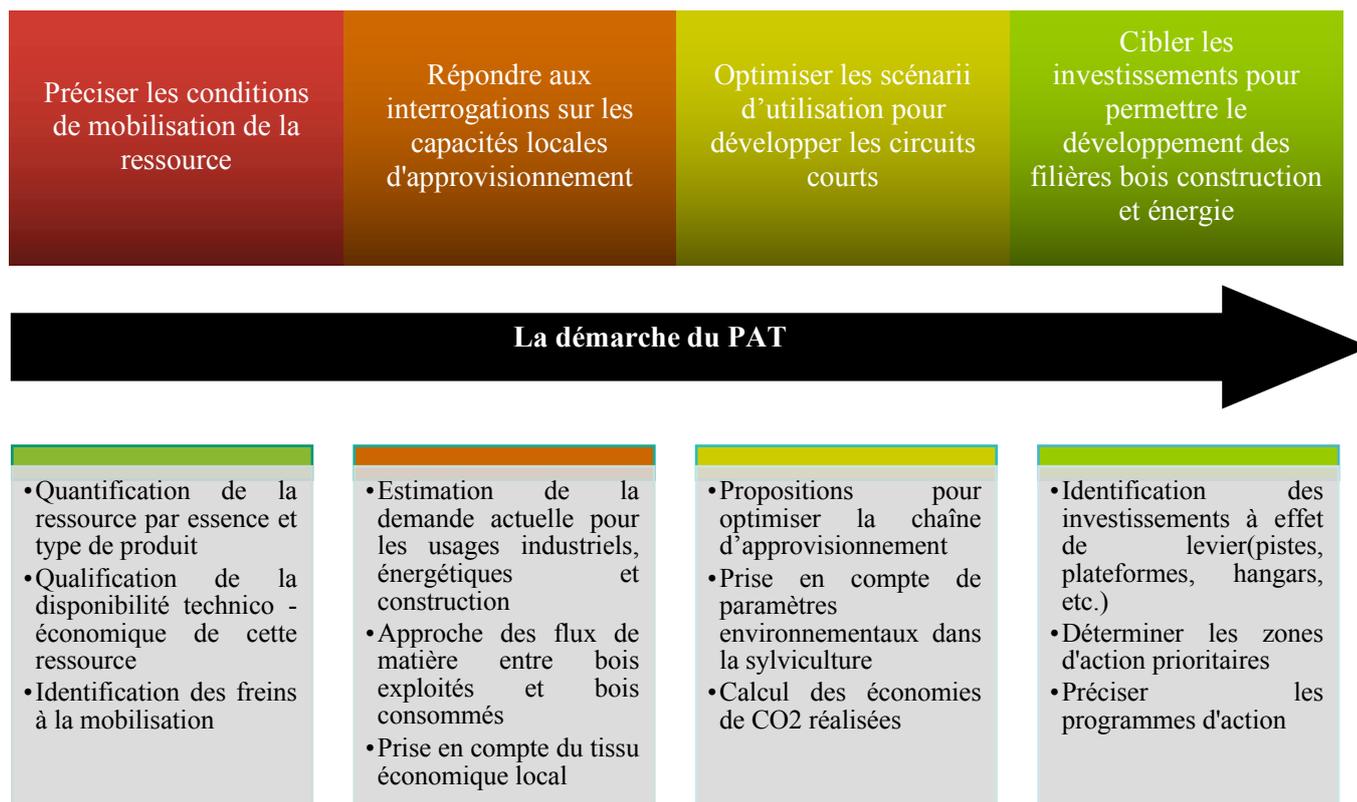
2. METHODOLOGIE ADOPTEE

2.1. Méthodologie du Plan d'Approvisionnement Territorial (PAT)

Le PAT est une méthode développée par les Communes Forestières. Son protocole a été retenu pour mener l'étude de la ressource en bois ; elle a donc été menée en coopération avec l'Union Régionale des Communes Forestières (COFOR) d'Occitanie.

2.1.1. Méthodologie générale du PAT

La **figure 4** ci-dessous présente les différentes étapes de la démarche du plan d'approvisionnement territorial.



Source : Samuel Pont, Union régionale des COFOR Occitanie

Figure 4 : La démarche générale du PAT

Le PAT vise donc à faire le bilan entre la demande et la ressource en bois mobilisable sur un territoire donné. Il faut noter que la ressource en bois est comprise au sens large puisqu'elle rassemble la ressource forestière, les connexes de scierie ainsi que les déchets de types produits d'élagage ou déchets agricoles.

2.1.2. Insertion du stage dans cette méthode

Le stage s'inscrit dans la première étape de la démarche PAT : « Préciser les conditions de mobilisation de la ressource ». Il intervient dans la quantification de la ressource au travers d'un inventaire statistique des peuplements forestiers. Il permet également de quantifier sa disponibilité technico-économique au travers d'une étude du maillage et de la densité de la desserte forestière (accessibilité des peuplements aux grumiers et tracteurs forestiers).

L'étude de la ressource réalisée lors de ce stage ne concerne que la ressource d'origine forestière. Pour la suite de ce rapport, les différentes références faites à la « ressource » ne se rapporteront qu'à cette dernière.

2.2. Données à disposition

Les principales données utilisées sont des données produites par l'IGN telles que la « BD FORET V.2 » pour l'étude des peuplements forestiers et la « BD TOPO » pour l'étude de la desserte. Les données brutes issues des campagnes annuelles de terrain de l'IGN ont également été utilisées (campagnes 2006 à 2016) pour calculer des paramètres d'échantillonnage (nombre de placettes de terrain à réaliser). Elles ont permis de construire certains modèles permettant de prédire certaines variables dendrométriques des arbres inventoriés (coefficient de forme par essence, évolution de la hauteur en fonction du diamètre et de l'essence).

Hormis les données issues de l'IGN, les principales autres données utilisées ont été :

- Les cinq schémas de desserte qui couvrent l'ensemble du territoire, quatre sur la partie tarnaise et un pour l'ensemble de la partie héraultaise. Ces schémas de desserte ont permis de compléter les données IGN pour étudier la desserte forestière. Leur objectif était de recenser l'ensemble des tronçons routiers accessibles aux grumiers sur le territoire.
- Les contours des forêts soumises à document de gestion durable transmis par l'ONF et le CRPF Occitanie.

Plus de précisions sur l'utilisation de ces différentes données seront apportées dans la présentation des protocoles et la présentation des modalités d'échantillonnage.

2.3. Étude des peuplements forestiers

2.3.1. Partage de l'étude

La méthodologie du PAT prévoit que le recueil des données de volume de bois soit divisé en deux parties. Une partie des données est recueillie grâce à la synthèse des ressources présentes dans les documents de gestion durable à numériser. L'autre partie est recueillie grâce à une campagne de terrain permettant de recueillir des données sur les forêts ne possédant pas de documents de gestion.

Une partie des données de volumes est donc fournie par le CRPF et l'ONF pour ce qui concerne les plans simples de gestion (PSG) et les aménagements, l'autre partie provient des résultats de ce stage.

Il faut préciser que pour des raisons financières, seulement un tiers des PSG seront numérisés et synthétisés pour la partie héraultaise du territoire. Les forêts comprises dans les deux tiers restants ont donc été incluses dans le territoire à inventorier dans le cadre du stage. Le tiers des plans simples de gestion qui seront traités par le CRPF ont été choisis, à dire d'expert, par le technicien CRPF du territoire en fonction de leur compromis entre qualité des données, date de dépôt et surface considérée.

2.3.2. Présentation du protocole de terrain

L'étude des peuplements forestiers passe en premier lieu par un découpage de la forêt en strates homogènes dans lesquelles 25 points d'inventaire minimum sont effectués (ce point sera développé par la suite en partie 3.3). Ces strates ont été basées sur les peuplements de la « BD FORET V.2 » de l'IGN pour laquelle l'homogénéité repose sur un taux de couverture du sol et sur une composition en essences. Sur chaque point d'inventaire, l'objectif est d'obtenir un volume de bois fort total¹ (*figure 5*) à l'hectare par essence et par type de produit (bois d'œuvre ou bois d'industrie et énergie).

¹ Volume de l'ensemble des parties aériennes d'un arbre dont le diamètre est supérieur à 7cm

Calcul du volume sur les placettes de terrain

Sur le terrain cela se concrétise par des mesures de surface terrière et de hauteur moyenne des peuplements. L'application d'un coefficient de forme à ces deux mesures permet d'obtenir une estimation du volume bois fort total. Comme le coefficient de forme est une grandeur variant en fonction de l'essence et du diamètre, les mesures de hauteur et de surface terrière ont été prises par essence et par classe de diamètre (*figure 5*). On utilise alors la formule suivante :

$$V = f \times G \times H$$

Où :

- V est le volume bois fort total de bois par essence et par classe de diamètre
- f est un coefficient de forme calculé par essence et par classe de diamètre adapté au calcul d'un volume bois fort total (le détail de son calcul ainsi que ses valeurs sont présentés en *ANNEXE 3*)
- G est la surface terrière par essence et par classe de diamètre
- H est la hauteur moyenne du peuplement par essence et par classe de diamètre.

Le coefficient de forme a été calculé en s'inspirant de la méthode du projet *EMERGE* pour la construction de différents coefficients de forme corrigés (3) (4). Il a également fait appel à un modèle de Mr Patrick Vallet (IRSTEA Grenoble) qui estime la fraction de menus bois² dans le volume total aérien d'un arbre³. La différence permet alors d'obtenir le volume bois fort total de l'arbre (5). Ce modèle n'a pas été publié officiellement mais m'a été gracieusement transmis pour cette étude. Ce modèle d'estimation de la part des menus bois est présenté en *ANNEXE 4*.

Le volume de bois fort total reste donc une estimation mais il peut être calculé en soustrayant le volume de menus bois au volume total aérien.

La répartition du volume par type de produit se fait grâce à une estimation de la part de bois d'œuvre et de bois d'industrie et énergie pour chaque essence.

La structure des peuplements est quant à elle relevée par une estimation de la répartition entre perches, petits bois, bois moyens, gros bois et très gros bois ainsi qu'avec une estimation du diamètre moyen par essence.

Le protocole de relevé fourni par les COFOR est présenté en *ANNEXE 5*. Pour des raisons pratiques liées à des soucis de matériel ainsi qu'à la nécessité d'adapter le protocole à la situation du territoire, celui-ci a subi quelques modifications et changements. Ce protocole modifié et plus détaillé est présenté en *ANNEXE 6*.

² Parties aériennes de l'arbres dont le diamètre est inférieur à 7cm

³ Somme du volume bois fort et du volume des menus bois

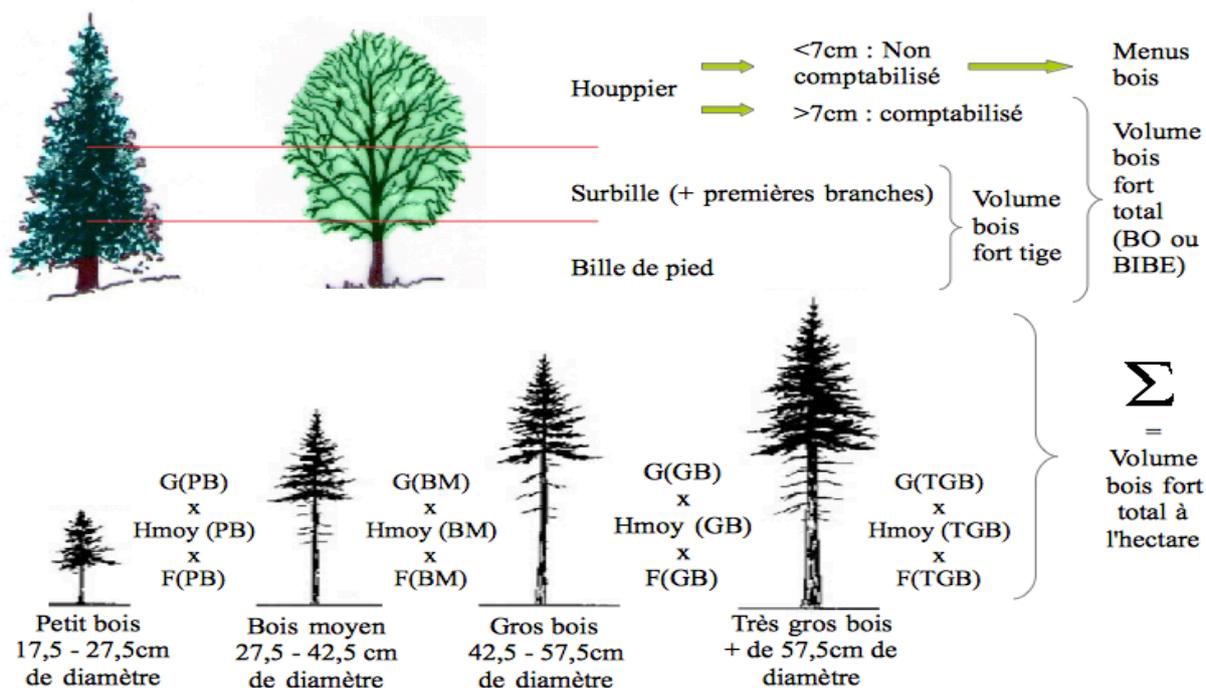


Figure 5 : Description des compartiments étudiés et du volume calculé

2.3.3. Valorisation des données brutes de l'IGN

Les campagnes annuelles de terrain effectuées par l'IGN sont une grande source de données qui ont été valorisées pour compléter les mesures prises lors de la phase de terrain. Les données issues des campagnes de 2006 à 2016 ont été utilisées. Cela a par ailleurs permis de diminuer le temps passé sur le terrain et donc de gagner en temps et en efficacité.

Sélection des placettes utilisables pour le PAT

Deux paramètres ont conditionné l'utilisation de ces données :

- La présence de ce point dans une forêt disposant ou non d'un document de gestion durable (DGD),
- La connaissance du type de peuplement dans lequel se trouve chaque point.

L'IGN ne communique pas la position exacte de ses points d'inventaire, mais seulement les coordonnées du centre du carré de 1 km de côté dans lequel se trouve le point. Ainsi, seuls les points IGN situés dans une maille sans aucune forêt soumise à DGD ont été intégrés aux données communiquées aux COFOR (figure 6).

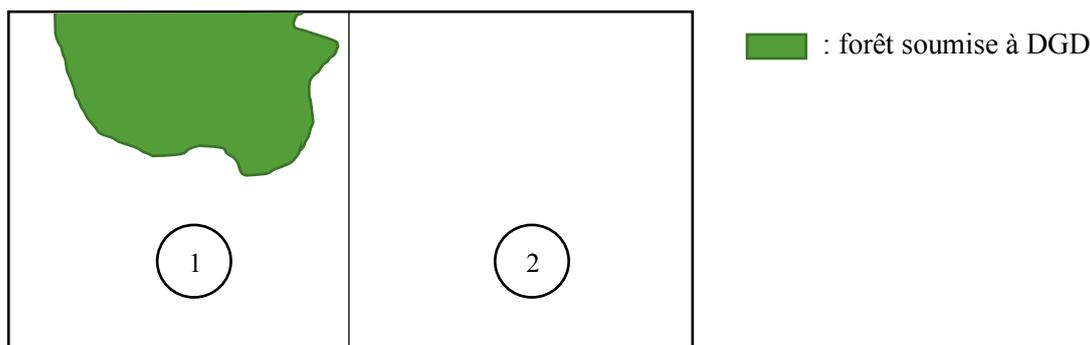


Figure 6 : Critère d'intégration des points IGN aux données en fonction des documents de gestion durable

Exemple :

Si on considère qu'un point IGN est présent dans chacun des carrés de la **figure 6**, seul le point dans le carré n°2 est gardé pour les données COFOR puisqu'on ne peut présumer avec certitude de la présence du point 1 en dehors d'une forêt soumise à DGD.

Chaque point est classé dans un type de peuplement grâce aux données de taux de couvert relatif des arbres, mesuré depuis 2006. Chaque point présent sur le territoire, mesuré entre 2006 et 2016, a donc été classé dans un type de peuplement et intégré aux points de mesure effectués pour le modèle du PAT.

Le script R ayant permis de réaliser cette classification des points, ainsi qu'un exemple des tableaux de données sources de l'IGN se trouvent en **ANNEXE 7**.

Actualisation des données mesurées par l'IGN

Les données dendrométriques ont été actualisées pour se ramener à l'année de référence de l'étude qui est 2018. Le carottage des arbres à la terrière de Pressler dans le protocole IGN a permis de calculer un accroissement annuel moyen par essence et par classe de diamètre (**ANNEXE 8**). Ces accroissements ont ensuite été appliqués à chaque arbre en fonction de son essence, de sa classe de diamètre et de son année de mesure afin d'avoir un diamètre actualisé. La hauteur totale des arbres a été quant à elle actualisée grâce à un modèle de prédiction de la hauteur en fonction de l'essence et du diamètre. Ce modèle est construit sur la base de données des arbres présents sur le territoire d'étude.

Le modèle de prédiction et les résultats statistiques qui en découlent sont présentés en **ANNEXE 9**.

Estimation du volume bois fort total de chaque arbre

Le tarif de cubage utilisé pour passer des mesures actualisées de circonférence et hauteur au volume total aérien est le tarif développé par le projet **EMERGE** (4). Ce tarif est défini comme suit :

$$VolTot = \frac{h_{tot} \cdot c_{130}^2}{4\pi \left(1 - \frac{1.3}{h_{tot}}\right)^2} \left(a + b \cdot \frac{\sqrt{c_{130}}}{h_{tot}} + c \cdot \frac{h_{tot}}{c_{130}} \right)$$

Source : Projet **EMERGE**, « Rendez-vous techniques de l'ONF » n°44, p26

Où :

- VolTot est le volume total aérien de l'arbre
- h_{tot} sa hauteur totale
- C_{130} sa circonférence à 1,30m (en m)

Les paramètres a, b et c sont des paramètres propres à chaque essence définis dans le cadre du projet **EMERGE**. Leurs valeurs sont présentées en **ANNEXE 10**.

Le modèle de Patrick Vallet (5) (**ANNEXE 4**) a ensuite été appliqué pour obtenir une estimation du volume bois fort total de l'arbre (par soustraction du volume des menus bois au volume total aérien présenté ci-dessus).

Synthèse des données de volumes

Le volume de bois fort total à l'hectare sur un point a ensuite été calculé grâce à la donnée de poids⁴ de chaque arbre renseigné par l'IGN. En multipliant, pour chaque arbre sur un point donné, son volume bois fort total calculé par son poids, on obtient le volume bois fort total que cet arbre représente à l'hectare. Il devient alors possible de sommer l'ensemble des volumes de chaque arbre pour obtenir un volume de bois fort total à l'hectare sur le point.

Estimation de la qualité des bois

La qualité des bois est estimée de deux manières différentes entre les périodes 2006-2013 et 2014-2016.

Entre 2006 et 2013 l'IGN a utilisé quatre qualités (bois d'œuvre de premier choix, de second choix, bois d'industrie et énergie, rebus). Elles sont exprimées en fraction du volume bois fort tige. Pour chaque arbre le volume bois fort du houppier a été calculé puis ajouté à la part de bois d'industrie et énergie de l'arbre.

Entre 2014 et 2016 l'IGN a attribué une note unique à chaque arbre (bois d'œuvre de premier choix, de deuxième choix, de troisième choix, bois d'industrie et énergie, rebus). Pour les arbres ayant été classés dans une des trois catégories de bois d'œuvre, seul le volume commercial⁵ de l'arbre a été compté comme bois d'œuvre. Le reste du volume bois fort de l'arbre a été compté comme bois d'industrie et énergie. Le calcul du volume commercial de l'arbre a été effectué grâce au coefficient de houppier développé dans le cadre du projet *EMERGE* permettant de passer du volume bois fort total au volume commercial (6).

La formule de ce coefficient de houppier est la suivante :

$$VEF_{com} = \frac{VBF_{tot}}{V_c} = \exp(B1 - D130)^{B2+b2} + \exp(B3 + b3) + 1 + \varepsilon$$

Source : *Projet EMERGE, « Les Rendez-vous techniques de l'ONF » n°39-40, p.57*

Où :

- VEF_{com} est le coefficient de houppier
- VBF_{tot} est le volume bois fort total de l'arbre
- V_c est le volume commercial avec les découpes marchandes précisées ci-dessus
- $D130$ est le diamètre à 1,30m exprimé en mètres
- ε est l'erreur d'estimation
- $B1, B2, B3, b2$ et $b3$ sont des paramètres propres à chaque essence, présentés en *ANNEXE II*.

En rapportant ces différentes valeurs au volume bois fort total on obtient des proportions de chaque qualité pour chaque arbre. En faisant la synthèse sur chaque point, on obtient une proportion de bois d'œuvre et de bois d'industrie et énergie à appliquer au volume bois fort total du point.

Aucun moyen n'a pu être mis en œuvre pour actualiser la qualité des bois. L'hypothèse a donc été faite que la répartition de la qualité des arbres a peu changé entre l'année de mesure et l'année de référence.

⁴ Le poids de l'arbre correspond à un coefficient permettant d'estimer la représentativité d'un arbre à l'hectare.

⁵ Volume comprenant la tige depuis sa découpe de pied jusqu'à la découpe fin bout 14 cm pour les résineux et 20 cm pour les feuillus.

Prise en compte des prélèvements et de la mortalité

L'actualisation du capital sur pied doit prendre en compte le passage à la futaie, la mortalité et les prélèvements. Le passage à la futaie est pris en compte lors de l'actualisation des diamètres des perches. A des fins de simplification, il a été supposé que les tiges à des stades antérieurs au perchis (diamètre inférieur à 7,5 cm) ne pouvaient pas profiter d'une croissance suffisamment importante pour passer au stade « petit bois » entre l'année de mesure et l'année de référence (2018).

Depuis 2011 l'IGN a mis en œuvre une campagne de retour sur les placettes visitées 5 ans auparavant afin d'étudier l'évolution de l'occupation du sol en fonction de la mortalité naturelle et des prélèvements issus de la gestion. Ces données ne sont pas homogènes entre les différentes années et ne permettent pas d'avoir une estimation correcte du capital actuel sur l'ensemble des points considérés. Afin d'avoir une méthode homogène pour tous les points, ce sont la mortalité moyenne et les prélèvements moyens calculés à l'échelle de l'Occitanie, par l'IGN, qui ont été utilisés (7). Le **tableau 3** ci-dessous présente la mortalité et les prélèvements moyens appliqués.

Surface forestière Occitanie (ha)	Prélèvements moyens (m³/an)	Mortalité moyenne (m³/an)	Prélèvements moyens (m³/ha/an)	Mortalité moyenne (m³/ha/an)
2 639 000	2 200 000	1 100 000	0,833	0,417

Tableau 3 : Prélèvements et mortalité moyens à l'échelle de l'Occitanie

2.4. Étude de la desserte

Comme évoqué précédemment, la méthodologie du PAT prévoit une étude de la disponibilité technico-économique des bois. Une photo-interprétation de la « BD TOPO » de l'IGN permet de qualifier, sur l'ensemble du territoire d'étude, l'accessibilité des différents tronçons de desserte aux camions grumiers et aux autres engins d'exploitation (tracteurs forestiers). Cela revient à faire un inventaire exhaustif de l'ensemble des routes et pistes forestières du territoire, ainsi que des différentes places de dépôt et de retournement.

Cette étude est fortement facilitée sur le territoire grâce à la présence de cinq schémas de desserte qui couvrent l'ensemble du Haut-Languedoc :

- 1 schéma unique pour toute la partie héraultaise du Parc
- 4 schémas sur la partie tarnaise du Parc.

2.4.1. Protocole

Le protocole détaillé fourni par les COFOR est présenté en **ANNEXE 12**.

Le protocole consiste à classer la desserte en 6 catégories sur la base des données IGN (BD TOPO et Orthophotos) et des données de sources extérieures (gestionnaires, schémas de desserte...).

Les 6 catégories sont les suivantes :

- 1 : Autoroute
- 2 : Route régionale
- 3 : Route principale
- 4 : Route locale
- 5 : Route à grumier
- 6 : Piste à tracteur

Pour chaque tronçon de desserte, on attribue une catégorie en explicitant l'origine de son classement (interprétation des schémas de desserte, données de la BD TOPO, décision suite à l'étude de la photo aérienne...).

A cela s'ajoute un recensement des places de dépôt visuellement identifiables sur la photo aérienne.

2.4.2. Synthèse des données « BD TOPO » et des données des schémas de desserte

Description des données « BD TOPO »

La « BD TOPO » comprend deux tables utilisées dans l'étude. La table « Route » et la table « Chemin ».

Une combinaison de ces deux tables a été effectuée pour obtenir la table de base sur laquelle effectuer l'étude.

