



INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

**Pôle d'expertise sur les
ressources forestières**

Etude prospective de la ressource en bois du Parc naturel régional des Grands Causses à l'horizon 2035

**Rapport final
Janvier 2019**

Auteurs : Antoine Colin, Eliane Roos et Claire Bastick

Marché n°2017-1A321-1



PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN AGRICOLE POUR LE DÉVELOPPEMENT RURAL
L'EUROPE INVESTIT DANS LES ZONES RURALES

Suivi des actions

Auteur	Date	Action	Organisme
Antoine COLIN	12 novembre 2018	Rédaction	IGN Nancy
Claire BASTICK	14 décembre 2018	Rédaction cartographie volume ha	IGN Nancy
Eliane ROOS	14 décembre 2018	Rédaction cartographie exploitabilité	IGN Nancy
Antoine COLIN	4 janvier 2019	Compléments et envoi au PNR	IGN Nancy

I- CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	4
II- RESSOURCES, DISPONIBILITES FUTURES EN BOIS ET CARBONE	5
II -1 Définitions	5
II -2 Données sources sur les forêts et les volumes de bois	5
II-2.1 Présentation de la zone d'étude	6
II-2.2 Enquête d'inventaire forestier national	7
II -3 Ressources forestières actuelles	9
II -4 Précautions d'usage concernant les résultats statistiques	11
II -5 Disponibilités futures en bois	11
II-5.1 Méthode de calcul	11
II-5.2 Résultats sur les disponibilités futures en bois	15
II -6 Stock et puits de carbone dans la biomasse forestière	20
III- INDICATEURS SPATIALISES	21
III -1 Cartographie du volume moyen à l'hectare	21
III -2 Cartographie de l'exploitabilité des peuplements	23
III-2.1 Accessibilité physique au sein des peuplements forestiers	23
III-2.2 Morcellement foncier	25
III-2.3 Zonages de protection de l'environnement	26
III-2.4 Indicateur de synthèse sur l'exploitabilité	27
IV- CONCLUSION	28
REFERENCES	29
ANNEXE 1 : MODELE DE RESSOURCE FORESTIERE MARGOT	30
ANNEXE 2 : STRATIFICATION DES RESSOURCES FORESTIERES DU PNR	31
ANNEXE 3 : SCENARIOS SYLVICOLES EN FORET PRIVEE	53
ANNEXE 4 : SCENARIOS SYLVICOLES EN FORET PUBLIQUE	55
ANNEXE 5 : RECONSTITUTION DES DOUGLASAIES ET PESSIERES RASEES	57
ANNEXE 6 : USAGES DES BOIS	58
ANNEXE 7 : EVOLUTION DE LA DOUGLASAIE	59
ANNEXE 8 : EVOLUTION DE LA PESSIERE	60
ANNEXE 9 : DISPONIBILITES EN BO PAR ESSENCE	61
ANNEXE 10 : DISPONIBILITES EN BIBE PAR ESSENCE	62
ANNEXE 11 : DONNEES GEOGRAPHIQUES SOURCES	63
ANNEXE 12 : INDICATEURS SPATIALISES PRODUITS DANS L'ETUDE	64
ANNEXE 13 : CARTOGRAPHIES PRODUITES DANS L'ETUDE	66
ANNEXE 14 : PARAMETRAGE DE SYLVACCESS	67
ANNEXE 15 : RESULTATS DE SYLVACCESS	68

I- Contexte et objectifs de l'étude

Le territoire du Parc naturel régional des Grands Causses s'étend sur le tiers sud-est du département de l'Aveyron. C'est l'un des Parcs les plus étendus de France métropolitaine. Beaucoup perçoivent ce territoire comme un vaste espace peu forestier dont les rares forêts sont dominées d'accrus de frêles pins sylvestres ou de taillis lâches de chênes pubescents. Pourtant, la confluence des influences climatiques méditerranéenne, atlantique et montagnarde ainsi que la diversité des sols permet l'expression d'une grande diversité de forêts. Les hêtraies, les châtaigneraies, les aulnaies rivulaires... constituent un patrimoine rare qui marque fortement le paysage. Les massifs de pins noirs, plantés au XIXe siècle, et surtout les plantations d'épicéas ou de douglas au XXe siècle constituent aujourd'hui la principale ressource en bois du territoire.

Afin de développer et stabiliser l'économie locale par la valorisation de la ressource en bois du territoire en assurant une gestion et une exploitation durable cette dernière, le PNR des Grands Causses souhaite mieux connaître la ressource en bois de son territoire et du Pôle d'équilibre territorial et rural (PETR) du Lézou.

La Charte forestière de territoire du Parc naturel régional des Grands Causses, rédigée en 2005, a réalisé une description synthétique du territoire boisé du parc et de ses enjeux. Avec un taux de boisement d'environ 40 %, une dynamique d'expansion forestière, des formations pionnières en voie de maturation, et au final une très grande diversité de composition et de structure des peuplements, la forêt constitue un enjeu important à la fois pour l'attractivité du territoire et pour sa vie économique. Le besoin existe de mieux connaître les potentialités forestières du territoire en tant qu'amont d'une filière économique territoriale et durable.

L'étude confiée par le PNR des Grands Causses au groupement constitué de l'IGN et de la société Forêt Logistique Conseil (FLC) portait à la fois sur une meilleure connaissance des ressources forestières et de leurs conditions d'exploitabilité (i.e. l'amont forestier, étude réalisée par l'IGN), et sur un état des lieux détaillé des capacités d'exploitation et de transformation industrielle du territoire (i.e. l'aval forestier, étude réalisée par FLC).

Concernant l'amont forestier, le PNR des Grands Causses souhaitait connaître les ressources disponibles aujourd'hui et à l'horizon 2035 pour le bois matériau, pour le bois d'industrie et pour le bois énergie (y compris le bois bûche) en tenant compte des conditions locales d'exploitabilité et des enjeux environnementaux. Il souhaitait également disposer d'une évaluation du puits de carbone des forêts du territoire, notamment pour alimenter son PCAET.

Une fois établi, le diagnostic réalisé par l'IGN et FLC sera présenté et discuté, sous la conduite de l'animateur de la Charte forestière de territoire, aux opérateurs économiques et élus du territoire afin de contribuer à la définition d'une politique de préservation et valorisation durable des forêts du parc naturel régional.

II- Ressources, disponibilités futures en bois et carbone

II -1 Définitions

La **ressource** est la quantité de bois présente à un instant donné dans un territoire. Les stocks de bois sur pied, et leurs équivalents en stock de carbone dans la biomasse des arbres, sont mesurés au travers d'un inventaire forestier.

La **production biologique** concerne l'accroissement en volume des arbres au cours d'une période récente.

Les **prélèvements** font référence aux volumes de bois abattus en forêt au cours de la période récente. La **récolte** est la partie du volume qui est exportée des parcelles forestières ; le reste correspond aux **pertes d'exploitation** qui sont abandonnées sur le parterre de coupe (souche, encoches d'abattage, traits de scie, purges, grosses branches rémanentes ...).

La **disponibilité** en bois est le potentiel de prélèvements futurs permis par la ressource forestière d'un territoire compte tenu de son stade de développement et en application d'un scénario de gestion sylvicole. La disponibilité dite « brute » concerne un volume de prélèvement, et il faut lui retrancher les pertes fatales d'exploitation pour définir la disponibilité dite « technique », qui correspond donc à la récolte future simulée avec un scénario. Les volumes répartis en usages potentiels sont des volumes bord de route.

Lorsque toute la production biologique n'est pas exploitée, le stock de bois en forêt s'accroît et on dit que la forêt **capitalise**. Cet accroissement du stock de bois en forêt a pour corolaire un accroissement du stock de carbone dans la biomasse ligneuse. La forêt se comporte alors comme un **puits de carbone**.

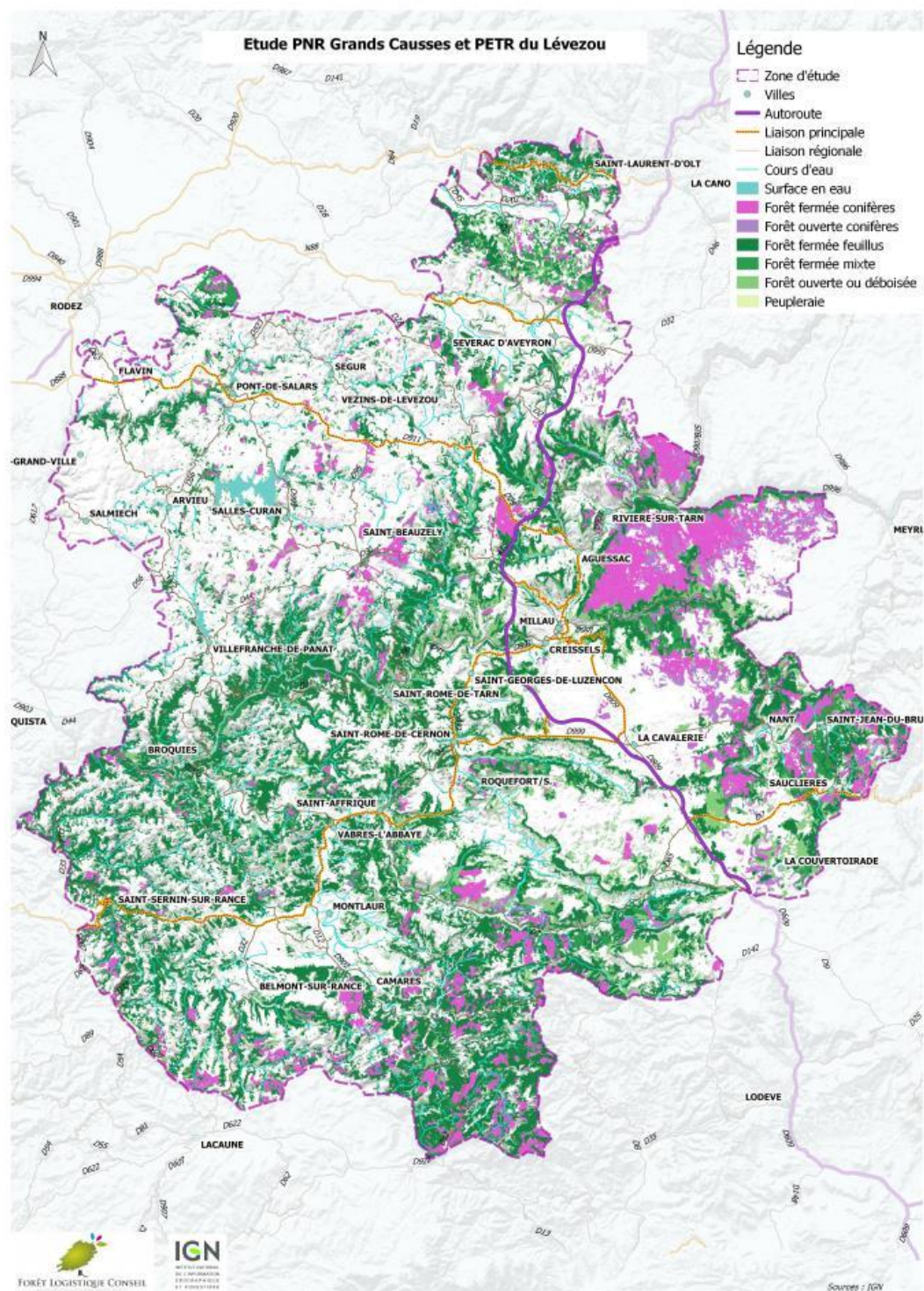
II -2 Données sources sur les forêts et les volumes de bois

L'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière) est l'établissement public chargé de produire des informations de référence sur l'état des forêts françaises en superficie et volume, et sur leur diversité [IGN, 2018a ; Hervé, 2016 ; Hervé *et al.*, 2014]. Ces informations servent notamment la définition et l'évaluation des politiques publiques relatives aux écosystèmes forestiers.

II-2.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude concerne le territoire du Parc naturel régional des Grands Causses et le territoire du Pôle d'équilibre territorial (PETR) du Lévezou.

L'IGN réalise la carte forestière « BD Forêt v2® ». Elle décrit l'ensemble des peuplements forestiers et, pour chaque massif de plus de 2 ha, elle précise l'essence principale du peuplement. La BD Forêt v2 de l'Aveyron est issue de l'interprétation par les agents de l'IGN de photographies aériennes datant de 2008.



II-2.2 Enquête d'inventaire forestier national

L'IGN réalise l'inventaire forestier national (IFN), enquête statistique permanente de la forêt française qui consiste à mesurer, suivant des protocoles et des définitions publiques et normées [IGN, 2018a], les états et les évolutions des forêts aux échelles nationales et régionales. Depuis 2005, l'ensemble des forêts publiques et privées est inventorié tous les ans au travers d'un échantillon de 7500 nouvelles placettes réparties sur tout le territoire métropolitain.

Sur chaque placette IFN de 20 ares de superficie, les opérateurs de l'IGN collectent une centaine de données relatives au peuplement (composition, âge, pente, distance à la route, etc.), aux arbres qui le composent (essence, diamètre, hauteur, etc.), au sol (type de sol, type d'humus, profondeur, etc.) et à la flore.

Agrégées selon une méthode statistique, ces informations permettent de calculer la superficie forestière du territoire concerné, d'estimer le volume de bois qu'il héberge, ou encore la production biologique par classe de diamètre et par essence. Chaque estimation est assortie d'un intervalle de confiance, qui dépend étroitement du nombre d'observations de terrain sur lequel elle repose (plus ce nombre est faible moins la précision est bonne).

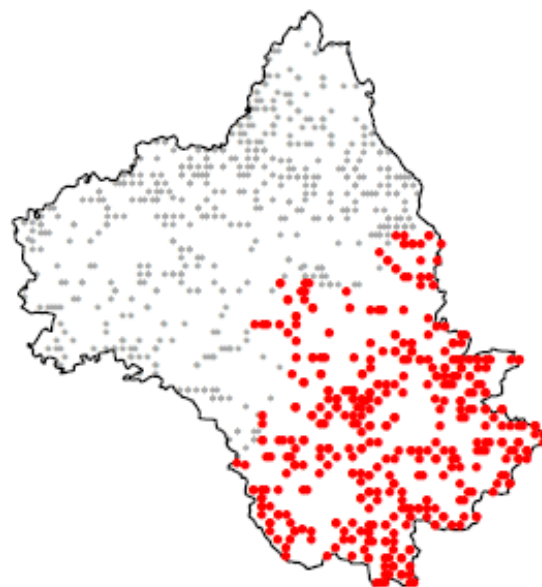
a) Types de forêt inclus dans l'étude

Conformément à la définition de la forêt donnée par l'Organisation des nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), sont considérées comme forêts les formations d'une superficie d'au moins 50 ares avec des arbres pouvant atteindre une hauteur de 5 mètres à maturité, un couvert boisé de plus de 10 % et une largeur moyenne d'au moins 20 mètres. Les bosquets, de superficie inférieure à 50 ares, et les landes sur lesquelles le couvert arboré est insuffisant, sont exclus.

Les forêts dites « disponibles pour la production de bois » sont celles où une production de bois est considérée comme possible, sans qu'une autre utilisation du sol ou les conditions physiques ne viennent en empêcher techniquement l'exploitation. Dans la pratique, les forêts exclues de cette définition correspondent le plus souvent à des forêts physiquement inaccessibles par l'homme à pied (falaises, îlots), des réserves intégrales d'accès interdit, des enclos à gibier, des parcs et jardins, etc. Les forêts faisant l'objet d'un statut de protection pour des raisons environnementales ou sociales (réserves biologiques, réserves naturelles, sites Natura 2000, sites classés etc.) sont incluses dans l'étude dans la mesure où ces statuts ne sont pas exclusifs de la production forestière.

La couverture boisée est dite « fermée » lorsque le taux de couvert absolu dépasse 40 % ou dépassera 40 % à maturité. Dans le cas contraire, la forêt est dite « ouverte ».

A l'échelle de la zone d'étude, **l'IGN a mesuré 400 placettes différentes entre 2007 et 2016 dans les forêts fermées et ouvertes disponibles pour la production de bois**, soit 40 nouvelles placettes par an. Elles sont représentées en rouge au sein du département de l'Aveyron.

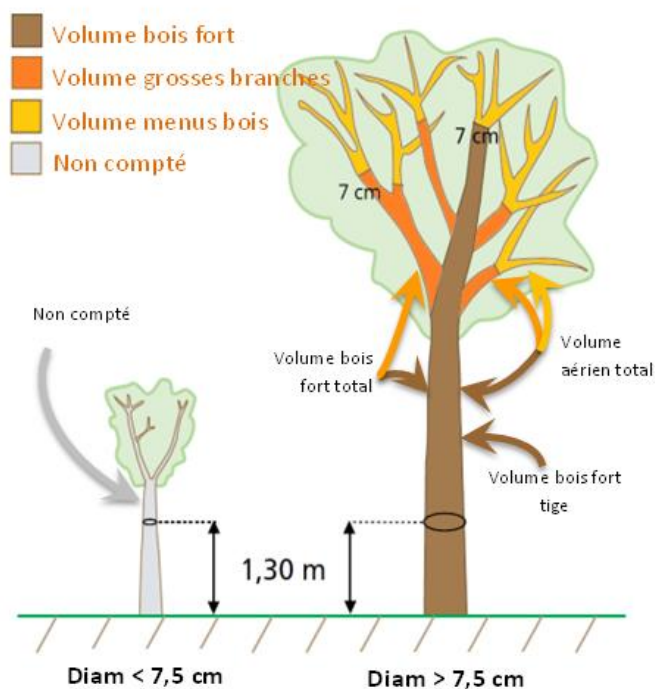


b) Mesure des arbres et estimation des volumes de bois par l'IGN

Dans les forêts disponibles pour la production de bois, l'IGN recense et mesure la circonférence, la hauteur, etc. des arbres dont le diamètre à 1,30 m est supérieur ou égal à 7,5 cm (voir schéma ci-dessous).

Ces mesures sont ensuite utilisées dans des équations (les tarifs de cubage) qui permettent de calculer pour chaque arbre :

- le volume « bois fort tige » : c'est le volume de la tige principale jusqu'à la découpe fin bout de 7 cm en haut de l'arbre. Il est figuré en marron sur le schéma. Il s'agit du volume de référence utilisé par l'IGN dans l'ensemble de ses publications.
- le volume « bois fort total » : c'est le volume de la tige et des branches jusqu'à la découpe fin bout de 7 cm. Il correspond au volume « bois fort tige » auquel est additionné le volume estimé des grosses branches jusqu'à la découpe 7 cm. Il est figuré en marron + orange sur le schéma. Ce volume permet de comptabiliser les grosses branches susceptibles d'être, au moins en partie, valorisées par l'industrie ou pour l'énergie.
- le volume « aérien total » : c'est le volume de la tige et des branches indépendamment de leur diamètre. Il correspond au volume « bois fort total » auquel est additionné le volume estimé des « menus bois », c'est-à-dire des petites branches au-delà de la découpe 7 cm. Il est figuré en marron + orange + jaune sur le schéma. Ce volume permet de comptabiliser les menus bois lorsque ceux-ci sont susceptibles d'être, au moins en partie, sous forme de plaquettes forestières pour l'énergie.



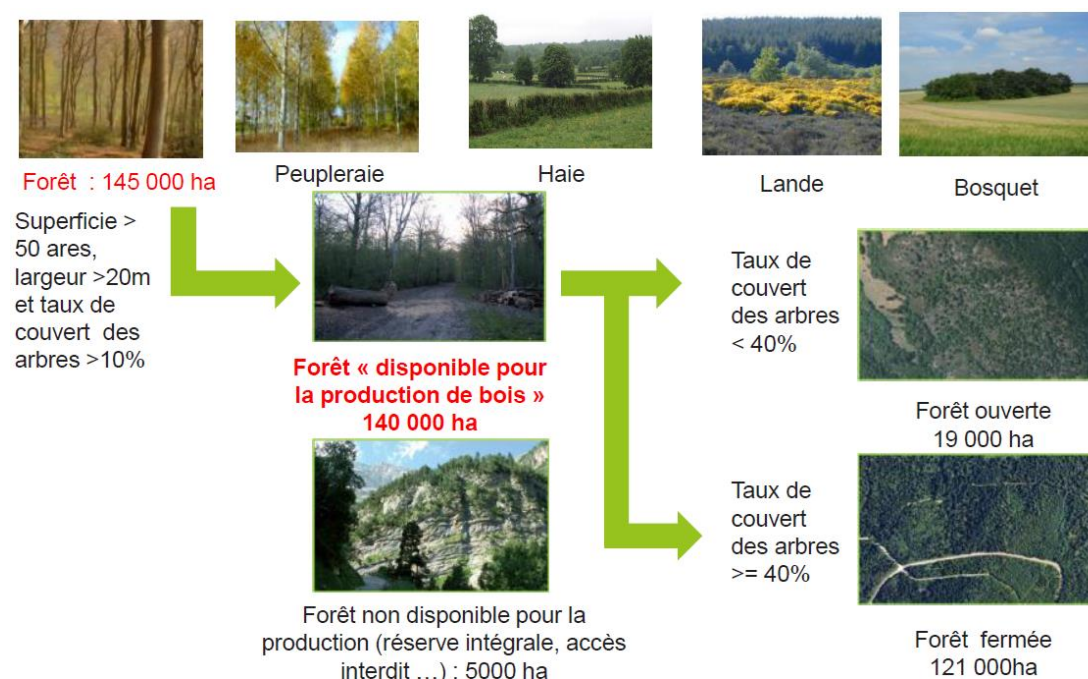
II -3 Ressources forestières actuelles

Toutes les statistiques présentées dans ce chapitre sont issues des mesures réalisées entre 2005 et 2016 sur les placettes d'inventaire forestier national que compte la zone d'étude :

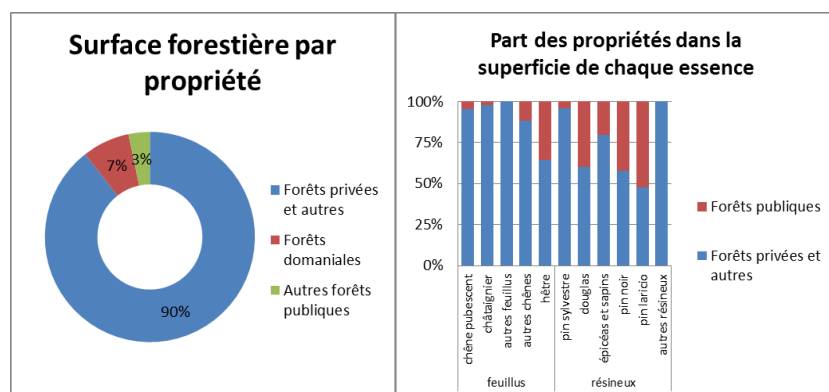
- Les données de surface et de stock de bois font référence à l'année moyenne 2011 ;
- Les données de flux font référence à la période 2002-2016.

Les forêts disponibles pour la production de bois couvrent 140 000 ha +/- 11 000 ha dans la zone d'étude, dont 132 000 ha pour le périmètre strict du PNR des Grands Causses. Le taux de boisement est plus élevé que la moyenne nationale et régionale, avec 38 % pour la zone d'étude et jusqu'à 42 % pour le PNR.

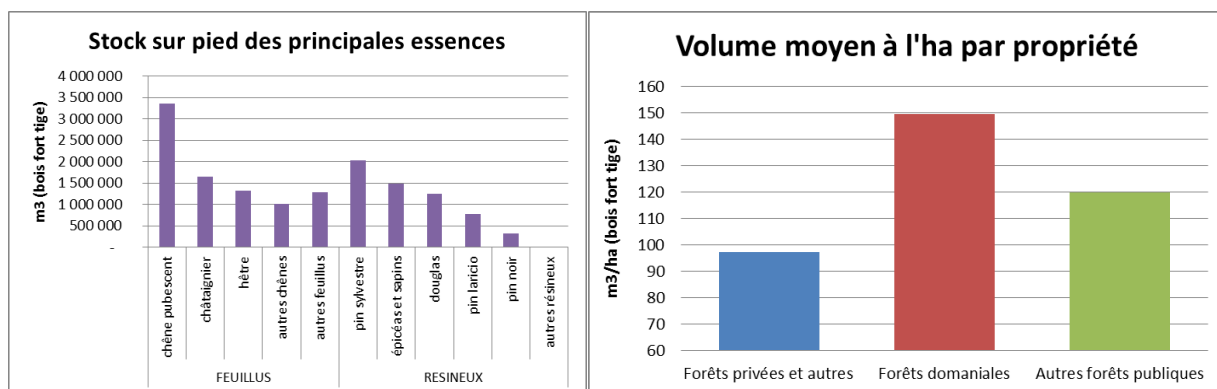
Avec 19 000 ha, les forêts ouvertes représentent 13,8 % de la superficie forestière totale disponible pour la production de bois, soit un taux largement supérieur à la moyenne de la région Occitanie (8,7 %).



Les forêts de la zone d'étude sont majoritairement privées (90 % du total de la superficie boisée).



Les forêts résineuses couvrent 40 000 ha, soit 30 % des forêts du PNR. Ce taux atteint 50 % dans les forêts publiques, majoritairement issues de plantations, où le douglas (40 % de la douglasaie du PNR se trouve en forêt publique, voir figure à droite ci-dessus), le pin noir (53 %) et le pin laricio (43 %) dominent. Les essences résineuses sont plus mûres et plus productives que les essences feuillues ; elles concentrent 38 % du stock de bois sur pied du PNR (voir figure à gauche ci-dessous). De ce fait les forêts publiques sont significativement plus capitalisées que les forêts privées (voir figure à droite ci-dessous).



Les principales caractéristiques forestières du PNR des Grands Causses, de la zone d'étude (PNR + PETR) et de la région Occitanie sont résumées dans le tableau ci-dessous.

