

STOCKS ET PRELEVEMENTS ACTUELS DE BOIS DANS LES HAIES BOCAGERES

Première évaluation nationale
de la ressource en bois bocager

RAPPORT FINAL

Août 2025



EXPERTISES

CITATION DE CE RAPPORT

DASSOT Mathieu, COMMAGNAC Loïc, LETOUZÉ Frédéric, COLIN Antoine. 2025. Stocks et prélèvements actuels de bois dans les haies bocagères. 65 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2023MA00355

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : IGN

Coordination technique - ADEME : DELBERGUE Antoine

Direction/Service : Direction Bioéconomie Energies Renouvelables - Srv Agriculture Forêts et Alimentation

Résumé

Il est aujourd'hui admis que les haies bocagères rendent de nombreux services, parmi lesquels la production de bois et le stockage de carbone. Le bocage subit néanmoins une pression intense depuis plusieurs décennies, et le développement de filières bioéconomiques basées sur l'exploitation de la biomasse impose aux politiques publiques liées à la gestion durable des haies de disposer de données documentées et cohérentes entre les territoires.

L'objectif de cette étude, menée par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), est de fournir une première évaluation quantitative des stocks sur pied actuels en volume de bois, en biomasse et en carbone dans les haies bocagères de France, ainsi que leurs prélèvements récents.

Une méthodologie innovante, générique, reproductible et basée sur des données ouvertes a été développée. Dans une démarche multisource, elle exploite la couche géographique nationale de référence du linéaire de haies de la BD Haie v2, des Modèles Numériques de Hauteur de Canopée (MNHC) calculés à partir des photographies aériennes collectées en continu par l'IGN, ainsi que les données issues de l'échantillon « haies » de l'enquête d'Inventaire forestier national (IFN). Des métriques de hauteur et de largeur de haie ont été calculées le long du linéaire de la BD Haie v2 par traitement des MNHC. En parallèle, un modèle de prédiction du volume de bois sur pied par les métriques de hauteur et de largeur a été développé sur les placettes « haie » de l'IFN. L'application de ce modèle aux linéaires BD Haie v2 départementaux enrichis des métriques a permis de calculer les stocks sur pied actuels et les volumes disparus au cours des dernières années (sans qu'il soit possible de distinguer la part des coupes inscrites dans une démarche de gestion durable) aux niveaux territorial, départemental et régional. Des cartes de répartition spatiale des stocks sur le territoire métropolitain ont pu être produites.

À l'échelle de la France, le stock de bois sur pied actuel dans les haies, en volume aérien total, s'élève à environ 405 millions de mètres cubes (soit près de 10 % du stock forestier national) correspondant à 129 millions de tonnes de carbone. Ce stock connaît actuellement un accroissement annuel moyen de +0,6 % (croissance de la végétation et disparitions de haies confondues). Les prélèvements de bois effectués dans les haies sont actuellement de plus de 5,3 millions de mètres cubes par an (1,3 % du stock bocager sur pied).

L'approche méthodologique développée dans cette étude rend possible le suivi des stocks et des prélèvements de biomasse dans les haies au cours du temps. Elle constitue une avancée majeure dans la perspective de la mise en place de l'Observatoire de la haie engagée par le gouvernement, qui offrira la possibilité de diffuser les résultats de l'échelle nationale à l'échelle territoriale en intégrant le suivi de l'impact des politiques publiques.

Abstract

Hedges offer multiple services, including wood production and carbon storage. However, hedges have been subjected to intense exploitation for several decades and the development of bioeconomic sectors based on the exploitation of biomass requires public policies linked to the sustainable management of hedges to get documented and spatially coherent data.

The objective of this study, carried out by the National Institute of Geographic and Forest Information (IGN), is to provide a first quantitative assessment of the current standing stocks of wood, biomass and carbon in the hedges of France, as well as their recent harvest.

An innovative, generic and reproducible methodology based on open data has been developed. It combines the French national geographic layer of hedgerows BD Haie v2, Digital Canopy Height Models (DCHM) computed from aerial photographs continuously collected by IGN, as well as data from the French National Forest Inventory (NFI), which includes a sample of hedge. Height and width metrics were calculated along the hedgerow linear entities of the BD Haie v2 geographic layer from DCHM processing. In parallel, a model to predict the aboveground wood volume from the height and width metrics was developed for the hedges of the French NFI. The application of this model to the whole hedge geographic layer BD Haie v2 of each department enriched with hedge metrics made it possible to calculate the current standing stocks and the stocks harvested in recent years (without being able to distinguish the part of the harvest included in a sustainable management approach) at the territorial, departmental and regional scales. Maps of spatial distribution of the stocks across France have been produced.

The current national aboveground wood volume in hedges amounts to 405 million cubic meters (almost 10 % of the French forest stock) corresponding to 129 million tons of carbon. This stock currently grows by 0,6 % per year (tree growth and hedge loss taken together). The current harvested stock amounts to more than 5,3 million cubic meters per year (1,3 % of the current aboveground stock).

The methodology defined in this study allows for the monitoring of the stocks and harvests in hedges over time. It constitutes a major step forward in the development of the Hedge Observatory initiated by the French government, which will make it possible the diffusion of the results from the national level to the local level, as well as the monitoring of the impact of public policies.

SOMMAIRE

1. Contexte du projet	7
2. Objectifs.....	8
3. Source des données de l'étude.....	10
3.1. La BD Haie v2, cartographie nationale des linéaires de haie	10
3.2. Les haies de l'enquête d'inventaire forestier national de l'IGN	12
4. Méthodologie	14
4.1. Enrichissement du linéaire BD Haie v2 avec les dimensions de hauteur et de largeur des haies..	14
4.1.1. Principe de calcul d'un modèle numérique de hauteur	15
4.1.2. Traitement du MNHC.....	16
4.1.3. Principe de calcul des dimensions des haies.....	17
4.2. Modélisation des stocks de bois sur pied actuels et récemment prélevés à partir des métriques des haies.....	21
4.2.1. Tarif de cubage du volume aérien total de bois d'une haie	22
4.2.2. Modèle de prédiction du volume de bois sur pied à partir des métriques MNHC des haies	25
4.3. Caractérisation des haies prélevées en concertation avec les professionnels de la haie	30
4.3.1. Ateliers de discussion et participants.....	30
4.3.2. Valeurs-seuils retenues pour la caractérisation des haies et des prélèvements à partir des données de l'étude	30
4.3.3. Enjeux et besoins exprimés par les acteurs de la haie	32
5. Résultats.....	34
5.1. La ressource bocagère actuelle et son évolution récente.....	34
5.1.1. Linéaire de haie actuel dont linéaire possédant un stock.....	34
5.1.2. Stock de bois sur pied actuel en volume et évolution récente	36
5.1.3. Équivalents en biomasse et en carbone des volumes de bois sur pied actuels..	38
5.1.4. Linéaire et stock actuels par classe de dimension des haies	38
5.1.5. Évolution du stock de bois sur pied selon la hauteur des haies.....	39
5.2. Ressource bocagère récemment prélevée.....	41
5.2.1. Linéaires prélevés	41
5.2.2. Stocks prélevés en volume	43
5.2.3. Équivalents en biomasse et en carbone des volumes de bois prélevés	43
5.3. Cartographie nationale des stocks de bois bocager sur pied et prélevés.....	45
6. Apports, limites et perspectives de l'étude	49
6.1. Un état des lieux de la ressource nationale en bois bocager.....	49
6.2. Limites méthodologiques et pistes d'amélioration	49
6.3. Perspectives	51
Références bibliographiques	53