La table « Chemin » contient un champ « NATURE » qui distingue quatre types de desserte :

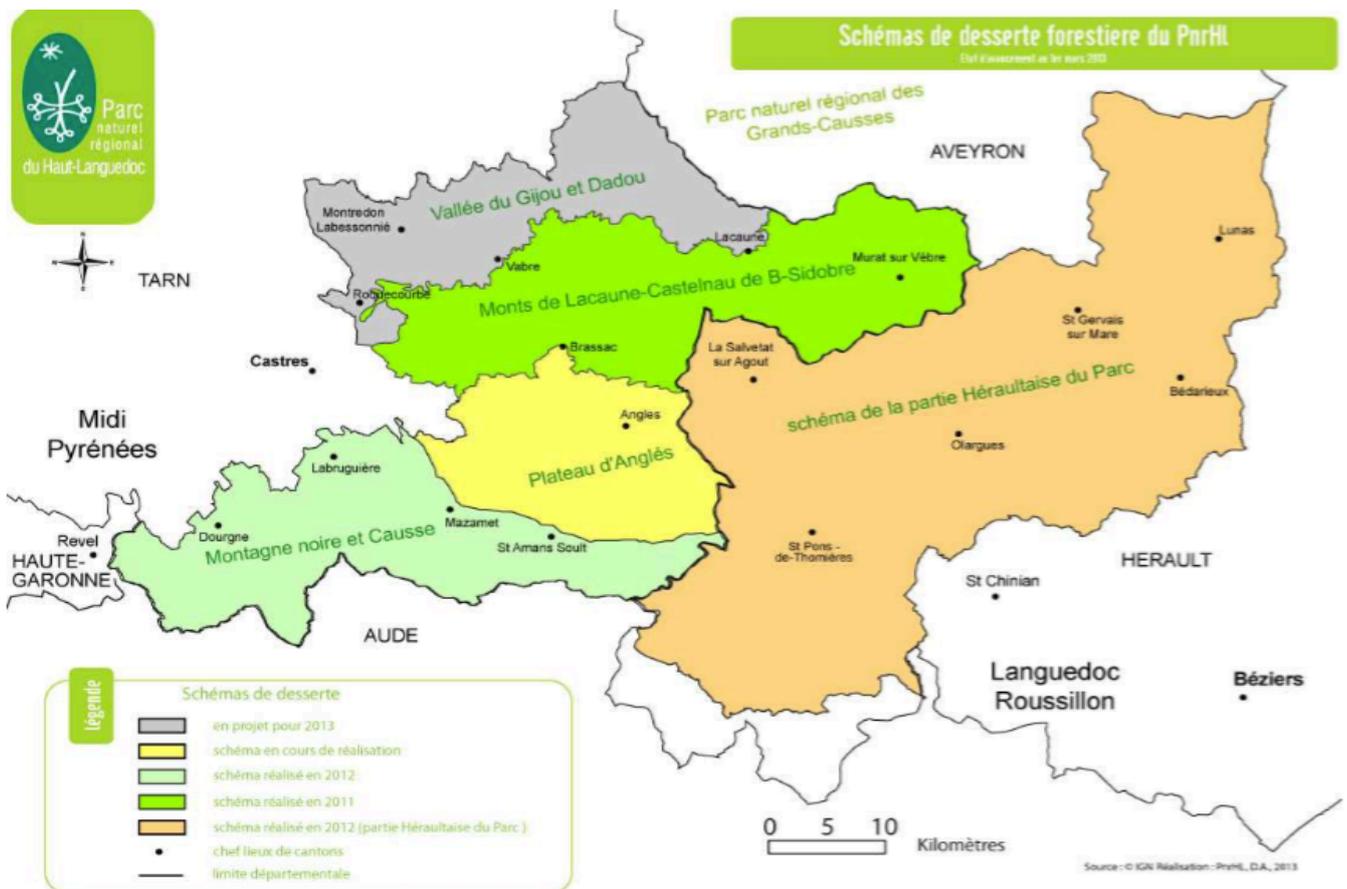
- Chemin
- Escalier
- Sentier
- Piste cyclable

L'IGN définit la nature « chemin » comme étant « prévus pour la circulation de véhicules ou d'engins d'exploitation. Ils ne sont pas forcément carrossables par tous et par tout temps » (8). Au vu de cette définition, l'ensemble des tronçons de nature « chemin » ont été classés, par défaut, comme piste à tracteur, constituant ainsi le réseau de base de la 6^{ème} catégorie de desserte pour le PAT. Les tronçons ont ensuite été réétudiés et éventuellement supprimés au regard des données des schémas de desserte et des analyses de photos aériennes.

La table « Route » contient un champ nommé « IMPORTANCE » qui hiérarchise les tronçons en fonction de leur importance en termes de trafic. Ce champ contient 5 classes dont les définitions sont présentées en *ANNEXE 13*. Le protocole veut que ce soit sur cette note que se base le classement dans l'une des 6 catégories du PAT. Les tronçons d'importance 1, 2, 3 et 4 ont été considérés accessibles aux grumiers par défaut et classés respectivement dans la 1^{ère}, 2^e, 3^e et 4^e catégorie du PAT. Il ne restait donc que les tronçons d'importance 5 à classer dans la 5^{ème} ou 6^{ème} catégorie de desserte du PAT.

Description des données des schémas de desserte

La *figure 7* ci-après permet de situer les cinq schémas de desserte présents sur le territoire du Parc.



Source : « Schéma de desserte forestière du massif 4 : Vallée du Gijou et Dadou » ; IF Consultants, Maison de la forêt, Forestarn, CRPF, ONF

Figure 7 : Situation géographique des cinq schémas de desserte du Tarn

- Dans le Tarn :

Quatre schémas de desserte couvrent le territoire tarnais du Parc, définis selon quatre massifs homogènes sur le plan forestier. Ces quatre schémas fournissent une base de données de la voirie accessible ou non aux grumiers ainsi que des différents points noirs (villages, passages étroits...). Ils ne constituent pas un inventaire exhaustif de la desserte forestière et ne comprennent notamment pas l'ensemble du réseau de pistes non accessibles aux grumiers. Ils ont donc permis d'avoir une bonne base de travail, mais ont dû être complétés par les données IGN et de photos aériennes.

- Dans l'Hérault :

Le schéma de desserte s'est concentré sur l'accessibilité aux grumiers, il présente donc ponctuellement des informations sur le réseau de pistes forestières, mais est essentiellement centré sur le réseau de routes forestières. Le schéma donne également des informations sur les points noirs non accessibles aux grumiers et sur les places de retournement et de dépôt qui ont été intégrées aux critères de classification des routes accessibles ou non accessibles.

Synthèse

Chaque tronçon de desserte a donc été classé en croisant les données BD TOPO, orthophotos et schémas de desserte. Pour les 5 premières catégories, la table « route » et les schémas de desserte étaient plus utiles alors que pour la 6^e catégorie, la table « chemin » et les orthophotos prévalaient.

Un schéma présentant l'organisation et la provenance des différentes données de desserte est présenté dans la **figure 8** ci-dessous :

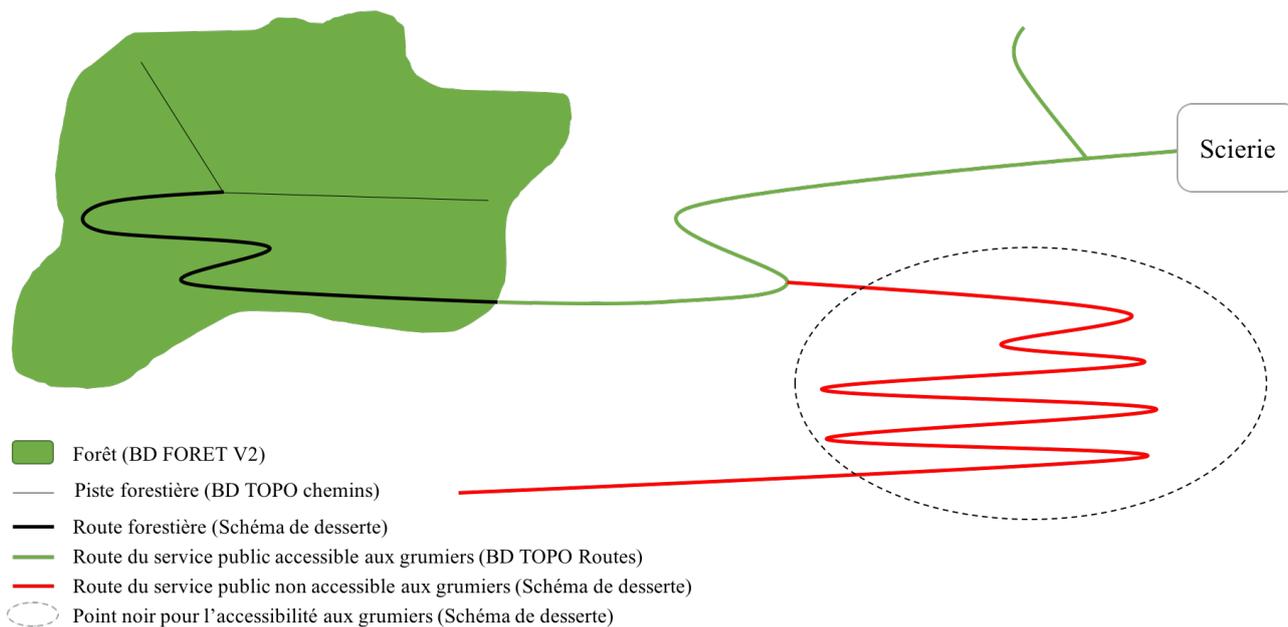


Figure 8 : Type de desserte et origine de l'information sur le tronçon étudié (entre parenthèses)

3. METHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE POUR L'ETUDE DES PEUPEMENTS FORESTIERS

3.1. Technique d'échantillonnage

Du fait de la très grande variabilité des types de peuplements sur le territoire du parc, c'est la méthode de l'échantillonnage aléatoire stratifié qui a été retenue. La stratification s'est faite selon les types de peuplement recensés dans la « BD FORET V2 » de l'IGN. Les peuplements proches par leur composition en essence ont été rassemblés. Malheureusement, aucune notion de structure du peuplement n'a pu être prise en compte.

3.2. Domaine d'inventaire

Comme évoqué précédemment, l'étude s'est concentrée sur un inventaire de la ressource dans les forêts sans document de gestion durable. Le territoire du Parc a été divisé selon les trois régions forestières définies par l'IFN. Il a été convenu que l'étude réalisée lors du stage se concentrerait sur deux de ces trois régions. Cette division a été motivée par la volonté de mettre en avant la grande diversité des peuplements et des conditions stationnelles du territoire. En effet, cela permet de donner de l'importance à des peuplements qui n'auraient pas forcément été étudiés si la mission avait été menée sur le territoire entier.

Afin d'étudier deux contextes très différents, les deux régions retenues pour le stage sont les Avant-Monts du Languedoc (contexte méditerranéen) et la Montagne noire (contexte océanique).

La méthode PAT définit que le domaine d'inventaire correspond aux peuplements majoritaires représentant 80% de la surface forestière totale. Afin de diminuer le nombre de strates à inventorier, des regroupements de peuplements ont été opérés entre des peuplements considérés comme relativement similaires ou dont l'intérêt sylvicole est limité.

Le **tableau 4** suivant présente les regroupements qui ont été opérés et les « nouveaux » peuplements qui en sont ressortis.

Peuplements initiaux	Peuplements regroupés
Forêt fermée à mélange de feuillus prépondérants et conifères +	Forêt fermée mélangée
Forêt fermée à mélange de conifères prépondérants et feuillus	
Forêt fermée de douglas pur +	Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas
Forêt fermée de sapin ou épicéa pur	
Forêt ouverte de feuillus purs +	Forêt ouverte
Forêt ouverte de conifères purs +	
Forêt ouverte à mélange de feuillus et conifères	
Forêt fermée d'un autre feuillu pur +	Forêt fermée d'un autre feuillu pur
Forêt fermée de robinier pur	

Tableau 4 : Regroupements des peuplements de la "BD FORET V2" de l'IGN

Les **tableaux 5 et 6** suivants présentent pour chacune des deux régions IFN :

- en vert, les peuplements à étudier lors de l'étude,
- en rouge, les peuplements qui ne sont pas considérés comme assez représentés pour rentrer dans l'inventaire du PAT.

Peuplement	Surface (ha)	Part de la surface totale	Part cumulée
Forêt fermée de chênes sempervirents purs	24 806	30%	30%
Forêt fermée à mélange de feuillus	20 702	25%	56%
Forêt fermée de châtaignier pur	8 685	11%	66%
Forêt ouverte	7 705	9%	75%
Forêt fermée de chênes décidus purs	5 040	6%	82%
Forêt fermée mélangée	4 936	6%	88%
Forêt fermée de pin laricio ou pin noir pur	2 474	3%	91%
Forêt fermée de hêtre pur	2 149	3%	93%
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	1 625	2%	95%
Forêt fermée de pin d'Alep pur	824	1%	96%
Forêt fermée d'un autre conifère pur autre que pin, sapin, épicéa, douglas ou mélèze	750	1%	97%
Forêt fermée à mélange de conifères	434	1%	98%
Forêt fermée d'un autre feuillu pur	380	0%	98%
Forêt fermée sans couvert arboré	266	0%	99%
Forêt fermée d'un autre pin pur	230	0%	99%
Forêt fermée de pin maritime pur	184	0%	99%
Forêt fermée de pin sylvestre pur	183	0%	99%
Forêt fermée à mélange de pins purs	180	0%	99%
Forêt fermée de feuillus purs en îlots	159	0%	100%
Forêt fermée à mélange d'autres conifères	135	0%	100%
Forêt ouverte sans couvert arboré	128	0%	100%
Forêt fermée de conifères purs en îlots	11	0%	100%
Peupleraie	9	0%	100%
Surface totale	81 997	100%	100%

Tableau 5 : Part de chaque peuplement dans la surface forestière totale des Avant-Monts du Languedoc

Peuplement	Surface (ha)	Part de la surface totale	Part cumulée
Forêt fermée à mélange de feuillus	11 795	28%	28%
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	9 604	22%	50%
Forêt fermée de hêtre pur	5 646	13%	63%
Forêt fermée mélangée	3 946	9%	73%
Forêt fermée de chênes décidus purs	2 357	6%	78%
Forêt fermée de châtaignier pur	2 142	5%	83%
Forêt ouverte	1 582	4%	87%
Forêt fermée de pin laricio ou pin noir pur	1 522	4%	90%
Forêt fermée de chênes sempervirents purs	1 118	3%	93%
Forêt fermée à mélange de conifères	908	2%	95%
Forêt fermée sans couvert arboré	689	2%	97%
Forêt fermée à mélange d'autres conifères	432	1%	98%
Forêt fermée de d'un autre conifère pur autre que pin, sapin, épicéa, douglas ou mélèze	315	1%	99%
Forêt fermée de feuillus purs en îlots	236	1%	99%
Forêt fermée d'un autre feuillu pur	111	0%	99%
Forêt fermée à mélange de pins purs	103	0%	100%
Forêt fermée de pin sylvestre pur	57	0%	100%
Peupleraie	47	0%	100%
Forêt fermée de mélèze pur	32	0%	100%
Forêt fermée de pin maritime pur	18	0%	100%
Forêt ouverte sans couvert arboré	11	0%	100%
Forêt fermée de conifères purs en îlots	8	0%	100%
Forêt fermée d'un autre pin pur	7	0%	100%
Surface totale	42 687	100%	100%

Tableau 6 : Part de chaque peuplement dans la surface forestière totale de la Montagne noire

Il y a donc cinq strates à inventorier dans les Avant-Monts du Languedoc et six strates à inventorier dans la Montagne noire.

Cas de la forêt ouverte dans les Avant-Monts du Languedoc

Pour le reste de l'étude, le peuplement « Forêt ouverte » dans les Avant-Monts du Languedoc n'a pas été conservé. Aucun résultat ne sera donc présenté concernant ce peuplement. Après discussion en comité de pilotage, il a été convenu que l'intérêt économique de ces peuplements était trop faible pour faire l'objet d'une étude de la ressource en bois. Ce type d'étude n'est pas adapté aux valorisations possibles de ce type de peuplement. Il pourra par ailleurs faire l'objet d'une autre étude sur ses potentielles valorisations. La charte forestière porte des actions concernant le sylvo-pastoralisme, il pourra par exemple être étudié dans ce cadre plutôt que dans une démarche d'inventaire de la ressource en bois mobilisable.

3.3. Détermination de l'effort d'échantillonnage

Le traitement des données brutes des campagnes annuelles de terrain de l'IGN a permis d'estimer la variabilité du volume total par hectare au sein de chaque type de peuplement dans chacune des deux régions forestières. Pour avoir une estimation plus fiable de cette variabilité, les données utilisées sont celles qui sont disponibles sur l'ensemble de chaque région forestière, en dehors des limites du parc.

Pour chaque type de peuplement, l'effort d'échantillonnage a été calculé selon la formule suivante (9) :

$$n = \left(\frac{C_v \cdot t}{e} \right)^2$$

Où :

- n est le nombre de points de sondage à réaliser
- C_v est le coefficient de variation sur le volume (rapport de l'écart-type et de la moyenne)
- t est le quantile de la loi de Student au seuil de probabilité 95 %
- e est l'erreur à craindre jugée acceptable.

Les coefficients de variation sur le volume calculés grâce aux données brutes de l'IGN (383 échantillons) sont présentés en *ANNEXE 14*.

La méthode du PAT définit que la taille de l'échantillonnage est constante pour chaque type de peuplement inventorié. Pour le modèle de calcul des COFOR, le nombre de points de sondage doit être de 25 par strate échantillonnée. Autrement dit, pour chaque type de peuplement, $n = 25$.

Au vu des coefficients de variation constatés (*ANNEXE 14*), 25 points par type de peuplement ne permettent pas d'obtenir une précision suffisante pour les calculs faits dans ce rapport. Il a donc été décidé de diviser les résultats en deux parties distinctes :

- D'un côté, les résultats issus de la synthèse des points de terrain et des points IGN en forêt sans DGD qui seront transmis aux COFOR pour le modèle PAT ;
- D'un autre côté, les résultats issus de la synthèse des points de terrain et de l'ensemble des points IGN (en forêt avec et sans DGD) qui seront présentés dans ce rapport.

L'échantillonnage a donc été adapté pour chaque type de peuplement en fonction de deux paramètres :

- Avoir au minimum 25 points de sondage par type de peuplement (points de terrain et points IGN en forêt sans DGD) pour fournir le nécessaire au PAT.

- Ne pas dépasser une erreur à craindre de 20 % pour chaque type de peuplement en prenant en compte les points de terrain et IGN en forêt avec et sans DGD. Cela permettra de pouvoir présenter des résultats avec des erreurs relativement acceptables dans ce rapport.

Les **tableaux 7 et 8** présentent le nombre de points de terrain réalisés, le nombre de points IGN en forêt sans DGD et le nombre de points IGN total par type de peuplement. Cela donne le nombre de points qui seront transmis aux COFOR pour le PAT ainsi que les erreurs à craindre pour les calculs qui seront présentés dans ce rapport.

Peuplement	Points IGN en forêt sans DGD	Points IGN total	Points de terrain	Points pour le modèle PAT	Erreur à craindre (%) (calculs rapport de stage)
Forêt fermée à mélange de feuillus	22	55	14	36	20,1
Forêt fermée de châtaignier pur	16	26	15	31	18,0
Forêt fermée de chênes décidus purs	8	15	32	40	20,2
Forêt fermée de chênes sempervirents purs	34	56	0	34	19,6

Tableau 7 : Nombre de points (IGN et terrain) disponibles et transmis aux COFOR et erreur à craindre pour les calculs de volume sur les Avant-Monts du Languedoc

Peuplement	Points IGN en forêt sans DGD	Points IGN total	Points de terrain	Points pour le modèle PAT	Erreur à craindre (%) (calculs rapport de stage)
Forêt fermée à mélange de feuillus	7	23	20	27	19,6
Forêt fermée de châtaignier pur	1	10	24	25	19,9
Forêt fermée de chênes décidus purs	6	15	20	26	17,5
Forêt fermée de hêtre pur	0	13	25	25	15,9
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	1	33	24	25	12,5
Forêt fermée mélangée	0	10	28	28	19,5

Tableau 8 : Nombre de points (IGN et terrain) disponibles et transmis aux COFOR et erreur à craindre pour les calculs de volume sur la Montagne noire

C'est donc un total de 202 points de terrain qui ont été réalisés lors de ce stage.

3.4. Plan d'échantillonnage

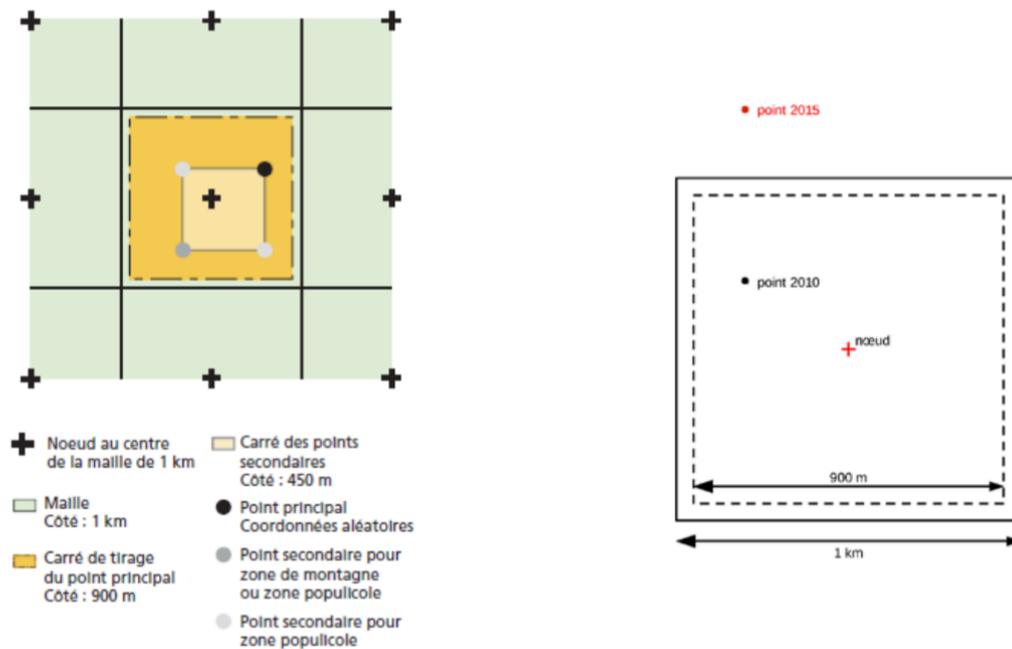
3.4.1. Rappel du plan d'échantillonnage de l'IGN

Sur les dix premières années de l'utilisation de la « nouvelle méthode » d'inventaire de l'IGN (2005-2014), la France a été divisée en mailles carrées de 1 km de côté. Chaque année, l'IGN a parcouru 1/10 des mailles du territoire français. Dans chaque maille parcourue sur le terrain, un point de sondage est tiré aléatoirement (2 en zone de montagne et 4 en zone populicole) et fait l'objet de mesures d'inventaire.

Depuis 2015, l'échantillonnage se base sur une nouvelle maille. Les nouveaux points d'inventaire sont placés à une distance fixe de 500 m des points qui ont été visités cinq ans auparavant. Ces anciens points qui font

l'objet d'une revisite et les nouveaux points d'inventaire sont alors au sein d'une nouvelle maille de 1 km de côté.

La **figure 9** suivante représente ce plan d'échantillonnage (10).



Source : Service de l'inventaire forestier (IGN), Documentation générale sur les données brutes

Figure 9 : Schéma d'échantillonnage adopté par l'IGN

3.4.2. Inscription des points de terrain dans le schéma de l'IGN

Suite à un entretien avec Mr Stéphane Guitet, Expert Forêt Environnement DEP Sud-Est à l'IGN, la méthode ici adoptée a été le placement des points de terrain dans la maille utilisée par l'IGN. C'est la méthode qui a semblé réduire au maximum le biais d'échantillonnage possible lié à l'utilisation de données ayant deux origines distinctes.

Pour chaque type de peuplement, le nombre de points de terrain nécessaire a été tiré de manière aléatoire dans les mailles ne contenant pas de points réalisés par l'IGN. Quand un tirage aléatoire ne suffisait pas à atteindre le nombre de points objectif pour un type de peuplement donné, un tirage secondaire était réalisé sur l'ensemble des mailles, y compris celles où un point IGN était présent.

La **figure 10** ci-après présente cette méthode.