En moyenne les forêts du PNR sont faiblement capitalisées (12,4 millions de m³ soit 94 m³/ha) et la production biologique est voisine de 400 000 m³/an, soit seulement 3 m³/ha/an. Sur les 10 dernières années, le taux de prélèvement sur le PNR s'élève à 10 %. Il monte à 18 % avec la partie du PETR Lévézou non incluse dans le Parc (zone riche en douglas et épicéa). Ces valeurs restent largement inférieures aux moyennes régionales (36 %), et plus encore nationales (52 %). Avec un taux de prélèvement faible, le stock sur pied progresse rapidement dans les forêts du PNR, au rythme de +300 000 m³/an. Les valeurs de flux restent toutefois entachées d'une marge d'erreur relativement importante, notamment le chiffre de prélèvement car il repose sur un faible nombre d'observations de terrain. Il convient de retenir que **la dynamique actuelle est clairement et fortement à la capitalisation du bois dans les forêts du PNR.**

	PNR GRANDS CAUSSES	PNR GRANDS CAUSSES & PETR LEVEZOU	REGION OCCITANIE
LA SURFACE FORESTIERE			
SURFACE FORESTIERE	136 200	144 500	2 615 400 ha
SURFACE FORET DE PRODUCTION	131 500	139 900	2 452 200 ha
TAUX DE FORET OUVERTE	14,5	13,8	8,7 %
TAUX DE BOISEMENT	41,8	38,0	35,5 %
LA RESSOURCE SUR PIED			
VOLUME DE BOIS SUR PIED	12 378	14 514	308 627 milliers m3 (bois fort tige)
	94	104	126 m3/ha
VOLUME DE BOIS SUR PIED RESINEUX	4 748	5 880	101 434 milliers m3 (bois fort tige)
	38	41	33 % total de la zone
PEUPLEMENTS RESINEUX	116	134	176 m3/ha
LES FLUX DE BOIS			
PRODUCTION BIOLOGIQUE	386	456	9 357 milliers m3/an (bois fort tige)
	3,0	3,3	3,8 m3/ha/an
MORTALITE NATURELLE	50*	53*	1 611 milliers m3/an (bois fort tige)
	0,4*	0,4*	0,7 m3/ha/an
PRELEVEMENTS	33*	73*	2 873 milliers m3/an (bois fort tige)
	0,3*	0,5*	1,2 m3/ha/an
TAUX DE PRELEVEMENT	10	18	36 %
CAPITALISATION EN FORET	303	330	5 219 milliers m3/an (bois fort tige)
	2,3	2,4	1,9 m3/ha/an
LE CARBONE EN FORET			
STOCK DE CARBONE (BIOMASSE DES ARBRES)	6 081	6 968	155 648 milliers tonnes de carbone
	46	50	63 tonnes de carbone/ha
PUITS DE CO2 DANS LA BIOMASSE DES ARBRES	496	546	9 360 milliers tonnes de CO2/an
	3,8	3,9	3,8 tonnes de CO2/ha/an
LE BOIS MORT			
VOLUME DE BOIS MORT SUR PIED ET CHABLIS	734	811	20 314 milliers m3 (bois fort tige)
	5,5	5,8	8,3 m3/ha
VOLUME DE BOIS MORT AU SOL	904	1 078	28 061 milliers m3
	6,8	7,6	11,5 m3/ha

* résultats non significatifs

II -4 Précautions d'usage concernant les résultats statistiques

Les résultats détaillés concernant les disponibilités en bois, mais aussi la ressource, la production nette et la mortalité sont fournis au PNR sous la forme de tableaux, pour lui permettre au PNR de faire ses propres totaux et de générer des graphiques.

Les résultats sont disponibles pour le territoire du PNR, du PNR et du PETR Lévézou, et des EPCI qui les composent.

Ces résultats doivent toutefois être exploités avec précautions. La précision statistique des résultats est satisfaisante à l'échelle du PNR, des groupes d'EPCI, des essences ou des propriétés. Elle se dégrade rapidement en revanche lorsqu'on croise les critères entre eux (ex : epci x essence).

Par conséquent, leur diffusion auprès d'acteurs non avertis en termes de données statistiques est fortement déconseillée.

Les résultats inférieurs aux valeurs suivantes doivent être considérés comme **non significatifs** et ne doivent donc pas être exploités :

- stock en volume bois fort tige : 200 000 m³
- stock en volume total aérien : 400 000 m³
- stock de carbone total aérien et racinaire : 100 000 tonnes de carbone
- flux de CO₂ total aérien et racinaire : - 30 000 tCO₂/an
- disponibilité technique : 15 000 m³/an

De manière générale il est conseillé de regrouper au maximum les résultats bruts, et de produire plusieurs tableaux comprenant chacun peu de lignes et colonnes.

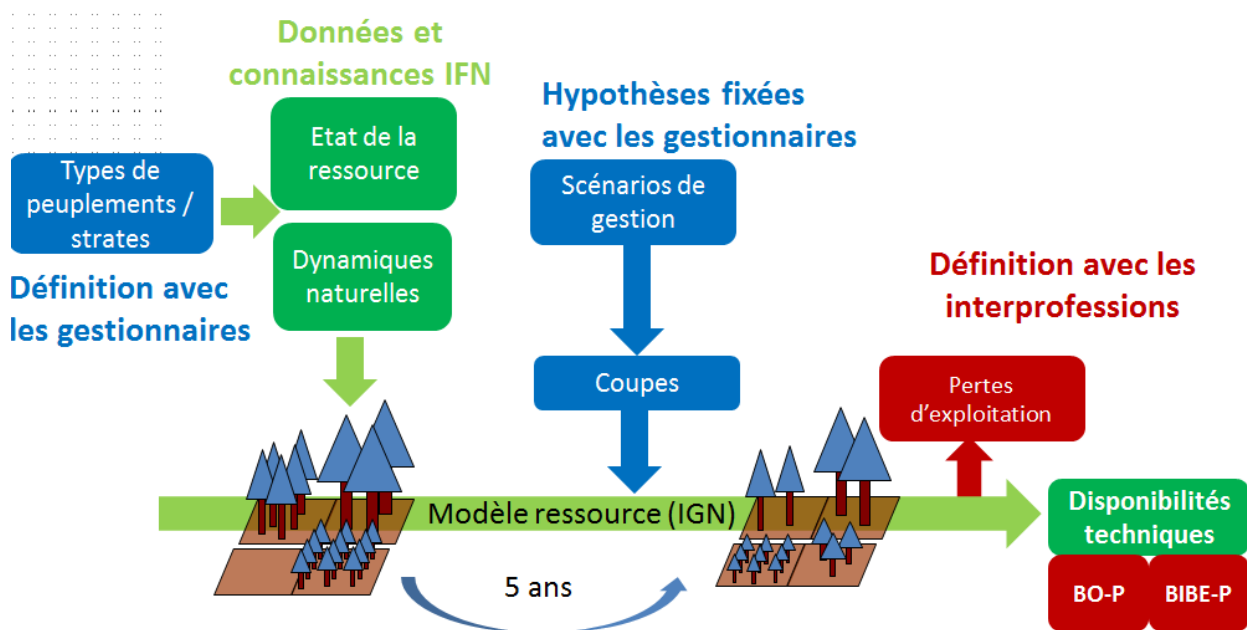
II -5 Disponibilités futures en bois

II-5.1 Méthode de calcul

a) Principe général

La disponibilité en bois est le potentiel de récolte permis par la ressource forestière d'un territoire, compte tenu de son stade de développement et en application de règles de gestion définies dans un scénario sylvicole.

Le calcul des disponibilités en bois est le résultat d'un exercice de simulation prospective. Il est rendu possible par l'emploi d'un modèle (voir l'annexe 1 sur le modèle MARGOT de l'IGN) qui permet de simuler l'évolution de la production biologique, de la mortalité naturelle et des prélèvements de bois. Les paramètres liés à la sylviculture, à l'exploitation forestière et à la valorisation des produits sont scénarisés en étroite concertation avec les parties prenantes de la filière forêt-bois du PNR (cf. cases bleues et rouges ci-dessous).



Le calcul des disponibilités s'appuie sur une analyse détaillée de l'état de la ressource forestière connue au travers de l'IFN. Cette analyse est effectuée par **strate** ; une strate est un ensemble de peuplements de caractéristiques suffisamment semblables pour que leur évolution soit simulée de la même manière.

Au sein de chaque strate, la ressource est décrite sous la forme d'un nombre de tiges par classe de diamètre. On simule ensuite sur un pas de 5 ans et jusqu'en 2037 l'évolution de cette ressource.

La dynamique est décrite au travers de plusieurs variables, distinguées par classe de diamètre : le recrutement (ensemble des arbres qui atteignent, au cours de la période, le diamètre précomptable), la production (croissance des arbres) et la mortalité naturelle sont calibrés sur les données IFN de tous les peuplements qui composent la strate. En complément, le niveau de prélèvement appliqué à la ressource est estimé à partir des règles de gestion définies par les acteurs forestiers, pour chaque classe de diamètre.

Le volume de disponibilité dépend donc étroitement du stade de maturité des peuplements (distribution des classes de diamètres qui évoluent au fur et à mesure de la simulation) et de la sylviculture appliquée aux strates.

Les disponibilités en bois fort tige (bois de diamètre ≥ 7 cm dans la tige), bois fort total (bois de diamètre ≥ 7 cm dans la tige et les branches) et volume aérien total (comprenant les menus bois de diamètre < 7 cm) sont calculées par pas de temps de 5 ans (avec une période initiale sur 2013-2017 et une période finale sur 2033-2037) puis annualisées.

Enfin les volumes de disponibilités sont répartis entre les catégories d'usages potentiels BO et BIBE des bois, en fonction des essences, des diamètres et des compartiments de bois dans l'arbre (tige et houppier).

b) Stratification de la ressource forestière

Compte tenu de la grande variabilité d'essences et de sylvicultures associées, sur le territoire du PNR, les gestionnaires forestiers ont retenus une stratification de la ressource basée sur la composition du couvert en essences pour les forêts fermées hors taillis (la méthode est détaillée en annexe 2). Les taillis, principalement constituée de chêne pubescent, et les forêts ouvertes sont traités dans des strates à part.

Les sept strates retenues au niveau de la zone d'étude sont cohérentes avec celles de l'étude régionale de disponibilités bois réalisée par l'IGN en 2018 dans le cadre du Programme régional forêt bois Occitanie. La correspondance est précisée dans la colonne à droite du tableau ci-dessous.

La strate dite des « résineux productifs » regroupe tous les peuplements de douglas, d'épicéa commun, d'épicéa de Sitka et de sapin pectiné de la zone d'étude, car les données IFN disponibles ne sont pas en nombre suffisant pour permettre de les distinguer. Les modèles de production et de mortalité naturelle utilisés pour calculer les disponibilités futures en bois sont donc des moyennes qui prennent en compte les caractéristiques de chaque essence au prorata de leur importance dans la ressource en 2011.

Bien que faiblement représentée dans l'échantillon IFN, la strate des pins noir et laricio a été distinguée de celle du pin sylvestre car les forêts publiques dominent, et la sylviculture y est résolument différente. Si les scénarios sylvicoles définis pour le calcul des disponibilités futures en bois diffèrent entre ces deux groupes de pins, les autres paramètres de simulation sont identiques car la précision statistique des données IFN n'est pas suffisante pour les distinguer.

libellé DE PNR Grands Causses	Domaine d'étude PNR Grands Causses	Nb de points IFN	dont forêt privée	dont forêt publique	surface (ha)	effectif à l'ha	volume sur pied (m3)	production (m3/ha/an)	Domaines d'étude PRFB Occitanie
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente	136	131	5	50 157	809	71	1,9	FF-CHB + FF-FRE + FF-AUTF + ces feuillus de FF-AUTF et FF-AUTFR
FF_F_HETRE_CHENES	Hêtraies et chênaies (pédonculé et sessile)	52	39	13	16 277	891	162	4	FF-HET + FF-CHN + ces feuillus de FF-AUTF et de FF-AUTFR
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie	41	40	1	12 743	826	151	4,1	FF-CAS + châtaigneraies de FF-AUTF et FF-AUTFR
FF_R_PIN_SYLVESTRE	Pin sylvestre	68	64	4	25 577	695	97	2,6	FF-PSYLUNC + pin sylvestre de FF-AUTFR
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	18	6	12	5 394	796	143	7,7	FF-PNIG + FF-PLARMAR + ces pins de FF-AUTFR
FF_R_RESINEUX_PRODUCTIFS	Résineux productifs	40	27	13	9 962	613	245	11,4	FF-EPIC + FF-DOUG + FF-SAP + FF-AUTR + ces résineux de FF-AUTFR
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes	45	44	1	19 755	147	8	0,3	FO-TOT, FO-PIN, FF-YEU
PNR Grands Causses et PETR	Total	400	351	49	139 865	691	100	3,1	Tous

Une fiche décrit la ressource actuelle, telle qu'elle a été inventoriée dans chaque strate : essences, diamètres, âge, etc. Les sept fiches sont en annexe 3.

c) Scénarios sylvicoles et itinéraires techniques

Deux scénarios sylvicoles ont été validés avec les gestionnaires forestiers publics et privés :

- Sylviculture tendancielle : maintien des pratiques de coupe actuelles jusqu'en 2037 ;
- Sylviculture dynamique : raccourcissement des itinéraires sylvicoles ou accroissement du taux de mise en œuvre des coupes (passage progressif du scénario tendanciel au dynamique jusqu'en 2037).

Pour chaque strate, les scénarios sylvicoles sont constitués de deux séries de paramètres :

- Des itinéraires techniques, définis comme des taux de coupe en effectif par classe de diamètre :
 - "Gestion avec coupes d'amélioration" : le peuplement fait l'objet de coupes d'améliorations, ou d'éclaircies avant une coupe définitive. Cet itinéraire correspond au modèle de la sylviculture régulière ;
 - "Gestion type coupe rase" : le peuplement ne fait pas l'objet de coupes d'amélioration successives, mais simplement d'une coupe rase finale. Cela correspond à une gestion de type "taillis", à la récolte de peuplements résineux n'ayant jamais été éclaircis ou à la réalisation de coupes rases d'opportunité ;
 - "Aucune coupe à l'horizon 2037" : les peuplements ne font pas l'objet d'une intervention sylvicole prelevant des tiges avant 2037.
- le taux de mise en œuvre de chaque itinéraire sur la surface totale du domaine d'étude. Le taux de surface gérée évolue au fil du temps pour passer progressivement du régime de sylviculture tendancielle au régime de sylviculture dynamique.

Le scénario finalement appliqué à une strate est le produit des itinéraires techniques pondérés par leurs taux de mise en œuvre respectifs. Il prend la forme d'un taux de coupe en effectif par classe de diamètre pour chaque période de simulation.

Pour définir les scénarios sylvicoles à l'échelle du PNR, les gestionnaires publics et privés ont amendé, sur la base de leur expertise propre et de leurs connaissances du contexte local, les scénarios définis dans l'étude

régionale de disponibilités bois réalisée par l'IGN en 2018 dans le cadre du PRFB Occitanie. Les deux études sont donc cohérentes.

Les scénarios ont été définis par strate et par propriété. Les paramètres des scénarios sylvicoles sont présentés en annexe 3 pour les forêts privées et en annexe 4 pour les forêts publiques :

- Par exemple en châtaigneraie privée le scénario dynamique consiste à passer d'une gestion actuelle de type taillis avec une coupe rase à 60 ans sur 20 % de la surface de la strate, à un double système visant d'une part à produire des petits sciages au travers de la mise en place de coupe d'amélioration sur 10 % de la surface en 2033-2037, et d'autre part à développer le taillis en portant la surface concernée par cette pratique à 25 % de la surface totale de la strate à cette échéance.
- Par exemple en forêt publique, l'âge d'exploitabilité moyen des peuplements de la strate des résineux productifs (douglas, pessière, sapinière) est abaissé en 10 ans à 55 ans dans le scénario dynamique contre 70 ans actuellement (scénario tendanciel).

De manière générale on retiendra qu'en forêt privée le principal levier de la dynamisation de la sylviculture est l'augmentation de la surface des forêts passées en coupe, alors qu'en forêt publique, où toutes les surfaces sont déjà aménagées, la dynamisation, quand elle est possible, consiste à raccourcir la durée des révolutions.

d) Reconstitution des surfaces coupées

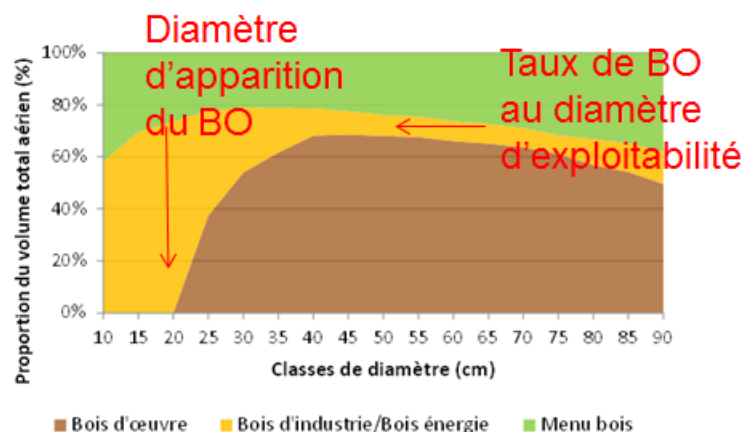
La reconstitution des surfaces de douglas et d'épicéa (strate des « résineux productifs ») rasées au cours de la période de simulation a fait l'objet d'une scénarisation particulière. Les gestionnaires ont émis l'hypothèse que toute la surface ne sera pas reconstituée à l'identique, principalement du fait de sécheresses plus fréquentes et plus prononcées dans le futur. Les gestionnaires publics et privés ont également signalé que le bouquet des essences résineuses productives au sein de cette strate allait changer en raison du changement climatique, avec le reboisement des pessières en douglasaies quand les conditions climatiques le permettent ou de certaines douglasaies en cédraies sur les stations les plus sèches. Cependant la méthode de stratification de la ressource utilisée pour calculer les disponibilités futures en bois ne permet pas de simuler ces évolutions car toutes ces essences sont déjà incluses dans la même strate des résineux productifs.

Cette strate mise à part, les gestionnaires ont considéré que toutes les surfaces rasées dans les autres strates seraient reconstituées avec les mêmes essences.

Les hypothèses finalement retenues pour la simulation sont présentées en annexe 5.

e) Usages des bois et pertes d'exploitation

Les disponibilités en bois sont finalement réparties suivant les deux catégories d'utilisation potentielle des bois BO (sciage, tranchage, déroulage) et BIBE (trituration, plaquette, bûche, granulé) en fonction des essences et des diamètres. Les hypothèses, validées avec les acteurs locaux, sont résumées en annexe 6.



Tige : l'exercice consiste en premier lieu à fixer, par essence, s'il est possible ou non de produire du BO. On exclue ainsi le chêne pubescent, le bouleau, etc., et par extension toute la strate « taillis ». Pour les essences qui peuvent produire du BO, le diamètre moyen d'apparition du bois d'œuvre et le taux de BO dans le volume de la tige des arbres ayant le diamètre d'exploitabilité défini dans l'itinéraire technique ont été renseignés. Un taux de valorisation en BO par classe de diamètre et essence a ainsi été défini.

Grosses branches : les acteurs locaux ont également précisé si les grosses branches des différentes essences sont exploitées en BIBE ou non, et le cas échéant quel est le pourcentage de valorisation.

Menus bois : les menus bois de moins de 7 cm de diamètre ont été distingués au sein des houppiers. Ils sont le plus souvent laissés sur le parterre de coupe mais ils peuvent également être valorisés sous la forme de plaquettes pour l'énergie.

Pertes d'exploitation : une fois les volumes de disponibilités brutes réparties entre les usages potentiels, la disponibilité technique a été calculée en appliquant un taux de perte d'exploitation de 8 % sur le BO, 15 % sur le BIBE des tiges, un taux variable suivant les essences sur le BIBE des grosses branches et enfin 50 % sur les menus bois. Pour la tige et les menus bois, les taux ont été définis lors de l'étude nationale de 2016 sur les disponibilités futures en bois [Colin & Thivolle-Cazat, 2016] et ils ont également été appliqués dans l'étude régionale de disponibilités bois pour le PRFB Occitanie [Piton, 2018].

II-5.2 Résultats sur les disponibilités futures en bois

a) Disponibilité initiale – période 2012-2017

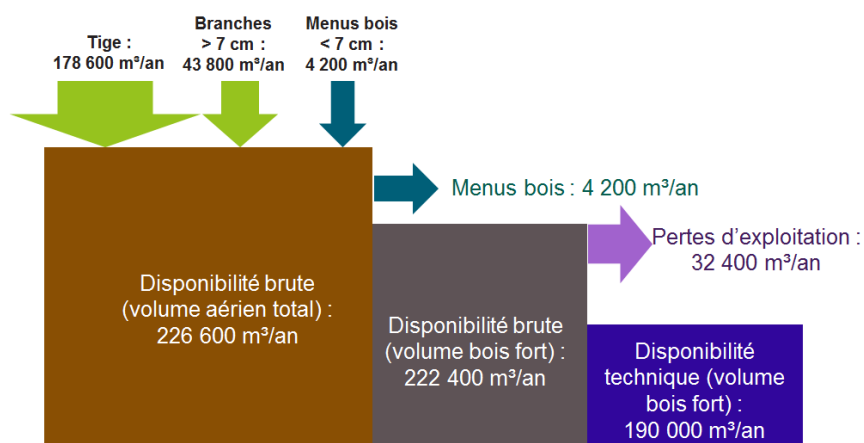
La disponibilité brute pour la période initiale 2012-2017, issue des simulations sur les bases définies par les acteurs locaux dans le scénario tendanciel, est de 178 600 m³/an en volume bois fort tige. Avec un volume complémentaire de 43 800 m³/an dans les grosses branches (diamètre <7cm), elle atteint 222 400 m³/an en volume bois fort total.

Les volumes de bois restant sur le parterre de coupe (rémanents d'exploitation) se décomposent en deux catégories :

- Les menus bois, c'est-à-dire les petites branches de diamètre inférieur à 7 cm. Leur disponibilité est estimée à 4 200 m³/an. Ajouté à la disponibilité en bois fort total, cela donne une disponibilité en volume aérien total de 226 600 m³/an. Dans la suite de l'étude, les menus bois seront systématiquement exclus, et les résultats donnés en volume bois fort total.
- Les pertes d'exploitation, c'est-à-dire les souches, encoches d'abattage, traits de scie, purges, grosses branches rémanentes, etc. représentent 32 400 m³/an. Il est déduit de la disponibilité brute pour donner la disponibilité technique.

Finalement, la disponibilité technique en bois fort total, composée de BO et de BIBE, s'élève à 190 000 m³ par an pour la période actuelle (2012-2017). Cette disponibilité est constituée aux $\frac{3}{4}$ de résineux, avec 142 000 m³/an.

PÉRIODE 2012-2017 : DISPONIBILITÉS ANNUELLES CALCULÉES PAR LE MODÈLE



Ces chiffres de disponibilités correspondent à l'offre de bois des forêts ; ils peuvent être mis en regard des données de consommation. L'enquête annuelle sur la branche d'activité « Exploitation forestière » (EAB) du ministère en charge des forêts, dont les chiffres du département de l'Aveyron ont été proratisés par la société Forêt Logistique Conseil pour estimer la récolte réalisée sur le territoire du PNR Grands Causses et du PETR Lévézou, donne un volume de récolte commercialisée de 126 000 m³/an sur la période 2012-2016. En ajoutant l'autoconsommation de bois de chauffage, estimée par le PNR à 30 000 m³/an, la récolte totale est estimée à 156 000 m³/an, dont 119 000 m³/an de résineux et 37 000 m³/an de feuillus.

Le différentiel de 34 000 m³/an est majoritairement dû au résineux, avec 23 000 m³/an d'écart. Cela pourrait s'expliquer par une sous-estimation de la récolte EAB résineuse déclarée dans l'Aveyron. En effet le siège social des principaux exploitants forestiers se situe dans les départements limitrophes (Tarn et Lozère), ce qui pourrait biaiser la déclaration sur l'origine des bois. Des écarts sont également induits par des différences dans les définitions des volumes et dans leur mode de calcul, sans qu'ils puissent être quantifiés.

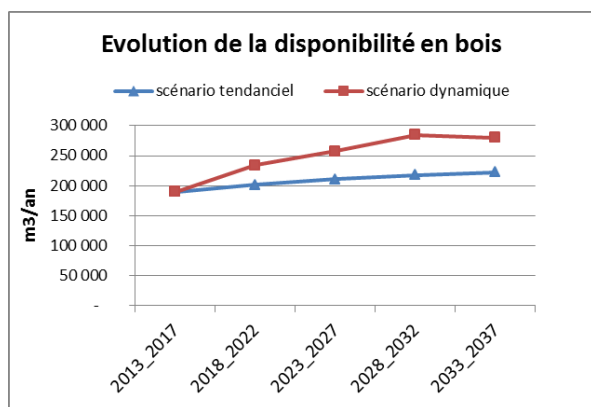
Compte tenu des incertitudes qui pèsent sur chacun des termes, on peut affirmer que le chiffre de disponibilité technique et l'estimation de récolte pour la période récente sont cohérents.

b) Evolution de la disponibilité technique

Avec un stock sur pied qui augmente depuis de nombreuses années et un taux de prélèvement considéré comme fixe dans le scénario tendanciel, la disponibilité technique en BO et en BIBE, c'est-à-dire le volume potentiellement récoltable chaque année, augmentera mécaniquement. Par rapport à la récolte actuelle estimée à environ 190 000 m³/an (tige et grosses branches incluses), la disponibilité supplémentaire serait de 20 800 m³/an en 2027 et 32 400 m³/an en 2037 (+17 %).