Index des tableaux et figures.....	54
Sigles et acronymes	56
Annexes.....	57

1. Contexte du projet

Les haies bocagères rendent de nombreux services lorsque leur densité et leur qualité est suffisante : corridor écologique, refuge de biodiversité, lutte contre les ruissellements et les inondations, régulation climatique, lutte contre l'érosion des sols, protection intégrée des cultures, protection des troupeaux, rôle paysager, clôtures, production de bois pour différents usages, stockage de carbone, etc.

La récolte de bois permet de donner une valeur économique à la haie pour les exploitants agricoles, et elle contribue, si elle se réalise dans un cadre de gestion durable, au maintien d'un bocage fonctionnel. A ce titre, la biomasse issue du bocage est de plus en plus mobilisée pour approvisionner les chaufferies biomasse en milieu rural. Dans les régions les moins forestières, la biomasse bocagère occupe une part significative du mix des énergies renouvelables. Les programmes régionaux de la forêt et du bois (PRFB) et les schémas régionaux biomasse (SRB) intègrent déjà pleinement ces ressources dans leurs objectifs de mobilisation.

Depuis quelques années, les haies font l'objet d'une attention particulière pour leur rôle dans le stockage du carbone dans la biomasse et dans les sols, faisant d'elles un des leviers d'atténuation du changement climatique.

Pour autant, les pressions exercées sur les haies sont importantes. On estime que le linéaire de haies a diminué d'environ 70 % depuis les années 1950 (Pointereau 2002). En parallèle, la ressource en bois des haies subit ponctuellement des pressions non maîtrisées.

Afin d'accompagner la restauration et l'extension des haies, le gouvernement a lancé en 2021 le programme « Plantons des haies ! », dont l'objectif était d'aider les agriculteurs volontaires à reconstituer les haies bocagères bordant leurs parcelles et implanter des alignements d'arbres intraparcellaires (agroforesterie). Ce programme visait à planter 7 000 km de haies sur la période 2021-2022.

En 2023, les ministères chargés de l'agriculture et de la transition écologique ont accentué leur ambition de mettre fin à la disparition des linéaires de haie en lançant le « Pacte de la haie ». Ce pacte, qui souhaite mobiliser le plus grand nombre d'acteurs territoriaux, vise à soutenir la plantation et la gestion durable des haies de manière à atteindre un gain net en linéaire de 50 000 km d'ici à 2030. Il introduit la mise en place d'un Observatoire de la haie, basé sur un nouveau référentiel cartographique, dont l'alimentation, partenariale, permettra le suivi du développement des haies sur le long terme à l'échelle nationale.

Dans le cadre de ce « Pacte de la haie », l'ADEME (Agence de la transition écologique) a lancé un appel à projets visant à favoriser le développement de projets collectifs innovants et contribuant à structurer des filières durables de valorisation du bois bocager.

En parallèle, un groupement d'intérêt scientifique (GIS) dédié à la biomasse a vu le jour en 2024, dont le volet « haies » devrait intégrer les informations produites dans cette étude.

Enfin, d'autres dispositifs en faveur de l'extension des linéaires de haie et de leur gestion durable (ex : label Haie, <https://labelhaie.fr>) existent aux niveaux national, régional et local.

Afin de promouvoir un développement durable de l'utilisation de la biomasse d'origine bocagère qui soit compatible avec le maintien des autres fonctions assurées par les haies et d'évaluer leurs dynamiques de stockage/déstockage de carbone, les pouvoirs publics ont besoin d'informations fiables aux échelles nationale, régionale et territoriale sur les stocks de biomasse/carbone actuels, mais également de disposer d'informations sur les possibilités de récolte supplémentaire à différents horizons de temps dans un cadre de gestion durable de ces milieux.

2. Objectifs

L'objectif de cette étude est de fournir la première évaluation quantitative des stocks actuels de bois, de biomasse et de carbone dans les haies bocagères de France, ainsi que leurs prélèvements récents.

Elle s'inscrit dans la lignée de travaux antérieurs, dont le premier a été mené en 2009 par SOLAGRO et l'IFN (Inventaire Forestier National) avec le soutien de l'ADEME (Colin et al 2009). Une méthode de calcul des disponibilités nationales en biomasse d'origine bocagère avait été développée à partir d'une estimation statistique du linéaire par type de haie issue de l'enquête IFN et d'une étude donnant la productivité de quelques chantiers d'exploitation dans l'Ouest de la France (Bouvier 2008).

En 2017 et 2018, l'association AILE (Bretagne) et la DRAAF Normandie ont commandé à l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière) des mises à jour des chiffres de 2009 pour ces deux régions (IGN 2018, 2019). L'objectif était d'éclairer les politiques publiques (PRFB, SRB, plan bocage) et de contribuer aux réflexions locales autour de l'élaboration d'une stratégie pour la mobilisation durable des bois bocagers. La méthodologie mise au point en 2009 a été actualisée, notamment pour mieux intégrer les référentiels de productivité des professionnels locaux.

La méthode utilisée dans ces deux études régionales restait cependant largement perfectible car elle utilisait de nombreuses hypothèses et coefficients techniques faiblement documentés (données de chantiers, identification des haies productives et exploitables, coefficients de conversion entre unités de mesure, etc.). De plus, les résultats correspondaient à des statistiques au mieux régionales, non cartographiables et dont la précision n'est pas estimable. En outre, la méthodologie ne permettait pas d'estimer des stocks de bois sur pied ni la dynamique du stockage de carbone, mais uniquement d'évaluer les volumes récoltables si toutes les haies non discontinues du territoire étaient prélevées comme sur les chantiers actuels. Enfin, la méthode ne permettait pas de projeter les stocks et les prélèvements futurs, en l'absence de scénarios de développement explicites et de modèles de croissance et de gestion des haies.

Ces études ont néanmoins apporté des informations de cadrage général aux décideurs régionaux, là où il n'existait aucun chiffre auparavant. Toutefois leurs limitations méthodologiques rendaient impossible la déclinaison des résultats en actions véritablement opérationnelles sur le terrain.