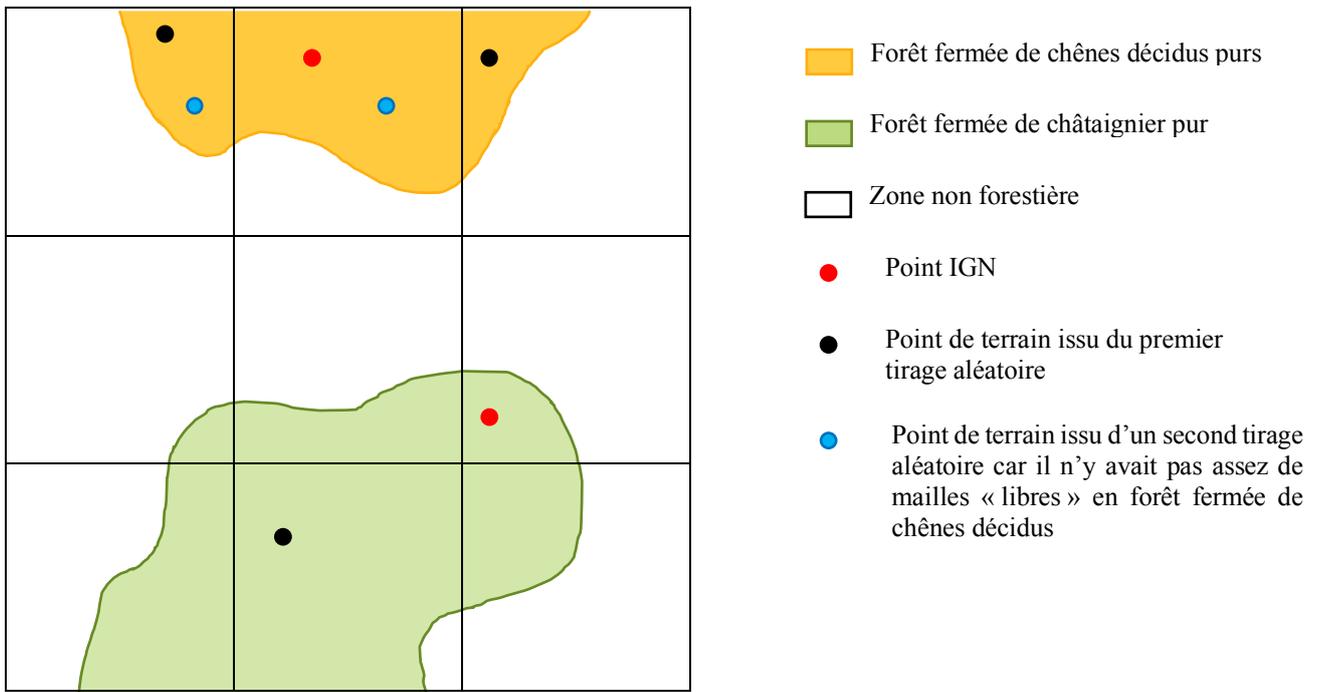


Figure 10 : Inscription des points de terrain dans le schéma d'échantillonnage de l'IGN

4. BILAN DES RESULTATS OBTENUS

4.1. Données livrées aux COFOR

4.1.1. Concernant l'étude des peuplements

Les COFOR ont fourni une matrice Excel à compléter qui servira de base à l'entrée du modèle.

Cette matrice comprend, pour chaque point :

- Un identifiant unique (et l'identifiant du point IGN pour ceux concernés),
- le type de peuplement et la région forestière dans lesquels se trouve le point,
- le volume bois fort total par hectare de chaque essence, et la synthèse par feuillus et résineux,
- le diamètre moyen pour chaque essence, et la synthèse par feuillus et résineux,
- la part de bois d'œuvre et de bois d'industrie et énergie par essence, et la synthèse par feuillus résineux.

4.1.2. Concernant l'étude de la desserte

Les données relevées sont rassemblées dans un fichier SIG au format *Shapefile* unique qui servira de base à l'entrée du modèle. Sur le territoire de la Montagne noire et des Avant-Monts du Languedoc, la numérisation des places de dépôts à partir des photos aériennes n'a pas été effectuée. Elle sera à réaliser en même temps que la production des données pour les Monts de Lacaune, Somail et Espinouse.

4.2. Estimation statistique du volume moyen sur le territoire

Comme précisé dans la partie concernant l'échantillonnage, la méthode utilisée est l'échantillonnage aléatoire stratifié.

Cette méthode permet, à partir d'une analyse de la variance, de réduire l'erreur statistique à craindre et donc de s'approcher au mieux de l'erreur réelle (9).

L'intervalle de confiance pour le volume moyen sur le territoire est calculé au seuil de 95 %. Pour rappel, les résultats présentés sont des volumes bois fort totaux, ils se basent sur les placettes de terrain et les placettes IGN en forêt avec et sans document de gestion durable.

La méthode détaillée de calcul du volume moyen et de l'intervalle de confiance correspondant est présentée en **ANNEXE 15**.

Les résultats montrent que le volume moyen de bois fort par hectare sur l'ensemble du territoire d'étude est d'environ :

$$V = 133,0 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Ce volume se situe avec une probabilité de 95 % dans l'intervalle :

$$[120,3 ; 145,6] \text{ m}^3/\text{ha}$$

Ce volume moyen total est faible car il fait ressortir les données issues des Avant-Monts du Languedoc. Cette région se caractérise par une forêt méditerranéenne qui concentre peu de ressource en bois. La grande surface

que ces peuplements occupent fait automatiquement baisser la moyenne générale du volume de bois fort sur pied.

Il est donc intéressant de se pencher sur les résultats obtenus peuplement par peuplement en distinguant les résultats entre Montagne noire et Avant-Monts du Languedoc. Il faut rappeler que l'échantillonnage a été effectué pour avoir une estimation du volume total de bois fort. Les répartitions par essence et par qualité qui seront présentées ne sont donc pas statistiquement vérifiées et doivent être utilisées avec une certaine réserve.

4.3. Stocks de bois dans les Avant-Monts du Languedoc

4.3.1. Résultat général

En appliquant la même démarche que précédemment (*ANNEXE 15*), mais en se basant uniquement sur les peuplements des Avant-Monts du Languedoc, on obtient le volume moyen suivant :

$$V_{AM} = 70,8 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Ce volume se situe avec une probabilité de 95 % dans l'intervalle :

$$[57,6 ; 84,0] \text{ m}^3/\text{ha}$$

4.3.2. Décomposition par peuplement et qualité

Le volume moyen par hectare de bois fort par type de peuplement est présenté dans la *figure 11* ci-dessous. Pour rappel, les erreurs à craindre sur l'estimation, pour chaque type de peuplement sont les suivantes :

- Forêt fermée de châtaignier pur : $\pm 18\%$
- Forêt fermée à mélange de feuillus : $\pm 20,1 \%$
- Forêt fermée de chênes décidus purs : $\pm 20,2 \%$
- Forêt fermée de chênes sempervirents purs : $\pm 19,6 \%$.

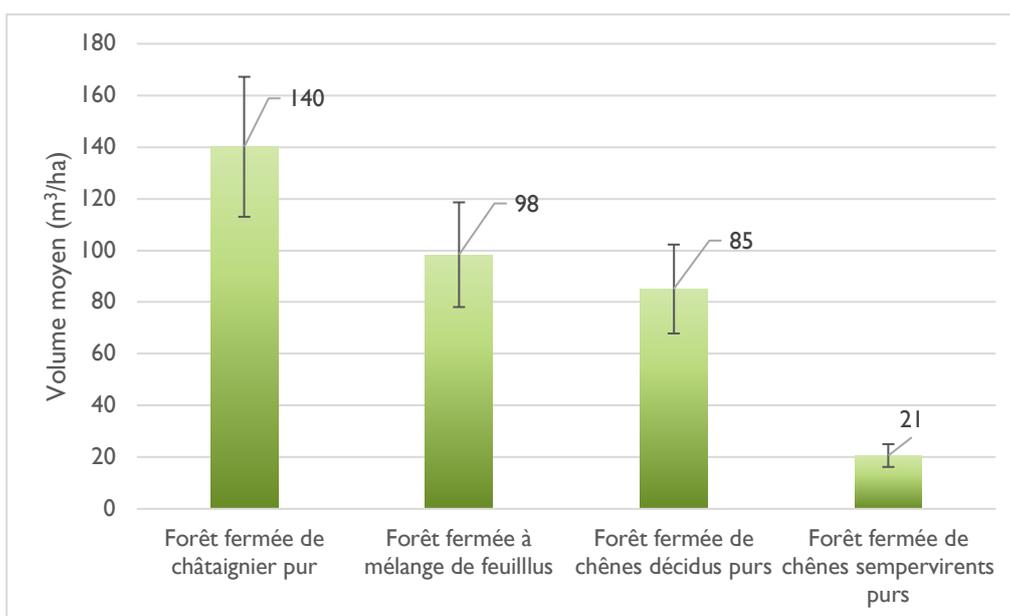


Figure 11 : Volume bois fort total moyen (m³/ha) dans les Avant-Monts du Languedoc

La répartition du volume par essence est donnée dans le **tableau 9** en p.35. De même, la répartition détaillée du bois d'œuvre et du bois d'industrie et énergie est présentée dans le **tableau 10** en p.36.

La **figure 12** ci-dessous donne le volume estimé en milliers de mètres cubes pour chaque essence dans chaque type de peuplement.

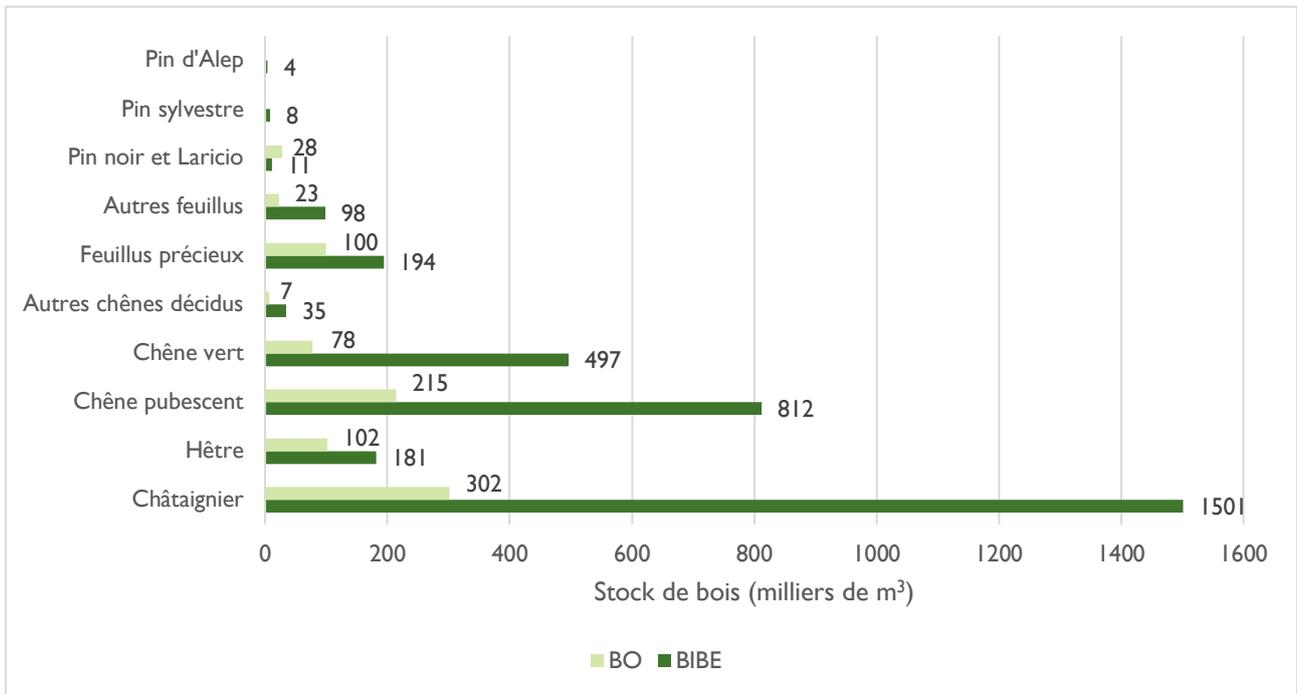


Figure 12 : Stock sur pied de bois fort total (milliers de m³) par essence, pour bois d'œuvre (BO) et bois d'industrie et énergie (BIBE), dans les Avant-Monts du Languedoc

Bilan dans les Avant-Monts du Languedoc

Les résultats montrent clairement que la ressource majoritaire en termes de volume est le châtaignier, suivi par le chêne pubescent, le chêne vert, les feuillus précieux et le hêtre.

La ressource des Avant-Monts du Languedoc est donc en très grande majorité feuillue et constituée de bois d'industrie et énergie. Les conditions difficiles de croissance liées au climat méditerranéen et à des sols souvent pauvres donnent une ressource de faible qualité, qui reste cependant mobilisable pour l'industrie et l'énergie.

4.4. Stocks de bois dans la Montagne noire

4.4.1. Résultat général

En appliquant la même méthode qu'au paragraphe 4.1 (*ANNEXE 15*), mais en se basant uniquement sur les peuplements de la Montagne noire, on obtient le volume moyen suivant :

$$V_{MN} = 236,7 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Ce volume se situe avec une probabilité de 95 % dans l'intervalle suivant :

$$[211,1 ; 262,4] \text{ m}^3/\text{ha}$$

4.4.2. Décomposition par peuplement et qualité

Le volume moyen par hectare de bois fort par type de peuplement est présenté dans la *figure 13* ci-dessous. Pour rappel, les erreurs à craindre sur l'estimation, pour chaque type de peuplement sont les suivantes :

- Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas pur : $\pm 12,5\%$
- Forêt fermée de hêtre pur : $\pm 15,9\%$
- Forêt fermée à mélange de feuillus : $\pm 19,6\%$
- Forêt fermée de châtaignier pur : $\pm 19,9\%$
- Forêt fermée mélangée : $\pm 19,5\%$
- Forêt fermée de chênes décidus purs : $\pm 17,5\%$.

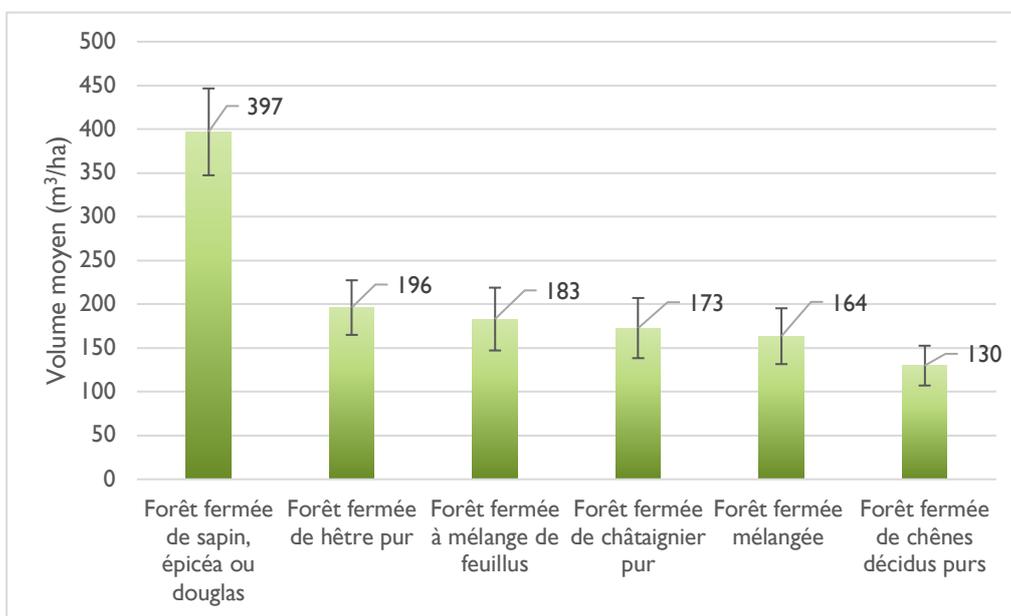


Figure 13 : Volume de bois fort total moyen (m³/ha) dans la Montagne Noire

La répartition du volume par essence est donnée dans le *tableau 9* en p.35. De même, la répartition détaillée du bois d'œuvre et du bois d'industrie et énergie est présentée dans le *tableau 10* en p.36.

La **figure 14** ci-dessous donne le volume estimé en milliers de mètres cubes pour chaque essence dans chaque type de peuplement.

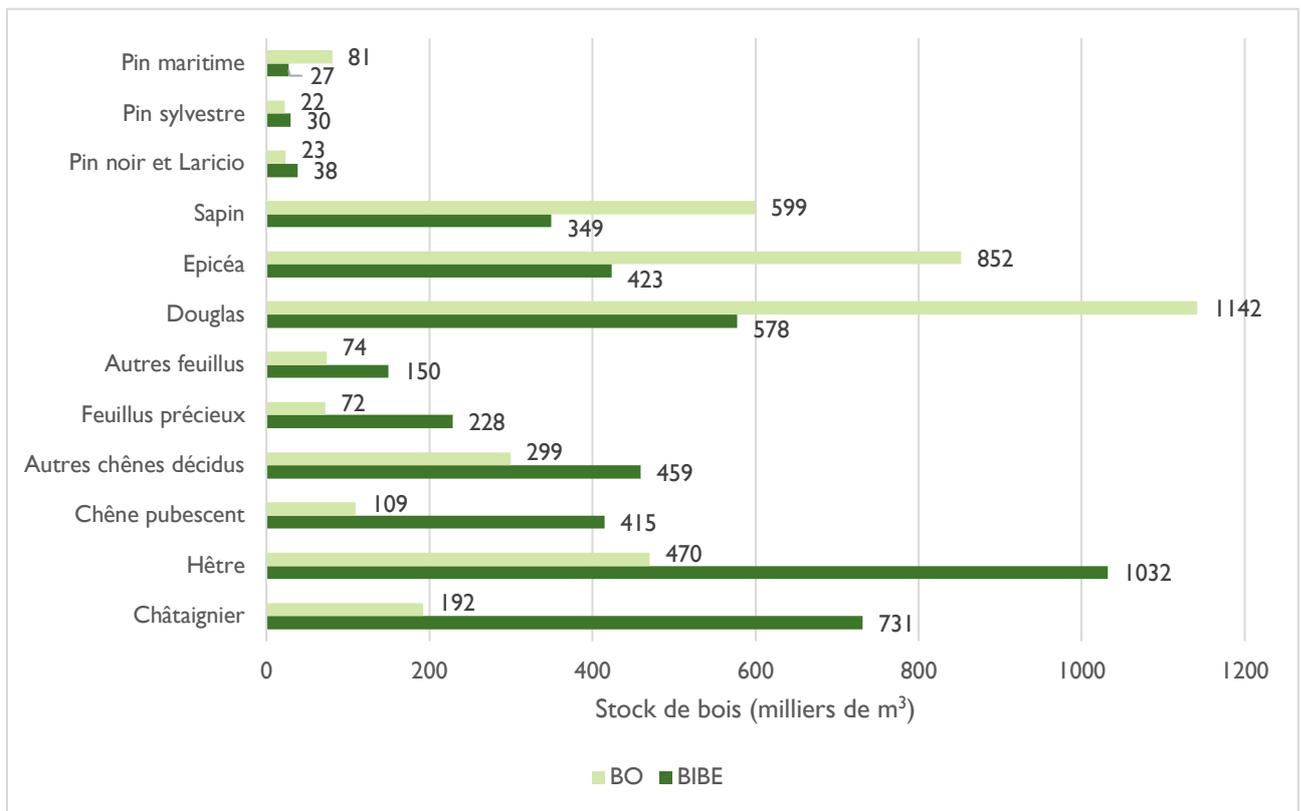


Figure 14 : Stock sur pied de bois fort total (milliers de m³) par essence et, pour bois d'œuvre (BO) et bois d'industrie et énergie (BIBE), dans la Montagne noire

Bilan dans la Montagne noire

Les résultats montrent que les résineux de production (sapin, épicéa et douglas) concentrent la majorité du potentiel économique de la Montagne noire. Ils représentent la ressource majoritaire avec près de 4 millions de mètres cubes et une qualité bois d'œuvre majoritaire.

La ressource feuillue est quant à elle majoritairement constituée de hêtre, châtaignier, chêne pubescent et autres chênes décidus. Ces ressources ne sont pas à négliger car la part de bois d'œuvre est importante même s'il n'est pas majoritaire.

Remarque : Pour les **tableaux 9** et **10** ci-après, les résultats sont présentés arrondis au pourcentage près. Ils donnent, pour chaque type de peuplement la part que représente une essence donnée. Par exemple le volume total de bois de la forêt fermée de châtaignier pur comprend 91% de châtaignier dans les Avant-Monts du Languedoc est à 91% du châtaignier, réparti en 11% de bois d'œuvre et 80% de bois d'industrie et énergie.

	Chât.	Hêt.	ChP.	ChV.	AChD.	FP.	AF.	PNoir&Lar.	PSyl.	PAI.
Forêt fermée de châtaignier pur	91%	0%	1%	0%	0%	6%	1%	1%	0%	0%
Forêt fermée à mélange de feuillus	33%	14%	29%	6%	0%	10%	6%	1%	0%	0%
Forêt fermée de chênes décidus purs	4%	1%	84%	0%	7%	1%	0%	1%	1%	0%
Forêt fermée de chênes sempervirents purs	0%	0%	10%	87%	0%	1%	0%	0%	0%	1%

État des lieux dans les Avant-Monts du Languedoc

	Chât.	Hêt.	ChP.	AChD.	FP.	AF.	Doug.	Ep.	Sap.	Pnoir&Lar.	PSyl.	PMar.
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	1%	1%	0%	0%	1%	0%	44%	31%	22%	0%	0%	0%
Forêt fermée de hêtre pur	1%	80%	6%	5%	5%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%
Forêt fermée à mélange de feuillus	20%	25%	11%	26%	7%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Forêt fermée de châtaignier pur	90%	0%	2%	2%	4%	2%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
Forêt fermée mélangée	13%	4%	7%	7%	6%	1%	7%	13%	14%	6%	6%	15%
Forêt fermée de chênes décidus purs	6%	5%	53%	30%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%

État des lieux dans la Montagne noire

Légende :

(Les valeurs surlignées en rouge mettent en évidence les pourcentages supérieurs à 5 %)

Chât.	Hêt.	ChP.	ChV.	AChD.	FP.	AF.	Doug.	Ep.	Sap.
Châtaignier	Hêtre	Chêne pubescent	Chêne vert	Autres chênes décidus	Feuillus précieux	Autres feuillus	Douglas	Epicéa	Sapin

PNoir&Lar.	PSylv.	PAI.	PMar.
Pin noir et pin Laricio	Pin sylvestre	Pin d'Alep	Pin maritime

Tableau 9 : Répartition du volume bois fort total par essence et par peuplement

Bois d'œuvre (BO)	Chât.	Hêt.	ChP.	ChV.	AChD.	FP.	AF.	PNoir&Lar.	PSyl.	PAI.	Total BO
Forêt fermée de châtaignier pur	11%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	14%
Forêt fermée à mélange de feuillus	8%	5%	7%	1%	0%	3%	1%	1%	0%	0%	26%
Forêt fermée de chênes décidus purs	1%	0%	16%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	18%
Forêt fermée de chênes sempervirents purs	0%	0%	1%	13%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	15%
Bois d'industrie et énergie (BIBE)											Total BIBE
Forêt fermée de châtaignier pur	80%	0%	1%	0%	0%	4%	1%	0%	0%	0%	86%
Forêt fermée à mélange de feuillus	25%	9%	23%	5%	0%	7%	4%	0%	0%	0%	74%
Forêt fermée de chênes décidus purs	4%	1%	69%	0%	6%	1%	0%	1%	1%	0%	82%
Forêt fermée de chênes sempervirents purs	0%	0%	9%	74%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	85%

État des lieux dans les Avant-Monts du Languedoc

Bois d'œuvre (BO)	Chât.	Hêt.	ChP.	AChD.	FP.	AF.	Doug.	Ep.	Sap.	Pnoir&Lar.	PSyl.	PMar.	Total BO
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%	22%	14%	0%	0%	0%	65%
Forêt fermée de hêtre pur	0%	25%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%
Forêt fermée à mélange de feuillus	3%	8%	3%	11%	2%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	31%
Forêt fermée de châtaignier pur	26%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	30%
Forêt fermée mélangée	2%	1%	1%	0%	1%	1%	3%	4%	10%	2%	3%	12%	40%
Forêt fermée de chênes décidus purs	1%	2%	11%	14%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%
Bois d'industrie et énergie (BIBE)													Total BIBE
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	1%	1%	0%	0%	0%	0%	14%	10%	8%	0%	0%	0%	35%
Forêt fermée de hêtre pur	1%	55%	5%	3%	4%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	70%
Forêt fermée à mélange de feuillus	16%	17%	8%	15%	5%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	69%
Forêt fermée de châtaignier pur	64%	0%	2%	1%	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	70%
Forêt fermée mélangée	11%	3%	7%	7%	5%	1%	4%	9%	4%	4%	3%	3%	60%
Forêt fermée de chênes décidus purs	5%	4%	42%	16%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	70%

État des lieux dans la Montagne noire

Tableau 10 : Répartition du volume bois fort total par qualité et par essence

4.5. Bilan de l'étude de la desserte

4.5.1. Présentation du modèle utilisé pour l'étude de l'accessibilité

Les résultats présentés ci-après ont été calculés grâce au modèle « *Sylvaccess* - © IRSTEA – S. Dupire 2016 » (11) (12).

Le modèle *Sylvaccess* permet de cartographier l'accessibilité des forêts pour trois systèmes d'exploitation :

- Tracteur forestier / débusqueur / skidder
- Porteur
- Débardage par câble.

Les résultats obtenus ne concernent que les systèmes skidder et porteur. En effet, la surface étudiée et le temps de calcul nécessaire à l'utilisation du modèle « câble » ont rendu impossibles les simulations pour ce mode d'exploitation. Il faut par ailleurs noter que le débardage par câble est pour le moment totalement absent du territoire. Certains projets commencent à émerger mais on ne recense, pour le moment, aucun chantier d'exploitation au câble sur le territoire d'étude.

Le modèle permet d'obtenir l'accessibilité des forêts aux différents engins étudiés en se basant sur des critères de pentes et d'obstacles physiques. Il permet également d'obtenir une cartographie de la distance de débardage totale. Cette distance prend en compte le parcours des engins depuis la coupe jusqu'à la route forestière la plus proche, où les bois pourront être pris en charge par un camion grumier.