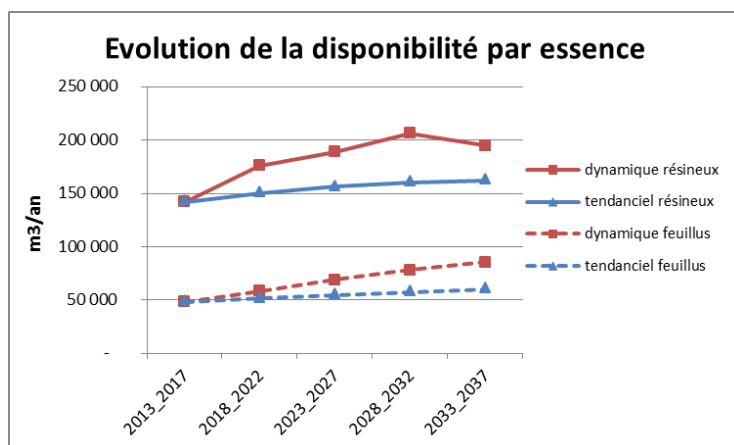
BO et BIBE (m ³ /an)	période				
scénario	2013_2017	2018_2022	2023_2027	2028_2032	2033_2037
tendanciel	190 000	201 500	210 800	217 700	222 400
dynamique	190 000	234 400	257 800	284 400	280 400

Le scénario dynamique simule la mise en coupe de forêts qui ne font pas aujourd'hui l'objet de prélèvements. Sous cette hypothèse, la disponibilité en 2037 serait majorée de 58 000 m³/an par rapport à celle du scénario tendanciel, ce qui représenterait une hausse de 48 % par rapport au chiffre actuel. Le pic de disponibilité atteindrait son plafond en 2032, puis resterait stable jusqu'en 2037. L'analyse par essence explique cette évolution.



c) Disponibilité par essence et type de produits bois

La disponibilité actuelle est constituée au $\frac{3}{4}$ par des essences résineuses, qui concentrent également les plus fortes marges de progression, en lien avec l'arrivée à maturité des plantations de douglas et d'épicéas.

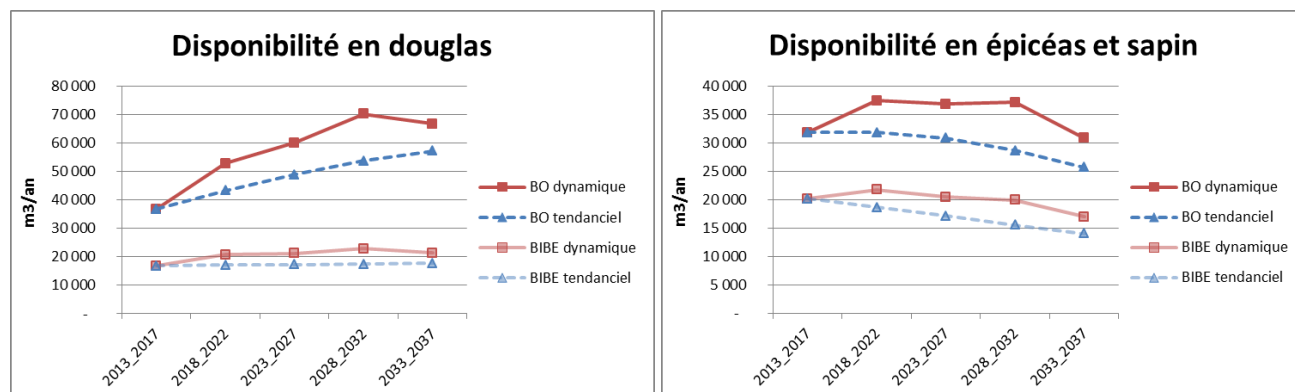


m3/an	periode						
scenario	essence	produit	2013_2017	2018_2022	2023_2027	2028_2032	2033_2037
tendanciel	feuillus	BO	3 700	4 100	4 500	4 900	5 200
		BIBE	44 300	47 200	50 000	52 600	55 000
		total	47 900	51 300	54 500	57 400	60 200
	résineux	BO	79 400	87 100	92 600	96 100	97 400
		BIBE	62 700	63 200	63 700	64 100	64 900
		total	142 100	150 300	156 300	160 200	162 300
dynamique	feuillus	BO	3 700	4 800	5 800	6 900	7 600
		BIBE	44 300	53 400	62 900	71 000	77 700
		total	47 900	58 200	68 700	77 900	85 300
	résineux	BO	79 400	102 900	111 100	122 800	113 700
		BIBE	62 700	73 300	77 900	83 700	81 400
		total	142 100	176 200	189 100	206 500	195 000

Le pic des disponibilités résineuses devrait être atteint autour de 2032 avec le scénario dynamique. A cette date les volumes de BO et BI de douglas et épicéa atteindraient 160 000 m³/an (dont 107 000 m³/an de BO), contre 106 000 m³/an aujourd'hui (dont 69 000 m³/an de BO). Entre 2032 et 2037 les disponibilités résineuses resteront élevées mais elles commenceront à décroître, avec -9 000 m³/an d'épicéas et -5 000 m³/an de douglas. Ceci est la conséquence d'un déséquilibre de la ressource au profit des classes d'âge adultes et matures, et d'un manque de renouvellement dans le futur compte tenu des risques liés au changement climatique.

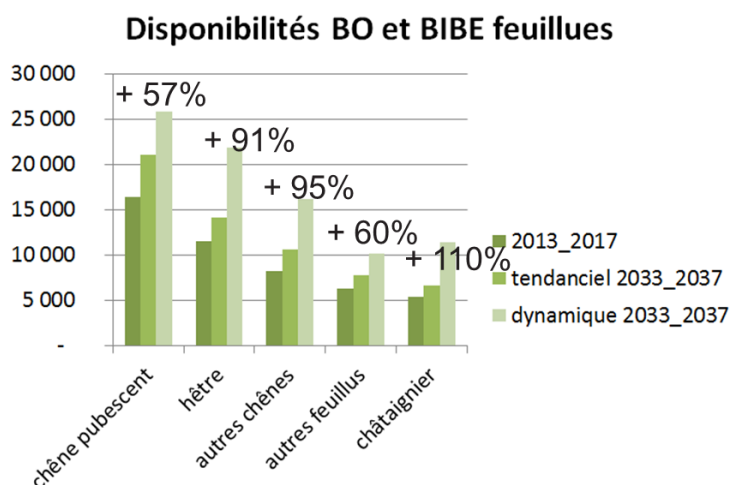
Les deux sylvicultures simulées en douglasaie entraînent l'émergence d'un important stock de très gros bois (diamètre 60 cm et plus), puisqu'en 2037 ils représentent 42 % du stock total de douglas (830 000 de m³ avec le scénario tendanciel, 620 000 m³ avec le scénario dynamique), contre 10 % actuellement (120 000 m³).

Des analyses plus approfondies de l'évolution de la ressource et des disponibilités des douglasaies et des pessières sont disponibles respectivement en annexes 7 et 8.



A contrario, les pins fournissent principalement du BIBE (70 % du total de la disponibilité de ces essences mais 83 % pour le pin sylvestre) et les volumes concernés ne cessent de croître au fil du temps dans les deux scénarios car la ressource est encore relativement jeune. La dynamisation de la sylviculture permet de produire 10 000 m³/an de BIBE supplémentaires.

Les disponibilités des différentes essences feuillues pourraient être doublées (châtaignier, hêtre, chênes pédonculés et sessiles) si les marchés du BIBE se développaient.



Les disponibilités en BO des principales essences feuillues et résineuses sont disponibles en annexe 7. L'annexe 8 donnent le même type de résultats pour le BIBE.

d) Disponibilité par type de propriété forestière

Avec une disponibilité technique de 75 000 m³/an (dont 33 000 m³/an de BO résineux et 23 000 m³/an de BIBE résineux), les forêts publiques représentent actuellement 39 % de la disponibilité totale de la zone d'étude. Leur contribution est particulièrement forte car elles couvrent seulement 10 % de la surface et n'hébergent que 17 % du stock sur pied.

La dynamisation de la gestion permettrait de récolter 27 000 m³/an supplémentaires en 2037, dont 10 000 m³/an de BO résineux. A noter que le pic de disponibilités résineuses avec le scénario dynamique est atteint en forêt publique dès 2027, et que les volumes récoltables baissent sensiblement sur la dernière période.

BO et BIBE (m3/an)		période				
propriétés	scenario	2013_2017	2018_2022	2023_2027	2028_2032	2033_2037
Forêts privées et autres	Tendanciel	115 100	124 600	132 600	138 900	143 700
	Dynamique	115 100	140 600	154 800	175 300	178 800
Forêts publiques	Tendanciel	75 000	76 900	78 200	78 700	78 700
	Dynamique	75 000	94 900	103 000	109 100	101 600

Malgré cela la part des forêts publiques dans la disponibilité totale du territoire baissera pour atteindre 36 % en 2037. Les plus fortes marges de progression de récolte supplémentaire se trouvent donc en forêt privée. Dans ces forêts les disponibilités en BO et en BIBE, feuillus comme résineux, progressent systématiquement jusqu'en 2032 quel que soit le scénario. Avec le scénario dynamique la disponibilité résineuse plafonne entre 2032 et 2037.

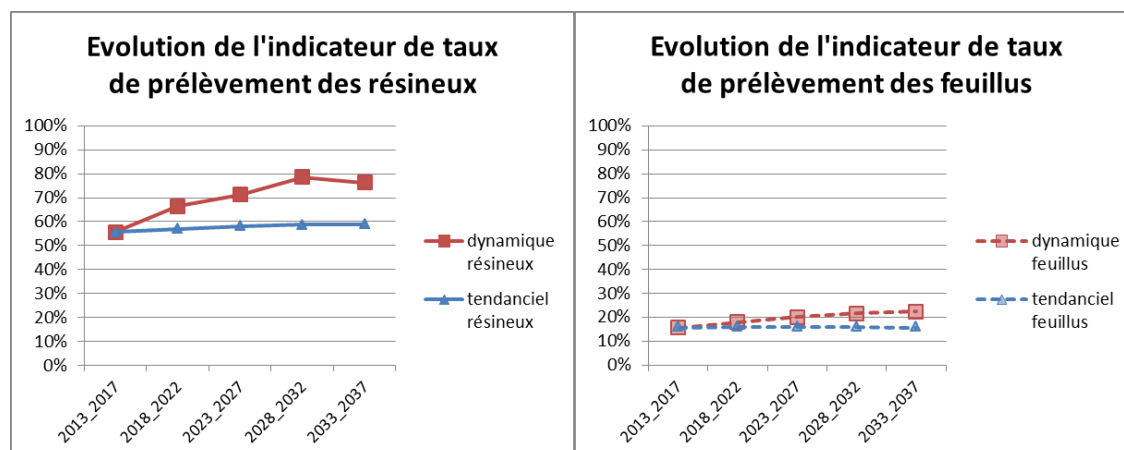
e) Durabilité de l'exploitation

A l'échelle de la zone d'étude, la hausse des disponibilités en bois ne conduit pas à réduire le stock de bois à l'hectare, et cela quel que soit le scénario simulé. En effet, les prélèvements restent largement inférieurs à la production biologique.

Voisin actuellement de 105 m³/ha, le capital atteindrait 164 m³/ha en moyenne en 2037 avec le scénario tendanciel. Ce chiffre serait un peu plus faible avec le scénario dynamique (156 m³/ha) en raison de prélèvements plus importants mais la durabilité de la gestion forestière reste garantie à l'échelle de la zone d'étude.

L'indicateur du taux de prélèvement (rapport entre les prélèvements et la production biologique nette de la mortalité, chaque terme étant exprimé en volume aérien total) demeure autour de 34 % dans le cas du scénario tendanciel. Il monte jusqu'à 45 % en 2032 avec le scénario dynamique, avant de redescendre à 44 % compte tenu de la baisse des disponibilités résineuses. Le taux de prélèvement des essences résineuses est largement supérieur à celui des feuillus et il atteint même 79 % avec le scénario dynamique en 2032. Ce chiffre semble être un maximum dans le cadre de la sylviculture mise en œuvre. Il pourrait être augmenté dans le cas d'une récolte des gros bois puis du renouvellement des surfaces rasées.

Quoi qu'il en soit les taux de prélèvement restent inférieurs à 100 %, ce qui traduit des dynamiques de capitalisation, y compris chez les résineux.

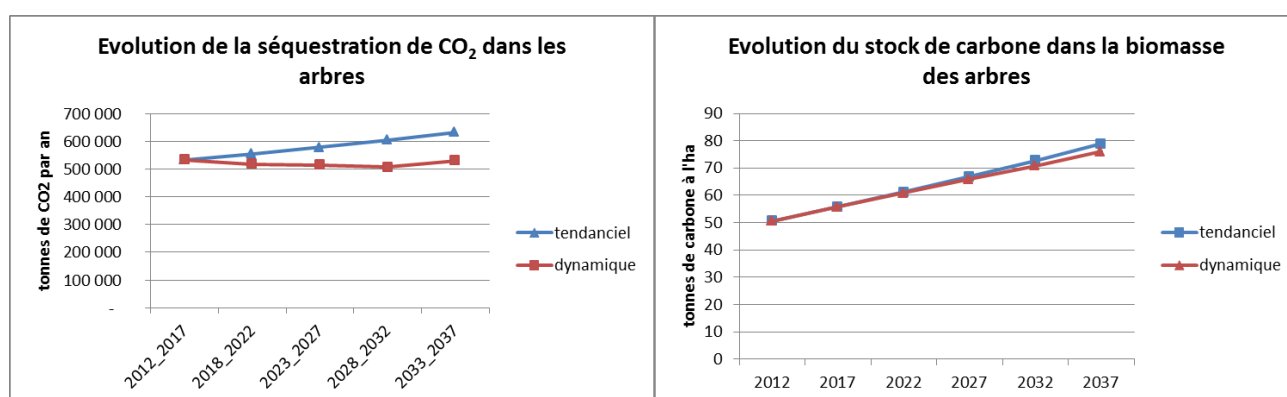


II -6 Stock et puits de carbone dans la biomasse forestière

Les arbres des forêts du PNR des Grands Causses et du PETR Lévézou stockent actuellement 7 millions de tonnes de carbone (MtC) dans leur biomasse aérienne (tronc, branches et brindilles) et racinaire (souches et racines). Chaque hectare de forêt stocke donc en moyenne une cinquantaine de tonnes de carbone. Cette valeur varie en fonction du volume de bois sur pied et de l'essence, car le bois des résineux est sensiblement moins dense que celui des feuillus.

En corrolaire à la dynamique de capitalisation du bois sur pied, les forêts du territoire contribuent chaque année à soustraire 540 000 tonnes de CO₂ à l'atmosphère, soit 145 000 tonnes de CO₂. Chaque hectare de forêt séquestre donc 3,8 tonnes de CO₂ par an en moyenne. Les forêts du PNR sont donc un puits de carbone ; elles jouent un rôle direct dans l'atténuation des effets du changement climatique.

La poursuite des pratiques actuelles de gestion permet d'accroître l'intensité de la séquestration de carbone dans la biomasse, qui atteindrait 630 000 tonnes de CO₂ en 2037 soit 4,5 tonnes de CO₂/ha/an. Malgré une hausse (modeste) des prélèvements, le stock total de carbone dans la biomasse des forêts s'établirait à 11 millions de tonnes en 2037, soit 79 tonnes à l'ha en moyenne.



Malgré la hausse des prélèvements de bois en forêt, la mise en œuvre du scénario dynamique permettrait quant à elle de maintenir l'intensité de la séquestration à son niveau actuel de 3,8 tonnes de CO₂/ha/an. Le stock de carbone des forêts continuerait donc de croître au même rythme qu'actuellement, pour atteindre 10,6 millions de tonnes en 2037 (76 tonnes à l'ha en moyenne).

Puits de CO2 dans la biomasse (tCO2/ha/an)		
	tendanciel	dynamique
2012-2017	-3,8	-3,8
2018-2022	-4,0	-3,7
2023-2027	-4,1	-3,7
2028-2032	-4,3	-3,6
2033-2037	-4,5	-3,8

Il est donc possible à la fois de récolter davantage de bois est de continuer à séquestrer autant de CO₂ qu'aujourd'hui. De plus la contribution de la filière forêt-bois du territoire à la lutte contre l'effet de serre ne se limite pas à la séquestration dans la biomasse des peuplements forestiers. La mise en œuvre du bois dans la construction permet de prolonger l'effet séquestration dans les matériaux. Mais surtout la valorisation des produits bois issus de la forêt permet d'éviter des émissions additionnelles de CO₂ d'origine fossile dans l'atmosphère (effet dit de substitution) car la fabrication de produits à base de bois est souvent moins consommatrice d'énergie que les autres matériaux.

III- Indicateurs spatialisés

Avec les données statistiques présentées dans le chapitre II, les indicateurs cartographiques enrichissent le corpus d'informations sur les forêts du PNR en apportant une information localisée. La mise en place d'indicateurs spatialisés concernant le volume moyen sur pied à l'hectare et les conditions locales d'exploitabilité, basés sur les données géographiques existantes sur le territoire du Parc, permet en effet de mettre en relief les zones à enjeux à l'échelle du Parc et de ses EPCI. Ces cartographies orientent l'action publique et la prospection terrain, et facilitent la communication envers les décideurs et le grand public.

La carte forestière « BD Forêt v2® » du département de l'Aveyron constitue la référence spatiale des peuplements forestiers. Elle décrit l'ensemble des peuplements forestiers et, pour chaque massif de plus de 2 ha, elle précise l'essence principale du peuplement. La BD Forêt v2 de l'Aveyron est issue de l'interprétation par les agents de l'IGN de photographies aériennes datant de 2008.

Les indicateurs ont été calculés et cartographiés à l'échelle des sections cadastrales de la BD Parcellaire®, pour offrir une vue d'ensemble sur le territoire de l'étude. Quand les données servant à les constituer le permettent, une cartographie à l'échelle communale est proposée (par exemple pour l'accessibilité physique).

Les différentes données géographiques utilisées pour calculer ces indicateurs sont listées dans l'annexe 11. Les cartographies et les données géographiques résultantes de l'étude (résultats de Sylvaccess, table des indicateurs par section cadastrale) sont incluses au livrable de l'étude et documentées en annexes 12 et 13.

Les traitements effectués sur les données géographiques ont été réalisés à partir des logiciels R (pour la cartographie du volume), FME et QGIS (pour la cartographie de l'exploitabilité).

III -1 Cartographie du volume moyen à l'hectare

Les données de volume que produit classiquement l'IGN sont issues de l'enquête statistique d'inventaire forestier national (IFN). Elle fournit des informations de cadrage indispensables à l'échelle de territoires relativement vastes (EPCI, PNR, département). Elles sont cependant inopérantes pour les approches plus locales en raison du nombre limité d'observations de terrain à cette échelle.

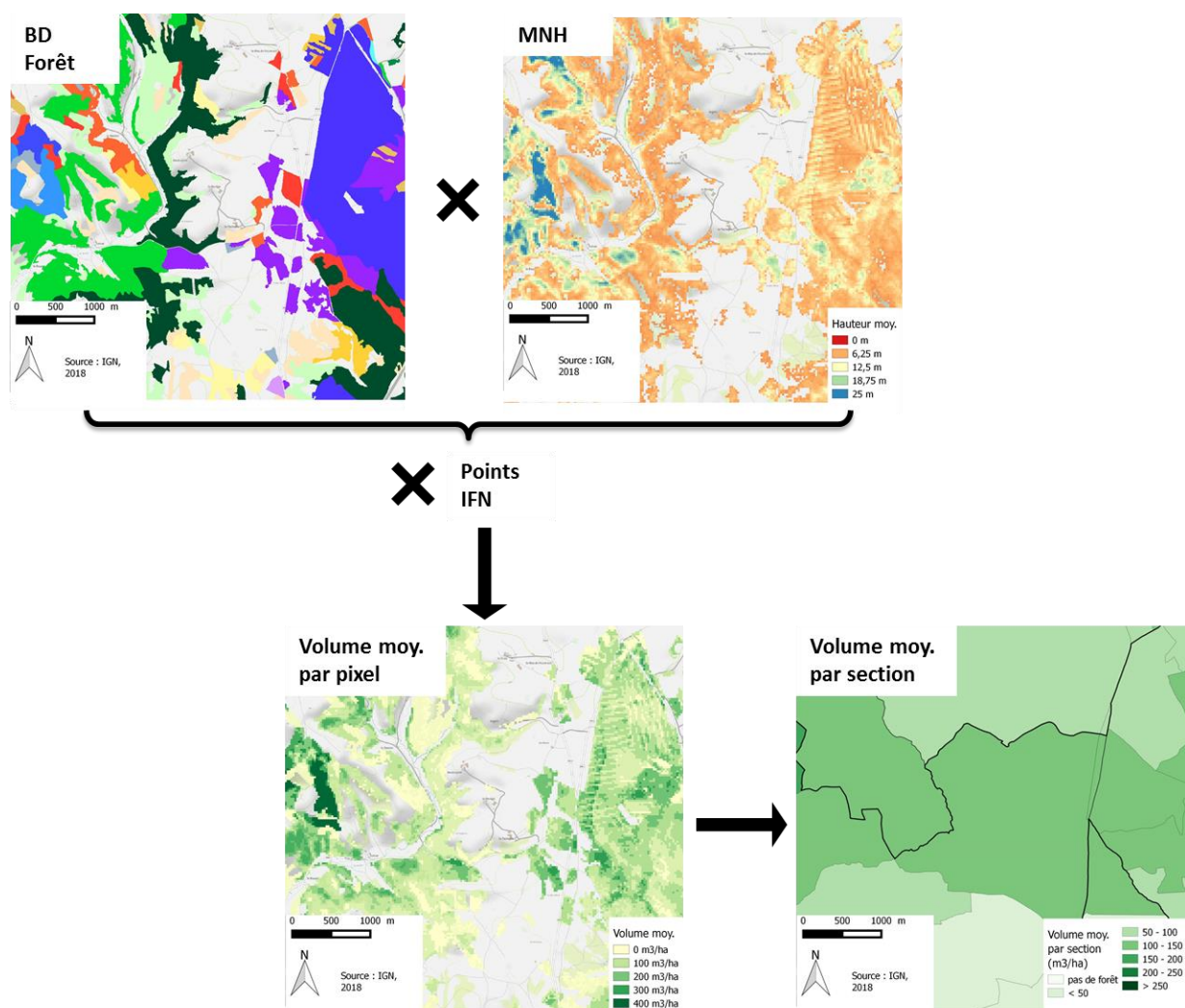
Afin d'accompagner les professionnels du territoire dans l'orientation de leurs actions de terrain, une méthode innovante a été mise en place pour cartographier le stock de bois sur pied à l'hectare par section cadastrale. Elle consiste à combiner les informations de nature statistique de l'IFN (qui donnent le volume à l'hectare) et les informations de nature cartographique de l'IGN qui sont corrélées au volume de bois sur pied, comme le type de peuplement forestier et la hauteur des peuplements.

L'IGN survole régulièrement chaque département français, et produit ainsi des photographies aériennes à partir desquelles on peut calculer des modèles numériques de surface (MNS) par photogrammétrie. Un MNS correspond à l'altitude du sursol. Sur le département de l'Aveyron, un MNS avec une résolution de 25 cm a ainsi été produit grâce à des prises de vue aériennes de 2016. Parallèlement, un modèle numérique de terrain (MNT) correspondant à l'altitude du sol est disponible au pas de 1 m sur l'ensemble de la France (RGE Alti®). La précision sur l'altitude de ce MNT sur la zone d'étude varie de l'ordre d'une dizaine de centimètres là où un vol LiDAR a été réalisé (seulement pour les forêts situées dans la vallée du Tarn) à quelques mètres pour les autres massifs forestiers (majoritaires sur le territoire).

La différence entre le MNS et le MNT permet, pour toutes les forêts cartographiées dans la BD Forêt v2, d'approcher la hauteur de la végétation, ou modèle numérique de hauteur (MNH), et de calculer une hauteur moyenne par pixel de 25 m de côté (proche de la taille d'une placette d'inventaire IFN). Ces informations d'essence et de hauteur sont très liées au volume à l'hectare des peuplements forestiers et leur utilisation permet donc de spatialiser les volumes de bois sur pied.

La méthode employée pour cartographier ces volumes est résumée dans le schéma ci-dessous. Elle consiste à cartographier des types de peuplements basés sur des essences et des classes de hauteur, et qui ont une

faible variabilité interne (les peuplements au sein d'un type sont les plus homogènes possibles) et la plus forte variabilité externe (les types diffèrent significativement les uns des autres). Vingt-trois types de peuplements ont ainsi été créés : forêts ouvertes feuillues, mixtes et résineuses, forêts fermées de chêne, d'autres feuillus, mixtes, de pins ou d'autres conifères subdivisées entre peuplements de moins de 15 m de hauteur, entre 15 et 20 mètres, entre 20 et 25 mètres et plus de 25 mètres. Une valeur moyenne de volume par type de peuplement a ensuite été calculée, cartographiée puis agrégée à l'échelle des sections cadastrales. Les 1604 placettes IFN disponibles dans la zone d'étude et dans les zones des départements limitrophes aux conditions écologiques similaires (sylvo-éco-régions « Grands Causses », « Ségala et Châtaigneraie auvergnate » et « Haut-Languedoc et Lézou ») ont été utilisées pour le calcul des variabilités et du volume moyen par type géographique ainsi constitué.