Dans les dernières années, plusieurs travaux ont donné lieu à des évolutions méthodologiques indispensables pour évaluer les stocks de bois et de carbone sur pied dans les haies, fournir une première estimation des récoltes actuelles, améliorer la précision et la résolution spatiale de ces estimations et, à terme, réaliser des prospectives basées sur des scénarios explicites de développement du bocage. En 2020, des travaux menés conjointement par l'IGN et l'Office Français de la Biodiversité (OFB) dans le cadre du projet « Dispositif National de Suivi des Bocages » (DNSB) ont abouti à la production d'une couche d'information géographique nationale sur les haies bocagères nommée BD Haie. Cette cartographie nationale des haies a été mise à jour au début de l'année 2024 et mise à disposition sous le nom de BD Haie v2. En parallèle, l'IGN produit des Modèles Numériques de Surface (MNS) calculés à partir de photographies aériennes réalisées tous les trois ans (en moyenne) pour chaque département, qui donnent accès à la hauteur de la végétation et à son évolution à ce même pas de temps. Ces nouvelles données spatiales (BD Haie v2 et MNS), utilisables à l'échelle des territoires, peuvent être mises en relation avec le dispositif statistique de mesure de haies sur le terrain de l'IFN, qui a inventorié de 2005 à 2022 un échantillon représentatif de haies bocagères sur l'ensemble du territoire métropolitain. La perspective de pouvoir combiner ces données cartographiques et statistiques dans une approche multisource a ouvert la voie à la production d'informations inédites sur les stocks de bois dans les haies bocagères.

Le développement et la mise en œuvre de cette approche multisource ont ainsi pu être menés en 2022 par l'IGN dans le cadre d'une étude financée par l'ADEME et dont l'objectif était de réaliser la première estimation quantitative des stocks de bois, de biomasse et de carbone sur pied dans les haies des principaux bassins bocagers français (31 départements), ainsi que leurs prélèvements récents (coupes, arrachages, etc.) (Dassot et al 2022). Les résultats de cette étude alimentent aujourd'hui la base de données de l'outil CARTOFOB (module cartographique forêt-bois de l'Observatoire de la biomasse) utilisé par les cellules biomasse en région pour évaluer les plans d'approvisionnement des projets de chaufferies biomasse.

La présente étude reprend les grands principes de celle de 2022 (Dassot et al 2022), cette fois-ci dans le but d'étendre à la France entière l'évaluation des stocks de bois sur pied dans les haies bocagères et leurs prélèvements récents. La méthodologie IGN, optimisée, y est présentée en détail, tout comme ses limites et ses perspectives d'amélioration. Ce rapport intègre en outre une synthèse des temps d'échange mis en place durant l'étude avec les acteurs des territoires liés à la haie, dont l'expertise a été sollicitée afin d'interpréter et d'exploiter de manière optimale les données produites (par exemple identifier les prélèvements), mais aussi de cerner les usages potentiels et les limites opérationnelles des résultats obtenus. Les chiffres produits dans cette étude, dont la diffusion pourra être assurée par l'Observatoire

de la haie (en cours de mise en place) constituent de premières estimations des stocks et des dynamiques de prélèvement de bois actuels dans les haies bocagères de France, à destination des décideurs œuvrant aux échelles nationale, régionale et départementale, mais aussi infra-départementale (intercommunalités).

3. Source des données de l'étude

La méthodologie multisource développée dans l'étude mobilise quatre données de l'IGN, à savoir la couche géographique nationale de référence des linéaires de haie, nommée BD Haie v2 (présentée au chapitre 3.1), le dispositif IFN sur les haies (présenté au chapitre 3.2), l'étude Haie Biomasse Basse-Normandie réalisée par l'IFN (en tant qu'institut) en 2010 (présentée au chapitre 4.2.1) et les modèles numériques de hauteur de canopée (MNHC) calculés à partir des modèles numériques de surface (MNS) photogrammétriques et des modèles numériques de terrain (MNT) de l'IGN (présentés au chapitre 4.1.1).

3.1. La BD Haie v2, cartographie nationale des linéaires de haie

Les linéaires géographiques de haies de la BD Haie v2 (figure 1) ont été produits dans le cadre du programme de Dispositif National de Suivi des Bocages (DNSB), fruit d'une coopération entre l'IGN et l'OFB. Ils sont issus de la mise à jour des linéaires de haies de la BD Haie v1.



Figure 1 : couche géographique nationale des linéaires de haie BD Haie v2

La BD Haie v1 a été produite grâce à l'assemblage automatisé des données du thème végétation de la BD TOPO® de l'IGN (objets de nature « haie » et certains objets de nature « bosquet »), ainsi que des objets des surfaces non agricoles (SNA) du registre parcellaire graphique (RPG). Les objets SNA de type « haie » et « arbres alignés » ont été retenus pour réaliser la BD Haie v1, ainsi que certains objets des types « autre surface végétale non agricole » et « bosquets ». Le processus de production de la BD Haie v1 est détaillé dans le rapport d'étape 2020 du dispositif national de suivi des bocages¹. Cette couche, produite en 2020, s'appuie donc sur deux sources de données dont les millésimes de prises de vues s'échelonnent de 2004 à 2015 selon les départements et l'origine de la donnée (l'année moyenne de la BD Haie v1 est 2011).

Le besoin d'une mise à jour de la BD Haie v1 est rapidement apparu afin d'améliorer son exhaustivité, corriger la géométrie de certains linéaires, millésimer la donnée en lui attribuant une date de référence unique par département et rendre possible la comparaison des linéaires départementaux entre les deux versions.

¹ Disponible sur https://geoservices.ign.fr/sites/default/files/2021-07/Descriptif_de_contenu_et_limite_DSB.pdf

La production de la BD Haie v2 repose sur les principes suivants :

1. La confirmation de la présence des haies de la BD Haie v1 à l'aide de données récentes (issues de prises de vues aériennes acquises de 2020 à 2022 selon les départements et des objets SNA) ;
2. L'ajout des nouvelles haies présentes dans les données récentes et absentes de la BD Haie v1 (cela ne présume pas de la présence ou de l'absence de la haie sur le terrain, il peut s'agir d'une haie présente sur le terrain dans les années 2011 et néanmoins absente de la BD Haie v1).

Trois sources de données ont été utilisées pour produire la BD Haie v2 :

- Les surfaces non agricoles du RPG, dans une version actualisée (saisies sur les prises de vues aériennes 2020 - 2022) ;
- Les modèles numériques de hauteur (MNH²) récents. Les deux derniers millésimes disponibles ont été utilisés. Le plus récent à la date de production (prises de vues aériennes de 2020 à 2022) et le précédent, généralement issu de prises de vues aériennes acquises 3 ans plus tôt ;
- La base de données topographique de l'IGN (BD TOPO®), mise à jour en continue.

Pour valider les haies linéaires de la BD Haie v1 issues des SNA du RPG, les données du RPG récentes ont été utilisées. En effet, les données du RPG peuvent contenir de très petits objets (en hauteur et en largeur) que le MNH seul ne permet pas de valider. Les données du RPG étant déclaratives et non exhaustives sur le territoire (les données sont présentes uniquement sur les parcelles agricoles), l'utilisation du MNH est nécessaire pour la mise à jour des haies situées en dehors des îlots agricoles (issues des données BD TOPO®).