Les paramètres utilisés pour le modèle sont ceux qui sont définis par défaut. Ils sont présentés en **ANNEXE 16**.

4.5.2. Présentation des résultats obtenus

Les cartes présentant les zones accessibles par mode d'exploitation et selon la distance totale de débardage sont présentées en **ANNEXE 17**. On note un très gros déséquilibre entre les Avant-Monts du Languedoc et la Montagne noire. Cela s'explique notamment par le fait que le réseau de desserte forestière est beaucoup moins dense dans les Avant-Monts du Languedoc. En effet, peu d'investissements y ont été réalisés du fait du faible potentiel économique de la ressource bois, fréquent en secteur méditerranéen. Le relief y est par ailleurs plus « chahuté », rendant l'accessibilité plus compliquée.

Afin d'inclure la notion de viabilité économique de l'exploitation, des regroupements ont été effectués afin d'obtenir des classes d'exploitabilité et de rentabilité. Ces classes prennent en compte le mode de débardage et la distance totale de débardage (**tableau 11**). L'utilisation du porteur a été considérée toujours plus rentable que celle du skidder pour des distances de débardage égales. Ce choix se base sur le fait que le porteur dispose de meilleurs rendements en volume que le débusqueur (13). Il faut également noter que sa capacité à exploiter en bois courts et en bois longs le rend plus polyvalent, et permet donc de s'adapter plus facilement aux différents types de produits. Six classes d'exploitabilité et de rentabilité ont été définies (**tableau 11**). Les seuils utilisés sont arbitraires et n'ont pas pu faire l'objet de confirmation de la part des gestionnaires du territoire.

Classe d'exploitabilité	Mode d'exploitation	Distance de débardage	Classe de rentabilité (estimée)
1	Porteur	0 – 500 m	Bonne +
2	Skidder	0 – 500 m	Bonne -
3	Porteur	500 – 1500 m	Moyenne +
4	Skidder	500 – 1500 m	Moyenne -
5	Porteur	>1500 m	Difficile +
6	Skidder	>1500 m	Difficile -

Tableau 11 : Classes d'exploitabilité et de rentabilité des exploitations

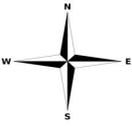
La carte (*figure 15*) ci-après représente l'exploitabilité en fonction de la rentabilité estimée des chantiers d'exploitation. Et le *tableau 12* ci-dessous donne la répartition, par type de peuplement, des surfaces de forêt accessibles pour chaque classe d'exploitabilité.

Surface de forêt exploitable selon la classe d'exploitabilité (ha)								
Région forestière	Peuplement (Forêt fermée de/à ...)	Bonne +	Bonne -	Moyenne +	Moyenne -	Difficile +	Difficile -	Totale
Avant-Monts du Languedoc	mélange de feuillus	3 642	4 288	1 973	4 559	570	1 575	16 607
	châtaignier pur	577	1 527	539	2 102	182	810	5 737
	chênes décidus purs	583	946	395	1 289	129	546	3 889
	chênes sempervirents purs	2 931	3 408	2 458	5 651	827	2 647	17 922
Montagne Noire	mélange de feuillus	3 034	3 011	1 207	2 633	81	380	10 346
	hêtre pur	1 847	1 290	728	929	86	209	5 089
	châtaignier pur	294	679	152	545	10	58	1 738
	chênes décidus purs	503	577	378	585	19	53	2 115
	sapin, épicéa ou douglas	5 161	1 810	1 260	918	157	120	9 425
	mélangée	1 498	990	422	621	59	133	3 723
Total		20 069	18 525	9 513	19 831	2 120	6 532	76 590

Tableau 12 : Surface forestières exploitables selon la classe d'exploitabilité (ha)

L'ensemble des forêts étudiées représentent une surface totale de 94 725 ha. La modélisation permet d'estimer que 76 590 ha, soit 81% de la surface totale, sont exploitables avec les engins forestiers « classiques ».

Il faut préciser ici que la surface de chaque type de peuplement présente forcément une erreur statistique. Cette erreur n'est pas connue, il faut cependant garder à l'esprit que la surface totale de chaque peuplement n'est pas une donnée exacte.



Classes d'exploitabilité et de rentabilité en fonction du mode d'exploitation préférentiel et de la distance de débardage associée

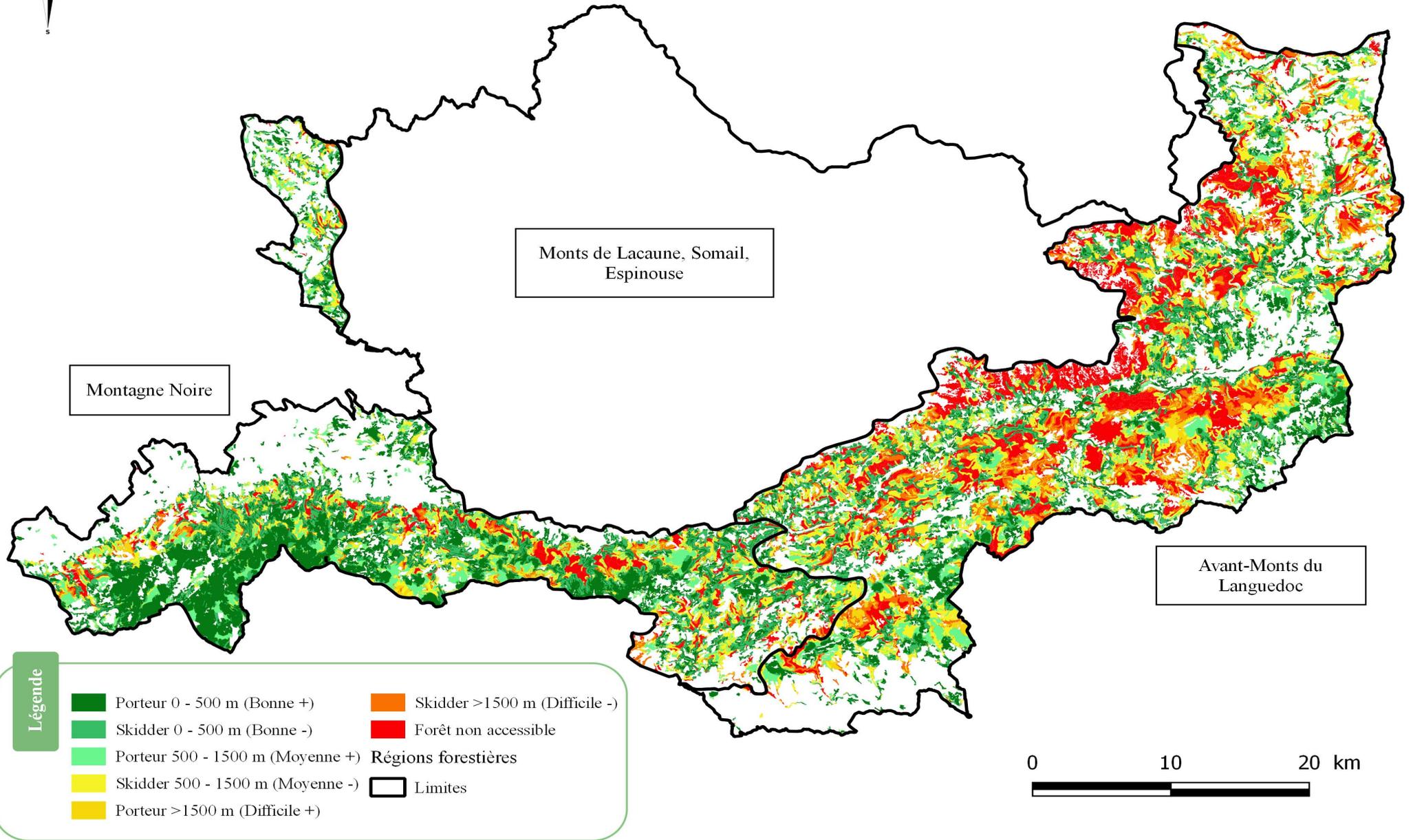


Figure 15 : Classes d'exploitabilité des peuplements en fonction du mode de débardage préférentiel et de la distance totale de débardage

On constate une bonne exploitabilité générale des peuplements. On retrouve ici le déséquilibre entre les Avant-Monts du Languedoc et la Montagne noire avec un déficit net de forêt accessible dans les zones riches en châtaignier et en chêne vert. L'exploitabilité peut être considérée non problématique pour environ 40 000 ha de forêts (classes bonne+ et bonne-). On peut ajouter à cela environ 30 000 ha où l'exploitation peut rester largement envisageable (classes moyenne+ et moyenne-). Il ne reste alors qu'environ 9 000 ha de forêts réellement problématiques (classes difficile+ et difficile-), en plus des 18 000 ha pour le moment non accessibles avec les engins « classiques ».

Il convient de préciser que ces résultats d'exploitabilité des peuplements forestiers ne permettent pas de prendre en compte l'état du réseau routier public reliant les forêts aux différentes entreprises de transformation. Cet état peut conditionner l'exploitabilité de certaines zones. On peut donc supposer que les zones exploitables sont pour le moment un peu surestimées.

5. ESTIMATION DES POTENTIALITES DE PRELEVEMENT

5.1. Estimation en fonction des accroissements

Pour s'inscrire dans le cadre d'une gestion durable, et afin de ne pas réduire le stock de bois du territoire, on considère que les prélèvements maximaux potentiels correspondent à l'accroissement biologique des peuplements. Cela dépend en réalité de si le peuplement considéré est sous-capitalisé, à l'équilibre, ou sur-capitalisé. Aucune donnée ne permet d'avoir ces informations pour les peuplements considérés. On suppose donc qu'à l'échelle de l'étude les peuplements sont à l'équilibre et que le prélèvement correspondra donc à l'accroissement biologique.

Ces accroissements sont estimés par l'IGN à différentes échelles spatiales, celle retenue pour les estimations est la Grande Région Écologique (GRECO). Les échelles spatiales plus fines ne permettent pas d'obtenir des estimations significatives de la production biologique selon la composition du peuplement.

La SER du « Haut-Languedoc et Lévézou » se situe dans la GRECO du Massif central. Les accroissements proviennent des données standards de l'IGN (14) et ont été calculés à partir de ces données pour les peuplements mixtes. Par exemple, l'accroissement moyen du peuplement « Forêt fermée de sapin et épicéa ou douglas » a été calculé en faisant une moyenne pondérée (par la part de chaque essence dans le volume total du peuplement) des accroissements de chaque peuplement individualisé. Le peuplement de chênes sempervirents dans les Avant-Monts du Languedoc fait exception. Aucune donnée concernant ce peuplement n'est disponible dans la GRECO du Massif central, l'accroissement moyen a donc été pris dans les résultats standards de l'IGN à l'échelle de l'ex-Languedoc-Roussillon. En effet, une donnée à l'échelle de cette ex-région administrative était disponible concernant ce type de peuplement. Le **tableau 13** ci-dessous donne les accroissements annuels moyens pour chaque type de peuplement inventorié lors de l'étude.

Région forestière	Peuplement	Accroissement moyen (m ³ /ha/an)
Avant-Monts du Languedoc	Forêt fermée à mélange de feuillus	5,1 ± 0,8
	Forêt fermée de châtaignier pur	6,1 ± 1,0
	Forêt fermée de chênes décidus purs	1,5 ± 0,4
	Forêt fermée de chênes sempervirents purs	1,5 ± 0,5
Montagne noire	Forêt fermée à mélange de feuillus	5,1 ± 0,8
	Forêt fermée de hêtre pur	5,1 ± 0,6
	Forêt fermée de châtaignier pur	6,1 ± 1,0
	Forêt fermée de chênes décidus purs	2,3 ± 0,7 ⁶
	Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	15,8 ± 2,1 ⁶
	Forêt fermée mélangée	8,8 ± 0,9

Tableau 13 : Accroissements biologiques en volume (m³/ha/an) par type de peuplement

En combinant ces données d'accroissement aux données de surfaces exploitables, on obtient une estimation du volume mobilisable dans chaque type de peuplement (**tableau 14**).

⁶ Ces deux types de peuplements sont issus de regroupements. L'erreur retenue est la plus élevée parmi celles des peuplements individualisés. Il faut cependant noter que l'erreur réelle est sûrement supérieure à cette valeur du fait du regroupement des peuplements.

Volume mobilisable selon la classe d'exploitabilité (m ³ /an)								
Région forestière	Peuplement (forêt fermée de/à ...)	Bonne +	Bonne -	Moyen +	Moyen -	Difficile +	Difficile -	Total
Avant-Monts du Languedoc	mélange de feuillus	18 572 ± 2 914	21 869 ± 3 430	10 064 ± 1 578	23 250 ± 3 647	2 909 ± 456	8 032 ± 1260	84 697 ± 13 286
	châtaignier pur	3 518 ± 577	9 315 ± 1 527	3 290 ± 539	12 820 ± 2 102	1 112 ± 182	4 942 ± 810	34 996 ± 5 737
	chênes décidus purs	875 ± 233	1 419 ± 378	593 ± 158	1 934 ± 516	194 ± 52	819 ± 218	5 833 ± 1 556
	chênes sempervirents purs	4 396 ± 1 466	5 112 ± 1 704	3 687 ± 1 229	8 477 ± 2 826	1 240 ± 414	3 971 ± 1 324	26 883 ± 8 961
	mélange de feuillus	15 473 ± 2 427	15 355 ± 2 409	6 155 ± 966	13 427 ± 2 106	412 ± 65	1 940 ± 304	52 762 ± 8 277
Montagne noire	hêtre pur	9 419 ± 1 108	6 577 ± 774	3 712 ± 437	4 739 ± 557	438 ± 52	1 065 ± 125	25 952 ± 3 053
	châtaignier pur	1 795 ± 294	4 139 ± 679	928 ± 152	3 327 ± 545	62 ± 10	351 ± 58	10 602 ± 1 738
	chênes décidus purs	1 156 ± 352	1 326 ± 404	870 ± 265	1 344 ± 410	44 ± 13	122 ± 37	4 863 ± 1 481
	sapin, épicéa ou douglas	81 547 ± 10 838	28 595 ± 3 801	19 902 ± 2 646	14 503 ± 1 908	2 476 ± 330	1 894 ± 252	148 917 ± 19 793
	mélangée	13 186 ± 1 348	8 714 ± 891	3 717 ± 380	5 460 ± 559	516 ± 53	1 172 ± 120	32 765 ± 3 351
Total		149 937	102 421	52 919	89 282	9 401	24 310	428 269

Tableau 14 : Volumes annuels mobilisables par type de peuplement⁷

À partir de ces données de volumes mobilisables, une synthèse peut être faite pour chaque essence (ou pour chaque qualité) en fonction de la part qu'elle occupe dans le volume total estimé dans chaque type de peuplement.

Les volumes mobilisables annuellement pour chaque essence et pour chaque qualité sont alors accessibles facilement en agrégeant les données du **tableau 10** (Répartition du volume bois fort total par qualité et par essence pour chaque type de peuplement) avec celles du **tableau 14** (Volumes annuels mobilisables par type de peuplement).

L'ensemble des données de volume mobilisable se basent sur un scénario théorique où aucun frein (au-delà de l'accessibilité physique des peuplements) n'a été pris en compte. On a donc ici le potentiel théorique du territoire. À la lecture de ces résultats, il faut donc garder à l'esprit que la volonté d'exploitation des propriétaires influencera le potentiel réel du territoire. Cette volonté dépend de très nombreux paramètres comme le cours du bois, l'orientation du patrimoine forestier vers d'autres objectifs que l'exploitation forestière, la méconnaissance de la filière... Ces freins à la mobilisation sont développés plus longuement dans la partie 6.3 de ce rapport.

⁷ Les erreurs présentées dans ce tableau ont été calculées en multipliant l'erreur sur l'accroissement moyen par la surface considérée. Il faut aussi ici préciser que ces erreurs sont sûrement sous-estimées. En effet cette erreur ne prend pas en compte l'erreur statistique sur les surfaces de chaque peuplement.

5.2. Étude de cas : Estimation du volume de bois énergie mobilisable sur le territoire d'étude

L'objectif de cette partie n'est pas de faire un inventaire exhaustif de bois mobilisable pour chaque essence et chaque type de qualité, mais plutôt de montrer un exemple simple et reproductible de valorisation des données obtenues.

Les nombreux enjeux qui se dessinent autour de la valorisation du bois énergie en font un sujet d'étude intéressant pour cet exemple. C'est en effet un circuit de valorisation du bois qui permet de participer à la gestion durable des forêts tout en proposant une énergie à faible coût. C'est également une énergie intéressante à considérer dans le cadre du changement climatique et du développement durable.

C'est donc l'exemple de la mobilisation de bois énergie qui a été retenu.

Les priorités du PNR du Haut-Languedoc étaient fixées sur la ressource feuillue et en particulier ses potentialités de bois d'œuvre. Cependant, dans la situation actuelle, la demande du territoire en bois d'œuvre feuillu est trop mal connue pour avoir la possibilité de la confronter aux disponibilités. Un annuaire de la filière forêt bois recensant, entre autres, les scieries du territoire ainsi que leurs consommations annuelles de bois est en cours de réalisation. À l'issue de cet inventaire de la demande des scieurs, une meilleure estimation des potentialités du territoire pourra alors être faite. Les résultats de volumes de bois d'œuvre mobilisables par essence sont cependant présentés en **ANNEXE 18**.

La suite de cette partie se consacrera donc au calcul des volumes mobilisables en fonction de la classe d'exploitabilité. Dans un second temps, ces résultats seront confrontés à leur débouchés possibles afin de voir les potentialités du territoire pour la valorisation du bois énergie. L'exemple de débouché qui a été choisi est l'approvisionnement de chaufferies bois consommant des plaquettes forestières.

5.2.1. État des lieux de la ressource présente

La **figure 16** ci-dessous donne le volume de qualité bois d'industrie et énergie mobilisable sur le territoire d'étude. Le détail par essence est présenté en **ANNEXE 19**. Ce volume est distingué selon les classes d'exploitabilités définies précédemment. Il faut noter que seules les classes basées sur une exploitation au porteur forestier ont été gardées. En effet, le skidder est utilisé pour l'exploitation en bois longs, il est donc peu adapté au débardage de bois énergie *a priori* exploité en bois courts dans le cas où ce bois n'est pas broyé directement en forêt.

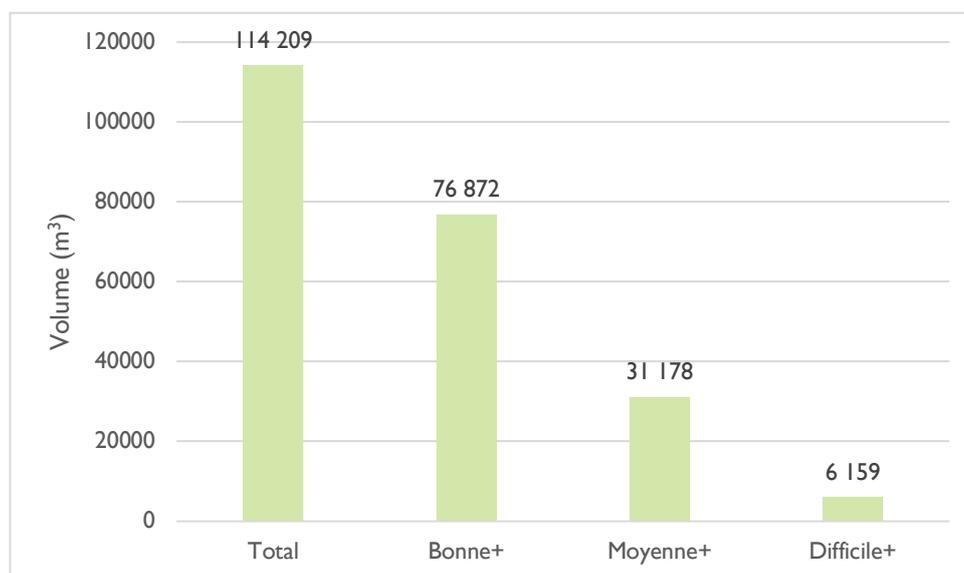


Figure 16 : Volume total de bois énergie mobilisable sur le territoire d'étude selon la classe d'exploitabilité

Il est estimé qu'aujourd'hui la récolte de bois énergie sur le territoire du Parc s'élève à 100 000 m³ par an (1). On constate ici que, toutes exploitabilités confondues, on peut mobiliser annuellement près de 115 000 m³ de bois énergie uniquement sur le territoire des Avant-Monts du Languedoc et de la Montagne noire. Or, la région des Monts de Lacaune, Somail, Espinouse représente 42 % de la surface forestière de la CFT. On peut donc supposer que les potentialités en termes de mobilisation de bois énergie sont pour le moment très largement sous estimées et peuvent très largement dépasser la récolte actuelle.

5.2.2. Un exemple possible de valorisation sur le territoire

État des lieux de la filière bois énergie du territoire

L'objectif est ici de voir quelles valorisations sont possibles sur le territoire pour le bois énergie. Aujourd'hui une partie de la ressource est considérée exploitée à des fins de bois bûche pour les particuliers du territoire. Pour les granulés, on ne recense qu'une seule entreprise équipée pour leur fabrication sur le territoire de la charte. Ce n'est donc pas un circuit local très développé pour le moment. À l'inverse, les chaufferies bois s'approvisionnant en bois déchiqueté (plaquettes) constituent aujourd'hui un réseau important. On dénombre, en 2016, 28 chaufferies bois dans le périmètre de la CFT, dont deux établissements industriels consommant plus de 90 % du combustible bois total utilisé. Au total, ces 28 chaufferies consomment près de 37 000 tonnes de combustible, ce qui représente environ 40 000 m³ de bois frais (1). Le territoire comporte également trois réseaux de chaleur bois permettant de chauffer des bâtiments publics et privés (*tableau 15*).

Commune du réseau	Consommation de bois (tonnes/an)	Type de combustible	Équivalent volume de bois rond (m ³) ⁸
Fraïsse-sur-Agout	250	Plaquettes	300
Anglès	250	Plaquettes	300
Mazamet	3000	1/3 plaquettes, 1/3 broyats, 1/3 écorces (15)	1000 (plaquettes uniquement)

Source : Diagnostic CFT du Haut-Languedoc

Tableau 15 : Consommation en bois des réseaux de chaleur du territoire

Le territoire de la charte forestière, via la coopérative Forestarn, approvisionne également en grande partie le réseau de chaleur de Castres, aux portes du PNR. Un contrat d'approvisionnement de 10 000 tonnes de plaquettes par an en assure le fonctionnement (1). Cela représente finalement, au maximum, environ 9 500 m³ de bois rond prélevés annuellement sur le territoire.

Finalement, la consommation locale de bois énergie provenant du territoire par les différentes infrastructures installées représente environ 51 000 m³ de bois rond par an.

L'exploitation de bois énergie actuelle couvre donc largement les besoins du territoire, elle est même excédentaire d'environ 50 000 m³.

Potentialités de valorisation supplémentaire

Afin de permettre l'installation de nouvelles chaufferies bois et/ou réseaux de chaleur sur le territoire, deux possibilités sont alors envisageables concernant leur approvisionnement :

- Recentrer une partie de la ressource en bois énergie exportée chaque année pour une utilisation locale,
- Mobiliser plus de bois énergie en se basant sur la ressource supplémentaire *a priori* exploitable.

⁸ Calculs estimés avec les coefficients suivants : 1 m³ bois rond = 3 MAP (mètres cubes apparents plaquettes) (18).

En se basant uniquement sur le bois énergie facilement exploitable (bonne +) de la Montagne noire et des Avant-Monts du Languedoc, les besoins de toutes les installations vues précédemment peuvent être couverts. 26 000 m³ de bois supplémentaires sont ensuite mobilisables chaque année.

Deux possibilités de valorisation vont être étudiées pour ce volume supplémentaire :

- Valorisation par des petites chaufferies bois approvisionnées par des plaquettes forestières. Ces petites chaufferies doivent fonctionner avec des plaquettes avec un taux d'humidité compris entre 20 et 35 % (16).
- Valorisation par des chaufferies industrielles également approvisionnées en plaquettes forestières. Les chaufferies industrielles peuvent quant à elles fonctionner avec des plaquettes dont le taux d'humidité est de 30 à 50 % (16).

Les taux d'humidité des plaquettes de référence pour chaque type de valorisation seront respectivement de 25 % et 45 %.

La quantité de chaleur qui peut être produite par une chaudière correspond au PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) du combustible. Ce PCI se définit en kWh/kg et varie peu en fonction de l'essence, même s'il est globalement un petit peu plus élevé pour les résineux. Il varie cependant en fonction du taux d'humidité du bois (17). On obtient donc les PCI moyens suivants (**tableau 16**) :

Humidité (%)	Feuillus	Résineux	Moyen
25	3,7	3,8	3,75
45	2,5	2,6	2,55

Source : Référentiel combustible bois énergie : les plaquettes forestières – FCBA – ADEME

Tableau 16 : PCI (en kWh/kg) des plaquettes forestières en fonction du taux d'humidité

Un volume de plaquettes forestières se mesure en « mètres cubes apparents plaquettes » (MAP) en sachant que :

- 1 m³ de bois rond ≈ 3 MAP (18),
- 1 MAP = 250 – 300 kg à 25% d'humidité (19) (valeur retenue à 275 kg),
- 1 MAP = 350 kg à 45 % d'humidité (19).