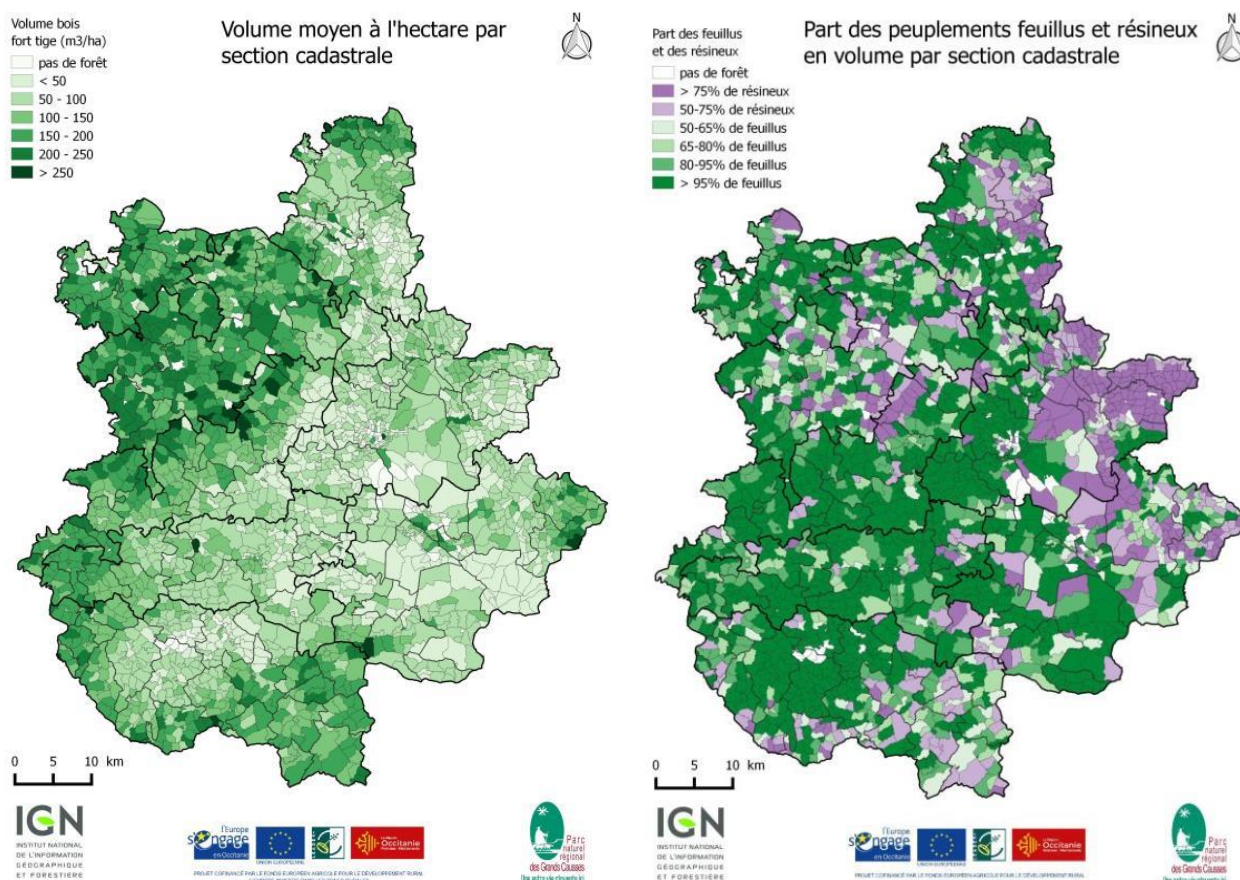


La même méthode a été appliquée pour calculer la part du volume des feuillus et des résineux dans le volume total.

Les erreurs locales peuvent être fortes compte-tenu de la qualité de précision des données d'entrée, et notamment celle du MNT. Par ailleurs, la hauteur et l'essence n'étant pas les seuls déterminants du volume sur pied (par exemple la densité en effectif du peuplement n'est pas prise en compte), l'intervalle de confiance autour de la valeur moyenne par entité géographique reste important. Cette méthode ne permet donc pas de prédire la valeur exacte du volume moyen pour chaque section cadastrale. En revanche, elle permet de fournir des tendances réalistes sur la répartition du stock sur pied, et ainsi de visualiser des massifs forestiers plus ou moins capitalisés.

Ces cartes permettent de distinguer différentes zones du territoire, avec des peuplements très ouverts et des taillis de chênes avec peu de volume dans le Causse du Larzac et le Sud-ouest du PNR, des peuplements

peu denses de pins dans le Causse Noir, alors que les forêts au Sud de Camarès ainsi que celles du Lézou sont plus capitalisées, avec entre autres des plantations résineuses plus importantes.



III -2 Cartographie de l'exploitabilité des peuplements

La qualification des conditions d'exploitabilité est évaluée suivant un indicateur composite basé l'accessibilité physique au sein des massifs forestiers, le morcellement foncier et le pourcentage de forêts couvertes par des zones de protection.

D'autres indicateurs ont été calculés à l'échelle de la section cadastrale, comme le taux de boisement, le pourcentage de feuillus et de résineux ou la part des forêts dotées d'un document de gestion durable. Ils n'ont toutefois pas été retenus pour le calcul de l'indicateur d'exploitabilité. Ils sont inclus dans la couche de données des sections cadastrales, fournie dans les livrables de l'étude.

Le travail réalisé dans cette partie revêt un caractère expérimental. Plusieurs autres paramètres pourraient être pris en compte ou approfondis, notamment les aspects liés à la voirie avec par exemple l'accessibilité des grumiers aux massifs, la portance des sols, ou bien encore d'autres éléments qui n'ont pas pu être étudié dans le cadre de cette étude faute de temps et/ou de données disponibles et directement utilisables.

III-2.1 Accessibilité physique au sein des peuplements forestiers

L'accessibilité physique a été estimée à l'aide du logiciel libre Sylvaccess développé par les chercheurs de l'IRSTEA à Grenoble. Il permet de déterminer point par point la difficulté d'accès des débardeurs et des bûcherons aux massifs forestiers à partir de la pente (MNT - RGE Alti® au pas de 5 m), du réseau de pistes

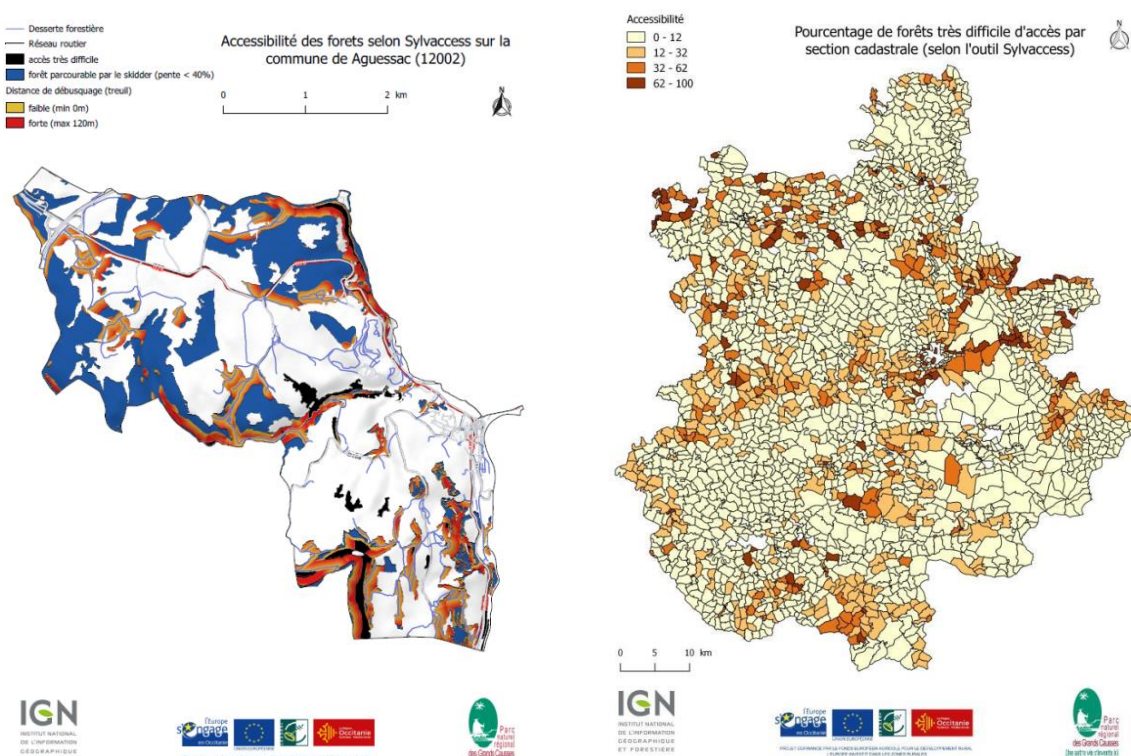
et de routes forestières décrit dans la BD Topo® de l'IGN, et de couches d'obstacles (cours d'eau et surfaces en eau de la BD Topage d'une part ; bâtiments, voies ferrées et réseau routier de la BD Topo d'autre part).

Le paramétrage de l'outil (pente maximale, longueur de câble du skidder, etc.) a été réalisé selon les informations fournies par les acteurs locaux, à partir des schémas de desserte existants. Les différents paramètres sont repris pour mémoire en annexe 14.

Les données d'entrée de Sylvaccess ont été préparées selon la notice d'utilisation de Sylvaccess. La BD Forêt est utilisée comme couche de référence des forêts, après suppression des « landes » et des « formations herbacées ». Par ailleurs, un important travail de reprise manuelle des données de dessertes de la BD Topo a été nécessaire pour l'utilisation dans Sylvaccess. La zone d'étude étant assez vaste, les temps de traitement dans Sylvaccess ont été long, environ 12 h sur une station de calcul.

Les résultats de l'outil Sylvaccess sont des rasters de 5 m de résolution. Ils sont disponibles sur l'ensemble de la zone du PNR et ils sont inclus à la livraison (cf. annexe 15). Un travail de cartographie a été réalisé à l'échelle de la commune pour visualiser les conditions d'accès des engins d'exploitation forestière au sein des massifs (cf. Figure à gauche ci-dessous).

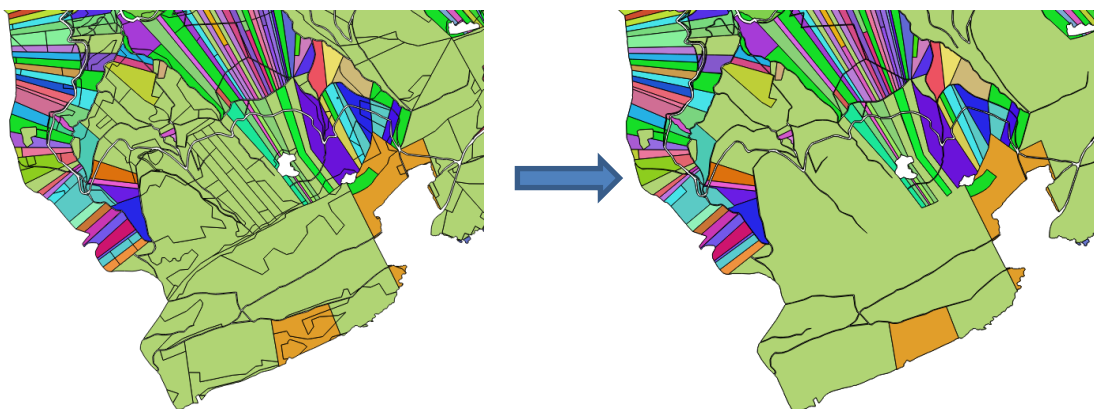
Cependant, ces résultats n'ont pas encore pu faire l'objet d'une validation de terrain et les cartes par commune doivent être interprétées avec prudence. De plus, l'analyse ne tient pas compte des conditions d'accès à la desserte et à la voirie (notamment les itinéraires bois ronds et les places de dépôts) pour les camions. Il est recommandé d'accompagner toute communication de ces cartes auprès des opérateurs forestiers des précautions d'usages.



Enfin, les résultats bruts de Sylvaccess ont également servi à calculer un indicateur d'accessibilité moyenne à l'échelle des sections cadastrales (cf. Figure ci-dessus à droite). L'indicateur retenu est le pourcentage de forêts « très difficile d'accès » : surfaces qualifiées d'inaccessibles dans la terminologie Sylvaccess, c'est-à-dire où la pente est supérieure à 40 % et à plus de 120 m de la route pour le skidder, ou bien dont l'accès est rendu impossible en raison de la présence d'un cours d'eau ou d'un bâtiment.

III-2.2 Morcellement foncier

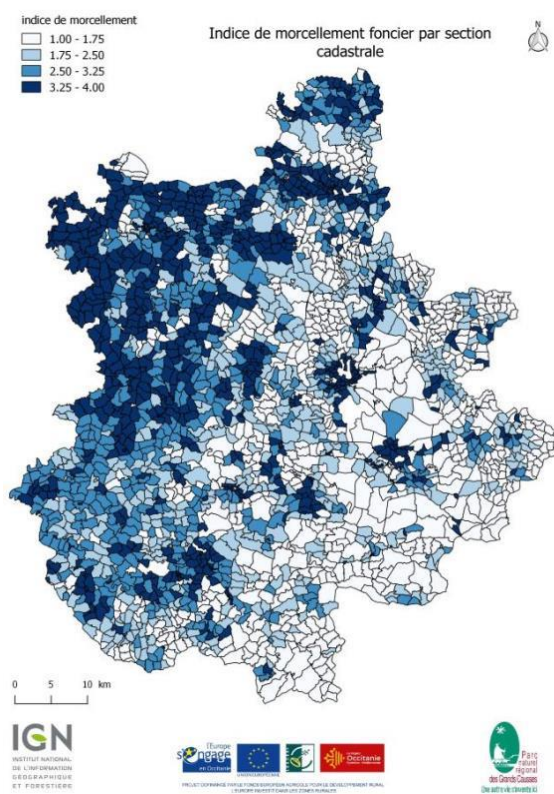
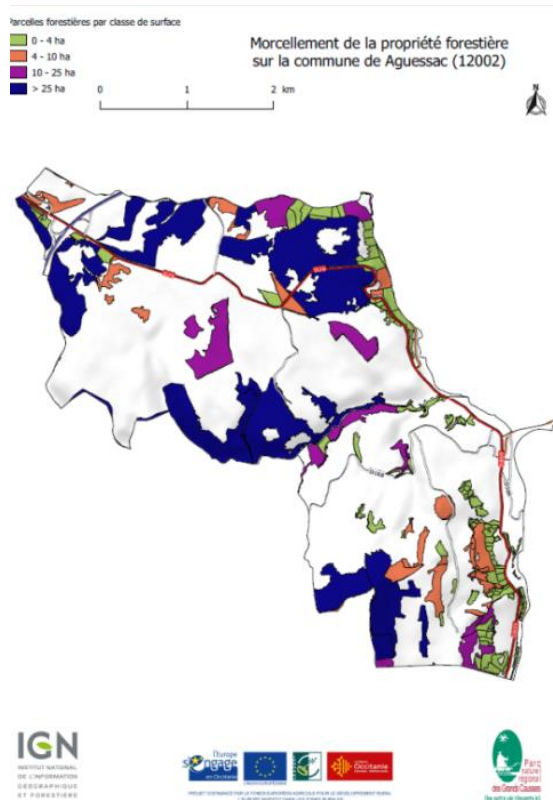
Le morcellement foncier des massifs forestiers a été étudié à partir des données du cadastre DGFIP (PCI Vecteur) mis à disposition par le PNR. Après découpage par la BD Forêt, les parcelles cadastrales « proches » (moins de 40 m de distance, de part et d'autre d'un chemin, par exemple) appartenant au même propriétaire ont été identifiées et assemblées de façon à créer des « entités foncières » en fonction de leur propriétaire, comme illustré dans la figure ci-dessous.



Les étapes du traitement réalisé avec l'outil FME sont les suivantes :

- Découpage des parcelles cadastrales par la BD Forêt pour ne traiter que les zones forestières et limiter les temps de calculs ;
- Création d'une zone tampon de 20 m autour de chaque parcelle et détection des parcelles dont les zones tampon se croisent et qui ont le même propriétaire ;
- Aggrégation des parcelles concernées pour créer les « entités » foncières par propriétaire.

Ces entières foncières ont ensuite été cartographiées par classes de taille de propriété, à l'échelle de la commune, comme illustré dans la Figure à gauche ci-dessous.



Tout comme l'accessibilité physique, un indicateur synthétique de morcellement foncier a été calculé à l'échelle des sections cadastrales (cf Figure à droite ci-dessus). Son calcul s'effectue selon la formule suivante :

*Indicateur Morcellement = (nombre d'entités supérieures à 25 ha + 2*nombre d'entités entre 10 et 25 ha + 3* nombre d'entités entre 4 et 10 ha + 4*nombre d'entités inférieures à 4 ha) / nombre d'entités totales de la section cadastrale.*

Cette formule revient à donner à chaque section cadastrale une note comprise entre 1 (la section cadastrale est exclusivement constituée d'entités de plus de 25 ha) et 4 (la section cadastrale est exclusivement constituée d'entités de moins de 4 ha). Plus la note est grande, plus le morcellement foncier est important.

Le choix de sélectionner toutes les entités foncières intersectant la section cadastrale implique des doubles comptes d'entités foncières d'une section cadastrale à une autre. Cependant, ce choix a été jugé préférable au découpage des entités foncières par les sections cadastrales, qui diminuait artificiellement la taille des entités foncières.

On constate que les collines du Lévézou présentent un morcellement foncier plus important, tandis que le sud-est du parc présente des propriétés plus importantes, et notamment des grands domaines publics.

Un atlas par EPCI de cet indicateur a été réalisé (voir annexe 13).

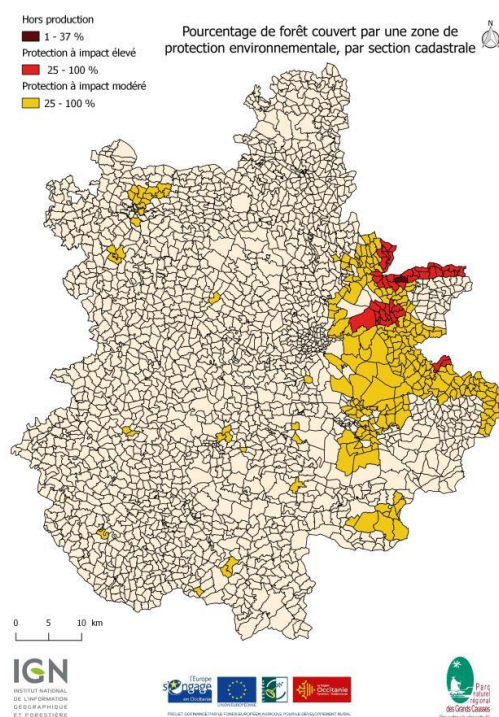
III-2.3 Zonages de protection de l'environnement

La présence de zones de protection de l'environnement pouvant contraindre la gestion ou l'exploitation forestière, a également été expertisée et leurs niveaux d'impacts représentés à l'échelle de la section cadastrale (cf. Figure ci-dessous). Les zonages ayant un impact sur l'exploitation ont été spécifiés par les parties prenantes de l'étude lors du comité technique du 25 mai 2018, et classés selon leur niveau d'importance décroissante :

- Hors production : réserves biologiques intégrales et périmètres immédiats de captage d'eau ;
- À impact élevé : réserves biologiques dirigées, arrêtés de protection de biotopes, sites classés ;
- À impact modéré : zones Natura 2000, sites inscrits, périmètres rapproché de captage d'eau ;
- Sans impact ou impact négligeable : périmètres éloignés de captage d'eau, ZICO, ZNIEFF, RAMSAR, biens de l'UNESCO, opération Grand Site.

Pour chacune de ces classes d'impact (sauf les zonages à impact nul ou négligeable), les couches des zonages de protection ont été fusionnées et découpées selon la BD Forêt, pour déterminer pour chaque section cadastrale le pourcentage de forêts impacté par chaque type d'impact.

Un indicateur synthétique composé du pourcentage de forêt « hors production » et de celui des forêts concernées par une zonage à « impact élevé » a ensuite été calculé par section cadastrale. On retrouve les gorges du Tarn et de la Jonte ainsi que le Causse Noir et le Causse du Larzac.



III-2.4 Indicateur de synthèse sur l'exploitabilité

Les trois indicateurs relatifs à l'accessibilité physique, au morcellement foncier et aux zonages de protection ont finalement été combinés en une note globale sur 10 caractérisant la difficulté d'exploitabilité des forêts au sein de chaque section cadastrale.

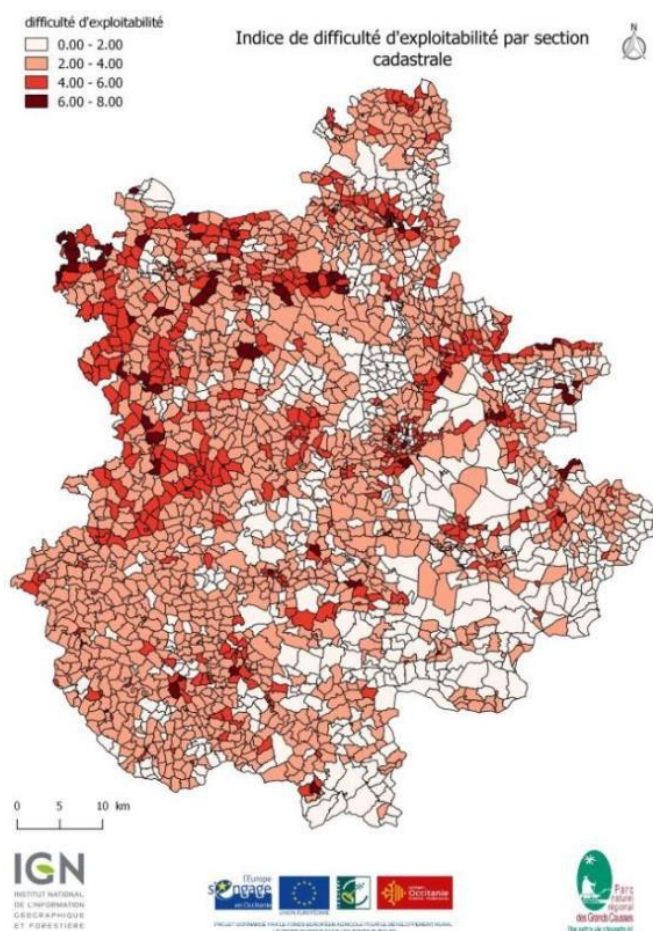
Les trois facteurs n'ayant toutefois pas le même impact sur la gestion et l'exploitation forestière, un poids de 4 a été attribué de manière arbitraire à l'accessibilité physique et au morcellement foncier, tandis que l'indicateur concernant les zonages de protection, moins rédhibitoire, a été ramené sur 2, pour un total de 10.

Un atlas de cet indicateur par EPCI a été réalisé afin de pouvoir plus facilement appréhender cet indicateur au niveau d'un EPCI.

La carte présentée ci-dessous synthétise l'exploitabilité forestière sur le territoire. Plus la note est élevée et plus l'exploitabilité est difficile.

En pratique, les notes obtenues par chacune des sections cadastrales varient entre 0 et 8 sur 10. Les collines du Lévezou ressortent comme difficiles à exploiter, en raison du poids donné à l'indicateur de morcellement foncier dans le calcul de la note globale.

Les valeurs de chaque indicateur dans chaque section cadastrale est mise à disposition du Parc afin que d'autres pondérations puissent être appliquées si nécessaire, par exemple pour diminuer l'impact du morcellement foncier dans la note finale. D'autres attributs de cette table, comme le taux de boisement ou le pourcentage de résineux (les différents attributs de la table sont décrits en annexe 12), peuvent également être utilisés pour affiner l'indicateur final, ou pour moduler l'impact du morcellement. Dans le cas du Lévezou la présence des résineux blancs, fortement demandés sur les marchés, pondèrent l'impact d'un morcellement relativement élevé sur l'exploitation.



La carte de l'indice d'exploitabilité peut être mise en regard de celle du volume de bois à l'hectare, afin d'aider à identifier les massifs à enjeu pour le développement forestier.

IV- Conclusion

La confluence des influences climatiques méditerranéenne, atlantique et montagnarde ainsi que la diversité des sols permet l'expression d'une grande diversité des forêts au sein du territoire du PNR des Grands Causses. La ressource en bois y est ainsi répartie en une grande diversité d'essences feuillues (chêne pubescent, hêtre, chêne pédonculé, châtaignier, etc.) et résineuses (pin sylvestre, douglas, épicéa, sapin, pin laricio, etc.) avec des productions, des qualités et des usages variables. La production en volume (accroissement) y est de 456 000 m³/an en moyenne de 2007 à 2016. Le taux de prélèvement y est plus faible que la moyenne régionale, soit moins de 35 %. Le stock de bois en forêt s'accroît donc au fil du temps, au rythme d'environ 300 000 m³/an.

La simulation de la gestion forestière, selon des scénarios définis localement avec les acteurs, permet de préciser les disponibilités en bois d'œuvre (BO) et en bois d'industrie-énergie (BIBE) jusqu'en 2037. Sur la base d'itinéraires de gestion correspondant aux pratiques actuelles vues par les gestionnaires, le scénario dit « tendanciel » simule l'évolution de la disponibilité en bois en maintenant des pratiques identiques. Le scénario dit « dynamique » est destiné à évaluer l'impact d'une « mise en gestion » de surfaces nouvelles, ou d'un raccourcissement des révolutions dans les forêts publiques.

Les disponibilités en bois simulées avec le scénario tendanciel augmentent de 17 % à l'horizon 2037, avec +32 000 m³/an dont +20 000 m³/an de bois résineux. La progression de la disponibilité résineuse est exclusivement constituée de BO, en lien avec les coupes des peuplements de douglas et d'épicéa arrivés à maturité. Quant à la hausse des feuillus, elle s'explique mécaniquement par une poursuite de la croissance des arbres de taillis (maturation progressive de la ressource), dans un contexte où le niveau de prélèvements est très inférieur à l'accroissement.

La dynamisation de la gestion envisagée dans le scénario dynamique permet de multiplier par trois les volumes supplémentaires qui pourraient être disponibles. La disponibilité supplémentaire serait ainsi de +68 000 m³/an en 2027 et jusqu'à +90 000 m³ en 2037, portant la disponibilité totale à 280 000 m³/an.

Les situations sont cependant fortement variables d'une essence à l'autre. Parmi les résineux la disponibilité en épicéa, devrait fortement baisser sur l'ensemble de la période de simulation. Pour le douglas, la disponibilité devrait croître fortement jusqu'en 2032 avant de plafonner. Cette essence est la principale essence pourvoyeuse de BO. Le défaut actuel de jeunes peuplements pour renouveler le stock de ces deux essences annonce des disponibilités à la baisse au-delà de 2037, à moins que les industriels ne valorisent les très gros bois de douglas dont la ressource devrait exploser d'ici ces 20 prochaines années. A contrario, les pins fournissent principalement du BIBE. Leurs volumes ne cessent de croître au fil du temps dans les deux scénarios car la ressource est encore relativement jeune. Les disponibilités des essences feuillues pourraient être doublées (châtaignier, hêtre, chênes pédonculés et sessiles) si les marchés du BIBE se développaient.