Compte tenu de son mode de production, le thème végétation de la BD TOPO® représente principalement des haies arborées. Ces haies arborées sont bien visibles sur les modèles numériques de hauteur calculés par l'IGN si elles étaient toujours présentes en 2020 - 2022.

La présence des haies de la BD Haie v1 non confirmées par les surfaces non agricoles récentes a été également révérifiée à l'aide des modèles numériques de hauteur.

Les haies de la BD Haie v1 ont enfin été croisées avec les infrastructures et les surfaces en eau de la BD TOPO® afin de supprimer celles superposées à des réseaux récemment construits (routiers ou ferrés) ou à des surfaces en eau.

A l'issue de la mise à jour, chaque segment de haie de la BD Haie v1 est caractérisé de la façon suivante :

- **Haie confirmée** : la présence de la haie BD Haie v1 est confirmée par les données SNA ou par le MNH et sa présence n'est pas infirmée par les données BD TOPO® ;
- **Haie enlevée** : haie « enlevée » de la BD Haie v1 car non présente dans les SNA récentes, non détectable sur les deux derniers millésimes de MNH ou superposée à une infrastructure ou une surface en eau. Sa probabilité d'arrachage (disparition) est forte ;
- **Haie enlevée récemment, à confirmer au prochain MNH** : haie « enlevée » de la BD Haie v1 car non présente dans les SNA récentes, détectable sur l'avant dernier millésime de MNH et non détectable sur le dernier millésime de MNH. La haie a pu être exploitée ou arrachée.

Enfin les haies des SNA récentes non présentes dans la BD Haie v1 ont été ajoutées à la base de données.

A l'issue du travail de mise à jour, les haies suivantes ont été retenues pour constituer la BD Haie v2 :

- Les haies confirmées ;
- Les haies enlevées récemment, à confirmer au prochain MNS (disponible sous 3 ans maximum) ;
- Les haies ajoutées.

La figure 2 présente la densité moyenne de haies par hectare, selon la BD Haie v2, pour chaque kilomètre carré du territoire français.

Le processus de production de la BD Haie v2 est détaillé dans le rapport d'étape 2024 du dispositif national de suivi des bocages³.

² Le MNH est une représentation continue de la hauteur des objets visibles sur les photographies aériennes (arbres, bâtiments). Un MNH qui ne contient que des éléments de végétation (après suppression des bâtiments) est appelé un modèle numérique de hauteur de canopée (MNHC), voir paragraphe 4.1.1.

³ Disponible sur https://geoservices.ign.fr/sites/default/files/2025-06/Descriptif_de_contenu_et_limite_DSB_v2.pdf

Densité de haies par hectare selon la BD Haie V2

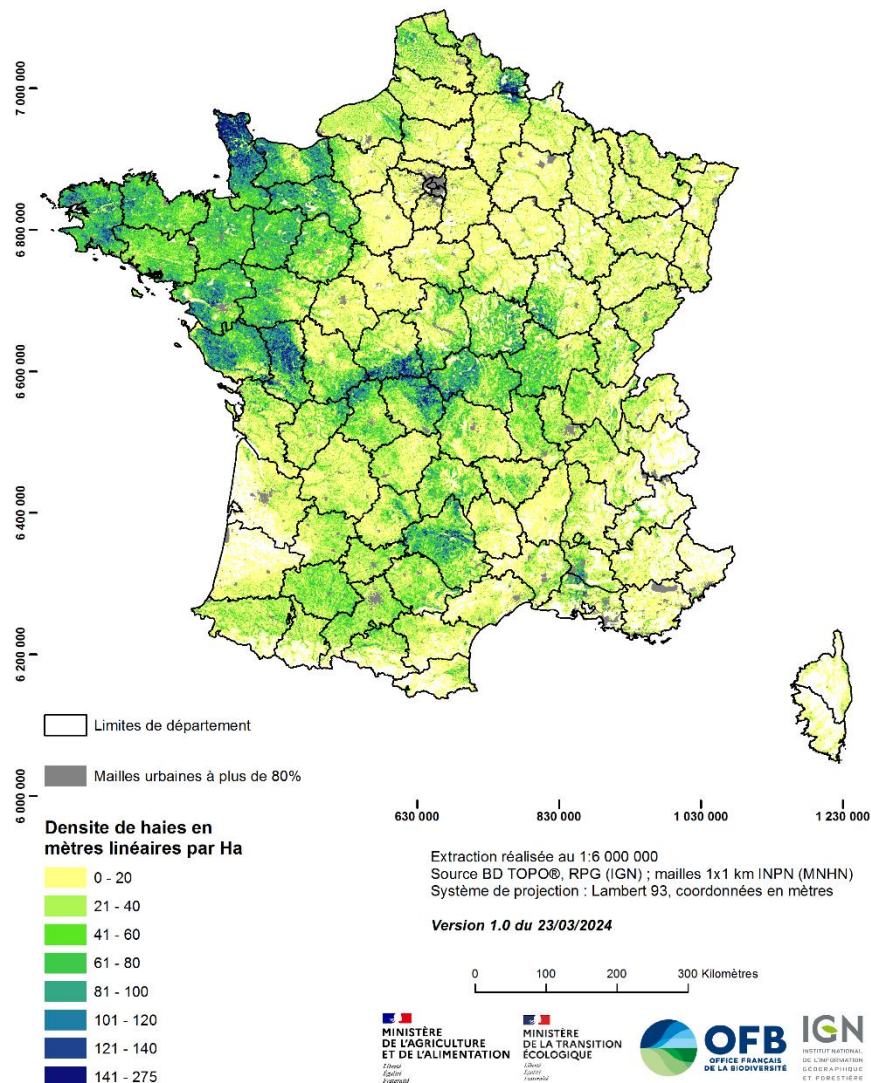


Figure 2 : densité des haies de la BD Haie v2 par hectare, par kilomètre carré

3.2. Les haies de l'enquête d'inventaire forestier national de l'IGN

En France, l'IGN est l'établissement chargé de produire des informations de référence sur l'état des forêts, leur diversité et les volumes de bois qu'elles renferment (Hervé et al. 2014). Ces informations sont nécessaires à la définition et à l'évaluation des stratégies des organismes privés et des politiques internationales, nationales et locales du secteur forêt-bois.

L'IGN réalise l'inventaire forestier national (IFN), qui est l'enquête statistique permanente de la forêt française. Elle permet de mesurer, suivant des protocoles et des définitions publiques et normées, les états et les évolutions de la forêt en surface et en volume ainsi que les flux (production biologique, prélèvements, mortalité) à des échelles nationale, régionale ou territoriale. Depuis 2005, l'ensemble des forêts métropolitaines publiques et privées est inventorié tous les ans selon un échantillonnage systématique du territoire. Les objets inventoriés par l'IGN concernent les forêts, les peupleraies, les landes et les haies bocagères.