Selon le scénario choisi, les 26 000 m³ qui nous intéressent peuvent théoriquement produire les quantités de chaleur suivantes (**tableau 17**) :

Scénario	Production de chaleur théorique
Petites chaufferies	80 437 MWh/an
Chaufferies industrielles	69 615 MWh/an

Tableau 17 : Productions annuelles théoriques de chaleur grâce au bois énergie mobilisable

L'utilisation de telles quantités de plaquettes forestières pour des petites chaufferies est cependant très difficile car limitée par les infrastructures de stockage et de séchage présentes sur le territoire. Ces plateformes sont indispensables à ces petites chaufferies qui nécessitent une plaquette de première qualité, notamment en termes d'humidité. La valorisation totale de ce bois énergie est donc compliquée sans projet industriel dont les chaudières acceptent une qualité de plaquette bien moindre).

Ces potentiels montrent cependant que des projets de création de plateformes de stockage et séchage du bois, couplées à des chaudières collectives, pourraient être approvisionnées avec d'importantes quantités de plaquettes d'origine locale. Il semble donc que la ressource supplémentaire facilement mobilisable pourrait

permettre de nourrir un projet de chaudière à échelle industrielle tout en améliorant le réseau des petites chaudières collectives.

Conclusion

L'objectif d'un PAT est de construire des scénarios dans lesquels l'étude ressource permettra de statuer sur la faisabilité et la viabilité d'un ou plusieurs projets.

Par exemple, le PAT du Lodévois et Larzac effectué en 2015 (20) présentait deux scénarios :

- « Un scénario « intensif » correspondant à une mobilisation accrue de la ressource facilement accessible en vue d'approvisionner des gros projets bois énergie
- Un scénario « circuit court » reposant sur une valorisation maximale de la ressource locale pour approvisionner des petites chaufferies, scieries... »

On peut donc envisager qu'un des scénarios du PAT du Haut-Languedoc se base sur les réflexions menées dans cette partie. Il comporterait alors un projet de création de chaudière industrielle accompagné de la création d'une plateforme de stockage et séchage des bois alimentant un réseau de petites chaudières collectives.

6. LIMITES DE L'ETUDE

6.1. Étude à compléter

Les contraintes de temps ont fait qu'une grande partie du territoire n'a pu être étudiée.

Même si les résultats actuels donnent un premier aperçu de la ressource mobilisable, cela reste incomplet et à nuancer pour certaines essences. En effet, les principaux résineux de production (douglas, épicéa et sapin) et le hêtre sont très présents dans la région des Monts de Lacaune, Somail et Espinouse. On constate en effet les surfaces de peuplement suivantes (*tableau 18*) :

Peuplement	Surface (ha)	Part dans la surface forestière	Part cumulée
Forêt fermée à mélange de feuillus	29 333	32%	32%
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	20 319	22%	54%
Forêt fermée mélangée	11 192	12%	66%
Forêt fermée de hêtre pur	9 152	10%	76%
Forêt fermée de chênes décidus purs	4 464	5%	81%
Surface forestière totale	90 690		100%

Tableau 18 : Surfaces des peuplements à échantillonner dans les Monts de Lacaune, Somail et Espinouse

On constate que les peuplements purs de sapin, épicéa ou douglas et de hêtre représentent des surfaces très importantes et donc une ressource potentielle très forte. Il faut cependant aussi prendre en compte qu'un volume de bois non négligeable pour ces essences peut être présent dans les peuplements de feuillus mélangés et de feuillus et résineux mélangés.

Les pistes pour continuer l'étude ne sont pas encore fixées mais cela fera *a priori* l'objet soit d'un futur stage, par exemple de BTS gestion forestière, soit d'un projet « école » en partenariat avec le lycée forestier local. Cela pourrait également faire partie du temps de travail que l'animatrice doit consacrer à cette étude ressource.

6.2. Qualités des données utilisées

L'utilisation des données IGN a permis de gagner énormément de temps et donc d'acquérir de l'information à moindre coût. Cependant, cette utilisation comporte certaines incertitudes.

La première source d'incertitude est la localisation précise des points d'inventaire. Cette imprécision a été source de deux problèmes majeurs : la classification de chaque point d'inventaire dans un type de peuplement et la sélection des points d'inventaire en dehors des forêts soumises à DGD. L'attribution d'un type de peuplement a pu être résolue de manière fiable grâce aux données de couverts relevées sur chaque point. En revanche, l'imprécision sur la position des points a conduit à exclure ceux que l'on ne pouvait placer avec certitude en forêt sans DGD. Cela a donc réduit le nombre de points transmis aux COFOR. Une précision accrue sur la ressource aurait donc pu être atteinte avec la position précise des points. Cependant, les démarches permettant de les avoir n'étaient pas envisageables dans le temps imparti.

La deuxième source d'incertitude provient de l'échelle temporelle utilisée. Afin de valoriser le plus d'information possible, les points d'inventaire remontant jusqu'à 2006 ont été utilisés. Il a donc fallu « modéliser » jusqu'à 12 ans de croissance, gestion sylvicole et mortalité afin de ramener ces données à l'année de référence (2018). L'état actuel des peuplements et de la ressource est donc basé sur des estimations faites à partir de coefficients moyens et de modèles de croissance. On peut cependant espérer que cette incertitude est diminuée par le nombre de points considérés et par la surface inventoriée qui permettent de lisser les résultats obtenus. Les effets de la mortalité et l'exploitation ont quant à eux été pris en compte grâce à des coefficients à échelle très large. Il aurait été intéressant d'avoir des données plus précises sur ces points.

La troisième source d'incertitude provient de l'utilisation de deux protocoles différents pour l'acquisition des volumes. Le protocole des Communes Forestières se base sur des placettes à angle fixe tandis que le protocole de l'IGN se base sur des placettes à surfaces fixes. Cependant, l'IGN procède par cercles concentriques imbriqués où plus les arbres sont gros, plus ils sont relevés dans un cercle de grand diamètre (21). Ce protocole de cercles imbriqués pourrait s'assimiler à une mesure discrète de la surface terrière (mesure continue effectuée dans les placettes à angle fixe). On peut supposer que cette discrétisation d'une mesure continue peut engendrer des différences de résultats non négligeables à l'échelle d'une placette d'inventaire. Mais on peut également espérer qu'ici encore, le grand nombre de points et la surface considérée permettent de lisser ce phénomène. Cette hypothèse serait à vérifier avec des dendrométriciens professionnels. Leur expertise pourrait valider ou non cet argument.

Il faut également noter que les échelles spatiales auxquelles la mortalité, les prélèvements et les accroissements ont été retenus sont très larges. Pour rappel, la mortalité et les prélèvements ont été pris à l'échelle de l'Occitanie, les accroissements biologiques à l'échelle de la GRECO Massif central. Ces échelles très larges et rassemblent des contextes stationels et forestiers très diverses. Au sein même du territoire de la charte forestière, les conditions sont très variées et il est très clair que des différences existent à l'intérieur de la zone d'étude. Il convient donc de garder une certaine réserve quant à ces valeurs moyennes utilisées. Un des points d'amélioration de ces estimations serait donc de calculer des coefficients de mortalité, prélèvements et accroissements à une échelle plus fine.

6.3. Le problème du foncier

6.3.1. Une propriété majoritairement privée

La forêt privée du Haut-Languedoc représente 69 % de la surface forestière et s'organise selon les répartitions suivantes (*tableau 19*) (1) :

Surface de propriété	Surface totale (ha)	Part de la surface	Nombre de propriétaires	Part des propriétaires
< 4 ha	18 382	16%	18 281	79 %
4 – 10 ha	18 017	16%	2 856	12 %
10 – 25 ha	19 417	17%	1 269	5 %
25 – 100 ha	29 710	26%	663	3 %
100 – 500 ha	27 331	24%	147	1 %
> 500 ha	2 471	2%	4	0,02 %
Total	115 328 ha		23 220 propriétaires	

Tableau 19 : Organisation de la propriété privée sur le territoire du Haut Languedoc

La petite propriété et la micro-propriété représentent une part non négligeable du territoire forestier. Il est donc indispensable que la mobilisation de bois sur le territoire passe par un important processus d'animation de la petite propriété privée. La ressource qui s'y trouve est non négligeable et ne pourra donc pas être omise dans des scénarios de mobilisation accrue des bois.

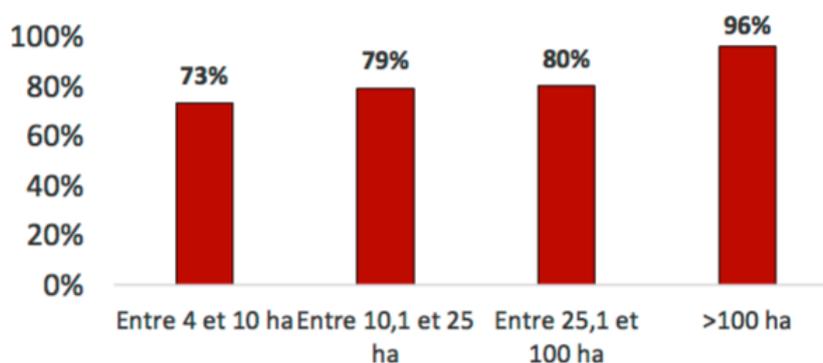
L'enclavement et l'isolement des petites propriétés peut également poser problème. Des propriétés non accessibles, et ne possédant pas assez de ressource pour motiver une exploitation de bois rentable pour le propriétaire peuvent alors prendre une part non négligeable dans le volume théoriquement mobilisable.

Il pourrait donc être intéressant d'inclure dans la modélisation des critères concernant la structure du foncier. Ces critères permettraient d'identifier les zones les plus problématiques. Cela orienterait les premières exploitations vers les massifs les moins contraignants et ciblerait les zones où les efforts d'animation doivent être prioritaires.

6.3.2. Volonté de coupe des propriétaires

Le Réseau d'Observation de la Forêt Privée (RESOFOP) mène annuellement des enquêtes nationales visant à mieux connaître les caractéristiques de la forêt privée et de ses propriétaires. Ces enquêtes donnent notamment des résultats concernant le consentement à couper des propriétaires en fonction de la surface de la propriété⁹.

Les conclusions montrent que le consentement à couper du bois concerne 73 % des propriétaires de 4 à 10 ha et que ce pourcentage augmente avec la surface de la propriété (*figure 17*) (22).



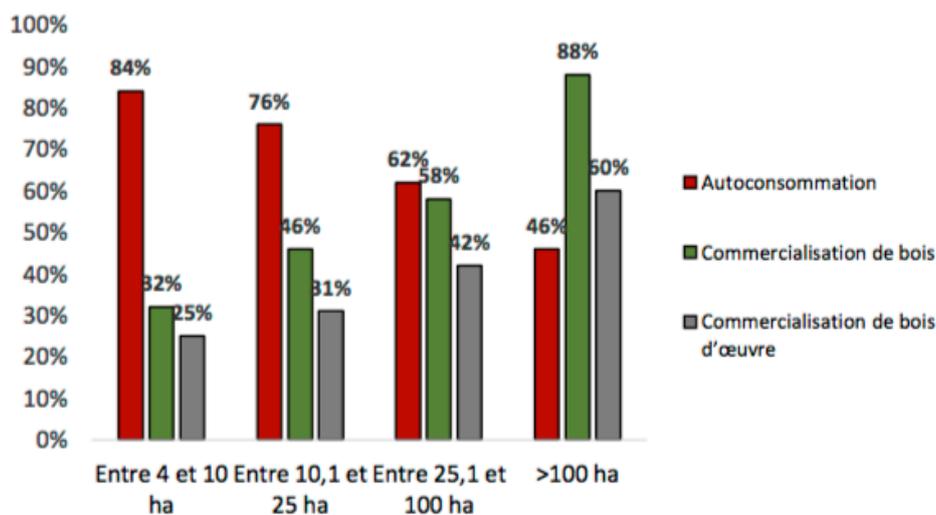
Source : enquête RESOFOP – Crédoc 2015 – analyse F.Didolot - CNPF 2016

Figure 17 : Consentement des propriétaires forestiers français à couper du bois selon la surface de leur propriété

Le consentement à couper est par ailleurs encore plus faible au sein des propriétaires de moins de 4 ha.

Pour aller plus loin l'étude du RESOFOP donne également le consentement à couper des propriétaires en fonction du circuit de valorisation dans lequel sera engagé le bois (*figure 18*).

⁹ Le consentement à couper dépend de si un propriétaire a coupé du bois dans les 5 années précédant l'étude, ou s'il prévoit d'en couper dans les 5 années suivant l'étude.



Source : enquête RESOFOP – Crédoc 2015 – analyse F.Didolot - CNPF 2016

Figure 18 : Consentement des propriétaires à couper en fonction de la valorisation des bois

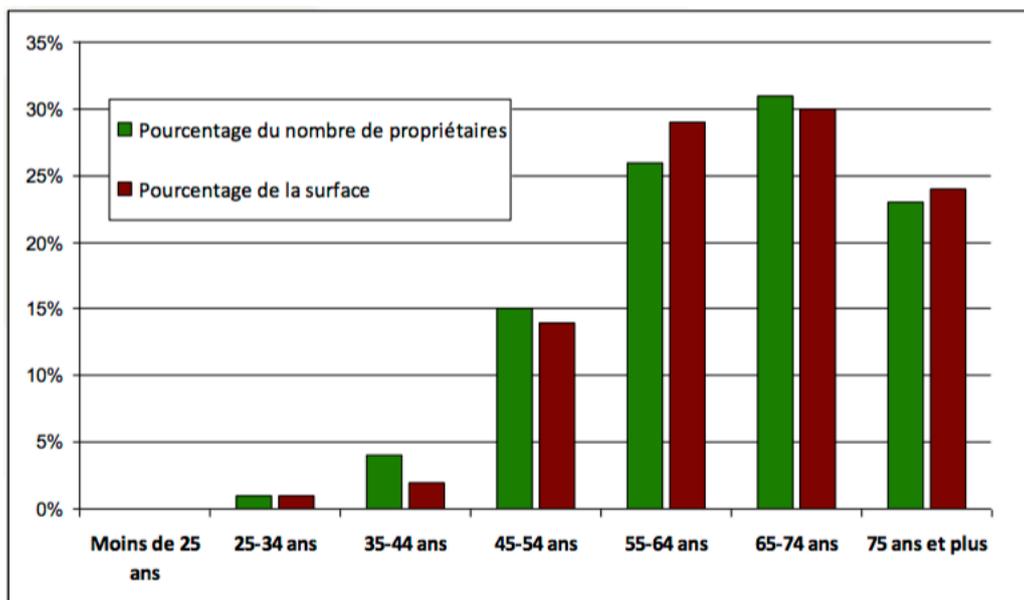
On constate donc que la tendance est que les propriétaires satisfont d'abord leurs besoins par l'autoconsommation et que la commercialisation de bois vient ensuite. Il faut donc prendre en compte le fait que si les propriétaires sont prêts à couper, l'ensemble des produits de coupe n'ira pas alimenter la filière, une partie restera autoconsommée et ne profitera pas aux entreprises.

Cette étude montre donc que, si la ressource est physiquement et biologiquement mobilisable, cela sera forcément à moduler en fonction de la volonté des propriétaires. Ce sont eux les décisionnaires finaux qui seront les réels leviers de la mobilisation de bois. Il y a cependant de réels progrès à effectuer avec la généralisation des PSG volontaires pour les propriétés de 10 à 25 ha. Il a en effet été montré que la présence d'un PSG augmente sensiblement le consentement des propriétaires à la coupe et donc potentiellement à la commercialisation (22). Cela semble envisageable pour les propriétés situées dans la Montagne noire et les Monts de Lacaune, Somail et Espinouse. Ces régions possèdent des peuplements à fort intérêt économique, ce qui motive la rédaction d'un PSG. Cela paraît plus compliqué à mettre en œuvre au sein des Avant-Monts du Languedoc où la faible valeur des peuplements méditerranéens rendra plus compliquée la réalisation de PSG volontaires.

Il faut noter que le territoire du Haut-Languedoc est couvert par cinq plans de développement de massif (PDM) qui couvrent plus de 55 000 ha de forêts (dont environ 39 000 ha de forêts privées) et rassemblent environ 5 400 propriétaires (1). Ces outils ont notamment pour objectif d'animer la forêt privée pour favoriser les regroupements entre propriétaires et augmenter la mobilisation de bois. Le présence de ces PDM est donc une bonne nouvelle pour la filière bois du Haut-Languedoc, leur généralisation à d'autres massifs forestiers pourrait concourir à une meilleure mobilisation du bois en forêt privée.

6.3.3. Le renouvellement des propriétaires

Le RESOFOP a également mis en évidence la moyenne d'âge très élevée des propriétaires forestiers (Plus de la moitié des propriétaires ont plus de 65 ans, ils possèdent également plus de la moitié de la surface) (*figure 19*).



Source : enquête RESOFOP – Crédoc 2015 – analyse CNPF 2015

Figure 19 : "Pyramide" des âges pour les propriétaires forestiers français

La transmission des propriétés devient alors un levier important pour la mobilisation de bois. Au regard de cette situation, l'animation paraît alors primordiale en ce qui concerne les transmissions de biens. En effet, un enjeu important est de savoir comment se placeront les nouveaux propriétaires vis-à-vis de l'exploitation forestière. La situation au niveau du consentement à la coupe de bois est donc susceptible d'évoluer dans les prochaines années du fait d'un important mouvement de changement de propriétaires qui devrait s'opérer.

6.3.4. Conclusions

La forêt du Haut-Languedoc est à l'image de la forêt française, très morcelée. Cela constitue un barrage très important à la mobilisation de bois, et il convient donc de garder une certaine réserve quant aux résultats présentés dans ce rapport.

On constate, au niveau national, un consentement à couper du bois assez élevé mais dont la marge de progression est encore grande, en particulier pour la mobilisation de bois à des fins commerciales dans les petites propriétés. Le territoire du Haut-Languedoc possède l'avantage d'être bien couvert par des plans de développement de massifs qui, à terme, permettront d'accroître la mobilisation de bois du territoire.

CONCLUSION GENERALE

L'étude a été menée sur une partie du territoire correspondant à environ 60 % de la surface forestière totale. La mise en œuvre de la méthode du PAT sur un territoire aussi diversifié que le Haut-Languedoc a été permise grâce au travail de valorisation des données fournies par l'IGN. Celles-ci constituent un réservoir de renseignements très important dont l'exploitation a permis d'acquérir un maximum d'informations en un minimum de temps. Les réflexions ont été menées sur la base des données disponibles à notre échelle d'étude afin de construire des modèles les plus adaptés possibles au contexte forestier.

À l'issue de ce rapport, des données concernant le volume total de bois fort sont disponibles. Ces stocks sur pied ont ensuite été divisés selon les différentes essences et selon les différentes qualités. Cela a permis d'avoir une meilleure idée de la composition de la forêt du Haut-Languedoc. Grâce à des modèles d'exploitation des forêts de montagne, des ordres de grandeur des volumes annuellement mobilisables selon l'essence et la qualité ont également été calculés. Ces estimations pourront aujourd'hui servir à mieux estimer la capacité du territoire à approvisionner les entreprises en bois, et potentiellement aider à la création de nouvelles infrastructures.

Idéalement, cette photographie de la ressource présente et des volumes annuellement mobilisables permettra de recentrer les flux de bois au sein du territoire en développant une coopération accrue entre amont et aval de la filière. Le Haut-Languedoc est un territoire riche de nombreuses essences et très productif qui a les capacités de couvrir une grande partie des besoins locaux.

Ces résultats ne sont que préliminaires et doivent encore être complétés. Les résultats concernant certaines essences peuvent être considérés comme quasiment définitifs car elles sont très peu présentes dans la région restant à inventorier. *A priori*, les résultats concernant le chêne vert, le chêne pubescent et la châtaignier sont peu susceptibles de changer. En revanche, les résultats concernant le hêtre, le douglas, le sapin et l'épicéa sont encore très largement sous-estimés puisqu'ils constituent les essences majoritaires des Monts de Lacaune, Somail et Espinouse. Les résultats concernant le bois énergie sont aussi pour le moment sous-estimés. En effet, l'ensemble de la ressource que représentent les connexes de scieries et déchets verts agricoles n'ont pas été pris en compte. Or, le territoire compte un très grand nombre de scieries et les zones non forestières sont pour beaucoup des zones rurales bocagères. On peut donc supposer que la ressource pouvant alimenter la filière bois énergie sera très largement augmentée par la prise en compte de ces provenances non forestières.

La prochaine étape de l'étude est de procéder à l'acquisition des données sur la dernière région forestière du Parc. En parallèle la synthèse des données issues des documents de gestion durables devra être opérée par l'ONF et le CNPF. L'objectif est de terminer cette phase d'acquisition de données à l'automne 2018 afin de pouvoir lancer la première phase de modélisation au début de l'année 2019. À l'issue de cette première phase, un comité technique, élargi aux élus du territoire, permettra de définir les deux ou trois scénarios de mobilisation de bois qui devront être étudiés. La parution des résultats finaux de cette étude est prévue pour le mois d'octobre 2019.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Parc Naturel Régional du Haut-Languedoc.** *Diagnostic pour la charte forestière de territoire du Haut-Languedoc.* 2017.
2. —. *Plan d'actions pour la charte forestière de territoire du Haut-Languedoc.* 2017.
3. **DELEUZE, Christine, et al.** Estimation harmonisée du volume de tige à différentes découpes. *Les rendez-vous techniques de l'ONF.* juillet 2014, Vol. 44, pp. 33-42.
4. **DELEUZE, Christine, et al.** Estimer le volume total d'un arbre, quelles que soient l'essence, la taille, la sylviculture, la station. *Les rendez-vous techniques de l'ONF.* Juillet 2014, Vol. 44, pp. 22-32.
5. **VALLET, Patrick.** Note de synthèse sur la modélisation de la fraction de menus bois dans le volume total aérien. Communication personnelle. Pas de publication officielle.
6. **LONGUETAUD, Fleur, et al.** Les coefficients d'expansion pour déduire différents volumes de branches à partir de volumes de tige. *Les rendez-vous techniques de l'ONF.* Juillet 2013, Vol. 39-40, pp. 48-59.
7. **BOUREUX, Christine, DALMASSO, Marine et DERRIERE, Nathalie.** *Site de l'inventaire forestier national.* [En ligne] Avril 2016. https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/IF_37.pdf. 37.
8. **Institut national de l'information géographique et forestière (IGN).** BD TOPO 2.2 : Descriptif de contenu. Juin 2018. pp. 15-37. Publié en Septembre 1994 et révisé en juin 2018.
9. **PARDE, Jean et BOUCHON, Jean.** *Dendrométrie.* [éd.] AgroParisTech ENGREF - Centre de Nancy. 2e édition. 2009. pp. 144-199.
10. **Service de l'inventaire forestier et environnemental (IGN).** Télécharger les données brutes (2005-2016). *Site de l'inventaire forestier.* [En ligne] 15, 13 10 2016. [Citation : 1 août 2018.] https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/IGN_DB_documentation_generale-2.pdf.
11. **DUPIRE, S, et al.** Sylvaccess : un modèle pour cartographier automatiquement l'accessibilité des forêts. *Revue Forestière Française.* 2015, Vol. 70, 2, pp 111-126.
12. **DUPIRE, S, BOURRIER, F et BERGER, F.** Predicting load path and tensile forces during cable yarding operations on steep terrain. *Journal of Forest Research.* 2015.
13. **FIBOIS Alsace, Institut technologique FCBA et Groupement syndical des ETF d'Alsace.** Avenir et adaptation des ETF aux nouveaux enjeux (mécanisation, gestion durable, etc.) et capacité des ETF à investir dans la modernisation de leur outil de travail. [En ligne] Octobre 2009. [Citation : 22 Août 2018.] http://www.fibois-alsace.com/files_upload/documentation/201003170905500.FIBOIS-capacite-ETF-2009.pdf.
14. **Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN).** Résultats d'inventaire forestier. Tome par zonage écoforestier : Massif central. Les résultats des campagnes d'inventaire 2009 à 2013. *Site de l'Inventaire Forestier.* [En ligne] [Citation : 22 Août 2018.] https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/RES-GRECO-2013/RS_0913_GRECO_G.pdf.
15. **Le bois international.** *Les cahiers du bois énergie n°47.* [Version PDF de la revue] 2010.