Les forêts publiques représentent actuellement 39 % de la disponibilité totale de la zone d'étude. Leur contribution est particulièrement forte car elles couvrent seulement 10 % de la surface et n'hébergent que 17 % du stock sur pied. Les plus fortes marges de progression de récolte supplémentaire se trouvent toutefois en forêt privée, avec +64 000 m³/an en 2037 sous l'hypothèse du scénario dynamique.

A l'échelle de la zone d'étude, la hausse des disponibilités en bois ne conduit pas à réduire le stock de bois à l'hectare, et cela quel que soit le scénario simulé. En effet, les prélèvements restent inférieurs à la production biologique, y compris chez les résineux. La durabilité de la gestion forestière simulée est donc garantie.

Les forêts stockent 7 millions de carbone et se comportent comme un puits de carbone, en séquestrant actuellement 3,8 tonnes de CO₂ par ha et par an. Elles jouent à ce titre un rôle direct dans l'atténuation des effets du changement climatique. Malgré la hausse des prélèvements simulée par le scénario dynamique, le stock en forêt continue de croître pour approcher 11 millions de tonnes carbone en 2037. Il est donc possible à la fois de récolter davantage de bois et de continuer à séquestrer autant de CO₂ qu'aujourd'hui.

Enfin la cartographie de l'exploitabilité des peuplements, et sa mise en regard avec la carte de la ressource sur pied, révèle des zones à enjeu pour le développement des actions prévues dans la charte forestière de territoire, et peuvent accompagner la prospection sur le terrain. Cette première analyse spatiale détaillée vient compléter le diagnostic d'ensemble sur les disponibilités futures en bois.

Références

- Colin, A., and Thivolle-Cazat, A. (2016). Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035 (IGN, FCBA, ADEME).
- Colin, A., Wernsdörfer, H., Thivolle-Cazat, A., and Bontemps, J.-D. (2017). France. In *Forest Inventory-Based Projection Systems for Wood and Biomass Availability*, S. Barreiro, M.-J. Schelhaas, R.E. McRoberts, and G. Kändler, eds. (Cham: Springer International Publishing), pp. 159–174.
- Hervé, J.-C. (2016). France. In *National Forest Inventories*, C. Vidal, I.A. Alberdi, L. Hernández Mateo, and J.J. Redmond, eds. (Cham: Springer International Publishing), pp. 385–404.
- Hervé, J.-C., Wurpillot, S., Vidal, C., and Roman-Amat, B. (2014). L'inventaire des ressources forestières en France : un nouveau regard sur de nouvelles forêts. *Rev. For. Fr.* LXVI, 247–260.
- IGN. (2018a). Méthodologie – pour bien comprendre les résultats publiés. https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/181011_methodologie-2.pdf
- IGN. (2018b). Contribution de l'IGN à l'établissement des bilans carbone des forêts des EPCI concernés par un PCAET - volet dendrométrie. Etude commandée par l'ADEME.
- IGN. (2018c). L'IGN accompagne les parcs naturels régionaux. Des territoires porteurs de projets durables pour la forêt. L'IF synthèse périodique de l'inventaire forestier. N°44 - octobre 2018. 16 pages.
- IGN. (2011). Prélèvements de bois en forêt et production biologique : des estimations directes et compatibles. IF n°28. Document téléchargeable sur le site <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique33>.
- Loustau D. éditeur (2004). Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles. Rapport Final Projet GICC 2001 "Gestion des impacts du changement climatique" et Convention Gip ECOFOR n°3/2001. INRA, Bordeaux - Pierroton, France. 137 p.
- Piton, B. (2018). Disponibilités en bois des forêts d'Occitanie en 2036. Étude financée par la Région Occitanie et pilotée par la DRAAF Occitanie.
- Roux, A., Dhôte, J.-F., Bastick, C., Colin, A., Bailly, A., Bastien, J.-C., Berthelot, A., Bréda, N., Cauria, S., Carnus, J.-M., et al. (2017). Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois française dans l'atténuation du changement climatique ? (INRA, IGN).

Annexe 1 : modèle de ressource forestière MARGOT

Le modèle de ressource MARGOT (MAtrix model of forest Resource Growth and dynamics On the Territory scale), mis en œuvre par l'IGN pour les projections sur les ressources forêt-bois françaises [Wernsdörfer *et al.*, 2012 ; Colin *et al.*, 2017], est l'outil principal de simulation utilisé pour simuler l'évolution des 56 strates de forêts hors peupleraies.

Il s'agit d'un modèle de dynamique de la ressource forestière par classe de diamètre, qui simule de manière itérative la croissance, la mortalité et la sylviculture (les prélèvements) à l'échelle de strates et pour des périodes successives de 5 ans. Il permet d'estimer l'état futur de la ressource (et du stock de carbone), et de simuler les prélèvements futurs en bois et la mortalité.

Le modèle est générique, c'est-à-dire qu'il est paramétrable et applicable quel que soit le type de peuplement. Passant par une modélisation du diamètre (paramètre étant une variable clé de la croissance des arbres et de l'exploitation forestière), il peut être utilisé autant pour les peuplements équiens que pour les peuplements hétérogènes, ces derniers étant majoritaires en France [Morneau *et al.*, 2008].

Le modèle est de type matriciel, dans lequel la ressource et les paramètres sont décrits par strate, par classe de surface terrière à l'hectare et par classe de diamètre. L'ajustement de la production, du recrutement et de la mortalité par classe de surface terrière permet de prendre en compte l'effet de la densité des peuplements sur la variation de ces paramètres. A chaque itération, les 3 matrices suivantes sont associées pour calculer l'évolution démographique de chaque strate :

- Une matrice d'état, décrivant la ressource par classe de diamètre au début et à la fin de chaque pas de simulation. La matrice se compose, pour chaque classe de diamètre de 5 cm d'amplitude, (1) d'un nombre d'arbres qui évolue au cours du temps en fonction de la croissance (passage dans la classe de diamètre suivante) et des disparitions (prélèvement, mortalité), et (2) de coefficients permettant de calculer le stock de carbone dans la biomasse des arbres de la classe de diamètre (stock de la classe i = effectif dans i multiplié par le stock moyen d'un arbre de la classe i).
- Une matrice de transition, décrivant la croissance des arbres. Elle est exprimée sous la forme d'un **taux de passage** correspondant à la probabilité sur 5 ans qu'un arbre de la classe de diamètre i passe dans la classe de diamètre $i+1$. Le **recrutement** correspond spécifiquement au flux d'effectifs dans la première classe de diamètre, c'est-à-dire aux arbres qui deviennent recensables sur la période dans les peuplements déjà existants (cas des surfaces en régénération). Il est exprimé sous la forme d'un nombre de tiges à l'hectare.
- Une matrice de disparition, représentant la mortalité naturelle et les prélèvements liés aux pratiques sylvicoles. La mortalité correspond à la probabilité qu'un arbre d'une classe de diamètre donnée meure au cours de la période de 5 ans. Elle est exprimée sous la forme d'un **taux de mortalité**. Les prélèvements dans une classe de diamètre sont exprimés comme un taux de prélèvements en effectif, rapport entre le nombre d'arbres coupés et le nombre d'arbres vifs.

Les valeurs des paramètres de ces modèles sont établies statistiquement à partir des données collectées sur le dispositif IFN, soit un très grand nombre d'observations. Cela confère aux modèles une grande robustesse pour des projections à court et moyen terme. Les modèles sont ajustés sur des données de type transversal, c'est-à-dire où toutes les classes de diamètre sont mesurées la même année.

Annexe 2 : stratification des ressources forestières du PNR

La modélisation a été réalisée sur la base d'une partition des forêts du territoire en 7 strates.

Le principe de la stratification est que tous les peuplements d'une même strate présentent des caractéristiques semblables et peuvent donc se voir appliquer les mêmes scénarios de croissance, de mortalité, et de prélèvement. Chaque strate est composée d'au moins 40-50 points d'inventaire différents, ce qui permet de décrire la ressource actuelle et les dynamiques naturelles avec une bonne précision statistique.

Chaque strate regroupe des peuplements comparables en termes d'essence, de conditions de milieu et de sylviculture. Plus précisément, ces strates sont issues d'une combinaison à dire d'expert des quatre facteurs suivants déterminés à partir des données IFN :

- Le type de couverture boisée, avec une distinction entre les forêts fermées (6 strates) et les forêts ouvertes où le taux de couvert des ligneux est inférieur à 40 % (1 strate);
- L'essence objectif pour le gestionnaire. Sa présence oriente les opérations sylvicoles car c'est souvent l'essence de plus grand intérêt économique. Elle est définie à dire d'expert.
- Parmi les peuplements feuillus on distingue les taillis, majoritairement composés de chêne pubescent, des peuplements hauts (hêtraie, autres chênaies). Les châtaigneraies sont distinguées compte tenu du potentiel de développement de cette essence.

Finalement, chaque placette IFN est affectée à une strate, et pour chaque strate les estimateurs de l'IFN renseignent :

- des variables d'état comme la surface, le nombre d'arbres et le stock de bois sur pied par classe de diamètre pour l'année 2011. L'état en 2011 est calculé comme la moyenne des 10 campagnes IFN annuelles 2007 à 2016 ;

- des variables de dynamiques nécessaires à la simulation de l'évolution de la ressource, que sont la production biologique, la mortalité naturelle, et le recrutement en effectif par classe de diamètre. Les dynamiques forestières sont calculées sur une période identique ou comparable à celle utilisée pour décrire la ressource.

Strate	Libellé	Nombre de points IFN	dont forêt privée	dont forêt publique	surface (ha)	volume sur pied (1000 m ³)
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente	136	131	5	50 160	3 626
FF_F_HETRE_CHENES	Hêtraies et chênaies (pédonculée et sessile)	52	39	13	16 280	2 515
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie	41	40	1	12 740	1 969
FF_R_PIN_SYLVESTRE	Pin sylvestre	68	64	4	25 580	2 501
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	18	6	12	5 390	910
FF_R_RES_PROD	Résineux productifs	40	27	13	9 960	2 861
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes	45	44	1	19 750	133
PNR Grands Causses et PETR Lévézou	Total	400	351	49	139 870	14 514

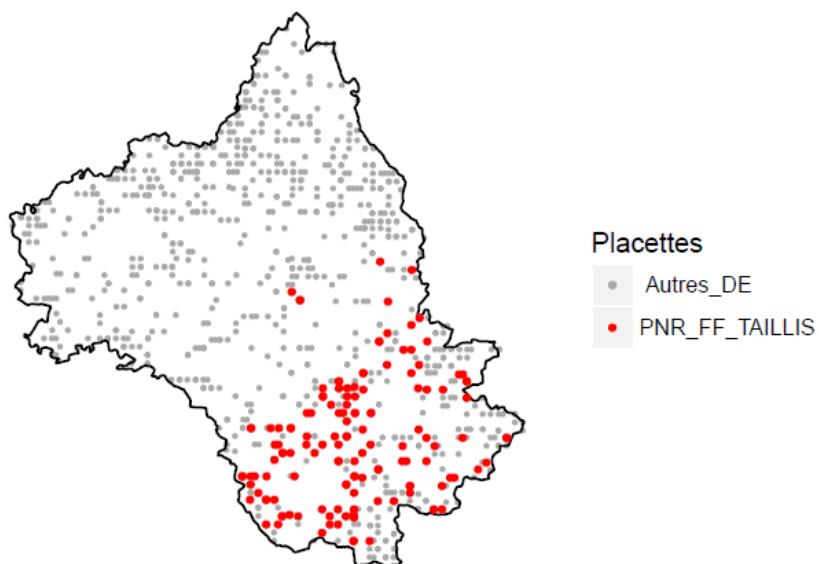
Les pages suivantes décrivent la ressource actuellement présente dans les 7 strates.

Domaine d'étude : PNR_FF_TAILLIS

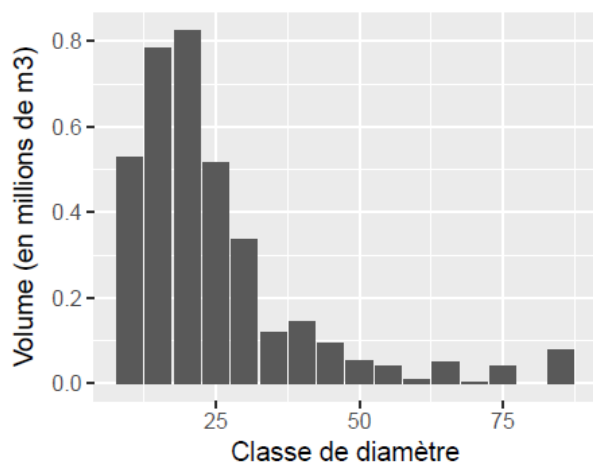
Table des indicateurs dendrométriques

.	nb_points	surface	densite	volume	production	tx_mortalite	tx_prelevement
PNR_FF_TAILLIS	136	50 157 ha	809 tiges/ha	71.4 m3/ha	1.86 m3/ha/an	11.9 %	0 %
Ensemble de la zone	912	267 119 ha	693 tiges/ha	134.6 m3/ha	3.84 m3/ha/an	16.5 %	19.4 %
Période de calcul	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2002-2016	2003-2016 et 2002-2016	2007-2016 et 2002-2016

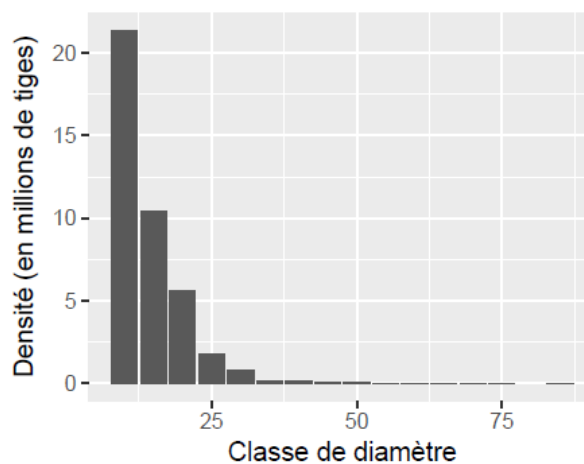
Localisation des placettes



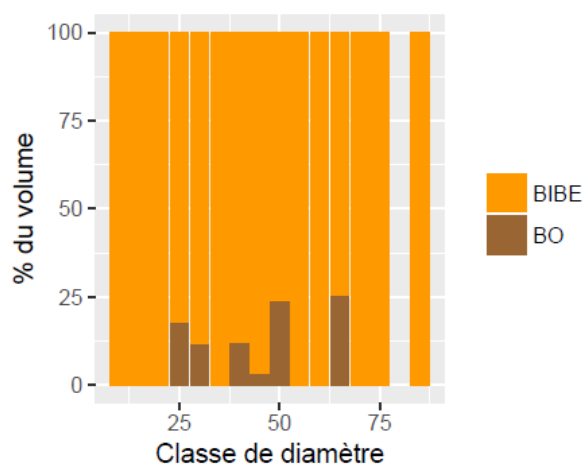
Répartition du volume par classe de diamètre (année 2012)



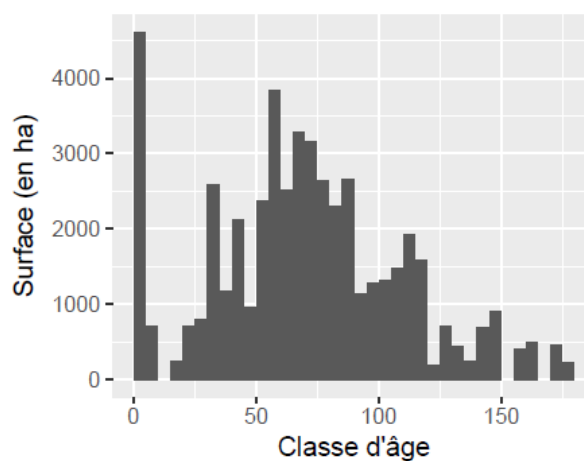
Répartition des tiges par classe de diamètre (année 2012)



Répartition du volume par classe de diamètre et qualité (année 2012)

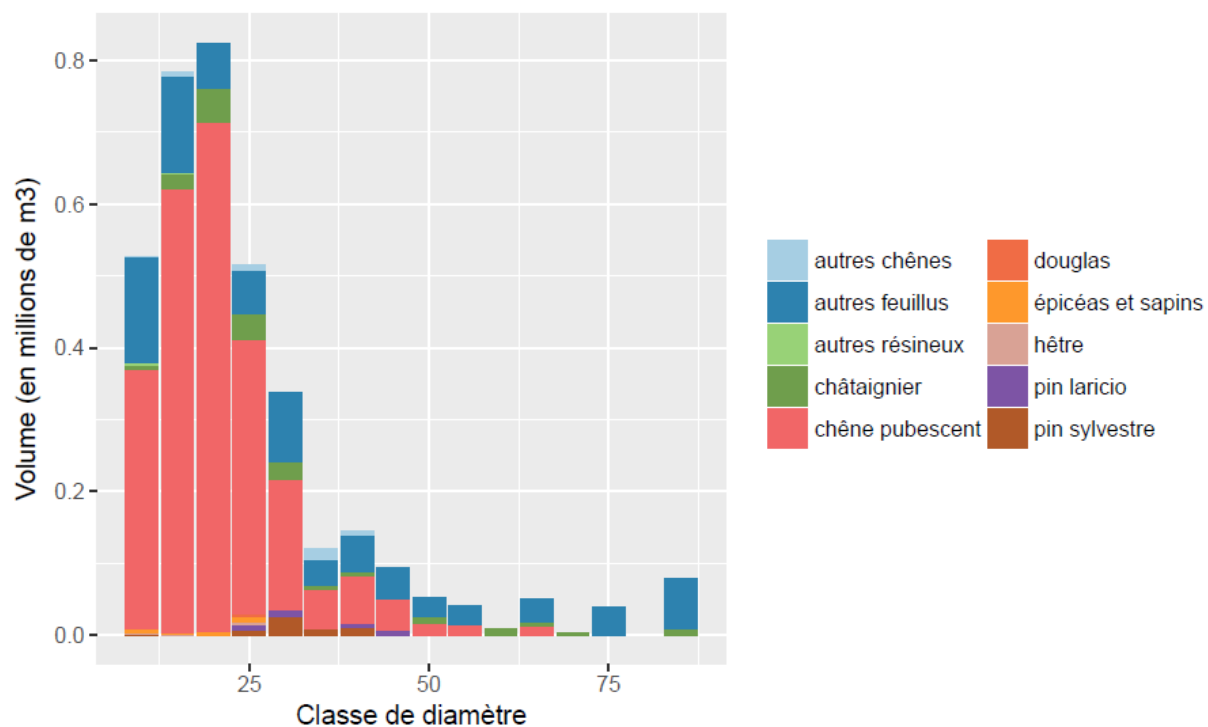


Répartition de la surface par classe d'âge (année 2012)



Domaine d'étude : PNR_FF_TAILLIS

Répartition du volume par classe de diamètre et essence (année 2012)



essence	% du volume
chêne pubescent	67.9
autres feuillus	22.8
châtaignier	4.9

essence	% du volume
pin sylvestre	1.5
autres chènes	1.0
pin laricio	0.9

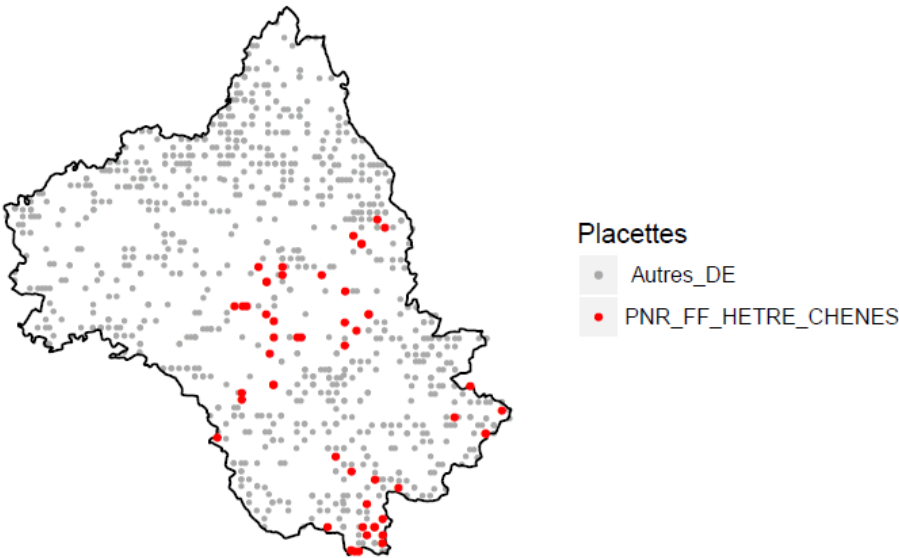
essence	% du volume
épicéas et sapins	0.6
autres résineux	0.2
hêtre	0.2
douglas	0.1

Domaine d'étude : PNR_FF_HETRE_CHENES

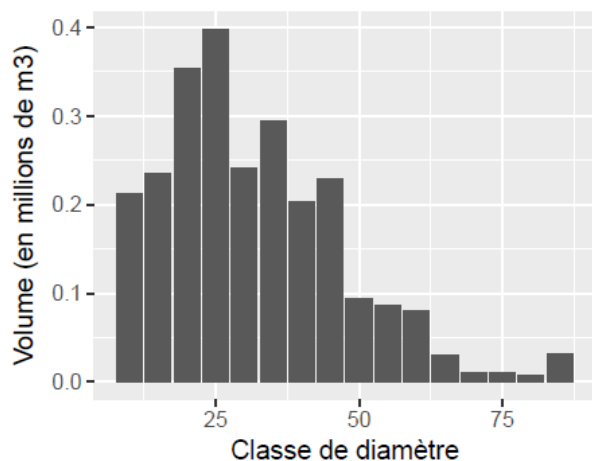
Table des indicateurs dendrométriques

.	nb_points	surface	densite	volume	production	tx_mortalite	tx_prelevemen
PNR_FF_HETRE_CHENES	52	16 277 ha	891 tiges/ha	161.5 m3/ha	4 m3/ha/an	8.6 %	0 %
Ensemble de la zone	912	267 119 ha	693 tiges/ha	134.6 m3/ha	3.84 m3/ha/an	16.5 %	19.4 %
Période de calcul	2007–2016	2007–2016	2007–2016	2007–2016	2002–2016	2003–2016 et 2002–2016	2007–2016 et 2002–2016

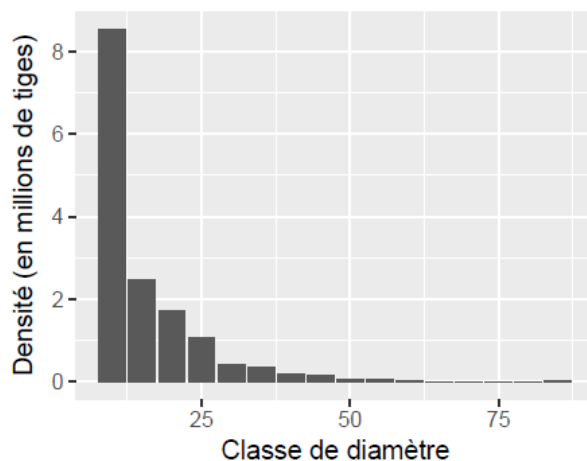
Localisation des placettes



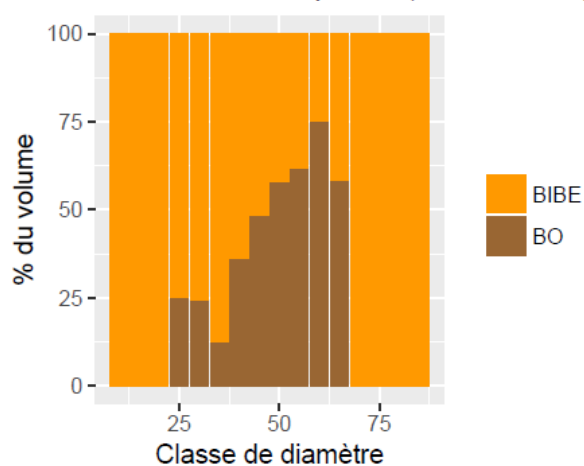
Répartition du volume par classe de diamètre (année 2012)



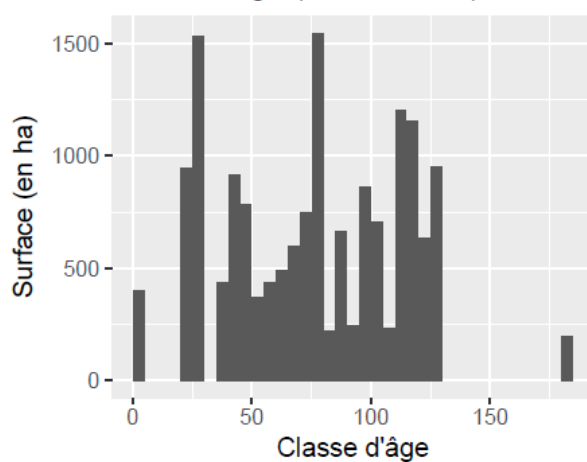
Répartition des tiges par classe de diamètre (année 2012)