La haie bocagère est définie dans l'enquête IFN comme une formation linéaire arborée comportant des arbres sur au moins 25 mètres de long, sans interruption de plus de 20 mètres, sur une largeur inférieure à 20 mètres et d'une hauteur potentielle supérieure à 1,30 m. On parle aussi de « ligneux hors forêt ».

La méthode d'inventaire des haies bocagères de l'IFN se déroule en deux phases :

- En phase 1, un vaste échantillon de points répartis sur l'ensemble du territoire français de manière aléatoire et selon une grille systématique est photo-interprété afin d'identifier les points tombant à moins de 25 mètres d'une haie (plus de précisions au paragraphe 4.2.2.1);
- La deuxième phase consiste à se rendre sur un sous-échantillon des points sur lesquels des haies ont été identifiées. Les haies en limite de champ, de jardin ou de zone artificialisée (routes à grande circulation, voies ferrées ou terrains bâtis) sont exclues de cet échantillon. Cette phase de terrain vise à confirmer si les intersections identifiées par photo-interprétation sont bien des haies, et le cas échéant, à collecter différents types de données sur la haie, son environnement et les arbres qui la composent (largeur et longueur de la haie, type de haie, essence principale de l'étage supérieur, hauteur moyenne de la haie, circonférence et hauteur d'un échantillon d'arbres, etc.).

Parmi les haies bocagères, l'IFN distingue les haies boisées (haies arborées et haies arbustives) et les cordons boisés. Les cordons boisés désignent des entités linéaires de moins de 20 mètres de largeur au sol (de « clôture à clôture », ou de « bord de champ à fossé de route ») dont la concentration de la biomasse, estimée dans les tiges implantées sur une bande de 2 mètres de large centrée sur l'axe du segment, est inférieure à 80 % de la biomasse totale. Autrement dit, la particularité des cordons boisés réside dans le fait que la biomasse n'est pas concentrée sur l'axe de la formation linéaire, mais plutôt répartie sur sa largeur. De 2005 à 2022, l'IGN a inventorié environ 400 haies par an. Cet inventaire des haies n'est plus réalisé depuis 2023.

4. Méthodologie

La méthodologie permettant d'évaluer les stocks de bois bocager sur pied et récemment prélevés sur l'ensemble du territoire métropolitain est constituée de plusieurs tâches complémentaires (figure 3) :

1. Enrichissement du linéaire géographique de la BD Haie v2 avec deux millésimes de dimensions des haies (métriques de hauteur et de largeur) calculés à partir des deux millésimes les plus récents de photographies aériennes IGN (séparés de trois ans dans la majorité des cas, parfois deux ou quatre) ;
2. Élaboration d'un modèle de prédiction du volume de bois sur pied à partir des métriques de hauteur et de largeur de la haie, grâce à l'exploitation de l'échantillon « haie » de l'inventaire forestier national, et enrichissement du linéaire de la BD Haie v2 avec deux millésimes de volume de bois sur pied ;
3. Identification du linéaire de la BD Haie v2 ayant subi un prélèvement récent à partir du différentiel de métriques calculé entre les deux millésimes récents de photographies aériennes et de seuils discutés avec les acteurs des territoires liés à la haie dans le cadre d'ateliers de travail dédiés ;
4. Production de résultats agrégés de stocks et de prélèvements de bois bocager à différentes échelles territoriales (département, région, etc.).

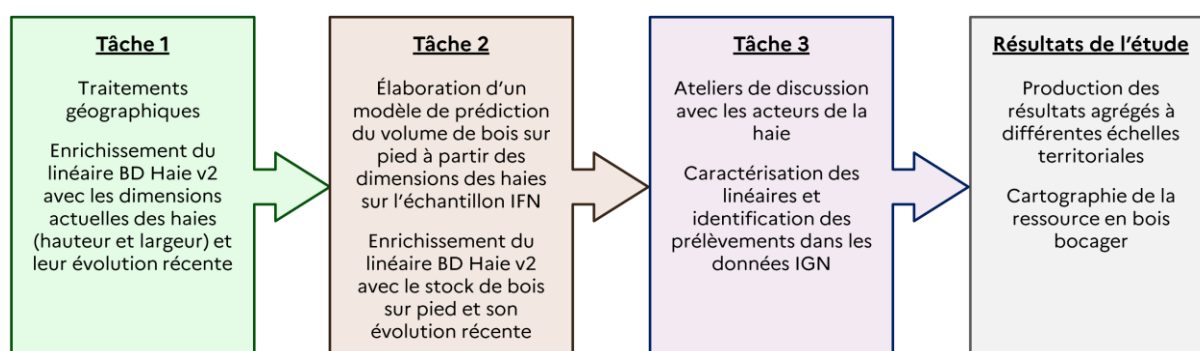


Figure 3 : organisation générale de l'étude

4.1. Enrichissement du linéaire BD Haie v2 avec les dimensions de hauteur et de largeur des haies

L'objectif de la tâche 1 est d'enrichir les linéaires de haie de la BD Haie v2 avec des informations corrélées à la quantité théorique de biomasse sur pied. Parmi toutes les données candidates, la hauteur et la largeur de la haie comptent parmi les plus pertinentes : elles correspondent à l'espace tridimensionnel occupé par la végétation ligneuse le long des haies. À cette fin, une méthode de calcul de la hauteur et de la largeur des haies à partir des données disponibles à l'IGN a été développée.

Lexique des termes géomatiques employés dans cette section :

Dalle : image carrée de 1 km de côté, dont les pixels portent une valeur d'altitude ou de hauteur

MNT : modèle numérique de terrain, constitué de dalles dont les pixels renseignent l'altitude du sol

MNS : modèle numérique de surface, constitué de dalles dont les pixels renseignent l'altitude de la partie supérieure des éléments présents au sol (sursol)

MNHC : modèle numérique de hauteur de canopée, constitué de dalles dont les pixels renseignent la différence entre le MNS et le MNT en zone arborée, c'est-à-dire la hauteur des arbres

Tronçon : portion du linéaire BD Haie après découpage tous les 10 m. Entité d'une longueur de 10 m (excepté en extrémité de linéaire), support des informations de hauteur et de largeur locales de la haie

Sous-tronçon : portion du linéaire d'un tronçon, défini entre deux « virages » du linéaire puis tous les 5 m si le tronçon est rectiligne

Perpendiculaire : segment géographique de 20 m de longueur associé à chaque sous-tronçon et perpendiculaire à l'axe de la haie, assurant la lecture transversale des pixels du MNHC et ainsi le calcul des dimensions locales de la haie

4.1.1. Principe de calcul d'un modèle numérique de hauteur

Ce paragraphe est en partie extrait du cours de Laure Chandelier, Département Imagerie Aérienne et Spatiale, École Nationale des Sciences Géographiques, 2011 (<https://cours-fad-public.ensg.eu/course/view.php?id=90>).