16. **Coopérative forestière CFBL.** Plaquettes forestières. *CFBL, coopérative forestière*. [En ligne] [Citation : 24 Août 2018.] www.cfbl.fr/plaquettes-forestieres.html.
17. **Institut technologique FCBA.** *Référentiel combustible bois énergie : Les plaquettes forestières. Définitions et exigences*. Paris : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), 2008.
18. —. Memento 2018. *FCBA*. [En ligne] 2018. [Citation : 24 Août 2018.] www.fcba.fr/sites/default/files/files/memento2018.pdf.
19. **Groupe bois énergie, chambre d'Agriculture du Loiret.** Tout savoir sur le bois déchiqueté. *Chalbres d'agriculture du Centre-Val de Loire*. [En ligne] Novembre 2008. [Citation : 24 Août 2018.] https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Centre-Val-de-Loire/122_Inst-Centre-Val-de-Loire/Produire_Innover/Machinisme/45_dossier_dechiqueteusebois.pdf.
20. **Communauté de communes du Lodévois et Larzac.** *Plan d'Approvisionnement Territorial : Un outil d'aide à la décision pour les élus du territoire pour un développement de la filière bois au sein du territoire*. 2015.
21. **Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN).** La feuille de l'inventaire forestier n°34. Les données de l'inventaire forestier : Etat des lieux et évolution. *Site de l'inventaire forestier*. [En ligne] 2014 Novembre. [Citation : 23 Août 2018.] https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/LP_1.pdf.
22. **Fransylva, CNPF.** RESOFOP 2009 - 2016 - Synthèse des résultats. *Le portail de la forêt privée française*. [En ligne] Février 2017. [Citation : 24 Août 2018.] https://www.foretpriveefrancaise.com/data/rapport_final_resofop_01032017.pdf.
23. **FREESE, Frank.** Agriculture Handbook n°232 : Elementary Forest Sampling. [En ligne] 1976. [Citation : 06 Août 2018.] <https://www.fs.fed.us/fmfc/ftp/measure/cruising/other/docs/AgHbk232.pdf>.
24. **JAYARAMAN, K.** Manuel de statistique pour la recherche forestière. [En ligne] Mars 1999. [Citation : 06 Août 2018.] <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/003/X6831F/X6831F00.pdf> consulté le 06/08/2018.

ANNEXES

<i>ANNEXE 1 : Essences forestières majoritaires sur le territoire</i>	<i>56</i>
<i>ANNEXE 2 : Actions de la CFT du Haut-Languedoc concernant la valorisation durable des bois.....</i>	<i>57</i>
<i>ANNEXE 3 : Méthode de calcul et résultats sur les coefficients de forme moyens par essence et par classe de diamètre</i>	<i>58</i>
<i>ANNEXE 4 : Modèle permettant de calculer la fraction des menus bois dans le volume total aérien d'un arbre.....</i>	<i>60</i>
<i>ANNEXE 5 : Protocole de terrain fourni par les COFOR.....</i>	<i>61</i>
<i>ANNEXE 6 : Protocole détaillé utilisé</i>	<i>63</i>
<i>ANNEXE 7 : Script R ayant permis de classer chaque point IGN dans un type de peuplement.....</i>	<i>65</i>
<i>ANNEXE 8 : Accroissements annuels moyens sur le rayon (mm) par essence et par classe de diamètre</i>	<i>68</i>
<i>ANNEXE 9 : Modèle statistique ayant permis d'actualiser la hauteur des arbres mesurés par l'IGN.....</i>	<i>69</i>
<i>ANNEXE 10 : Paramètres a, b et c permettant de calcul le volume total aérien avec la formule EMERGE.....</i>	<i>71</i>
<i>ANNEXE 11 : Paramètres du modèle de coefficient de houppier du projet EMERGE</i>	<i>72</i>
<i>ANNEXE 12 : Protocole des COFOR concernant l'étude de la desserte dans la démarche PAT.....</i>	<i>73</i>
<i>ANNEXE 13 : Signification des notes du champ "IMPORTANCE" de la table "Route" de la BD TOPO.....</i>	<i>77</i>
<i>ANNEXE 14 : Coefficients de variation sur le volume calculés pour chaque type de peuplement.....</i>	<i>78</i>
<i>ANNEXE 15 : Calcul de l'intervalle de confiance sur le volume moyen.....</i>	<i>79</i>
<i>ANNEXE 16 : Paramètres utilisés pour le modèle Sylvaccess.....</i>	<i>81</i>
<i>ANNEXE 17 : Distances de débardage totales avec exploitation au porteur forestier ou au skidder.....</i>	<i>82</i>
<i>ANNEXE 18 : Volumes annuels mobilisables de bois d'œuvre selon les essences et les classes d'exploitabilité.....</i>	<i>84</i>
<i>ANNEXE 19 : Volumes annuels mobilisables de bois énergie selon les essences et les classes d'exploitabilité.....</i>	<i>86</i>

ANNEXE 1 : Essences forestières majoritaires sur le territoire



Source : Charte forestière de territoire du Haut-Languedoc, PNR du Haut-Languedoc

ANNEXE 2 : Actions de la CFT du Haut-Languedoc concernant la valorisation durable des bois

AXE A – VALORISER LA RESSOURCE BOIS DU HAUT-LANGUEDOC PAR UNE GESTION FORESTIERE DYNAMIQUE ET DURABLE

Objectif	Orientation	Action	Prio	Phasage/ Type	PORTEUR	Partenaires	Financement
A.1./ DEVELOPPER UNE GESTION FORESTIERE DYNAMIQUE ET DURABLE EN FONCTION DE LA RESSOURCE	A.1.1. Connaître la ressource ligneuse pour améliorer son accessibilité et sa disponibilité	<i>Pour info</i> <i>Projet d'étude dynamique de la ressource résineuse prévu pour le Sud Massif-Central</i>				<i>Maison de la forêt</i>	
		A.1.1.a Réaliser une étude ressource, basée sur les données existantes	1	Etude	PNR HL	COFOR ; CRPF ; ONF ; Experts forestiers de France ; Syndicats de forestiers privés, Maison de la forêt du Tam ; AFB	Région, financements privés
		A.1.1.b Animer les schémas de desserte	1	Anim. Externe	CRPF	AFB ; ONF ; COFOR ; Experts forestiers de France ; Départements 34 et 81	FEADER : PDR
			<i>Pour info</i> <i>Mise en place d'une plateforme interactive pour la desserte forestière, à l'échelle de l'Occitanie</i>			<i>Région</i>	
	A.1.2. Restructurer le foncier forestier	A.1.2. Mettre en place une stratégie pour l'acquisition de foncier forestier par les collectivités	1	Anim. Externe	COFOR SAFER	CRPF ; ONF ; PNR HL ; Collectivités	Région ; PDR...
		<i>Pour info</i> <i>Bourse Foncière Forestière pour le regroupement foncier, l'échange de parcelles etc. en forêt privée</i>				<i>CRPF et SAFER</i>	
	A.1.3. Mobiliser et commercialiser les bois dans le cadre de la gestion durable	A.1.3.a Engager de nouveaux Plans de Développement de Massif	1	Anim. Externe	CRPF	ONF ; COFOR ; Syndicats ; Chambre d'agriculture ; PNR HL	FEADER 16.7 ; Départements ; Région
A.1.3.b Expérimenter des contrats d'approvisionnement territorial public-privé pour valoriser les gros bois et les feuillus		3	Anim. CFT	PNR HL	COFOR ; CRPF ; ONF ; Interconsulaire ; CA ; Syndicats de forestiers privés, Maison de la forêt ; exploitants fores-tiers ; entreprises de 1 ^e et 2 ^e transformation	16.7	
A.1.3.c Accompagner les agriculteurs dans la gestion de leur ressource ligneuse (haies, boisements)		2	Form. Anim. Externe	CA Occitanie	CA 34 ; CA 81 ; CRPF ; Agribois 81 ; Fédé CUMA ; Syndicat forestiers privés 34 et 81 ; PNR HL	VIVEA ; FEADER ; région	
A.2. VALORISER AU MIEUX LA RESSOURCE DU HAUT-LANGUEDOC	A.2.1. Structurer la filière bois	A.2.1.a Accompagner les professionnels de la filière bois du territoire et développer une synergie entre les entreprises locales	1	Anim. Externe + CFT	PNR HL + intercons	Interprofessions, entreprises 1 ^e et 2 ^e transformation	Massif Central et 16.7
	A.2.2. Développer l'usage du bois local dans les projets locaux	A.2.2.a Promouvoir la filière bois locale, auprès des collectivités et particuliers	1	Comm.	PNR HL/ intercons	Interprofessions, entreprises 1 ^e et 2 ^e transformation	16.7
		<i>Pour info</i> <i>Démarche chantier pilote matériaux bio et géosourcés</i>				<i>PNR HL</i>	
		<i>Pour info</i> <i>Sensibilisation et accompagnement des collectivités, architectes, à l'usage du bois local pour la construction, l'énergie...</i>				<i>COFOR, Interpro, PNR HL</i>	

Source : Charte forestière de territoire du Haut-Languedoc 2017-2022, PNR du Haut-Languedoc

ANNEXE 3 : Méthode de calcul et résultats sur les coefficients de forme moyens par essence et par classe de diamètre

Le coefficient de forme permettant d'estimer le volume bois fort total à partir de données de surface terrière et de hauteur a été calculé pour chaque essence (ou regroupement d'essences) et pour chaque classe de diamètre (PB, BM, GB, TGB).

Ce calcul a été fait grâce à la base de données « arbres vivants » de l'IGN en ne gardant que les arbres présents sur le territoire d'étude. Le grand nombre d'arbres présents dans cette base de données a permis d'estimer de manière assez précise les coefficients de forme pour un certain nombre de couples (essence, classe de diamètre). Pour certains de ces couples les données disponibles étaient très faibles (quelques arbres) voire nulles, le coefficient de forme n'est alors qu'une estimation fort imprécise mais aucune donnée supplémentaire ne permettait d'en avoir une valeur plus précise. Dans le cas où aucune donnée n'était présente pour un couple (essence, classe de diamètre), c'est la moyenne des coefficients de forme des deux classes de diamètre adjacentes qui a été appliquée. Si les classes adjacentes sont vides on prend la moyenne totale pour l'essence.

La formule de calcul du coefficient de forme a été inspirée des travaux du projet EMERGE (4). Dans les « rendez-vous techniques de l'ONF » n°44, les auteurs ont défini un coefficient de forme corrigé (*formTotNew*) comme suit :

$$formTotNew = \frac{4 \cdot \pi \cdot VolTot}{htot \cdot c_{130}^2} \cdot \underbrace{\left(1 - \frac{1.3}{htot}\right)^2}_{\text{Correction géométrique}}$$

Où :

- VolTot est le volume total de l'arbre
- h_{tot} sa hauteur totale
- C₁₃₀ sa circonférence à 1,30m de hauteur (en m)

Pour rappel, « ce coefficient de forme corrigé correspond au rapport entre le volume total de l'arbre jusqu'au fin bout des branches et le volume d'un cylindre de même hauteur et dont la section est la surface au sol du cône de hauteur h_{tot} et de circonférence C₁₃₀ à 1,30 m » (4).

Le terme de correction géométrique permet d'annuler l'erreur de calcul du coefficient de forme qui est faite en prenant la circonférence à 1,30 m de l'arbre comme circonférence du cylindre de référence.

Le coefficient de forme « volume bois fort total » de chaque arbre de la base de données a été calculé sur ce modèle en appliquant cette correction géométrique.

$$f = \frac{4 \cdot \pi \cdot VBF_{tot}}{htot \cdot c_{130}^2} \cdot \left(1 - \frac{1.3}{htot}\right)^2$$

Où :

- f est le coefficient de forme ajusté au volume bois fort total de l'arbre
- VBF_{tot} est le volume bois fort total de l'arbre calculé à partir du volume total auquel la fraction de menus bois a été enlevée (calculée à partir du modèle présenté en ANNEXE 4).
- h_{tot} sa hauteur totale
- C₁₃₀ sa circonférence à 1,30m de hauteur (en m)

Un coefficient de forme moyen a ensuite été calculé pour chaque couple (essence, classe de diamètre).

Le tableau ci-dessous donne les résultats des coefficients de forme moyens avec le nombre d'arbres sur lequel la moyenne a été faite pour un couple (essence, classe de diamètre) donné :

	PB		BM		GB		TGB	
	F moy	Arbres						
Châtaignier	0,479	170	0,505	98	0,533	35	0,566	20
Hêtre	0,470	51	0,486	52	0,502	43	0,520	13
Chêne pubescent	0,490	140	0,509	49	0,540	10	0,546	3
Chêne vert	0,515	56	0,518	14	0,548	1	NA	NA
Douglas	0,382	37	0,372	57	0,363	32	0,355	6
Epicéa	0,444	33	0,437	88	0,432	23	NA	NA
Pin sylvestre	0,453	2	0,470	1	NA	NA	NA	NA
Pin d'Alep	0,578	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pin maritime	0,421	1	0,431	5	0,442	3	NA	NA
Autres Chênes décidus	0,515	81	0,531	48	0,562	3	0,591	1
Autres feuillus	0,454	23	0,476	12	NA	NA	0,517	1
Feuillus précieux	0,474	30	0,493	15	0,503	6	0,520	1
Pin Laricio ou Pin noir	0,463	1	0,413	1	0,407	2	NA	NA
Sapin	0,484	46	0,489	64	0,482	14	0,488	4

Les données de coefficient de forme calculées pour le douglas paraissent faibles. Aucune explication valable n'a été trouvée pour justifier ces écarts.

ANNEXE 4 : Modèle permettant de calculer la fraction des menus bois dans le volume total aérien d'un arbre

Voici le modèle de Mr Patrick Vallet (5) qui a permis d'estimer la fraction des menus bois dans le volume total aérien d'un arbre.

Paramètres :

	Seuil	a	b	c
Chênes	6	39,5	0,58	--
Hêtre	7,5	28,3	0,31	--
Autres feuillus	6,5	33,5	0,44	--
Résineux	6	46,5	0,67	0,39

Soit d_{130} le diamètre à 1,30 de l'arbre exprimé en cm.

Si $d_{130} < \text{Seuil}$: $\text{FracMB} = 1$

Si $d_{130} > \text{Seuil}$: $\text{FracMB} = \min(1, \text{formule})$ avec

$$\text{formule} : \text{FracMB} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{a}{(d_{130} - \text{seuil})^b} + c \times \sqrt{d_{130}} \right)$$

Où :

- FracMB est la fraction de menus bois dans le volume total aérien.

ANNEXE 5 : Protocole de terrain fourni par les COFOR



1 / Mesure de la surface terrière (G/ha) par essence :

Tour à la jauge d'angle

Lors de la mesure à la jauge d'angle les arbres comptent soit pour 1 soit pour 0 (pas de 0,5).

(de préférence faire un tour par essence)

2 / Mesure de la répartition Perches, PB, PM, GB par essence :

Définir un cercle virtuel de 15 à 20m et classer, en tournant sur soit même, les arbres à l'intérieur de ce cercle en PB, BM, GB.

(de préférence faire un tour par essence, définir le diamètre de la placette de façon à avoir 10 à 12 arbres)

NB : par sécurité suite au tour de placette définir à dire d'expert un diamètre moyen par essence et le prévoir dans la fiche de relevés

Classes de Diamètres	10	15	20	25	30	35	40	...
Dénomination	Perches		PB		BM		GB	
Classes en cm	7,5 à 17,5		17,5 à 27,5		27,5 à 42,5		42,5 et plus	

3 / Mesure des hauteurs totale par essence :

D'après les arbres précédemment recensés, à l'intérieur du cercle virtuel, définir une hauteur moyenne par essence

4 / Déterminer la proportion de Bois d'œuvre et de Bois d'industrie/Bois-énergie :

Rapidement, à dire d'expert, pour chaque essence déterminer un pourcentage de Bois d'œuvre et un pourcentage de bois d'industrie. Cette ventilation est une image à l'instant « t » du potentiel technique théorique des arbres (en faisant abstraction du marché actuel)



5 / Déterminer un coefficient de forme :

Par essence, à dire d'expert déterminer un coefficient permettant de passer du volume d'un cylindre, au volume « bois fort tige ».
A défaut c'est ceux de l'IFN qui seront utilisés. Ils vous seront communiqués pour que vous puissiez comparer lors de vos relevés)

6 / Réaliser une photographie numérique du peuplement :

Prendre 1 seule photo qui vous semble représentative du peuplement.

7 / Exemple de fiche :

N° de placets	Surface terrière(m²/ha)			Hauteur moyenne (m)			répartitions PB/BM/GB									Part BO/BE (%)						Remarques (essences, Sous-étage...)		
	Essence A	Essence B	Essence C	Essence A	Essence B	Essence C	Essence A			Essence B			Essence C			Essence A		Essence B		Essence C				
							arch	PB	BM	GB	arch	PB	BM	GB	arch	PB	BM	GB	BO	BEI	BO	BEI	BO	BEI

Les essences principales seront a adapter localement exemple : Chêne Pubescent / Chêne vert /Autres Feuillus / Pin Noir / Pin Sylvestre / Autres Résineux (les essences inventoriées dans « autre » seront détaillées en remarques)

Lorsqu'un point tombe en zone ouverte (pas d'arbres) on fait le point mais les valeurs seront a zéro.

Lorsqu'un point tombe dans une ripisylve on ne le réalise pas (ces formations seront prises en compte par un autre protocole)

Source : Samuel Pont, Union Régionale des COFOR Occitanie

ANNEXE 6 : Protocole détaillé utilisé

A. Avant de commencer les mesures :

- Se diriger vers la placette au GPS et s'arrêter une fois que l'on se trouve à moins de 10m du point. Ce point matérialisera le centre de la placette.
- Si le point se situe sur une discontinuité marquante (route revêtue/route forestière, place de dépôt, lisière) on décale la placette de 15m perpendiculairement à la discontinuité, à l'intérieur du peuplement.

ATTENTION : Les « petites » discontinuités du type piste forestière ou layon d'exploitation ne donnent pas lieu au décalage du point. On installe le point à sa place initiale.

- Si le point est inaccessible d'un point de vue physique (falaises etc...) on ne retient pas le point et on le remplace par un des points de secours prévus à cet effet.

B. Une fois que le centre de la placette est clairement déterminé :

- Avec *Iphigénie*, prendre la position GPS du point, le renommer selon le schéma suivant :

« RégionIFN_PeulementIFN_N° point ».

Par exemple pour le septième point du peuplement « Forêt fermée de hêtre pur » (FF1-09-09) dans la région Montagne Noire (MN) on aura : MN_FF10909_007.

- Prendre UNE photo représentative du peuplement attachée à chaque point.

C. Sur la feuille de relevés :

- Onglet « Infos générales » :
 - Rentrer l'identifiant du point.
 - Rentrer la date du relevé.
 - Indiquer la région IFN dans laquelle se situe le point : Montagne Noire (MN), Avant-Monts du Languedoc (AM), Monts de Lacaune, Somail, Espinouse (ML).
 - Indiquer le peuplement IFN dans lequel est censé se situer le point (FF1-00-00, FF2-64-64...).
 - Indiquer si l'observation semble confirmer ce peuplement IFN.

ATTENTION :

- ❖ Si le point était censé être, par exemple, en forêt fermée de douglas mais que l'on tombe sur une régénération de douglas (par exemple après coupe définitive), on confirme que le peuplement correspond au peuplement IFN mais on met toutes les valeurs à 0. On peut malgré tout compter le nombre de perches sur le point. On indique dans l'onglet «Rq» que le point correspond à une coupe rase.
- ❖ Si le point ne correspond pas au peuplement IFN prévu : il faut quand même inventorier la placette, cela est supposé rentrer dans la variabilité des peuplements de l'IFN.
 - Indiquer si le point a été retenu (c'est-à-dire non remplacé par un point de secours).
 - Si le point n'est pas retenu, indiquer la raison et l'identifiant du point de secours qui le remplace.

- Onglet « Tour relascopique »
 - Le facteur relascopique utilisé par défaut sera 1.
 - Faire un tour relascopique par essence en différenciant PB, BM, GB et TGB.
 - Les PB, BM, GB et TGB correspondent aux dimensions suivantes :

Classes	Perches (PE)	Petits bois (PB)	Bois moyens (BM)	Gros bois (GB)	Très gros bois (TGB)
Classes diamètre	10, 15	20, 25	30, 35, 40	45, 50, 55	60 et +
Diamètre précis (cm)	7,5 – 17,5	17,5 – 27,5	27,5 – 42,5	42,5 – 57,5	57.5 et +

Les prochains relevés se font dans un cercle virtuel de manière à avoir au minimum 12 arbres dans ce cercle !

- Onglet « PE_PB_BM_GB_TGB » :
 - Compter, par essence, le nombre de PE, PB, BM, GB et TGB.
- Onglet « diamètre moyen » :
 - Indiquer le diamètre moyen par essence (estimé).
- Onglet « Hauteur moyenne » :
 - Indiquer la hauteur moyenne par essence et par classe de diamètre (estimé).
- Onglet « Hauteur dominante »
 - Indiquer la hauteur dominante par essence (estimé).
- Onglet « BO_BIBE » :
 - Estimer, pour chaque essence, la proportion de bois d'œuvre (BO) et de bois d'industrie/bois énergie (BIBE).
 - RQ : Le BO ne se prend que jusqu'aux découpes marchandes (20cm fin bout pour les feuillus et 14cm fin bout pour les résineux). En deçà de ces découpes et au-dessus de 7cm de diamètre le bois peut rentrer en BIBE.

ATTENTION : On ne considère pas une exploitation arbre entier. On considère une exploitation en bois fort uniquement, les parties fines (diamètre < 7cm) sont considérées comme laissées en forêt.

- Onglet « Rq » :
 - Noter tout fait marquant pouvant être utile pour le traitement des données ou pour une autre personne voulant retourner sur le terrain (difficultés d'exploitation type banquettes, traces de gestion marquante etc).

E. En rentrant du terrain :

- Le soir, en rentrant du terrain, exporter le fichier Excel de la journée en le nommant de la manière suivante :

« fiche de relevés_date ».

- Ce fichier exporté servira de sauvegarde au cas où des données sont perdues. Pour la journée de terrain suivante, on réutilisera le même fichier Excel en mettant les placettes à la suite. On le réexportera afin de créer une nouvelle sauvegarde journalière.
- Exporter les points réalisés ainsi que les photos prises depuis *Iphigénie*. Les classer dans un dossier journalier.

ANNEXE 7 : Script R ayant permis de classer chaque point IGN dans un type de peuplement

	idp	Foret	Alisier.blanc	Amandier	Arbousier	Aubepine.monogyne	Aulne.glutineux	Bouleau.verruqueux	Bruyere.arborescente	Buis	Charme	Chi
1	100574	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
2	100667	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
3	101063	Forêt ouverte	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
4	101094	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
5	101858	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
6	101974	Forêt fermée	0.00000	0	20	0	0.0	0	0	0	0	
7	102351	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
8	102624	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
9	103304	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
10	103444	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
11	103530	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
12	103948	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
13	104154	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
14	104736	Forêt ouverte	0.00000	0	10	0	0.0	0	0	0	0	
15	105586	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
16	105666	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
17	106640	Forêt ouverte	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
18	107722	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
19	108076	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	
20	108105	Forêt fermée	0.00000	0	0	0	0.0	0	0	0	0	

Voici ci-dessus la table qui est appelé en entrée du programme. Elle contient dans la colonne « idp » l'identifiant unique de chaque point de terrain effectué par l'IGN. La colonne « Foret » indique si le point est classé en « Forêt ouverte », « Forêt fermée » ou « Non forêt ». Puis chaque colonne donne le taux de couvert libre relatif de chaque essence sur un point donné.