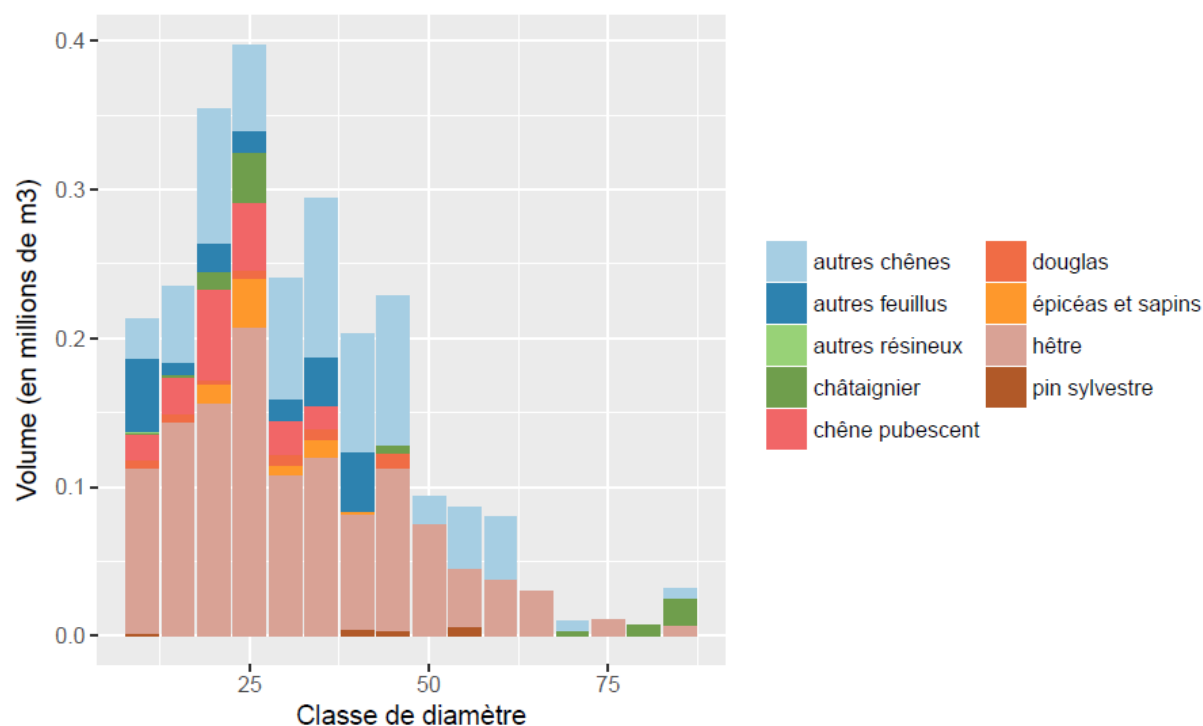
Répartition du volume par classe de diamètre et qualité (année 2012)



Répartition de la surface par classe d'âge (année 2012)



Domaine d'étude : PNR_FF_HETRE_CHENES
Répartition du volume par classe de diamètre et essence (année 2012)



essence	% du volume
hêtre	49.1
autres chênes	28.1
chêne pubescent	7.4

essence	% du volume
autres feuillus	7.1
châtaignier	3.3
épicéas et sapins	2.6

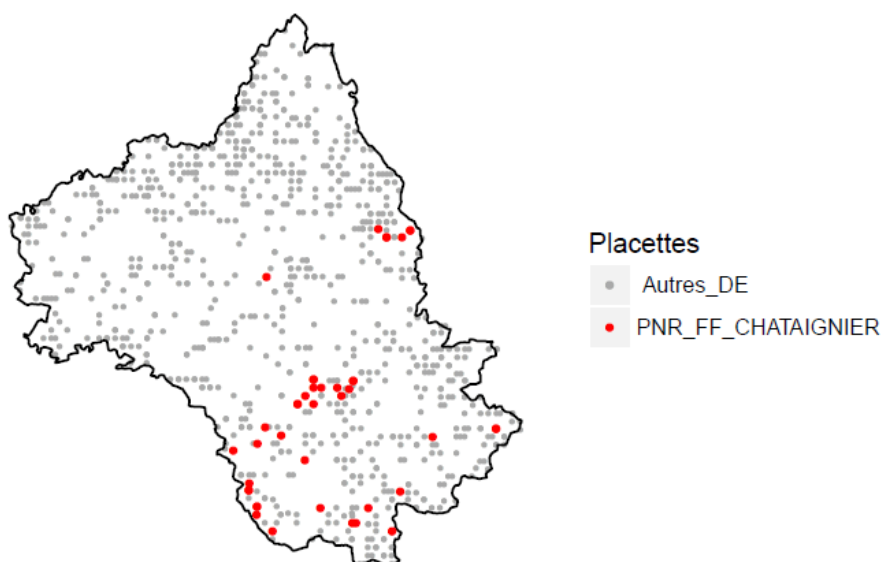
essence	% du volume
douglas	1.7
pin sylvestre	0.6
autres résineux	0.0

Domaine d'étude : PNR_FF_CHATAIGNIER

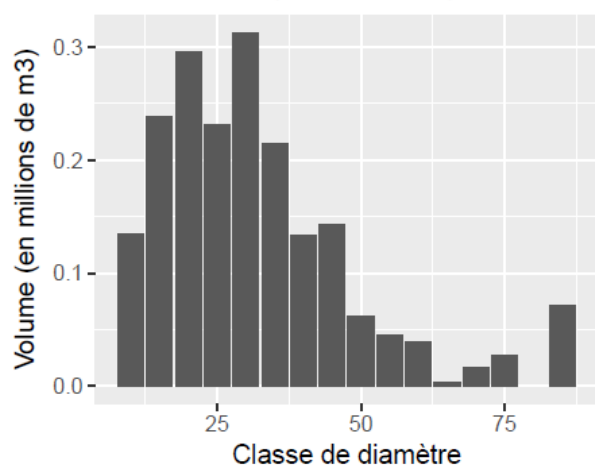
Table des indicateurs dendrométriques

.	nb_points	surface	densite	volume	production	tx_mortalite	tx_prelevement
PNR_FF_CHATAIGNIER	41	12 743 ha	826 tiges/ha	150.8 m3/ha	4.12 m3/ha/an	25.3 %	0 %
Ensemble de la zone	912	267 119 ha	693 tiges/ha	134.6 m3/ha	3.84 m3/ha/an	16.5 %	19.4 %
Période de calcul	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2002-2016	2003-2016 et 2002-2016	2007-2016 et 2002-2016

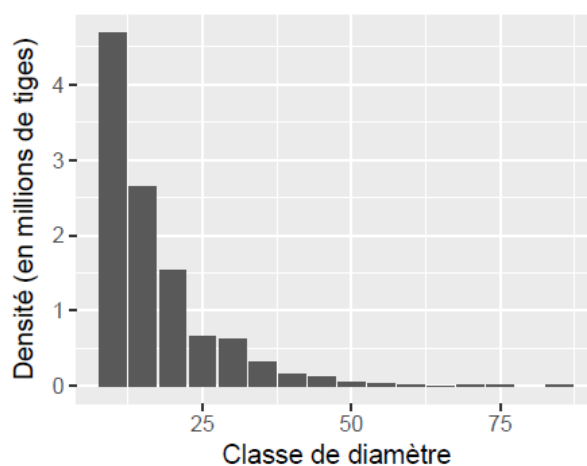
Localisation des placettes



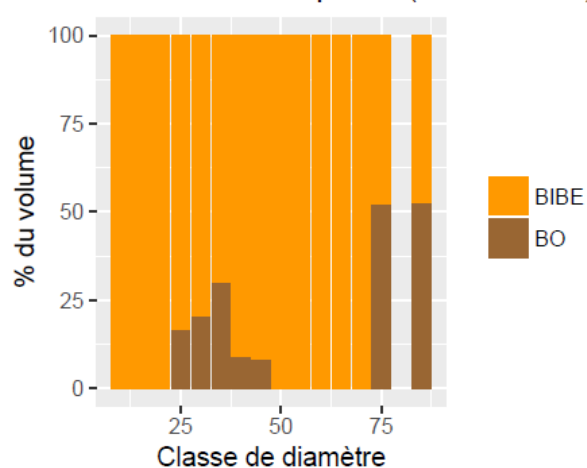
Répartition du volume par classe de diamètre (année 2012)



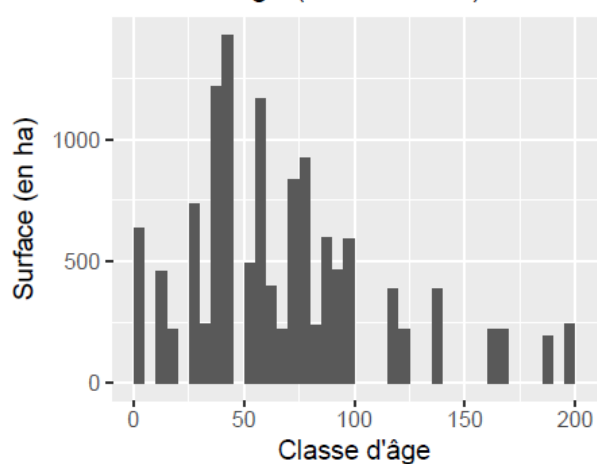
Répartition des tiges par classe de diamètre (année 2012)



Répartition du volume par classe de diamètre et qualité (année 2012)

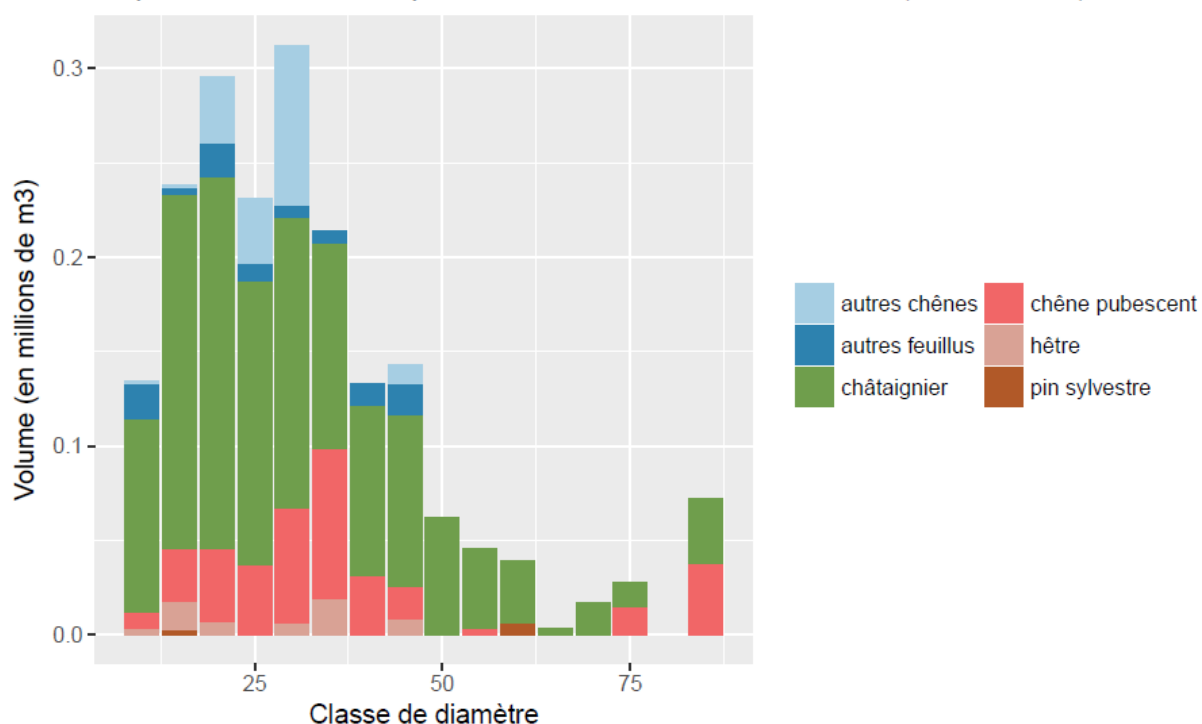


Répartition de la surface par classe d'âge (année 2012)



Domaine d'étude : PNR_FF_CHATAIGNIER

Répartition du volume par classe de diamètre et essence (année 2012)



essence	% du volume
châtaignier	65.3
chêne pubescent	18.2

essence	% du volume
autres chênes	8.5
autres feuillus	4.6

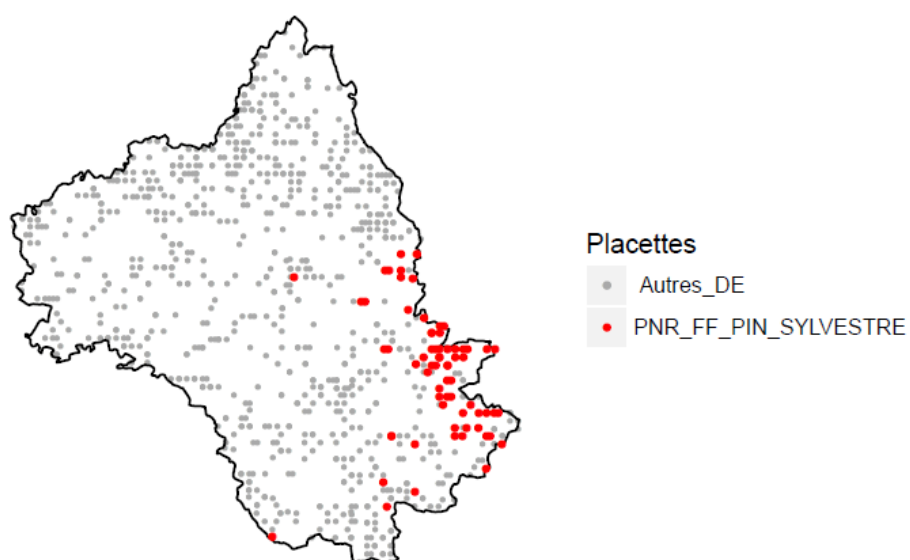
essence	% du volume
hêtre	3.0
pin sylvestre	0.4

Domaine d'étude : PNR_FF_PIN_SYLVESTRE

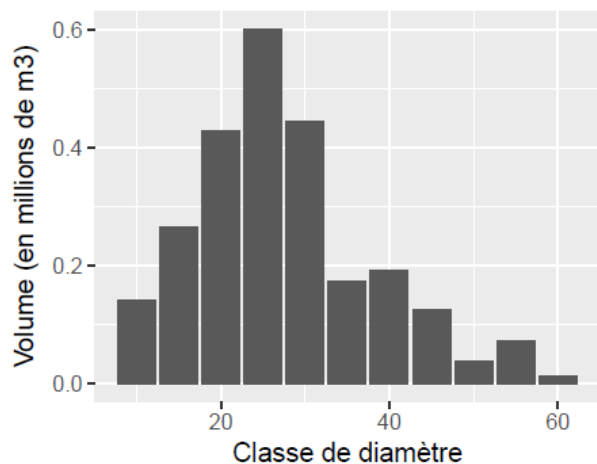
Table des indicateurs dendrométriques

.	nb_points	surface	densite	volume	production	tx_mortalite	tx_prelevement
PNR_FF_PIN_SYLVESTRE	68	25 577 ha	695 tiges/ha	96.7 m3/ha	2.64 m3/ha/an	7.3 %	2.5 %
Ensemble de la zone	912	267 119 ha	693 tiges/ha	134.6 m3/ha	3.84 m3/ha/an	16.5 %	19.4 %
Période de calcul	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2002-2016	2003-2016 et 2002-2016	2007-2016 et 2002-2016

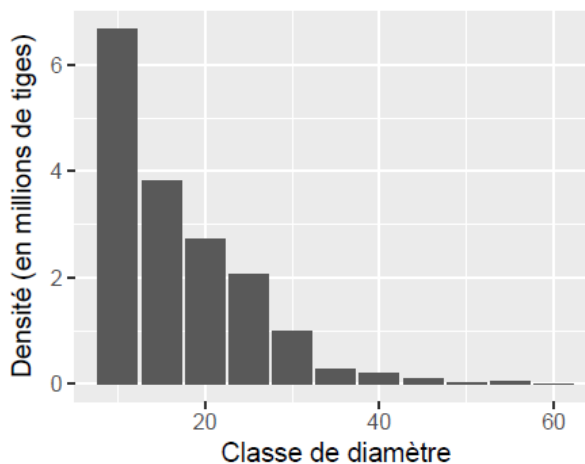
Localisation des placettes



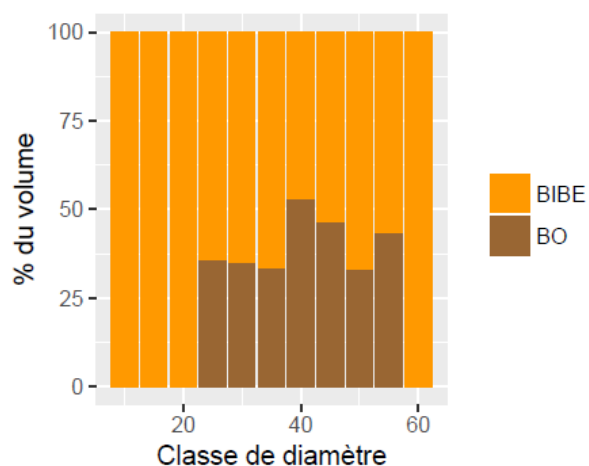
Répartition du volume par classe de diamètre (année 2012)



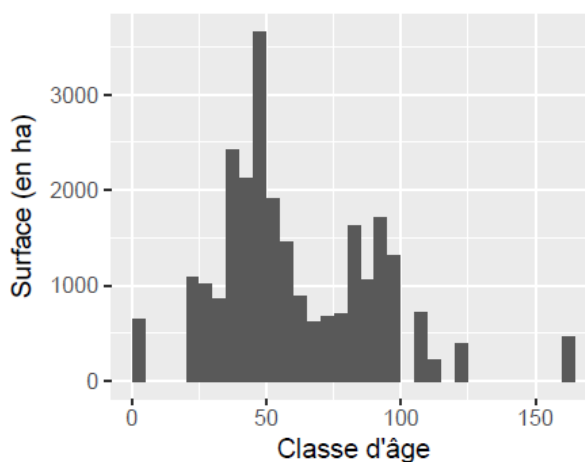
Répartition des tiges par classe de diamètre (année 2012)



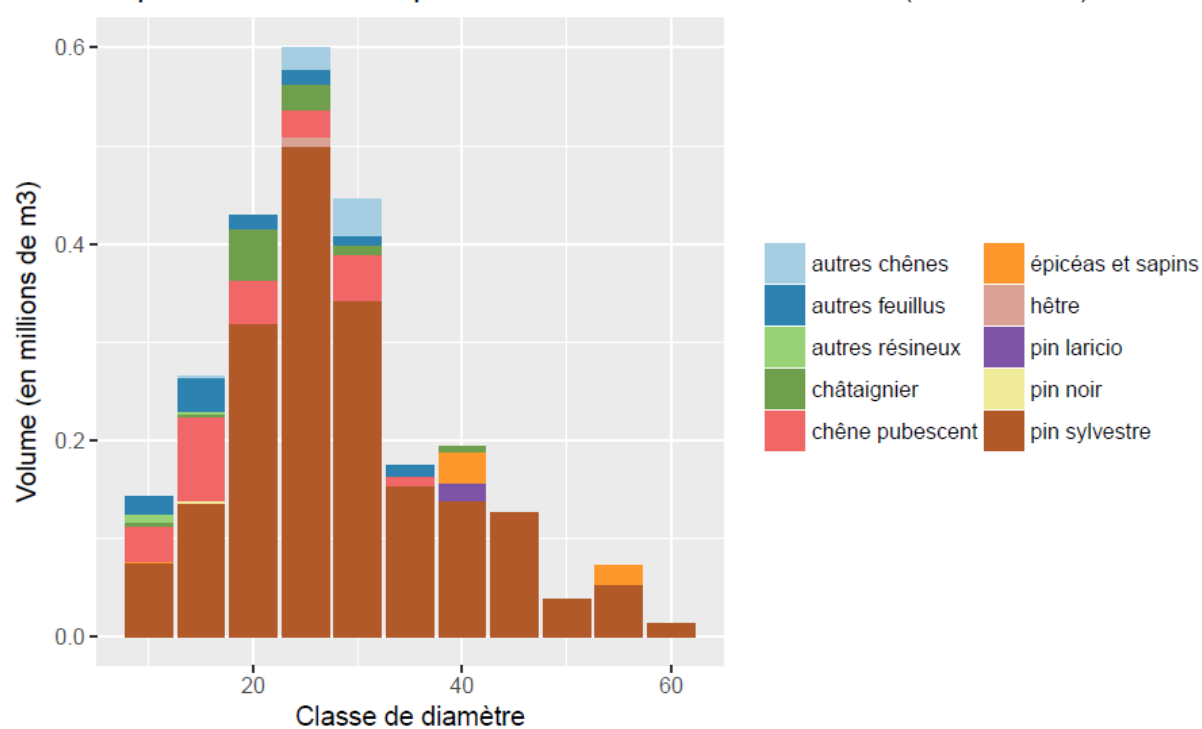
Répartition du volume par classe de diamètre et qualité (année 2012)



Répartition de la surface par classe d'âge (année 2012)



Domaine d'étude : PNR_FF_PIN_SYLVESTRE
Répartition du volume par classe de diamètre et essence (année 2012)



essence	% du volume
pin sylvestre	75.8
chêne pubescent	9.9
autres feuillus	4.1

essence	% du volume
châtaignier	4.1
autres chênes	2.4
épicéas et sapins	2.0

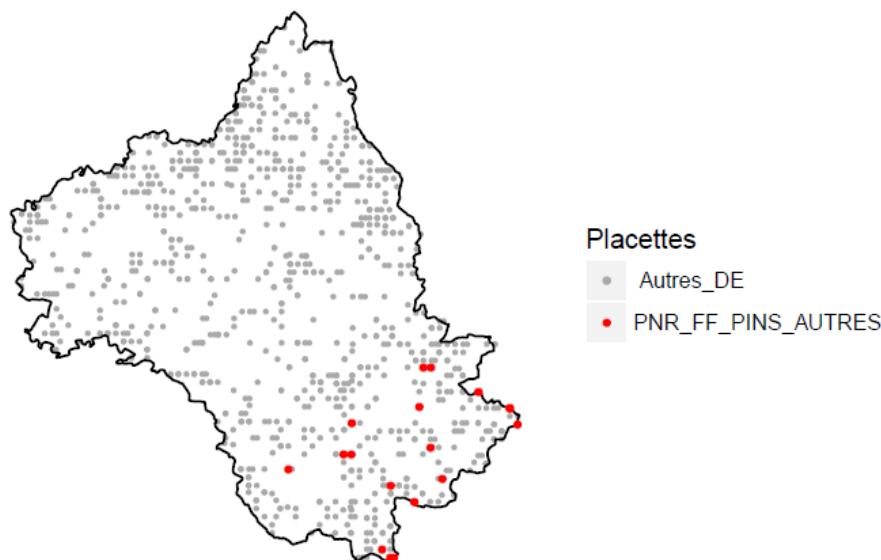
essence	% du volume
pin laricio	0.7
autres résineux	0.4
hêtre	0.4
pin noir	0.1

Domaine d'étude : PNR_FF_PINS_AUTRES

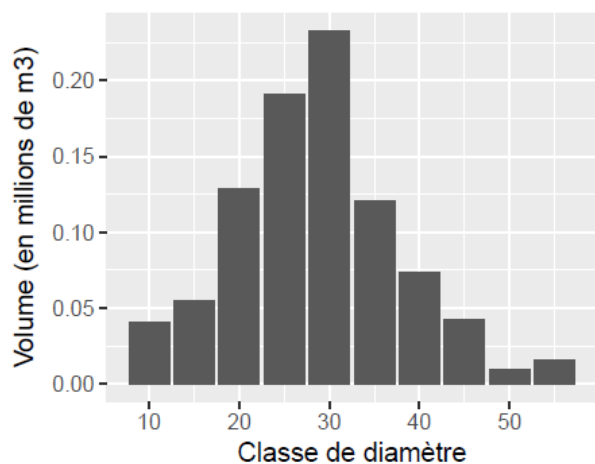
Table des indicateurs dendrométriques

.	nb_points	surface	densite	volume	production	tx_mortalite	tx_prelevement
PNR_FF_PINS_AUTRES	18	5 394 ha	796 tiges/ha	142.8 m3/ha	7.7 m3/ha/an	0.3 %	53.1 %
Ensemble de la zone	912	267 119 ha	693 tiges/ha	134.6 m3/ha	3.84 m3/ha/an	16.5 %	19.4 %
Période de calcul	2007–2016	2007–2016	2007–2016	2007–2016	2002–2016	2003–2016 et 2002–2016	2007–2016 et 2002–2016

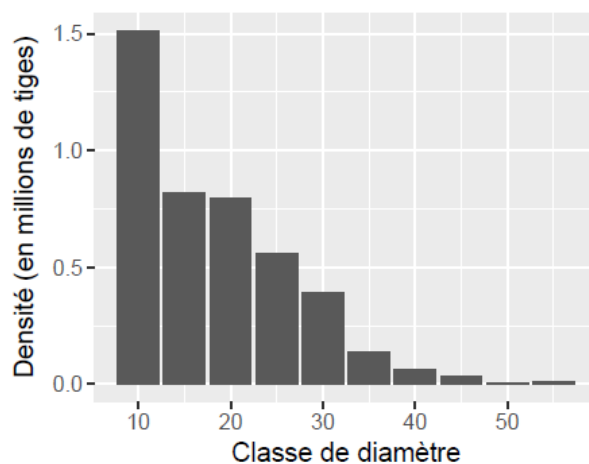
Localisation des placettes



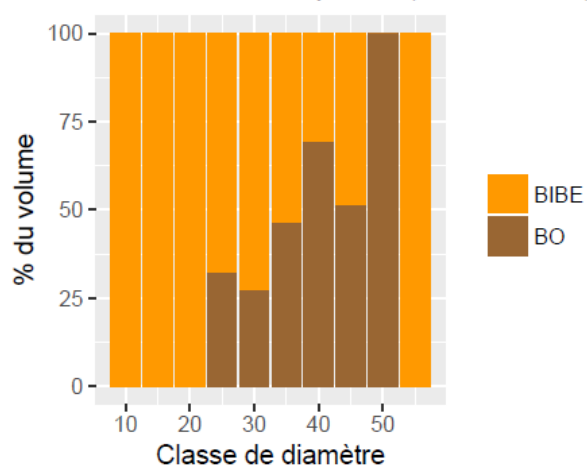
Répartition du volume par classe de diamètre (année 2012)