La photogrammétrie est une technique qui permet de reconstituer une copie 3D de la réalité à partir de l'acquisition d'images, telles que des prises de vue aériennes, et de la modélisation rigoureuse de la géométrie des objets physiques. Une image constitue un enregistrement plan de l'environnement. Seule, elle ne permet pas d'obtenir les trois dimensions de l'espace. Pour reconstruire un environnement en 3D, il faut deux images (au minimum) prises de deux points de vue différents, et procéder par intersection. Ce principe est analogue au fonctionnement de notre système visuel, qui nous permet d'appréhender notre environnement en relief par nos deux yeux : c'est la stéréovision (figure 4 et figure 5). Deux images prises dans des conditions semblables à celles de la vision humaine (dont les points de vue sont parallèles mais décalés dans l'espace) forment un couple stéréoscopique qui permet de retrouver la sensation de relief par stéréoscopie. Ce principe est appliqué aux prises de vues aériennes (figure 6).

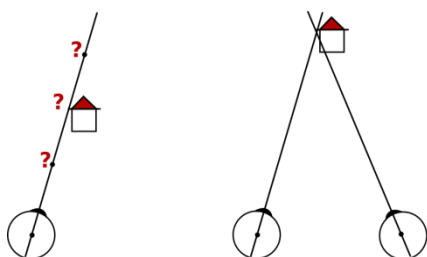


Figure 4 : un œil seul ne peut déterminer à quelle distance se situe la maison. Avec deux yeux, les rayons s'intersectent et la position de la maison est connue

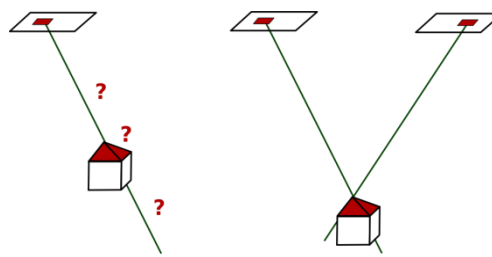


Figure 5 : avec une seule image, on ne peut déterminer à quelle distance se trouve la maison. Avec deux images (= un couple), les rayons s'intersectent et la position de la maison est connue

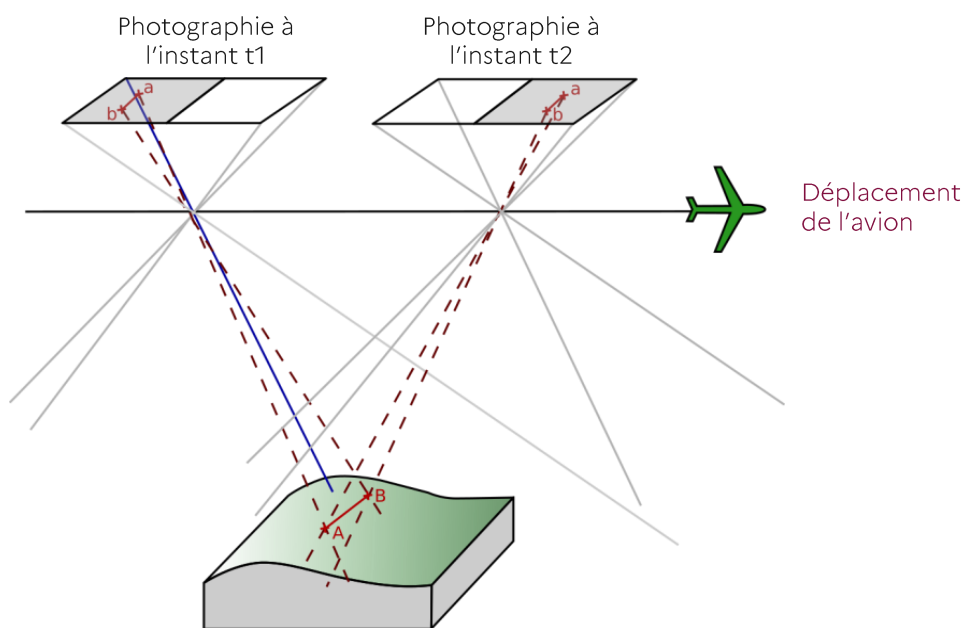


Figure 6 : principe du couple stéréoscopique lors d'une prise de vue aérienne

La mise en corrélation d'images représentant une même zone du sol permet d'affecter une valeur d'altitude à chaque pixel des prises de vues aériennes de l'IGN. La donnée résultante est un modèle numérique de surface (MNS), une couche d'information géographique qui fournit une description continue de l'altitude du sursol, c'est-à-dire, pour les espaces naturels, du sommet de la végétation. Compte tenu des spécifications des prises de vues aériennes, les MNS produits par l'IGN ont une précision théorique de ± 1 m en altitude.

Les MNS sont calculés à partir des prises de vues aériennes départementales. Chaque année, l'IGN photographie 1/3 du territoire métropolitain. Chaque département est ainsi photographié tous les 3 ans,

en moyenne. Depuis 2015, un MNS photogrammétrique est systématiquement calculé à la suite des prises de vues aériennes (avant 2015, sa production n'était pas automatisable à l'échelle d'un département).

Un modèle numérique de hauteur de canopée (MNHC) est ensuite calculé (figure 7) en soustrayant au MNS un modèle numérique de terrain (MNT), qui représente l'altitude du sol. Ce MNT, de résolution métrique, peut être obtenu soit par l'utilisation d'un Lidar aérien, soit par le même principe photogrammétrique que le MNS (couplé à des retouches manuelles pour ignorer le sursol). Le MNT utilisé dans le cadre de ce travail est le RGE Alti® de l'IGN, qui compile à ce jour des dalles (images de 1x1 km où chaque pixel de 1x1 m porte une information d'altitude) obtenues soit à partir de relevés Lidar, soit à partir de photographies aériennes. L'exactitude altimétrique des dalles du RGE Alti® est comprise entre 0,2 m et 0,5 m lorsqu'elles proviennent d'une acquisition LiDAR, et entre 0,5 m et 0,7 m lorsqu'elles ont été obtenues par corrélation d'images aériennes, selon la documentation IGN.

Le MNHC est une représentation continue de la hauteur des objets. Il s'agit d'une donnée complexe qui témoigne de toute l'irrégularité de la canopée. Sa résolution est fine : issu de prises de vues aériennes d'une résolution de 20 cm, il est constitué de pixels élémentaires de 50 cm de côté portant une information de hauteur. La version manipulée est une version départementale constituée d'environ 6 000 à 11 000 dalles kilométriques, selon le département.