Voici le résultat obtenu en sortie (après mise en correspondance avec les libellés) :

idp	Peuplement	Libellé
100574	FF2G61-61	Forêt fermée de sapin ou épicéa pur
100667	FF2-51-51	Forêt fermée de pin maritime pur
101063	FO2	Forêt ouverte de conifères purs
101094	FF1G06-06	Forêt fermée de chênes sempervirents purs
101858	FF1G06-06	Forêt fermée de chênes sempervirents purs
101974	FF1G01-01	Forêt fermée de chênes décidus purs
102351	FF2-64-64	Forêt fermée de douglas pur
102624	FF1G06-06	Forêt fermée de chênes sempervirents purs
103304	FF2G53-53	Forêt fermée de pin laricio ou pin noir pur
103444	FF31	Forêt fermée à mélange de feuillus prépondérants et conifères
103530	FF1-00-00	Forêt fermée à mélange de feuillus
103948	FF2-51-51	Forêt fermée de pin maritime pur
104154	FF2-64-64	Forêt fermée de douglas pur
104736	FO3	Forêt ouverte à mélange de feuillus et conifères
105586	FF1G01-01	Forêt fermée de chênes décidus purs

Le script R permettant d'obtenir un type de peuplement de la BD FORET V2 pour chaque point est le suivant :

```
rep<-"M:/Stage Antoine Chabot/Documents stage/Echantillonnage/Placettes IFN/Determination_couvert"  
setwd(rep)
```

```
#####  
# Importation de la table comportant, pour chaque point IGN, le taux de couvert libre  
# relatif de chaque essence  
#####
```

```
tab<-read.csv(file = "./determination_couvert.csv",header=TRUE,sep=";",dec=".")  
liste_plac<-tab[,1]  
nb_plac<-length(liste_plac)
```

```
#####  
# Suite de conditions permettant de classer chaque point dans un type de peuplement  
# de la BD FORET V2. Ces conditions reprennent les proportions présentées dans la fiche  
# descriptive des données de la BD FORET V2  
#####
```

```
#!/V!\ Somme.R et Somme.F font respectivement référence à la somme des taux de  
# couvert relatif des résineux et des feuillus
```

```
# La 2eme colonne de la table "tab" (tab[,2]) est une première classification effectuée  
# sur excel en fonction de la somme des taux de couvert libre relatifs. Cette classification  
# comprend la "non forêt", la "forêt ouverte" et la "forêt fermée"
```

```
for (i in c(1:nb_plac)){  
  #print(i)  
  if (tab[i,2]=="Forêt ouverte"){  
    if ((tab$Somme.F[i]>=75)==TRUE ) {tab$Peuplement[i]="FO1"}  
    else if ((tab$Somme.R[i]>=75)==TRUE ) {tab$Peuplement[i]="FO2"}  
    else if ((tab$Somme.R[i]>=25 && tab$Somme.F[i]>=25)==TRUE ) {tab$Peuplement[i]="FO3"}  
    else if ((tab$Peuplier.cultive[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FP"}  
    else {tab$Peuplement[i]="?"}  
  } else if (tab[i,2]=="Forêt fermée"){  
    if ((tab$Chataignier[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF1-10-10"}  
    } else if ((tab$Somme.CHD[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF1G01-01"}  
    } else if ((tab$Chene.vert[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF1G06-06"}  
    } else if ((tab$Hetre[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF1-09-09"}  
    } else if ((tab$Robinier.faux.acacia[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF1-14-14"}  
    } else if ((tab$Frene.commun[i]>=75 || tab$Arbousier[i]>= 75 || tab$Filaire.a.feuilles.larges[i]>=75 ||  
      tab$Merisier[i]>=75 || tab$Olivier.d.europe[i]>=75 || tab$Tilleul.a.grandes.feuilles[i]>=75 ||  
      tab$Bouleau.verruqueux[i]>=75 || tab$Charme[i]>=75 || tab$Peuplier.noir[i]>=75)==TRUE)  
      {tab$Peuplement[i]="FF1-49-49"}  
    } else if ((tab$Douglas[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF2-64-64"}  
    } else if (tab$Meleze.d.europe[i]>=75) {tab$Peuplement[i]="FF2-63-63"}  
    } else if ((tab$Pin.d.alep[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF2-57-57"}  
    } else if ((tab$Pin.sylvestre[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF2-52-52"}  
    } else if ((tab$Pin.maritime[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF2-51-51"}  
    } else if ((tab$Cedre.de.l.atlas[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF2-91-91"}  
    } else if ((tab$Pin.laricio.de.corse[i]>=75 || tab$Pin.noir.d.autriche[i]>75 ||  
      (tab$Pin.laricio.de.corse[i]+tab$Pin.noir.d.autriche[i])>=75 )==TRUE)  
      {tab$Peuplement[i]="FF2G53-53"}  
    } else if ((tab$Pin.parasol[i]>=75 || tab$Pin.de.salzmann[i]>=75)==TRUE) {tab$Peuplement[i]="FF2-81-  
81"}  
    } else if ((tab$Pin.d.alep[i]<75 && tab$Pin.a.crochets[i]<75 && tab$Pin.laricio.de.corse[i]<75 &&  
      tab$Pin.maritime[i]<75 && tab$Pin.parasol[i]<75 && tab$Pin.noir.d.autriche[i]<75 &&
```

```

tab$Pin.sylvestre[i]<75 && (tab$Pin.laricio.de.corse[i]+tab$Pin.noir.d.autriche[i])<75 &&
tab$Pin.de.salzmann[i]<75)==TRUE && ((tab$Pin.d.alep[i]+tab$Pin.a.crochets[i]+
tab$Pin.laricio.de.corse[i]+tab$Pin.maritime[i]+
tab$Pin.parasol[i]+tab$Pin.noir.d.autriche[i]+
tab$Pin.sylvestre[i]+tab$Pin.de.salzmann[i])>=75)==TRUE)
{tab$Peuplement[i]="FF2-80-80"
} else if (((tab$Sapin.pectine[i]+tab$Epicea.commun[i]+tab$Epicea.de.sitka[i]+tab$Sapin.de.nordmann[i]+
tab$Sapin.de.vancouver[i])>=75)==TRUE)
{tab$Peuplement[i]="FF2G61-61"
} else if ((tab$Somme.F[i]>=75)==TRUE){
nb_ess=0
nb_pur=0
l=c(3:40)
for (j in l){
if ((tab[i,j]>0 && tab[i,j]<75)==TRUE){
nb_ess=nb_ess+1
} else if ((tab[i,j]>=75)==TRUE){nb_pur=nb_pur+1}
}
if ((nb_pur==0 && nb_ess>=2 && tab$Somme.CHD[i]<75)==TRUE){tab$Peuplement[i]="FF1-00-
00"}
} else if ((tab$Somme.R[i]>=75)==TRUE){
if ((tab$Somme.Pins[i]==0 && (tab$Sapin.pectine[i]+tab$Epicea.commun[i]+tab$Epicea.de.sitka[i]+
tab$Sapin.de.nordmann[i]+tab$Sapin.de.vancouver[i])<75)==TRUE){
nb_ess2=0
nb_pur2=0
l2=c(41:57)
l2=l2[-c(8,9,10,11,12,13,14)]
for (j in l2){
if (tab[i,j]!=0){nb_ess=nb_ess+1
} else if ((tab[i,j]>=75)==TRUE){nb_pur=nb_pur+1} }
if ((nb_ess>=2 && nb_pur<1)==TRUE){tab$Peuplement[i]="FF2-90-90"}
} else if ((tab$Somme.Pins[i]>0 && tab$Somme.Pins[i]<75 &&
(tab$Sapin.pectine[i]+tab$Epicea.commun[i]+
tab$Epicea.de.sitka[i]+tab$Sapin.de.nordmann[i]+
tab$Sapin.de.vancouver[i])<75)==TRUE){
nb_ess3=0
nb_pur3=0
l3=c(41:57)
l3=l3[-c(8,9,10,11,12,13,14)]
for (j in l3){
if (tab[i,j]!=0){nb_ess=nb_ess+1
} else if ((tab[i,j]>=75)==TRUE){nb_pur=nb_pur+1} }
if ((nb_ess>=1 && nb_pur<1)==TRUE){tab$Peuplement[i]="FF2-00-00"} }
} else if ((tab$Somme.F[i]>=50 && tab$Somme.F[i]<75)==TRUE){tab$Peuplement[i]="FF31"
} else if ((tab$Somme.R[i]>=50 && tab$Somme.R[i]<75)==TRUE){tab$Peuplement[i]="FF32"
} else if ((tab$Peuplier.cultive[i]>=75)==TRUE){tab$Peuplement[i]="FP"
} else {tab$Peuplement[i]="??"}
} else if (tab[i,2]=="Non forêt"){tab$Peuplement[i]="Non forêt"
} else {tab$Peuplement[i]="???"}
}
}

```

```

#####
# Enregistrement de la table associant un type de peuplement à chaque point
#####
write.table(x=tab,file="/Peuplements_placettes.csv",sep=";",dec=".",na="NA",col.names = TRUE)

```

ANNEXE 8 : Accroissements annuels moyens sur le rayon (mm) par essence et par classe de diamètre

	Perche	PB	BM	GB	TGB
Châtaignier	1,15	1,34	1,28	1,24	1,10
Hêtre	0,93	1,26	1,51	1,62	1,81
Chêne pubescent	0,72	0,91	1,07	1,19	1,37
Chêne vert	0,36	0,73	0,64	0,30	NA
Autre Chêne décidu	0,92	1,00	1,31	1,13	1,00
Feuillu précieux	1,03	1,57	1,36	2,88	2,66
Autre feuillu	0,91	1,89	1,82	NA	0,48
Douglas	2,50	2,37	3,27	3,26	3,61
Epicéa	0,86	2,31	3,43	3,76	NA
Sapin	1,22	1,97	2,94	5,04	3,95
Pin Laricio ou Pin noir	2,25	3,86	2,20	1,87	NA
Pin sylvestre	1,58	2,50	3,80	NA	NA
Pin d'Alep	4,40	1,34	NA	NA	NA
Pin maritime	NA	2,60	2,78	2,16	NA
Autre pin	NA	NA	NA	NA	NA
Mélèze	NA	NA	NA	NA	NA
Cèdre	1,80	NA	NA	NA	NA
Autre résineux	0,84	NA	NA	NA	NA

ANNEXE 9 : Modèle statistique ayant permis d'actualiser la hauteur des arbres mesurés par l'IGN

	id	Essence	d130	htot
1	14	Autre Chêne décidu	23.9	15.000000
2	15	Autre Chêne décidu	26.4	16.000000
3	16	Autre Chêne décidu	24.2	15.300000
4	17	Autre Chêne décidu	27.4	16.400000
5	18	Autre Chêne décidu	25.8	13.500000
6	19	Autre Chêne décidu	22.6	13.500000
7	20	Autre Chêne décidu	31.8	14.500000
8	21	Autre Chêne décidu	32.5	16.300000
9	22	Autre Chêne décidu	18.8	14.600000
10	23	Autre Chêne décidu	16.6	9.300000
11	93	Autre Chêne décidu	16.6	8.100000
12	94	Autre Chêne décidu	12.1	8.200000
13	95	Autre Chêne décidu	13.1	8.200000
14	133	Autre Chêne décidu	9.9	10.000000
15	134	Autre Chêne décidu	11.1	9.300000
16	135	Autre Chêne décidu	7.6	7.900000
17	136	Autre Chêne décidu	9.5	9.200000
18	137	Autre Chêne décidu	8.9	9.200000

Voici la table que le modèle prend en entrée pour estimer les hauteurs à partir de l'essence et du diamètre. La colonne « id » donne un identifiant unique de chaque arbre présent dans la base de données.

Voici le test statistique effectué (ANCOVA) ainsi que les paramètres qui en résultent :

```
> rep<-"M:/Stage Antoine Chabot/Documents stage/Données IFN/Traitement des données/2eme essai traitement"
> setwd(rep)
>
> arbres<-read.table(file = "estimation_hauteur2.txt", header = TRUE, sep="\t")
> summary(arbres)
      id      Essence      d130      htot
Min.   : 1.0   Chene vert   :847   Min.   : 7.60   Min.   : 2.40
1st Qu.: 845.8 Chataignier   :657   1st Qu.: 10.20  1st Qu.: 7.00
Median :1690.5 Chene pubescent :464   Median : 14.30  Median :10.00
Mean   :1690.5 Hetre         :274   Mean   : 19.64  Mean   :11.90
3rd Qu.:2535.2 Autre chêne décidu:227 3rd Qu.: 25.50  3rd Qu.:15.32
Max.   :3380.0 Autre feuillu  :220   Max.   :103.80  Max.   :43.00
                (Other)   :691
> modancova=lm(htot~d130+Essence+Essence:d130, data=arbres)
> library(car)
> Anova(modancova)
Anova Table (Type II tests)

Response: htot
      Sum Sq   Df  F value    Pr(>F)
d130    22866   1 2403.413 < 2.2e-16 ***
Essence  23666  15  165.834 < 2.2e-16 ***
d130:Essence 7698  14   57.798 < 2.2e-16 ***
Residuals 31862 3349
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> summary(modancova)
```

```
Call:
```

```
lm(formula = htot ~ d130 + Essence + Essence:d130, data = arbres)
```

```
Residuals:
```

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-16.0656  -1.7850  -0.1778   1.4992  19.3723
```

```
Coefficients: (1 not defined because of singularities)
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	7.29788	0.46348	15.746	< 2e-16	***
d130	0.30229	0.01983	15.243	< 2e-16	***
EssenceAutre feuillu	-4.63167	0.61120	-7.578	4.52e-14	***
EssenceAutre résineux	-2.26682	4.42056	-0.513	0.60813	
EssenceCèdre	-3.20686	3.10144	-1.034	0.30121	
EssenceChataignier	2.54777	0.51131	4.983	6.58e-07	***
EssenceChene pubescent	-1.15242	0.55613	-2.072	0.03832	*
EssenceChene vert	-2.89977	0.54723	-5.299	1.24e-07	***
EssenceDouglas	-2.86927	0.80178	-3.579	0.00035	***
EssenceEpicéa	1.70873	1.14557	1.492	0.13590	
EssenceFeuillu précieux	-0.90915	0.62033	-1.466	0.14285	
EssenceHêtre	1.82866	0.58176	3.143	0.00169	**
EssencePin d'Alep	-4.89894	4.73441	-1.035	0.30086	
EssencePin Laricio ou Pin noir	-11.54494	1.88673	-6.119	1.05e-09	***
EssencePin maritime	3.42653	4.47900	0.765	0.44431	
EssencePin sylvestre	0.69881	5.85067	0.119	0.90493	
EssenceSapin	1.93723	0.78613	2.464	0.01378	*
d130:EssenceAutre feuillu	0.16365	0.03264	5.015	5.59e-07	***
d130:EssenceAutre résineux	-0.34179	0.46070	-0.742	0.45820	
d130:EssenceCèdre	NA	NA	NA	NA	
d130:EssenceChataignier	-0.20888	0.02144	-9.741	< 2e-16	***
d130:EssenceChene pubescent	-0.06623	0.02477	-2.673	0.00755	**
d130:EssenceChene vert	-0.09478	0.03006	-3.153	0.00163	**
d130:EssenceDouglas	0.24200	0.02715	8.914	< 2e-16	***
d130:EssenceEpicéa	0.08971	0.03617	2.480	0.01317	*
d130:EssenceFeuillu précieux	0.02393	0.02941	0.814	0.41596	
d130:EssenceHêtre	-0.04053	0.02288	-1.772	0.07652	.
d130:EssencePin d'Alep	-0.11612	0.23287	-0.499	0.61807	
d130:EssencePin Laricio ou Pin noir	0.46340	0.06778	6.837	9.58e-12	***
d130:EssencePin maritime	-0.09126	0.11043	-0.826	0.40865	
d130:EssencePin sylvestre	-0.07685	0.25308	-0.304	0.76141	
d130:EssenceSapin	0.02386	0.02827	0.844	0.39869	