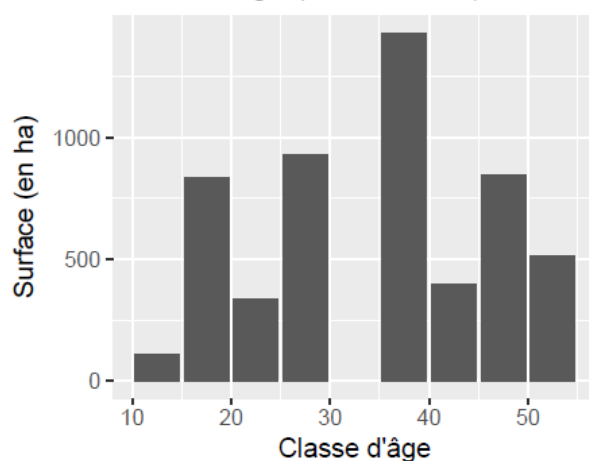
Répartition des tiges par classe de diamètre (année 2012)



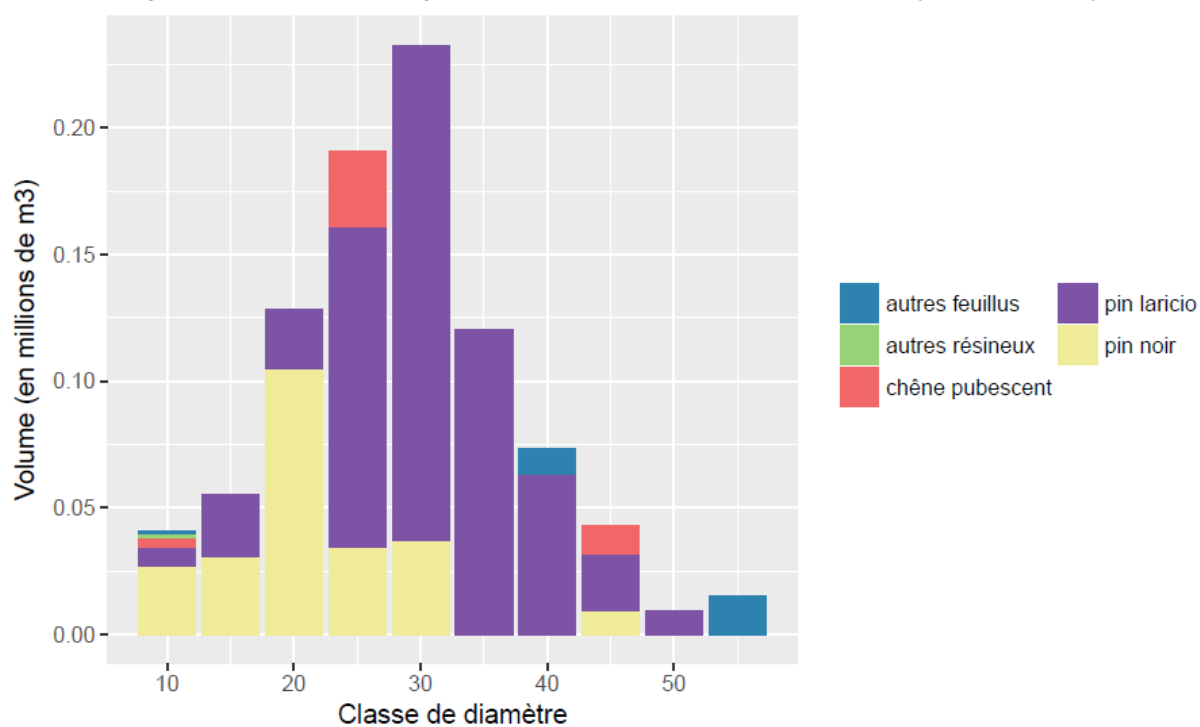
Répartition du volume par classe de diamètre et qualité (année 2012)



Répartition de la surface par classe d'âge (année 2012)



Domaine d'étude : PNR_FF_PINS_AUTRES
Répartition du volume par classe de diamètre et essence (année 2012)



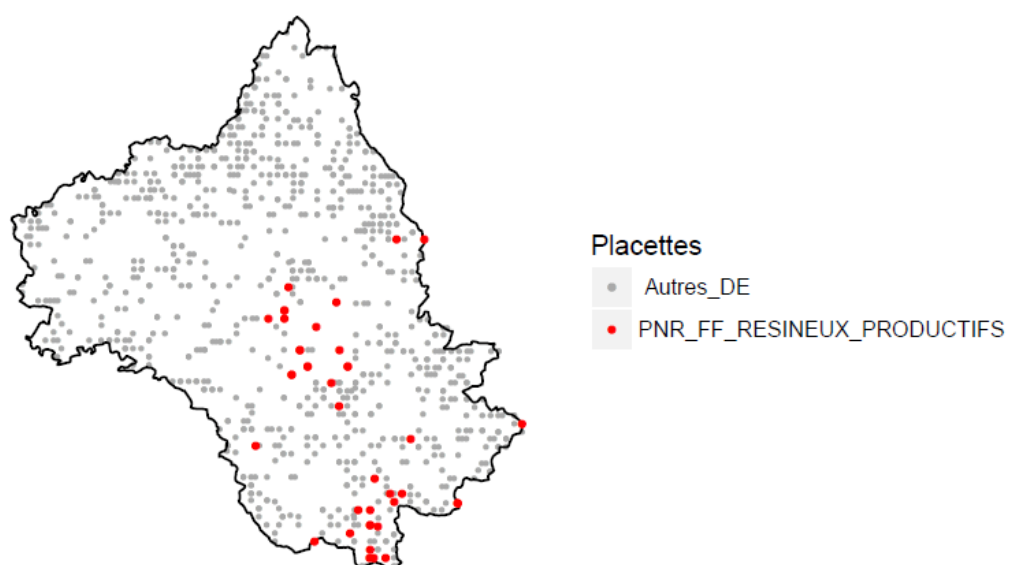
essence	% du volume
pin laricio	65.1
pin noir	26.8
chêne pubescent	4.9
autres feuillus	3.0
autres résineux	0.2

Domaine d'étude : PNR_FF_RESINEUX_PRODUCTIFS

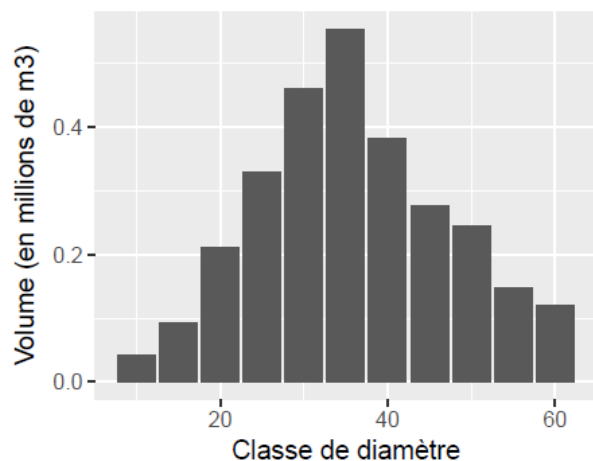
Table des indicateurs dendrométriques

	nb_points	surface	densite	volume	production	tx_mortalite	tx_preleve
PNR_FF_RESINEUX_PRODUCTIFS	40	9 962 ha	613 tiges/ha	244.9 m3/ha	11.45 m3/ha/an	13.5 %	51 %
Ensemble de la zone	912	267 119 ha	693 tiges/ha	134.6 m3/ha	3.84 m3/ha/an	16.5 %	19.4 %
Période de calcul	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2002-2016	2003-2016 et 2002-2016	2007-2016 et 2002-2016

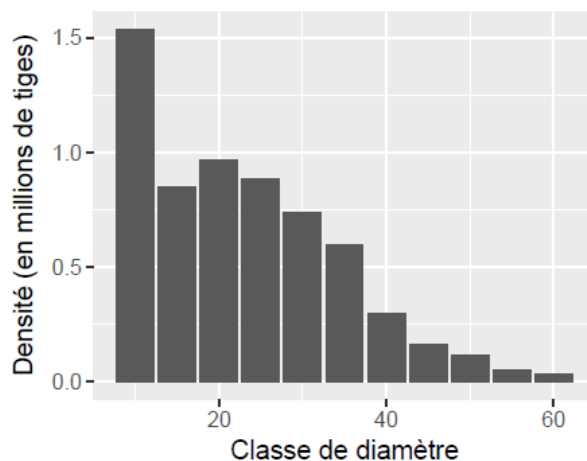
Localisation des placettes



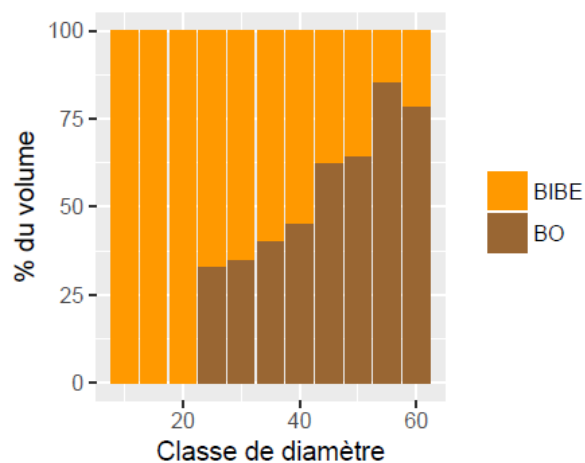
Répartition du volume par classe de diamètre (année 2012)



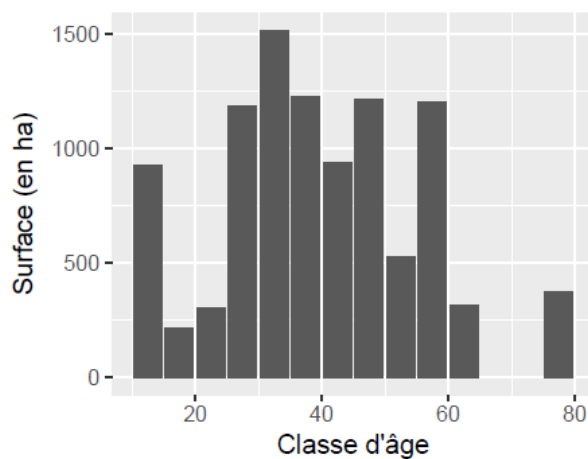
Répartition des tiges par classe de diamètre (année 2012)



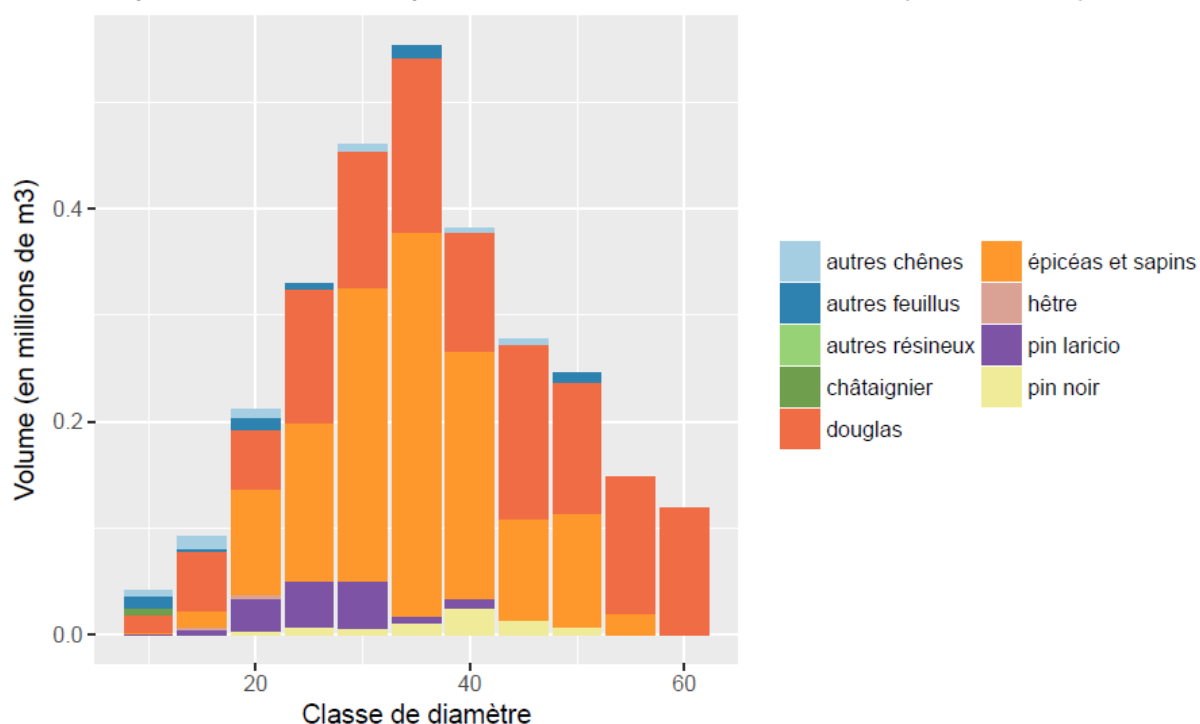
Répartition du volume par classe de diamètre et qualité (année 2012)



Répartition de la surface par classe d'âge (année 2012)



Domaine d'étude : PNR_FF_RESINEUX_PRODUCTIFS
Répartition du volume par classe de diamètre et essence (année 2012)



essence	% du volume
épicéas et sapins	47.3
douglas	41.7
pin laricio	4.8

essence	% du volume
pin noir	2.6
autres feuillus	1.7
autres chênes	1.4

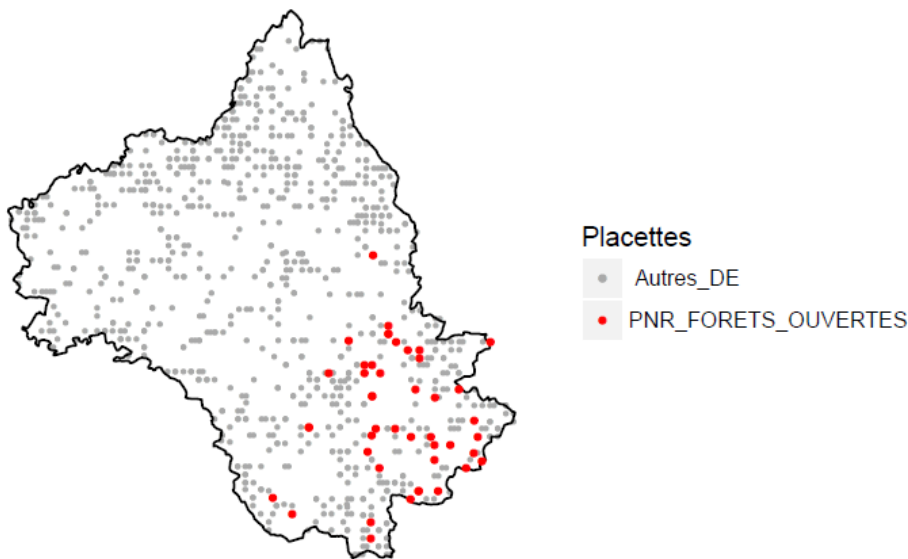
essence	% du volume
châtaignier	0.2
hêtre	0.2
autres résineux	0.0

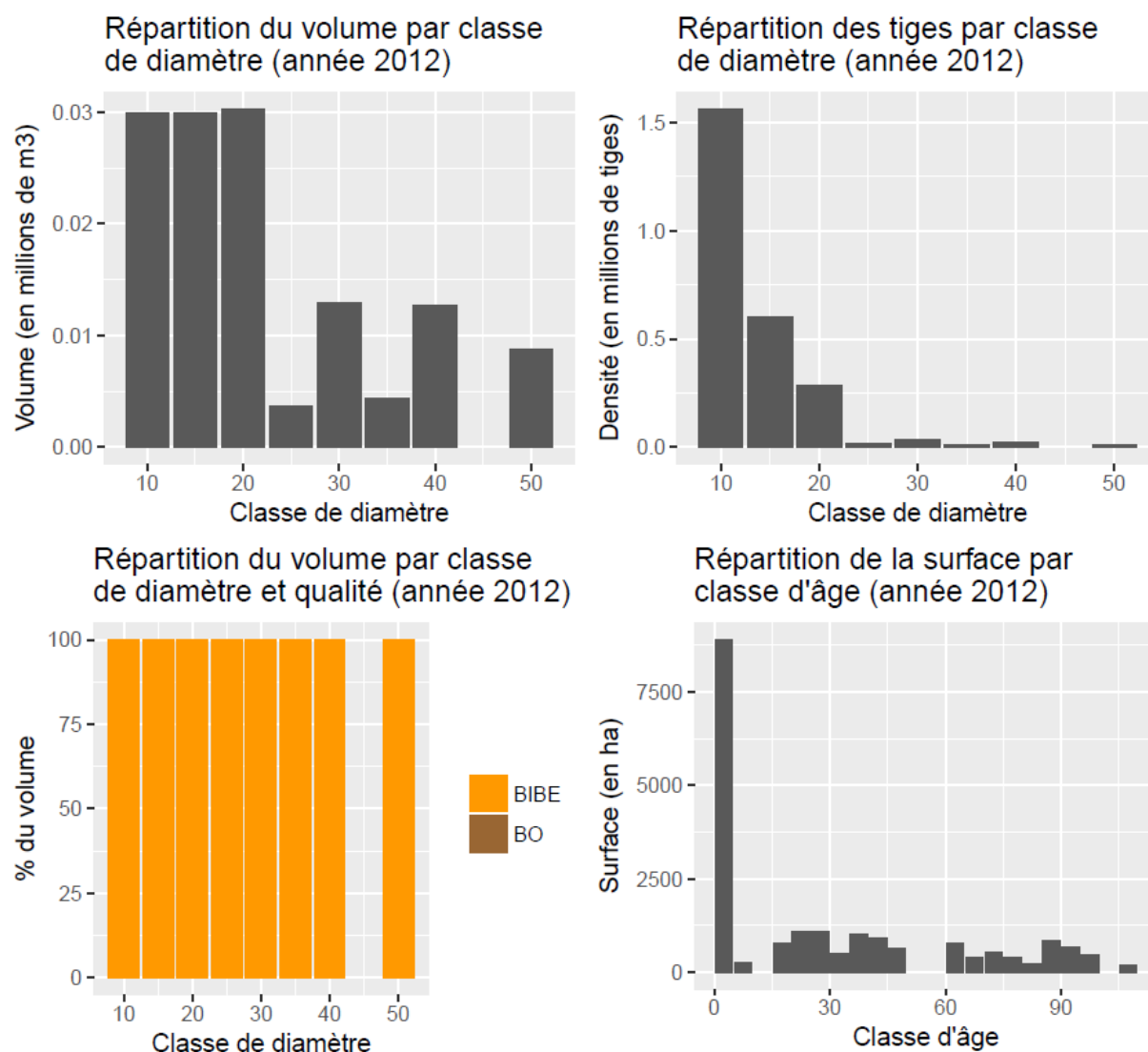
Domaine d'étude : PNR_FORETS_OUVERTES

Table des indicateurs dendrométriques

.	nb_points	surface	densite	volume	production	tx_mortalite	tx_prelevement
PNR_FORETS_OUVERTES	45	19 755 ha	147 tiges/ha	7.7 m3/ha	0.29 m3/ha/an	12.2 %	0 %
Ensemble de la zone	912	267 119 ha	693 tiges/ha	134.6 m3/ha	3.84 m3/ha/an	16.5 %	19.4 %
Période de calcul	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2007-2016	2002-2016	2003-2016 et 2002-2016	2007-2016 et 2002-2016

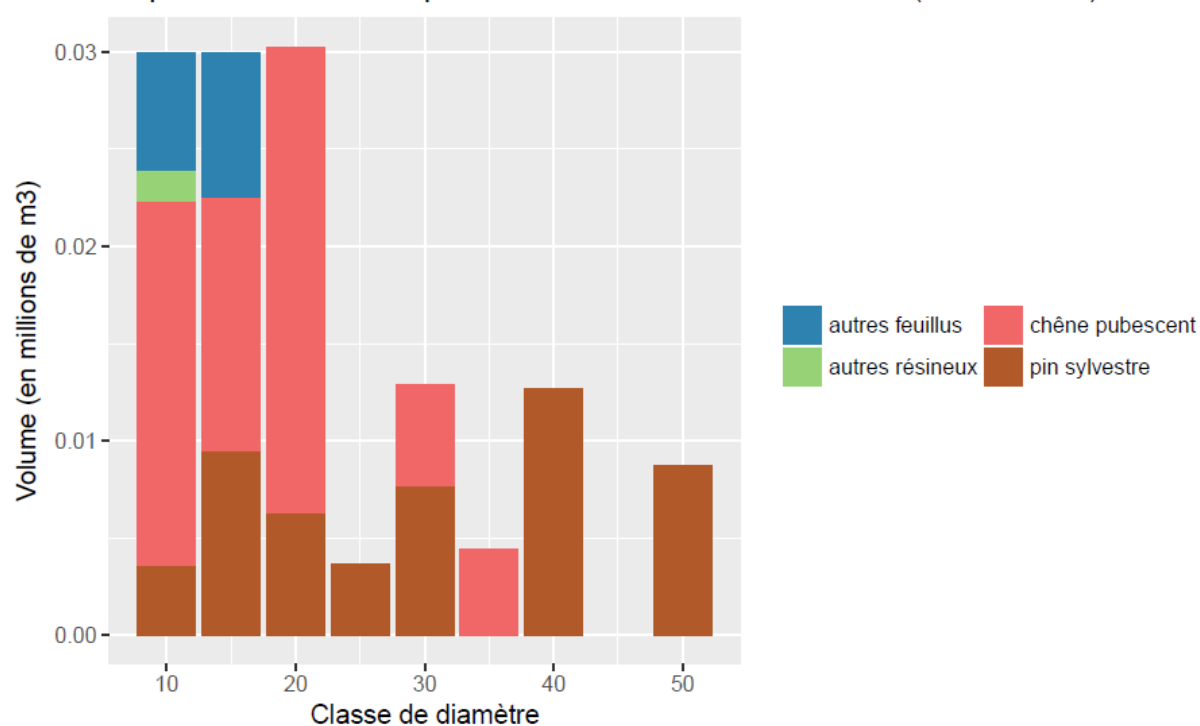
Localisation des placettes





Domaine d'étude : PNR_FORETS_OUVERTES

Répartition du volume par classe de diamètre et essence (année 2012)



essence	% du volume
chêne pubescent	49.3
pin sylvestre	39.4
autres feuillus	10.2
autres résineux	1.2

Annexe 3 : scénarios sylvicoles en forêt privée

Forêts privées : itinéraires techniques du scénario tendanciel

Itinéraires PNR Grands Causses		FORETS PRIVEES							
Scénario tendanciel		Gestion avec coupes d'amélioration (ou taillis fureté pour le chêne pubescent)						Gestion type coupe rase	
Code du domaine	Intitulé du domaine	Age moyen d'exploitabilité	1ère éclaircie		Eclaircies suivantes			Durée	Nb de points IFN total
			Age	Taux en volume	Rotation	Nombre	Taux en volume		
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente							70	136
FF_F_HETRE_CHE- NES	Hêtraies et chênaies (pédonculé et sessile)	120	35	30%	8	5	20%	70	52
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie							60	41
FF_R_PIN_SYLVESTR- E	Pin sylvestre	100	50	40	20	1	35	70	68
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	70	40	35%	10	2	25%		18
FF_R_RESINEUX_PR- ODUCTIFS	Résineux productifs	60	20	35%	7	2	25%	50	40
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes								45

Forêts privées : itinéraires techniques du scénario dynamique

Itinéraires PNR Grands Causses		FORETS PRIVEES							
Scénario dynamique		Gestion avec coupes d'amélioration (ou taillis fureté pour le chêne pubescent)						Gestion type coupe rase	
Code du domaine	Intitulé du domaine	Age moyen d'exploitabili- té	1ère éclaircie		Eclaircies suivantes			Durée	Nb de points IFN total
			Age	Taux en volume	Rotation	Nombre	Taux en volume		
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente							50	136
FF_F_HETRE_CH- ENES	Hêtraies et chênaies (pédonculé et sessile)	120	35	30%	8	5	20%	50	52
FF_F_CHATAIGN- IER	Châtaigneraie	45	12	70%	5	1	50%	60	41
FF_R_PIN_SYLV- ESTRE	Pin sylvestre	80	20	45	7	3	25	70	68
FF_R_PINS_AUT- RES	Pin noir et pin laricio	70	20	45%	7	3	25%		18
FF_R_RESINEUX- PRODUCTIFS	Résineux productifs	60	18	45%	5	3	25%	50	40
FORETS_OUVER- TES	Forêts ouvertes								45

Forêts privées : taux de mise en œuvre des itinéraires techniques, en surface

Taux itinéraires PNR Grands Causses													
		FORETS PRIVEES											
		Gestion avec coupes d'amélioration					Gestion type coupe rase						
		Tendanciel	Dynamique				Tendanciel	Dynamique					
Code du domaine	Intitulé du domaine		2017-2021	2022-2026	2027-2031	2032-2036		2017-2021	2022-2026	2027-2031	2032-2036		
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente						30%	30%	30%	35%	35%	passage en 15 ans	
FF_F_HETRE_CHENES	Hêtraies et chênaies (pédunculé et sessile)	5%	10%	15%	20%	20%	15%	15%	10%	5%	5%		
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie		1%	1%	5%	10%	20%	25%	25%	25%	25%		
FF_R_PIN_SYLVESTRE	Pin sylvestre	10%	10%	15%	20%	25%	33%	33%	30%	25%	20%	passage immédiat	
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	68%	68%	68%	69%	69%						passage en 10 ans	
FF_R_RESINEUX_PRODUCTIFS	Résineux productifs	70%	70%	70%	75%	75%	10%	13%	13%	15%	15%	passage immédiat	
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes												

Annexe 4 : scénarios sylvicoles en forêt publique

Forêts publiques : itinéraires techniques du scénario tendanciel

Itinéraires PNR Grands Causses		FORETS PUBLIQUES							
Scénario tendanciel		Gestion avec coupes d'amélioration (ou taillis fureté pour le chêne pubescent)						Gestion type coupe rase	
Code du domaine	Intitulé du domaine	Age moyen d'exploitabilité	1ère éclaircie		Eclaircies suivantes			Durée	Nb de points IFN total
			Age	Taux en volume	Rotation	Nombre	Taux en volume		
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente							70	136
FF_F_HETRE_CHE- NES	Hêtraies et chênaies (pédunculé et sessile)	140	50	30%	12	7	20%		52
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie								41
FF_R_PIN_SYLVESTR- E	Pin sylvestre	110	35	30%	12	6	22%		68
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	100	40	30%	15	4	25%		18
FF_R_RESINEUX_PR- ODUCTIFS	Résineux productifs	70	25	30%	7	7	20%		40
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes								45