Figure 7 : la différence entre le modèle numérique de surface obtenu par corrélation d'images aériennes et le modèle numérique de terrain constitue le modèle numérique de hauteur de canopée (MNHC), qui décrit la hauteur des arbres

4.1.2. Traitement du MNHC

Le MNHC a été seuilé pour ne garder que les valeurs de hauteur strictement supérieures à 3 m, afin de limiter les erreurs liées à l'imprécision du MNS, d'éviter les éventuelles confusions avec des cultures de maïs (dans le cas de haies qui auraient été coupées entre la date de la donnée ayant servi à produire la BD Haie v2 et la date du MNS) et pour ne retenir que les haies susceptibles de stocker un volume de bois mesurable sur les points IFN (données de calibration des modèles de volume). Un seuil maximal de hauteur a été fixé à 45 m, les valeurs supérieures étant considérées comme aberrantes (figure 8).

Les emprises suivantes sont ensuite déduites du MNHC à l'aide des données issues de la BD TOPO® :

- Surfaces en eau avec une zone tampon⁴ de -1 m (ces surfaces entraînent des erreurs de corrélation lors de la production du MNS et donc des hauteurs aberrantes sur le MNHC) ;
- Surfaces de forêts fermées avec une zone tampon de -2 m ;
- Surfaces de bâtiments avec une zone tampon de +3 m ;
- Linéaires de route et de voie ferrée avec une zone tampon de +1 m.

Le résultat de ce processus est un MNHC dit « seuilé et filtré », qui limite les risques de confusion avec des éléments linéaires non arborés ou non bocagers. Ce processus est réalisé pour chaque dalle kilométrique du MNS (figure 8).

⁴ Une zone tampon, ou « buffer », définit une surface située à une certaine distance autour d'un objet géographique. Si la valeur utilisée pour définir la zone tampon est positive, il s'agit d'une dilatation de l'objet, sinon il s'agit d'une érosion.

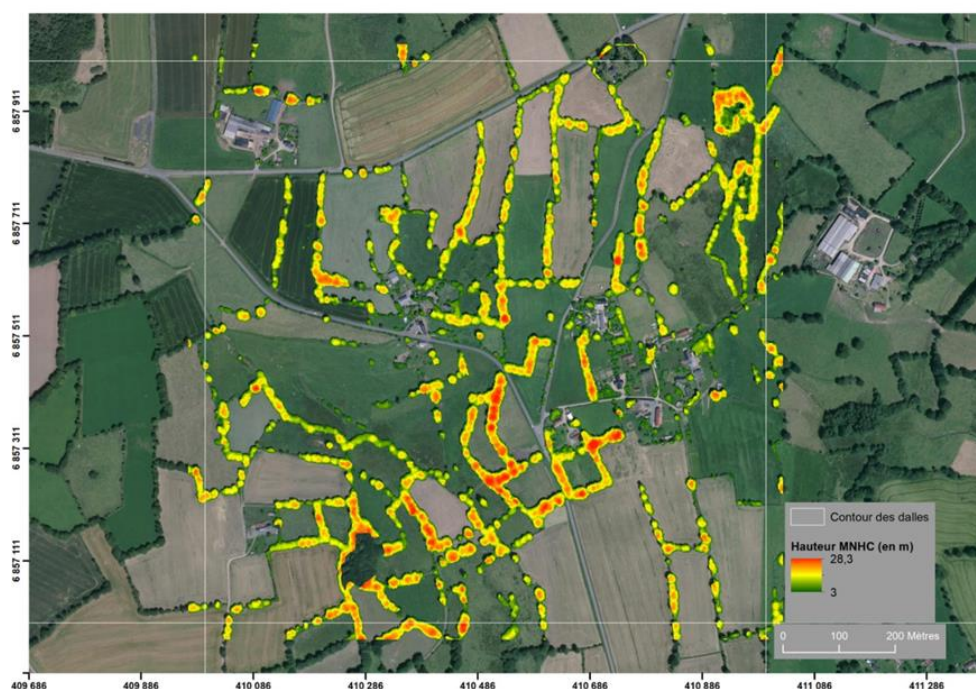


Figure 8 : dalle kilométrique du MNHC, seuillée et filtrée, sur une zone de la Manche (50)

4.1.3. Principe de calcul des dimensions des haies

Une approche par « perpendiculaires » a été développée pour enrichir la BD Haie v2 avec des informations de hauteur et de largeur des haies. Pour résumer, cette approche repose sur la création de perpendiculaires de 20 m de longueur centrées sur l'axe de la haie (soit 10 m de part et d'autre du linéaire de la BD Haie v2), tracées tous les 5 m, au plus. Le long de ces perpendiculaires, les valeurs de hauteur supérieures à 3 m sont lues sur le MNHC. La valeur maximum de hauteur relevée donne la hauteur locale de la végétation de la haie (voir figure 9). La longueur de la perpendiculaire située au-dessus du seuil de 3 m de hauteur donne la largeur locale de la végétation de la haie.

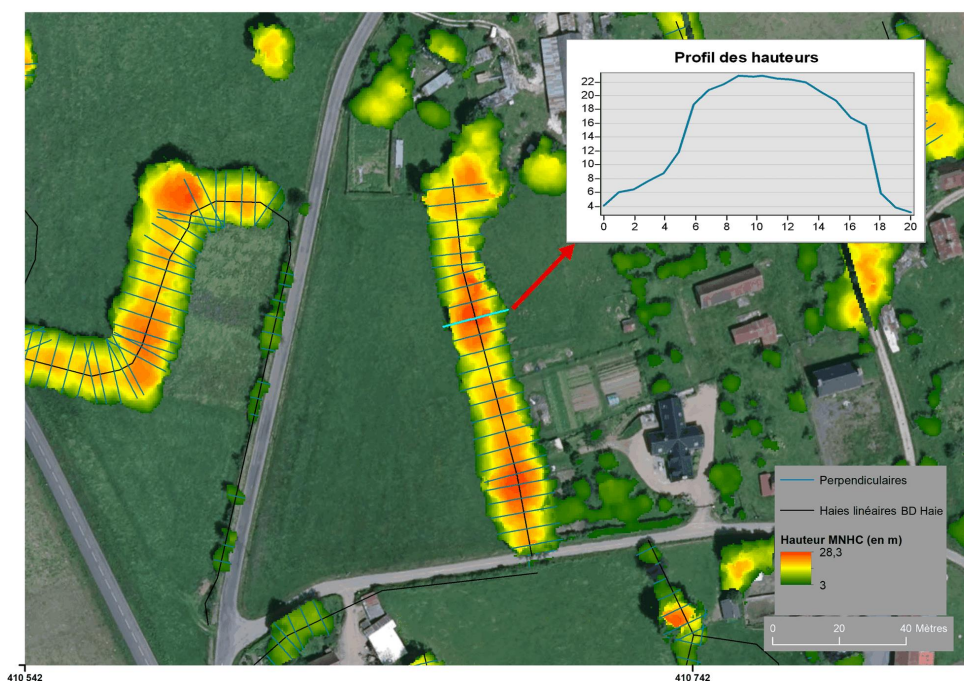


Figure 9 : des perpendiculaires sont créées le long de l'axe de la haie pour extraire une information de hauteur à partir du MNHC seuillé et filtré. Lorsque le MNHC est manquant aux extrémités d'une perpendiculaire, celle-ci est rognée et sa longueur correspond à la largeur de la haie. La lecture du profil des hauteurs (exemple en haut à droite pour la perpendiculaire en bleu ciel) permet de connaître la hauteur maximum de la haie

Le calcul est effectué par département. Dans un premier temps, des points sont générés tous les 10 m le long des linéaires de haie de la BD Haie v2 (figure 10).