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 3.084 on 3349 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7601, Adjusted R-squared:  0.7579
F-statistic: 353.6 on 30 and 3349 DF, p-value: < 2.2e-16
```

ANNEXE 10 : Paramètres a, b et c permettant de calcul le volume total aérien avec la formule *EMERGE*

Essence	a	b	c
Feuillus	0,522	0,661	-0,002
Érable champêtre	0,534	0,661	-0,002
Érable sycomore	0,502	0,661	-0,002
Bouleau verruqueux	0,493	0,661	-0,002
Charme	0,533	0,661	-0,001
Hêtre	0,542	0,661	-0,002
Frêne commun	0,509	0,661	-0,001
Merisier	0,521	0,661	-0,002
Chêne sessile	0,561	0,661	-0,002
Chêne pédonculé	0,561	0,661	-0,002
Chêne rouge	0,511	0,661	-0,002
Résineux	0,356	1,756	0,002
Sapin pectine	0,398	1,756	0,002
Sapin de Nordmann	0,375	1,756	0,002
Autres sapins	0,36	1,756	0,003
Cèdre de l'Atlas	0,34	1,756	0,002
Mélèze d'Europe	0,377	1,756	0,001
Épicéa commun	0,303	1,756	0,004
Épicéa de Sitka	0,351	1,756	0,002
Pin d'Alep	0,403	1,756	0,001
Pin laricio de corse	0,306	1,756	0,003
Pin noir d'Autriche	0,305	1,756	0,003
Pin maritime	0,396	1,756	-0,002
Autre pin	0,332	1,756	0,002
Pin Weymouth	0,356	1,756	0,001
Pin sylvestre	0,372	1,756	0,001
Pin a crochets	0,443	1,756	-0,001
Douglas	0,235	1,756	0,004

Source : *Projet EMERGE, « Rendez-vous techniques de l'ONF » n°44, p.28*

Rappel de la formule utilisée :

$$VolTot = \frac{h_{tot} \cdot c_{130}^2}{4\pi \left(1 - \frac{1.3}{h_{tot}}\right)^2} \left(a + b \cdot \frac{\sqrt{c_{130}}}{h_{tot}} + c \cdot \frac{h_{tot}}{c_{130}} \right)$$

Où :

- VolTot est le volume total aérien de l'arbre
- h_{tot} sa hauteur totale
- C_{130} sa circonférence à 1,30m (en m)

ANNEXE 11 : Paramètres du modèle de coefficient de houppier du projet *EMERGE*

Essences	B1	B2 + b2	exp(B3+b3)+1
Autre Chêne décidu	0,229036	55,984996	1,223136
Autre feuillu	0,229036	57,10074	1,400591
Autre résineux	0,164603	45,438728	1,046709
Châtaignier	0,229036	57,10074	1,400591
Chêne pubescent	0,229036	55,984996	1,223136
Chêne vert	0,229036	55,984996	1,223136
Douglas	0,164603	45,662737	1,053838
Épicéa	0,164603	47,520109	1,045189
Feuillu précieux	0,229036	57,10074	1,400591
Hêtre	0,229036	59,468456	1,328866
Pin sylvestre	0,164603	38,30888	1,069032
Sapin	0,164603	58,054794	1,03318

Source : *Projet EMERGE, « Les Rendez-vous techniques de l'ONF » n°39-40, p.58*

Pour rappel, la formule utilisée pour le coefficient de houppier qui lie volume bois fort total et volume commercial aux découpes 20cm pour les feuillus et 14cm pour les résineux, est la suivante :

$$VEF_{com} = \frac{VBF_{tot}}{V_c} = \exp(B1 - D130)^{B2+b2} + \exp(B3 + b3) + 1 + \varepsilon$$

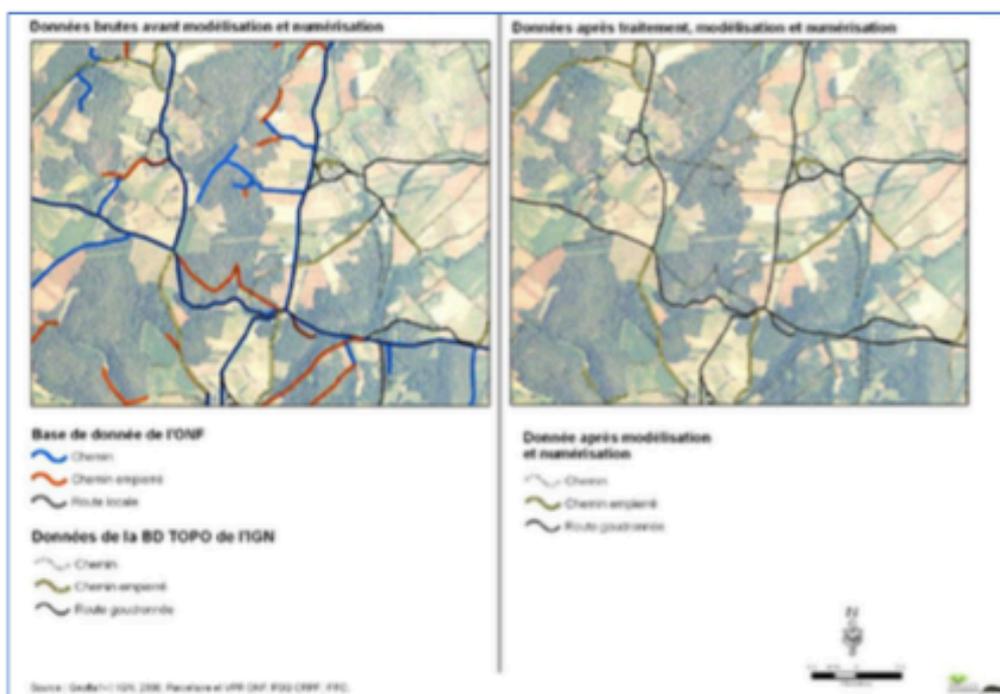
Où :

- VEF_{com} est le coefficient de houppier
- VBF_{tot} est le volume bois fort total de l'arbre
- V_c est le volume commercial avec les découpes marchandes précisées ci-dessus
- D130 est le diamètre à 1,30m exprimé en mètres
- ε est l'erreur d'estimation
- B1, B2, B3, b2 et b3 sont des paramètres propres à chaque essence

ANNEXE 12 : Protocole des COFOR concernant l'étude de la desserte dans la démarche PAT



La desserte (routes et chemins) est le résultat de l'assemblage entre la BD TOPO[®] de l'IGN, les bases de données "desserte" métiers (Schéma de desserte et/ ou données ONF), et de la numérisation, à partir de la BD ORTHO[®] de l'IGN, de chemins manquants. Cette couche est utilisée pour le calcul d'itinéraires entre les places de dépôt et les chaufferies, dans le cas d'un scénario en flux tendu, ou entre les places de dépôt et la plate-forme de stockage puis les chaufferies dans le cas du scénario avec un stockage intermédiaire. Les itinéraires tiennent compte des points noirs interdisant l'accès aux grumiers, à la condition aucun type de camion ne puisse transporter du bois.

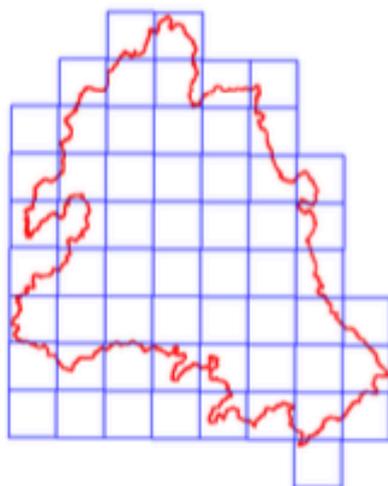


La desserte du territoire sera décrite sur la base de la BD_ORTO IGN complété par d'autres sources si elles existent (ONF, Schéma de desserte...)

Afin que l'analyse soit exhaustive, le territoire sera découpé en carreaux identiques et l'opérateur analysera l'ensemble du territoire en progressant carreau par carreau.



COLLECTIVITES FORESTIERES OCCITANIE
 Les Athamantes n°4 – 740, Avenue des Apothicaires – 34 090 MONTPELLIER
 Tél/fax : 04 11 75 85 17
occitanie@communesforestieres.org



La desserte sera classée selon 6 classes :

1. Autoroute
2. Route régionale
3. Route principale
4. Route locale
5. Route à grumier
6. Piste à tracteur

Le classement s'effectuera visuellement (ou en utilisant les sources complémentaires existantes) en utilisant les photos aériennes et la BD_TOPO IGN (table route et table Chemin).

L'opération de classement peut aussi aboutir à des suppressions de tronçons si ils ne sont pas visibles et/ou si ils ne peuvent pas être empruntés à minima par un tracteur (Type 6)

La table de travail sera la BD_TOPO table ROUTE à laquelle on ajoutera une colonne « Importance » que l'on renseignera avec les codes de 1 à 6 (cf. ci-dessus). A cette table on ajoutera aussi une colonne « Origine », renseignée par défaut avec « BD-TOPO », dans laquelle on remplacera « BD_TOPO » par le type d'intervention :

- « MAJ » si modification via l'analyse visuelle de l'opérateur
- « NUM » si création via l'analyse visuelle de l'opérateur
- « ONF » si modification d'après données ONF
- ... Ajouter d'autres classes au besoin selon les sources de donnée

NB : On peut directement modifier la colonne « importance » présente par défaut dans la BD_TOPO et qui comporte déjà les 5 premières classes.

Classe importance BD TOPO	Classe importance PAT	Description	Aide à la décision
1	1	Autoroute	Autoroute
2	2	Route régionale	Revêtu RD ou RN
3	3	Route principale	Revêtu, RD
4	4	Route locale	Revêtu, VC ou RD
5	5	Route à grumier	Terrain naturel ou empierré praticable par un grumier
5	6	Piste à tracteur	Terrain naturel praticable par un tracteur

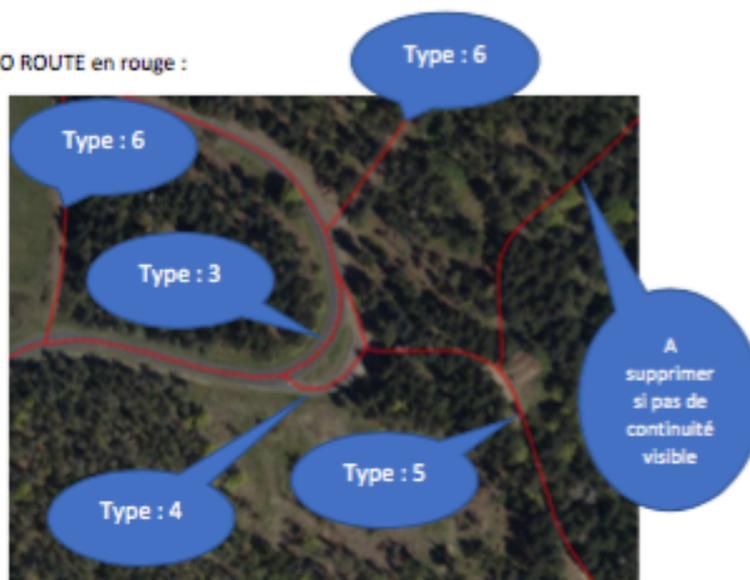
COLLECTIVITES FORESTIERES OCCITANIE

Les Athamantes n°4 – 740, Avenue des Apothicalres – 34 090 MONTPELLIER
Té/fax : 04 11 75 85 17
occitanie@communesforestieres.org

Exemples :



Avec le tracé BD_TOPO ROUTE en rouge :



La desserte sera complétée par une table contenant les places de dépôt qui peuvent être visuellement identifiées. Il n'y a pas de champs spécifiques à compléter lors de la digitalisation, seul un objet ponctuel sera à implanter sur la couche graphique de cette autre table (précisément sur le linéaire de desserte concerné).



ANNEXE 13 : Signification des notes du champ "IMPORTANCE" de la table "Route" de la BD TOPO

1	Le réseau 1 assure les liaisons entre métropoles et compose l'essentiel du réseau européen. Il est composé en général d'autoroutes et quasi-autoroutes, parfois de nationales.
2	Liaisons entre départements. Cette valeur représente une densification du maillage routier défini par les tronçons d'importance 1. Les liaisons d'importance 2 ont fonction : <ul style="list-style-type: none"> • d'assurer les liaisons à fort trafic à caractère prioritaire entre agglomérations importantes ; • d'assurer les liaisons des agglomérations importantes au réseau d'importance 1 ; • d'offrir une alternative à une autoroute si celle-ci est payante ; • de proposer des itinéraires de contournement des agglomérations ; • d'assurer la continuité, en agglomération, des liaisons interurbaines à fort trafic quand il n'y a pas de contournement possible.
3	Liaisons ville à ville à l'intérieur d'un département. Ce niveau est majoritairement représenté par des routes départementales, toutefois certaines départementales peuvent avoir une importance 4 ou 5. Cette valeur représente une densification du maillage routier défini par les tronçons d'importance 2. Les liaisons d'importance 3 ont fonction : <ul style="list-style-type: none"> • de relier les communes de moindre importance entre elles (les chefs-lieux de canton en particulier) ; • de desservir les localités et sites touristiques importants ; • de desservir les points de passage des obstacles naturels quand ils sont peu nombreux (cols routiers, ponts) ; • de desservir les agglomérations d'où partent des liaisons maritimes ; • de structurer la circulation en agglomération.
4	Voies permettant de se déplacer rapidement à l'intérieur d'une commune et, dans les zones rurales, de relier le bourg aux hameaux proches. Cette valeur représente une densification du maillage routier défini par les tronçons d'importance 3. Les liaisons d'importance 4 ont fonction : <ul style="list-style-type: none"> • de structurer la circulation en agglomération ; • de relier le bourg aux hameaux proches.
5	Voies permettant de desservir l'intérieur d'une commune. Valeur prise par exclusion des autres valeurs de l'attribut.
NC	Non concerné par cet attribut.
NR	Non renseigné

ANNEXE 14 : Coefficients de variation sur le volume calculés pour chaque type de peuplement

Les deux tableaux suivants présentent les coefficients de variation sur le volume total par hectare pour chaque type de peuplement avec le nombre de points échantillons qui ont permis de calculer ce coefficient. Le premier tableau présente les résultats pour les Avant-Monts du Languedoc, le deuxième pour la Montagne noire.

Peuplement	CV (%)	Nb d'échantillons
Forêt fermée à mélange de feuillus	83,3	76
Forêt fermée de châtaignier pur	57,6	27
Forêt fermée de chênes décidus purs	69,3	25
Forêt fermée de chênes sempervirents purs	73,3	99

Peuplement	CV (%)	Nb d'échantillons
Forêt fermée à mélange de feuillus	64,1	41
Forêt fermée de châtaignier pur	58,1	15
Forêt fermée de chênes décidus purs	51,8	20
Forêt fermée de hêtre pur	48,9	22
Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas	47,3	47
Forêt fermée mélangée	60,0	11

ANNEXE 15 : Calcul de l'intervalle de confiance sur le volume moyen

Comme évoqué par J. PARDE et J. BOUCHON, l'analyse de la variance lors d'un inventaire stratifié permet de « serrer de plus près l'erreur réelle d'inventaire [et] donc de réduire l'erreur à craindre » (9).

La méthode de calcul des intervalles de confiance est tirée du « Elementary Forest Sampling » (23) et du « Manuel de statistiques pour la recherche forestière » (24).

Moyenne pondérée du volume :

Strate (i)	Nombre de points (n _i)	Volume moyen (V _i)	Surface (ha) (S _i)	Poids de la strate (W _i = S _i /S _{tot})
1	69	98,36	20702	0,2186
2	41	140,11	8685	0,0917
3	47	85,07	5040	0,0532
4	56	20,63	24806	0,2619
5	43	183,08	11795	0,1245
6	38	196,20	5646	0,0596
7	34	172,78	2142	0,0226
8	35	129,89	2357	0,0249
9	57	396,99	9604	0,1014
10	38	163,51	3946	0,0417

Strates :

Avants-Monts du Languedoc	Montagne Noire
1 = Forêt fermée à mélange de feuillus (AM_FF10000)	5 = Forêt fermée à mélange de feuillus (MN_FF10000)
2 = Forêt fermée de châtaignier pur (AM_FF11010)	6 = Forêt fermée de hêtre pur (MN_FF10909)
3 = Forêt fermée de chênes décidus purs (AM_FF1G0101)	7 = Forêt fermée de châtaignier pur (MN_FF11010)
4 = Forêt fermée de chênes sempervirents purs (AM_FF1G0606)	8 = Forêt fermée de chênes décidus purs (MN_FF1G0101)
	9 = Forêt fermée de sapin, épicéa ou douglas (MN_FF26464)
	10 = Forêt fermée mélangée (MN_FF3)

Le volume moyen par hectare est égal à :

$$\bar{V} = \sum_i W_i V_i = 132,96 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La variance estimée S_i^2 dans chaque strate se calcule de la manière suivante (23):

$$S_i^2 = \frac{\sum_k v_k^2 - n_i V_i^2}{n_i - 1}$$

Où :

v_k est le volume de $k^{\text{ième}}$ placette de la strate i .

A partir de ces variances estimées on l'estimation de la variance totale grâce à la formule suivante (23) (24):

$$S^2 = \frac{1}{S_{tot}^2} \times \sum_i \left(\frac{S_i^2 \times s_i^2}{n_i} \times \left(1 - \frac{n_i}{S_i} \right) \right)$$

Où :

- S_{tot} est la surface totale des peuplements étudiés
- S_i est la surface de la strate i
- s_i^2 est la variance estimée de la strate i
- n_i est le nombre de placettes dans la strate i

L'écart-type S de la moyenne de l'échantillon se calcule alors comme la racine carrée de la variance :

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{1}{S_{tot}^2} \times \sum_i \left(\frac{S_i^2 \times s_i^2}{n_i} \times \left(1 - \frac{n_i}{S_i} \right) \right)}$$

Les bornes de l'intervalle de confiance au seuil de 95 % sur la moyenne sont alors :

$$\bar{V} \pm t \times S$$

Où :

- t est le quantile d'ordre (0,975 ; 457) de la loi de Student. $\approx 1,965$
- \bar{V} est la moyenne pondérée du volume
- S est l'écart-type de la moyenne de l'échantillon aléatoire stratifié

On peut alors affirmer que le volume moyen par hectare sur le territoire d'étude a pour valeur :

$$\bar{V} = 132,96 \text{ m}^3/\text{ha}$$

et se situe avec une probabilité de 95% dans l'intervalle :

$$[120,33 ; 145,60] \text{ m}^3/\text{ha}.$$

ANNEXE 16 : Paramétrage utilisé pour le modèle *Sylvaccess*

Paramètres utilisés pour le porteur forestier :

- Pente en travers maximale : 15%
- Pente maximale en remontant les bois 25%
- Pente maximale en descendant les bois : 30%
- Portée de la grue : 8 m
- Distance maximale quand pente > pente en travers max : 300 m
- Distance parcourable hors forêt et hors desserte : 200 m
- Pente maximale pour l'abattage manuel des arbres : 110%

Couches d'obstacles utilisées pour le porteur forestier : Voies ferrées et Réseau routier principal (structurant).

Paramètres utilisés pour le skidder :

- Distance maximale de débusquage en amont de la desserte : 50 m
- Distance maximale de débusquage en aval de la desserte : 150 m
- Pente au-delà de laquelle le débusquage amont = distance max : 75%
- Pente au-delà de laquelle le débusquage aval = distance max : 20%
- Distance maximale parcourable hors forêt et hors desserte : 50 m
- Pente maximale pour parcourir le terrain au skidder : 30%
- Pente maximale pour l'abattage manuel des arbres : 110%

Options de simulation :

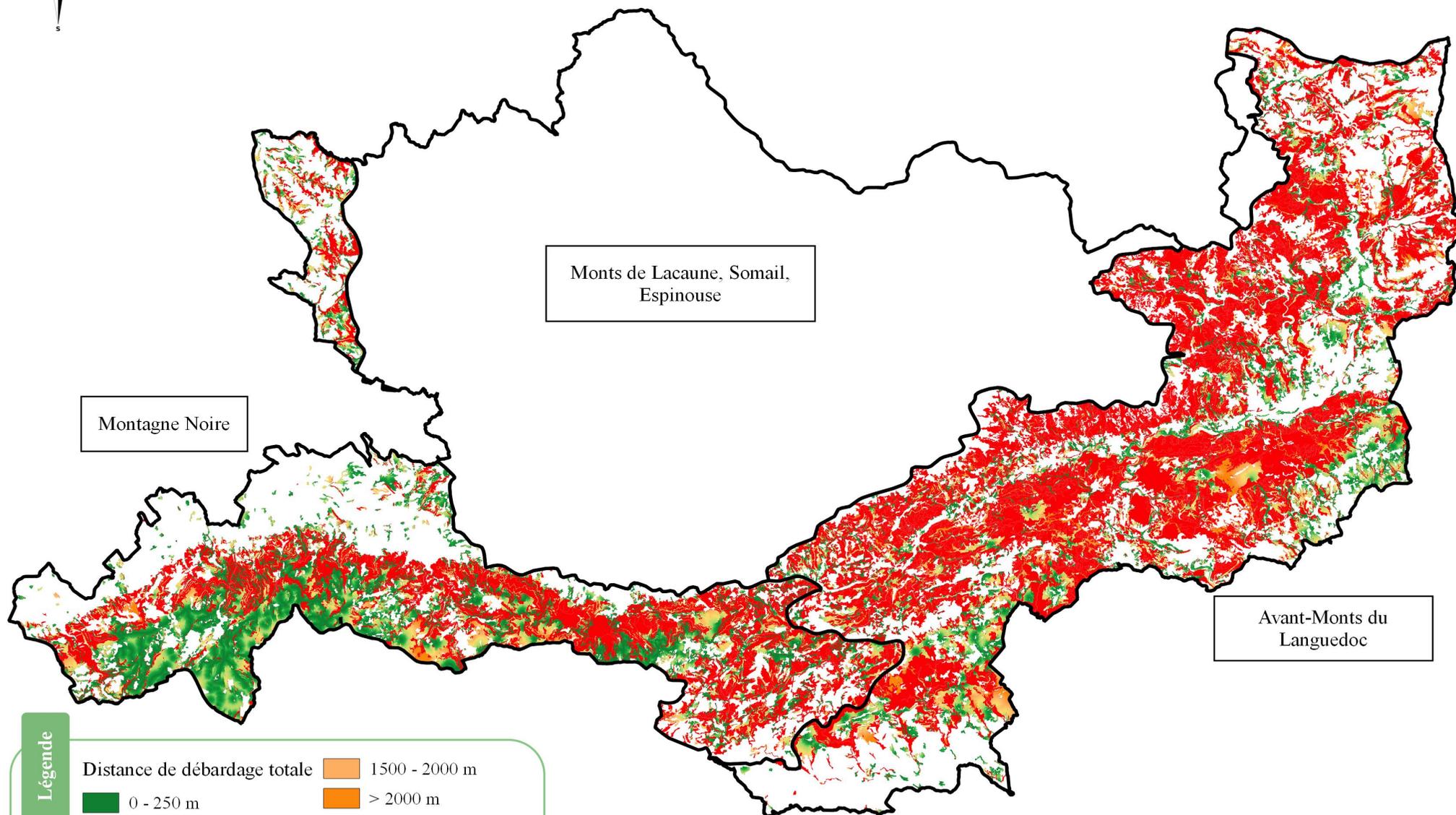
- Limiter l'impact sur les sols : Forcer le skidder à procéder autant que possible depuis le réseau de desserte forestière

Couches d'obstacles pour le skidder :

- Zones totalement interdites à l'exploitation par skidder : Voies ferrées et réseau routier principal (structurant)
- Zones où le traînage des bois est interdit : Zones humides et périmètres rapprochés des zones de captage d'eau.

ANNEXE 17 : Distances de débardage totales avec exploitation au porteur forestier ou au skidder

Distance de débardage totale (de la coupe à la route forestière) avec le porteur forestier

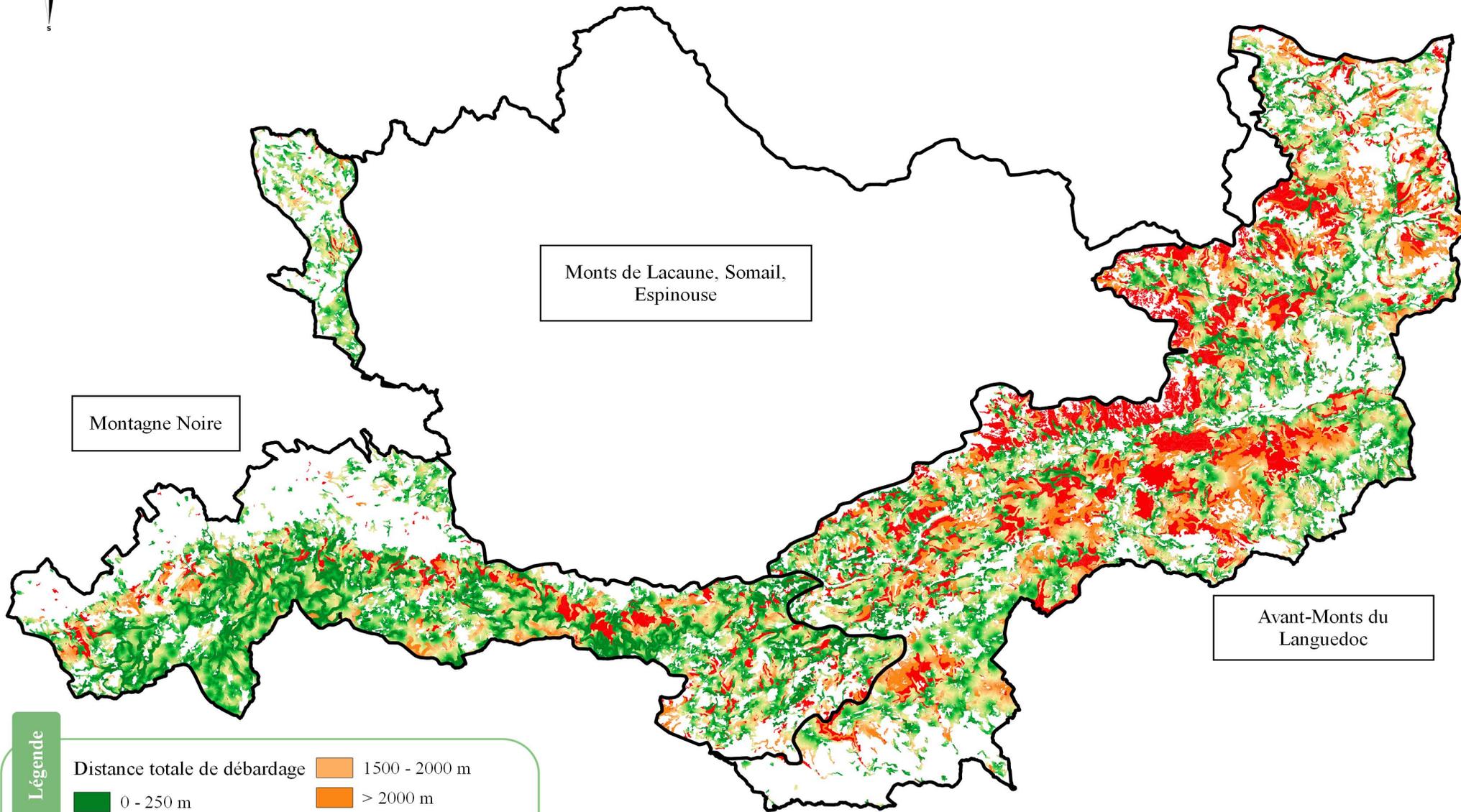


Légende

Distance de débardage totale	1500 - 2000 m
0 - 250 m	> 2000 m
250 - 500 m	Forêt non accessible
500 - 1000 m	Régions forestières
1000 - 1500 m	Limite



Distance de débardage totale (de la coupe à la route forestière)
avec débusquage au skidder

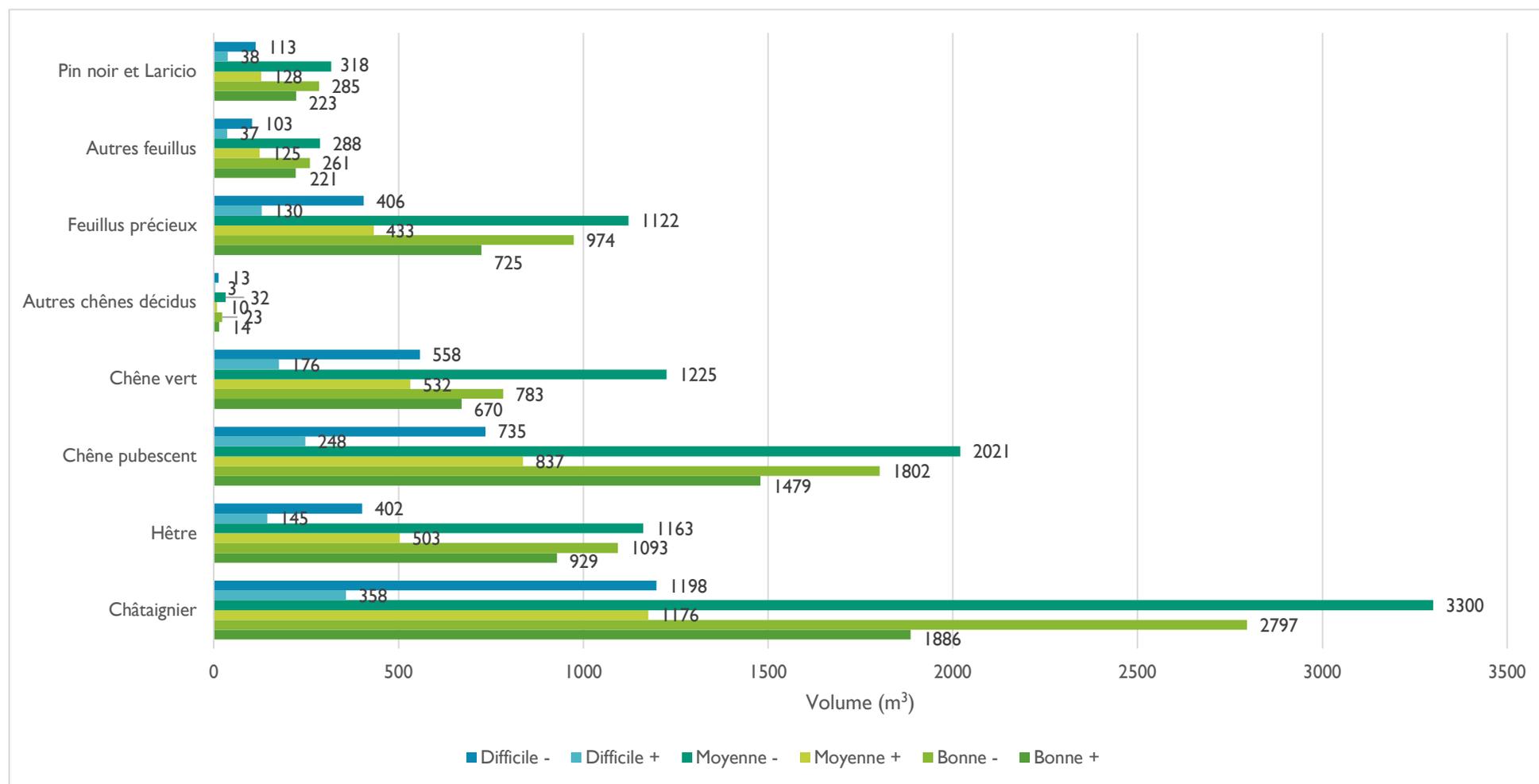


Légende

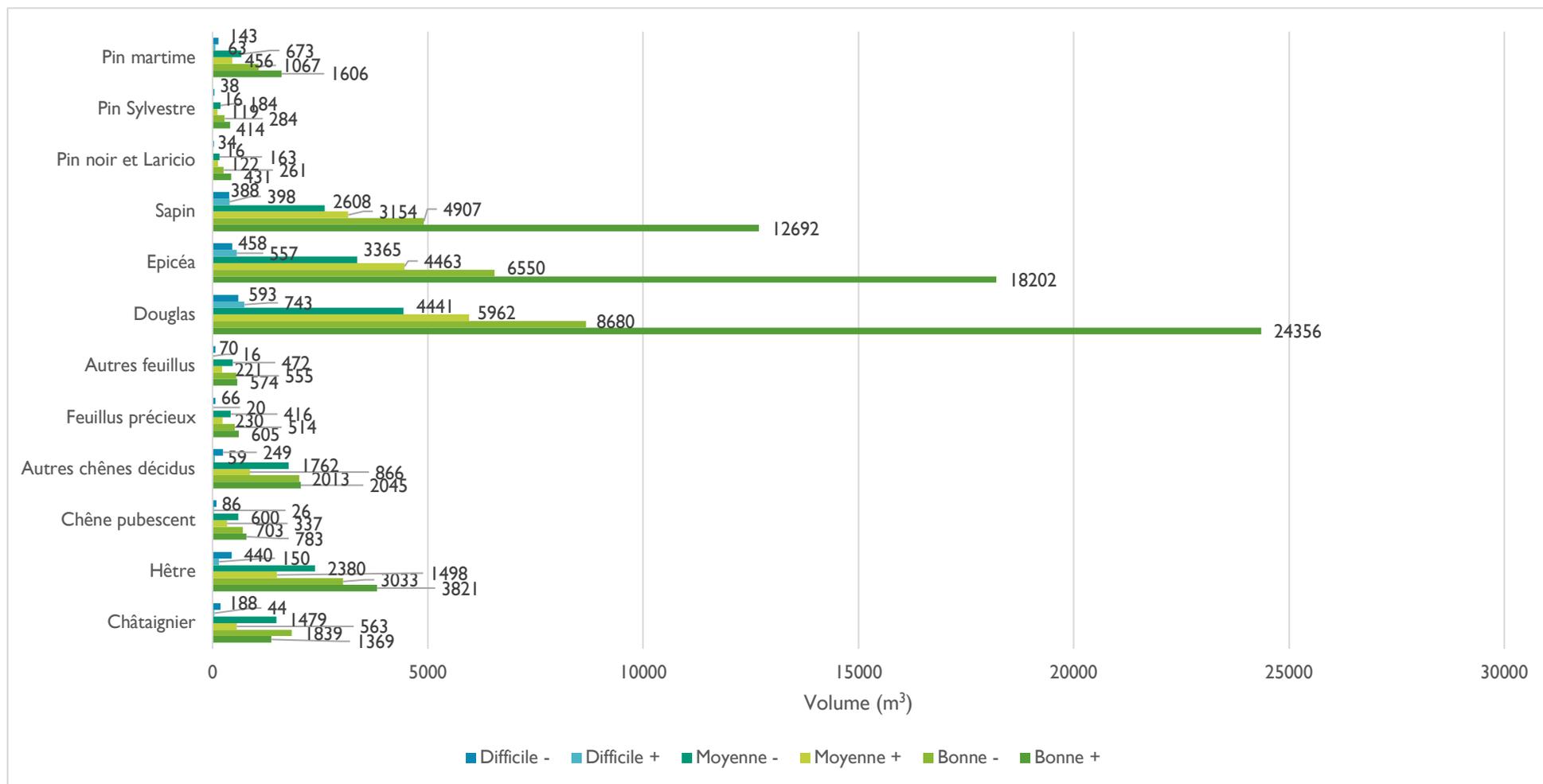
Distance totale de débardage	1500 - 2000 m
0 - 250 m	> 2000 m
250 - 500 m	Forêt non accessible
500 - 1000 m	Régions forestières
1000 - 1500 m	Limites



ANNEXE 18 : Volumes annuels mobilisables de bois d'œuvre selon les essences et les classes d'exploitabilité



Volumes annuellement mobilisables en bois d'œuvre, selon l'essence et la classe d'exploitabilité, dans les Avant-Monts du Languedoc



Volumes annuellement mobilisables en bois d'œuvre, selon l'essence et la classe d'exploitabilité, dans la Montagne noire

ANNEXE 19 : Volumes annuels mobilisables de bois énergie selon les essences et les classes d'exploitabilité

	Châtaignier	Hêtre	Chêne pubescent	Chêne vert	Autres chênes décidus	Feuillus précieux	Autres feuillus
Total	23 040	15 402	13 865	8 687	5 590	5 735	3 131
Bonne+	13 711	10 528	8 459	4 298	3 906	3 752	2 042
Moyenne+	7 502	4 269	4 383	3 305	1 539	1 651	919
Difficile+	1 827	605	1 024	1 085	145	332	170

	Douglas	Épicéa	Sapin	Pin noir et Laricio	Pin sylvestre	Pin maritime	Pin d'Alep	Total
Total	15 648	11 483	9 205	986	807	551	80	114 209
Bonne+	12 254	8 965	7 187	721	602	411	38	76 872
Moyenne+	3 017	2 236	1 795	229	178	125	31	31 178
Difficile+	377	283	223	37	27	15	11	6 159