Forêts publiques : itinéraires techniques du scénario dynamique

Itinéraires PNR Grands Causses		FORETS PUBLIQUES							
Scénario dynamique		Gestion avec coupes d'amélioration (ou taillis fureté pour le chêne pubescent)						Gestion type coupe rase	
Code du domaine	Intitulé du domaine	Age moyen d'exploitabili- té	1ère éclaircie		Eclaircies suivantes			Durée	Nb de points IFN total
			Age	Taux en volume	Rotation	Nombre	Taux en volume		
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente							70	136
FF_F_HETRE_CH- ENES	Hêtraies et chênaies (pédunculé et sessile)	110	40	35%	8	9	23%		52
FF_F_CHATAIGN- IER	Châtaigneraie								41
FF_R_PIN_SYLV- ESTRE	Pin sylvestre	90	30	30%	10	6	22%		68
FF_R_PINS_AUT- RES	Pin noir et pin laricio	80	30	40%	12	4	35%		18
FF_R_RESINEUX- PRODUCTIFS	Résineux productifs	55	18	30%	6	6	22%		40
FORETS_OUVER- TES	Forêts ouvertes								45

Forêts publiques : taux de mise en œuvre des itinéraires techniques, en surface

Taux itinéraires PNR Grands Causses											
FORETS PUBLIQUES											
Gestion avec coupes d'amélioration						Gestion type coupe rase					
Code du domaine	Intitulé du domaine	Tendanciel	Dynamique				Tendanciel	Dynamique			
			2017-2021	2022-2026	2027-2031	2032-2036		2017-2021	2022-2026	2027-2031	2032-2036
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente						20%	20%	20%	20%	20%
FF_F_HETRE_CHENES	Hêtraies et chênaies (pédonculé et sessile)	75%	75%	75%	75%	80%					
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie										
FF_R_PIN_SYLVESTRE	Pin sylvestre	60%	60%	60%	60%	60%					
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	85%	85%	90%	90%	90%					
FF_R_RESINEUX_PRODUCTIFS	Résineux productifs	90%	90%	90%	90%	90%					
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes										

Annexe 5 : reconstitution des douglasaies et pessières rasées

Forêts privées

		FORETS PRIVEES			
		2017-2021	2022-2026	2027-2031	2032-2036
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente	10%	10%	10%	10%
FF_F_HETRE_CHENES	Hêtraies et chênaies (pédonculé et sessile)	0%	0%	0%	0%
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie	0%	0%	0%	0%
FF_R_PIN_SYLVESTRE	Pin sylvestre	0%	0%	0%	0%
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	30%	30%	20%	20%
FF_R_RESINEUX_PRODUCTIFS	Résineux productifs	60%	60%	70%	70%
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes	0%	0%	0%	0%
	TOTAL	100%	100%	100%	100%

Forêts publiques

		FORETS PUBLIQUES			
		2017-2021	2022-2026	2027-2031	2032-2036
FF_F_TAILLIS	Taillis dont chênaie pubescente	0%	0%	0%	0%
FF_F_HETRE_CHENES	Hêtraies et chênaies (pédonculé et sessile)	0%	0%	0%	0%
FF_F_CHATAIGNIER	Châtaigneraie	0%	0%	0%	0%
FF_R_PIN_SYLVESTRE	Pin sylvestre	0%	0%	0%	0%
FF_R_PINS_AUTRES	Pin noir et pin laricio	0%	2%	5%	5%
FF_R_RESINEUX_PRODUCTIFS	Résineux productifs	100%	98%	95%	95%
FORETS_OUVERTES	Forêts ouvertes	0%	0%	0%	0%
	TOTAL	100%	100%	100%	100%

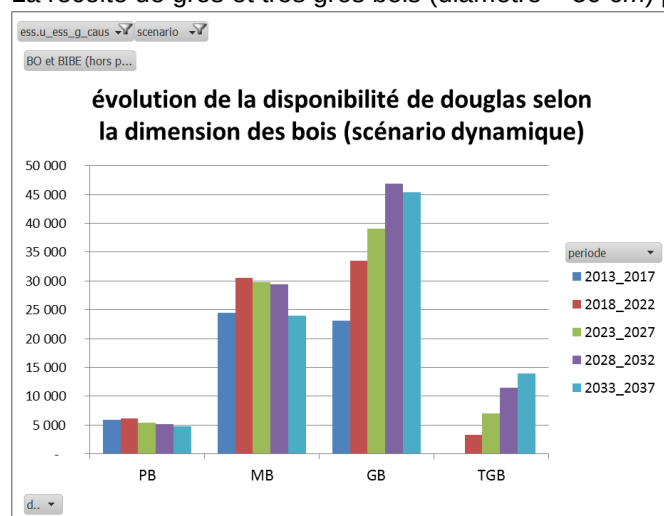
Annexe 6 : usages des bois

Hypothèse PNR Grands Causses						
FORETS PRIVEES ET PUBLIQUES						
Essences des arbres	BOIS D'ŒUVRE				BIBE	Domaines d'étude sans valorisation BO*
	Valorisation possible en BO ?	Diamètre à 1,30m d'apparition du BO (cm)		Taux de BO atteint au diamètre d'exploitabilité (%)	Part de valorisation BIBE des grosses branches (%)	
Chêne pubescent	Non	SO		SO	85	
Châtaignier	Oui	30		50	85	FF_F_TAILLIS
Hêtre	Oui	30		50	85	FF_F_TAILLIS
Chênes pédonculé et sessile	Oui	40		65	85	FF_F_TAILLIS
Frêne	Oui	30		50	85	FF_F_TAILLIS
Autres feuillus	Non	SO		SO	85	FF_F_TAILLIS
Pin sylvestre	Oui	30		50	50	
Epicéa et sapin	Oui	25		80	70	
Douglas	Oui	25		90	70	
Pin noir	Oui	25		75	70	
Pin laricio	Oui	25		75	70	
Autres résineux	Oui	25		75	70	

SO : sans objet

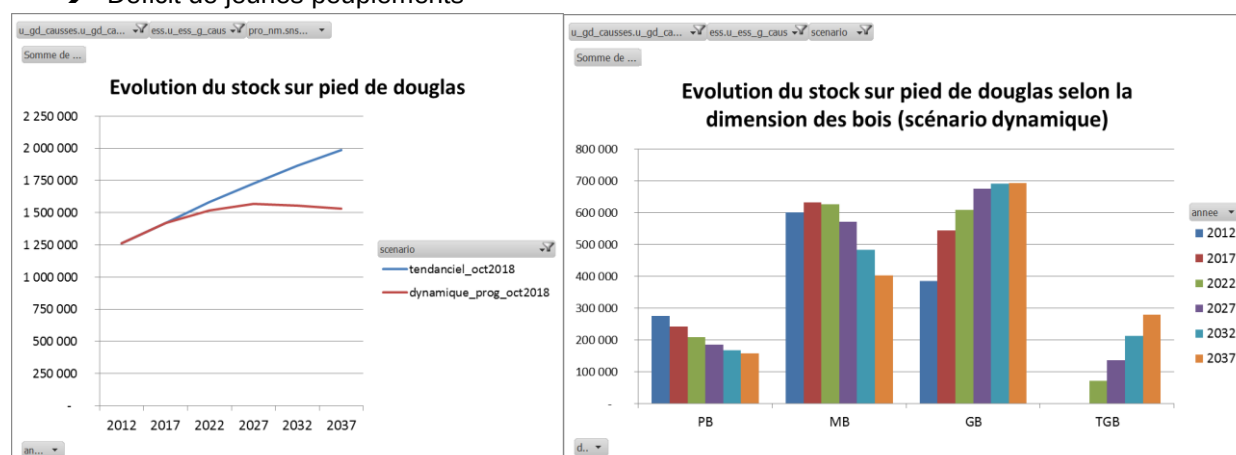
Annexe 7 : évolution de la douglasaie

La récolte de gros et très gros bois (diamètre > 50 cm) progresse de 150 % entre 2013 et 2037.



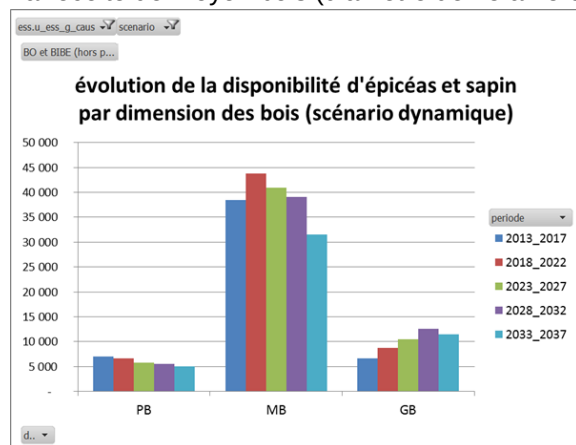
Dans le même temps le stock de petits et moyens bois passe de 69 % en 2012 à 36 % en 2037

- Très forte maturation
- Déficit de jeunes peuplements

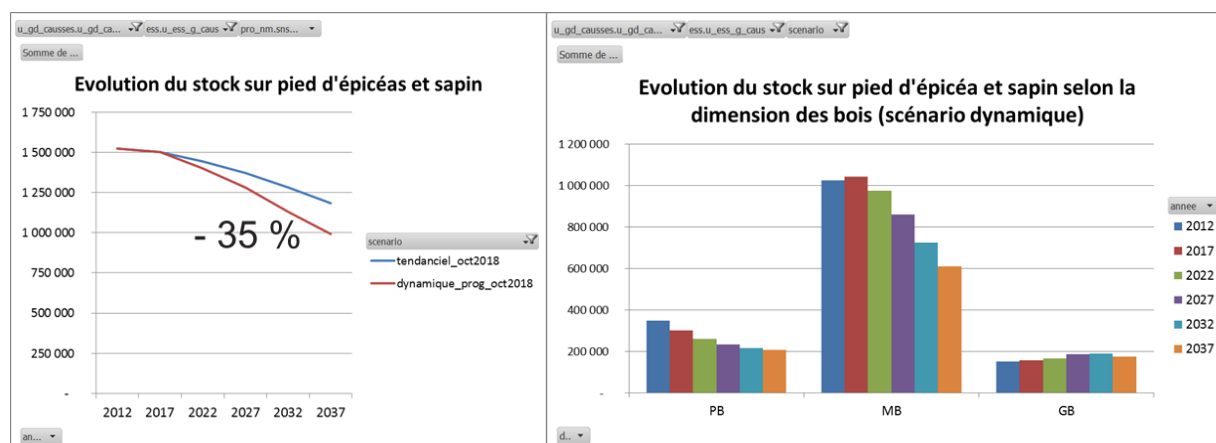


Annexe 8 : évolution de la pessière

La récolte de moyen bois (diamètre de 25 à 45 cm) baisse de 18 % en 2037.



Le stock sur pied chute dans les deux scénarios, jusqu'à -35 % en 2037. En effet les stocks de petits et moyens bois s'effondrent de 40 % sur la période.



Annexe 9 : disponibilités en BO par essence

BO (m3/an)		période					
scénario	groupe essence	essence	2013_2017	2018_2022	2023_2027	2028_2032	2033_2037
tendanciel	résineux	douglas	36 800	43 300	48 900	53 700	57 100
		épicéas et sapins	31 800	31 900	30 900	28 700	25 700
		pin laricio	6 000	6 600	7 100	7 500	8 000
		pin noir	2 600	2 800	2 800	2 700	2 500
		pin sylvestre	2 100	2 500	3 000	3 500	4 000
		autres résineux	-	-	-	-	-
		total	79 400	87 100	92 600	96 100	97 400
	feuillus	autres chênes	1 200	1 400	1 500	1 600	1 600
		hêtre	1 000	1 100	1 300	1 400	1 600
		autres feuillus	900	900	1 000	1 100	1 100
		chêne pubescent	300	300	400	400	500
		châtaignier	200	300	300	300	400
		total	3 700	4 100	4 500	4 900	5 200
dynamique	résineux	douglas	36 800	52 900	60 100	70 200	66 800
		épicéas et sapins	31 800	37 400	36 800	37 200	30 900
		pin laricio	6 000	6 900	7 600	8 000	8 100
		pin noir	2 600	3 300	3 400	3 500	3 000
		pin sylvestre	2 100	2 400	3 200	4 000	4 800
		autres résineux	-	-	-	-	-
		total	79 400	102 900	111 100	122 800	113 700
	feuillus	autres chênes	1 200	1 700	1 900	2 300	2 400
		hêtre	1 000	1 400	1 800	2 200	2 600
		autres feuillus	900	1 100	1 200	1 400	1 400
		chêne pubescent	300	400	500	600	600
		châtaignier	200	300	400	500	600
		total	3 700	4 800	5 800	6 900	7 600

Annexe 10 : disponibilités en BIBE par essence

BIBE (m3/an)		période					
scénario	groupe essence	essence	2013_2017	2018_2022	2023_2027	2028_2032	2033_2037
tendanciel	résineux	douglas	16 800	17 000	17 200	17 300	17 700
		épicéas et sapins	20 200	18 700	17 100	15 600	14 000
		pin laricio	8 100	8 300	8 600	9 000	9 500
		pin noir	2 700	2 800	2 900	3 000	3 000
		pin sylvestre	15 000	16 400	17 800	19 200	20 600
		autres résineux	100	100	100	100	100
		total	62 700	63 200	63 700	64 100	64 900
	feuillus	autres chênes	7 000	7 600	8 100	8 600	9 000
		hêtre	10 400	11 000	11 500	12 100	12 600
		autres feuillus	5 500	5 800	6 100	6 400	6 700
		chêne pubescent	16 200	17 400	18 500	19 500	20 500
		châtaignier	5 200	5 500	5 800	6 000	6 300
		total	44 300	47 200	50 000	52 600	55 000
dynamique	résineux	douglas	16 800	20 600	21 100	22 800	21 300
		épicéas et sapins	20 200	21 800	20 500	20 000	17 000
		pin laricio	8 100	9 900	11 000	12 100	12 100
		pin noir	2 700	4 600	5 800	6 900	6 600
		pin sylvestre	15 000	16 200	19 400	21 900	24 200
		autres résineux	100	100	100	100	100
		total	62 700	73 300	77 900	83 700	81 400
	feuillus	autres chênes	7 000	9 200	10 700	12 400	13 700
		hêtre	10 400	13 300	15 400	17 700	19 300
		autres feuillus	5 500	6 300	7 500	8 200	8 800
		chêne pubescent	16 200	17 800	21 900	23 600	25 100
		châtaignier	5 200	6 800	7 500	9 000	10 800
		total	44 300	53 400	62 900	71 000	77 700

Annexe 11 : données géographiques sources

Les données géographiques sources utilisées pour cette étude sont les suivantes :

- IGN Admin Express pour les entités administratives (communes, EPCI, départements, régions), version de juin 2018 ;
- IGN BD Parcellaire pour les sections cadastrales ;
- IGN BD Forêt v2 de l'Aveyron ;
- IGN BD Topo (routes, voies ferrées, réseaux hydrographiques, bâtiments) pour une utilisation dans Sylvaccess ;
- DGFIP pour les parcelles cadastrales (données de septembre 2017, fournies par le PNR) ;
- ONF pour les forêts publiques (couche datée de 2015) ;

Note : la couche des « Forêts Publiques » de l'ONF est en réalité la couche des forêts gérées par l'ONF, sachant que certaines collectivités ne confient pas leur forêt à l'ONF.

- CNPF pour les forêts privées dotées d'un Plan Simple de Gestion (couche de 2015) ;
- INPN pour les zones sous statut de protection environnementale (APB, Natura2000 (SIC et ZPS), RB) téléchargées en mai 2018 ;
- DREAL Occitanie pour les sites classés et inscrits, téléchargés en mai 2018 ;
- PNR Grands Causses pour les périmètres éloignés et immédiats des captages d'eau potables.

Annexe 12 : indicateurs spatialisés produits dans l'étude

Couche des sections cadastrales enrichies

Le tableau ci-dessous présente le modèle de données retenu pour la couche des sections cadastrales (DIVCADTot), à laquelle des attributs ont été ajoutés, via jointure, croisement spatial, ou calcul. Cette couche reprend, pour chaque section cadastrale, les indicateurs calculés, et permet de faire varier la note finale de difficulté d'exploitabilité.

Tableau 1 Description des couches résultant de l'étude

	Attribut	Libellé-ArcGIS	Source	Commentaire
Sections cadastrales	Identifiant de la section	ID_SECTION	calcul	Agrégation du CODE_COM, SECTION et FEUILLE
	Feuille du cadastre	FEUILLE	BD Parcellaire	
	Section cadastrale	SECTION	BD Parcellaire	
	Nom de la commune	NOM_COM	BD Parcellaire	
	Code de la commune	CODE_COM	BD Parcellaire	
	Surface totale de la section	SUR_TOT	Calcul (BD Parcellaire)	En ha
	Surface de forêt dans la section	SUR_FO	Calcul (BD Forêt)	En ha
	Taux de boisement de la section	TX_BOIS	Calcul (SUR_FO/SUR_TOT)	En %
	Surface de forêts ouvertes et jeunes peuplements	SUR_FOUV	Calcul (BD Forêt)	En ha
	Surface de forêts de conifères	SUR_CON	Calcul (BD Forêt)	En ha
	Surface de forêts de feuillus	SUR_FEU	Calcul (BD Forêt)	En ha
	Surface de forêt publique et privée sous PSG	SUR_FO_GES	Calcul (BD Forêt, couche ONF, couche PSG)	En ha
	Surface de forêt sous statut de protection environnementale à impact élevé	SUR_FO_PIE	Calcul (BD Forêt, couches INPN, sites classés)	En ha
	Surface de forêt sous statut de protection environnementale à impact modéré	SUR_FO_PIM	Calcul (BD Forêt, couches INPN, captage d'eau)	En ha
	Surface de forêt hors production	SUR_FO_HP	Calcul (BD Forêt, couches INPN, captage d'eau)	En ha
	Taux de forêt publique et privée sous PSG	TX_FO_GES	Calcul	En %
	Taux de forêt sous statut de protection	TX_FO_PIE	Calcul	En %

	environnementale à impact élevé			
	Taux de forêt sous statut de protection environnementale à impact modéré	TX_FO_PIM	Calcul	En %
	Taux de forêt hors production	TX_FO_HP	Calcul	En %
	Pourcentage de forêts de conifères	PCT_CON	Calcul	En %
	Pourcentage de forêts ouvertes et jeunes peuplements	PCT_FOUV	Calcul	En %
	Pourcentage de forêts de feuillus	PCT_FEU	Calcul	En %
	Indicateur d'accessibilité physique	ACC	Calcul	Voir III-2.1
	Indicateur de morcellement	MORCE	Calcul	Voir III-2.2
	Indicateur de présence de protection environnementale	PROT	Calcul	Voir 0
	Note globale de difficulté d'exploitabilité	GLOB	Calcul	Voir III-2.4

Annexe 13 : cartographies produites dans l'étude

Dans le cadre de cette étude, un certain nombre de cartes ont été produites. Celles-ci-ci sont incluses dans le dossier « Livrables de l'étude ». L'arborescence est présentée ci-dessous :

 atlasCommuneAccessibilite	
 atlasCommuneMorcellement	
 atlasEPCI morcellement	
 atlasEPCIsynthese	
 accessibilite.jpeg	Carte de l'indicateur d'accessibilité, par section cadastrale
 carteEtude.jpg	Carte de présentation du territoire
 DGD.jpeg	Carte de la part de forêts sous document de gestion durable
 globale.jpeg	Carte de la note globale, par section cadastrale
 morcellement.jpeg	Carte de l'indicateur de morcellement, par section cadastrale
 part_feuillus.jpeg	Carte de la répartition feuillu/résineux, en volume, par section cadastrale
 protection.jpeg	Carte de présence des zonages de protection environnementale
 situation.jpeg	Carte générique
 tx_boisement.jpeg	Carte du taux de boisement, par section cadastrale
 tx_foret_ouverte.jpeg	Carte du taux de forêts ouvertes et jeunes peuplements
 volume_moyen.jpeg	Carte du volume moyen par ha, par section cadastrale

Le dossier « atlasCommuneAccessibilité » comprend les cartes communales issues des résultats de Sylvaccess, similaires à celle présentées en III-2.1.

Le dossier « atlasCommuneMorcellement » comprend les cartes communales des entités foncières, similaires à celle présentées en III-2.2.

Le dossier « atlasEPCI morcellement » comprend les cartes de l'indicateur de morcellement au niveau des sections cadastrales (cf III-2.2), représentées EPCI par EPCI.

Le dossier « atlasEPCIsynthese » comprend les cartes de la note globale au niveau des sections cadastrales (cf III-2.4), représentées EPCI par EPCI.

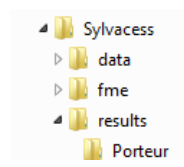
Annexe 14 : paramétrage de Sylvaccess

Les paramètres de l'outil Sylvaccess ont été fournis par les partenaires de l'étude.

	unité	valeur par défaut dans Sylvaccess	valeur PNR Grands Causses
Bûcheronnage manuel			
Pente maximale pour bûcheronnage manuel	%	110	120
Paramètres skidder			
pente max hors desserte	%	30	40
distance max de débusquage en amont de la desserte	m	50	10
distance max de débusquage en aval de la desserte	m	150	120
distance max autorisée hors desserte et hors forêt	m	50	50
pente à partir de laquelle le débusquage amont atteint la dist. max	%	75	85
pente à partir de laquelle le débusquage aval atteint la dist. max	%	20	0
Option de simulation			
limiter l'impact sur les sols (forcer le skidder à procéder autant que possible depuis la desserte)		x	oui
ou limiter le débusquage (le skidder se rapproche autant que possible des grumes)			non
Paramètres porteur			
pente en travers max	%	15	10
pente max en remontant les bois	%	25	25
pente max en descendant les bois	%	30	40
dist max de portage quand la pente est supérieure à la pente en travers max, en m	m	300	300
dist. max hors forêt	m	200	500
longueur de la grue	m	8	8

Annexe 15 : résultats de Sylvaccess

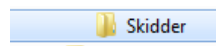
Les résultats obtenus dans Sylvaccess sont un ensemble de rasters bruts décrivant les conditions d'accessibilité du skidder et du porteur au sein des massifs forestiers. Ces résultats sont inclus dans la livraison. L'arborescence des différents fichiers est illustrée ci-dessous.



Arborescence de fichiers Sylvaccess :

- Sylvaccess
 - data
 - fme
 - results
 - Porteur

Fichier	Date	Type	Taille
Distance_dans_foret.tif	11/09/2018 22:40	Image TIFF	631 158 Ko
Distance_sur_piste.tif	11/09/2018 22:40	Image TIFF	631 158 Ko
Distance_totale_foret_route_forestiere.tif	11/09/2018 22:40	Image TIFF	631 158 Ko
Lien_foret_piste.tif	11/09/2018 22:40	Image TIFF	1 262 018 Ko
Lien_foret_Reseau_public.tif	11/09/2018 22:40	Image TIFF	1 262 017 Ko
Lien_foret_route_forestiere.tif	11/09/2018 22:40	Image TIFF	1 262 018 Ko
Parametres_simulation.txt	11/09/2018 22:40	Document texte	1 Ko
Resume_resultats_sylvaccess_porteur.txt	11/09/2018 22:40	Document texte	1 Ko
Zone_accessible.tif	11/09/2018 22:40	Image TIFF	315 729 Ko



Arborescence de fichiers Skidder :

Fichier	Date	Type	Taille
Distance_debusquage.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	631 158 Ko
Distance_debusquage.tif.aux.xml	18/09/2018 16:05	Document XML	1 Ko
Distance_totale_foret_route_forestiere.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	1 262 018 Ko
Distance_trainage_foret.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	631 158 Ko
Distance_trainage_piste.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	631 158 Ko
Foret_accessible.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	315 729 Ko
Foret_accessible.tif.aux.xml	18/09/2018 16:05	Document XML	1 Ko
Foret_inaccessible.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	315 729 Ko
Foret_inaccessible.tif.aux.xml	18/09/2018 16:05	Document XML	1 Ko
Lien_foret_piste.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	1 262 018 Ko
Lien_foret_Reseau_public.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	1 262 018 Ko
Lien_foret_route_forestiere.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	1 262 018 Ko
Parametres_simulation.txt	11/09/2018 21:12	Document texte	2 Ko
Pente_ok_buch.tif	11/09/2018 18:11	Image TIFF	315 729 Ko
Pistes_non_connectees.tif	11/09/2018 18:09	Image TIFF	631 158 Ko
Resume_resultats_sylvaccess_skidder.txt	11/09/2018 21:11	Document texte	1 Ko
Routes_forestieres_non_connectees.tif	11/09/2018 09:35	Image TIFF	631 158 Ko
Zone_parcourable_par_skidder.tif	11/09/2018 21:12	Image TIFF	315 729 Ko
Zone_parcourable_par_skidder.tif.aux.xml	12/10/2018 17:53	Document XML	1 Ko

Les cartes communales présentées en III-2.1 ont été réalisées à partir des rasters 'Foret_inaccessible', 'Zone_parcourable_par_skidder' et 'Distance_debusquage'. L'indicateur d'accessibilité final reprend le pourcentage de 'Foret_inaccessible' sur une section cadastrale.

Plus d'informations sur les couches raster résultant de Sylvaccess peuvent être obtenues auprès de l'IRSTEA de Grenoble (Sylvain Dupire).

Bibliographie Sylvaccess

Toute la documentation relative à l'outil Sylvaccess est disponible à cette adresse :

<https://sourcesup.renater.fr/projects/sylvaccess/>

Pour plus de simplicité, la notice d'utilisation et l'article présentant Sylvaccess sont inclus dans le dossier de livraison.