Figure 10 : linéaires de haie de la BD Haie v2 sur le département de la Manche (50) et points générés tous les 10 m

Chaque dalle kilométrique du MNHC (exemple figure 8) est ensuite traitée de la façon suivante :

- Extraction des haies de la BD Haie v2 qui intersectent la dalle du MNHC ;
- À partir des points créés tous les 10 m (figure 10 et figure 11.a), le linéaire BD Haie v2 est découpé en tronçons de 10 m. La longueur des haies n'étant pas un multiple de 10 m, des tronçons de longueur inférieure sont créés en extrémité de linéaire (figure 11.b). Pour simplifier, les tronçons issus de cette étape seront mentionnés par l'appellation « tronçons » dans la suite du document ;
- Seuls les tronçons qui intersectent la dalle du MNHC sont conservés pour la suite de l'analyse. Ces tronçons seront le support élémentaire des informations de hauteur et de largeur ;
- La dalle kilométrique du MNHC est agrandie de 30 m dans toutes les directions (à l'aide des dalles adjacentes). Ainsi, même les tronçons chevauchant le bord de la dalle MNHC se verront attribuer des informations de hauteur et de largeur ;
- Si les tronçons conservés sont constitués de plus de deux points (le tronçon présente alors un virage), une deuxième découpe est effectuée aux sommets de ligne. Les linéaires résultants sont ensuite découpés tous les 5 m (troisième découpe). Chaque tronçon est ainsi découpé en deux sous-tronçons, au minimum (figure 11.c) ;
- Création de perpendiculaires de 20 m de longueur (largeur maximale théorique d'une haie dans la BD Haie v2) au centre de chaque sous-tronçon issu de la découpe (figure 11.c) ;
- Les valeurs de hauteur et de largeur sont calculées pour chaque sous-tronçon, puis ces valeurs sont agrégées pour restituer des résultats par tronçon. Pour chaque tronçon, l'agrégation est réalisée par le calcul d'une moyenne des valeurs de hauteur et de largeur des sous-tronçons qui le composent pondérée par leur longueur respective. Pour un tronçon composé de trois sous-tronçons a, b, c de longueur L_a , L_b , L_c et de hauteur H_a , H_b , H_c , la formule suivante donne la hauteur attribuée au tronçon :

$$\frac{L_a \times H_a + L_b \times H_b + L_c \times H_c}{L_a + L_b + L_c} \quad (1)$$

Le même type de calcul est réalisé pour la largeur ;

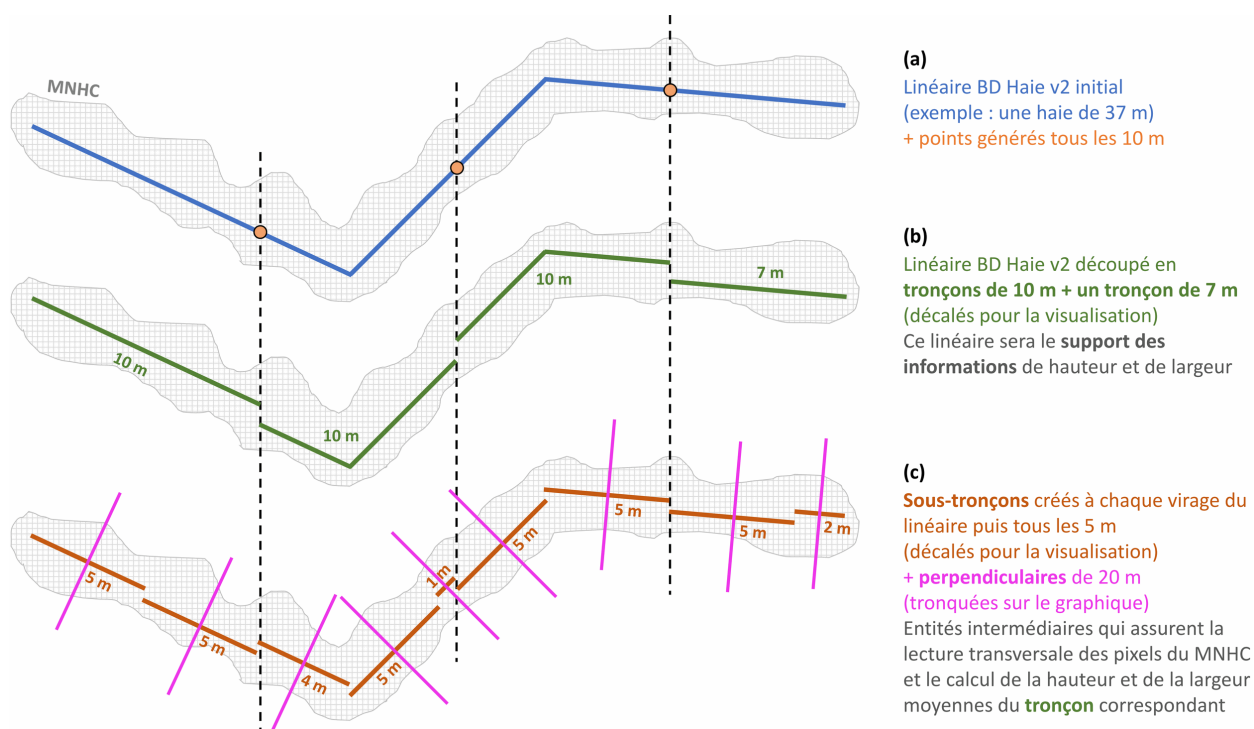


Figure 11 : principe de calcul des dimensions des haies. Dans cet exemple, une haie de 37 m (a) est découpée en trois tronçons de 10 m et un tronçon de 7 m (b), qui porteront chacun les informations de hauteur et de largeur de haie mesurées sur le MNHC par des perpendiculaires créées à l'échelle de sous-tronçons (c)

- Plusieurs techniques ont été mises en œuvre pour limiter les erreurs de calcul de l'attribut « largeur ». Dans le cas de haies dont les houppiers se touchent (haies doubles dont les canopées surplombent ou non un réseau routier, ferré ou hydrographique), les largeurs peuvent être surestimées par la méthode retenue. Pour limiter ces problèmes, un système de découpe des perpendiculaires par les réseaux et les linéaires de haie a été implémenté. Ainsi, une perpendiculaire ne peut se prolonger au-delà d'une route, d'un cours d'eau, d'une voie ferrée ou d'une haie autre que celle dont elle est issue (figure 12).

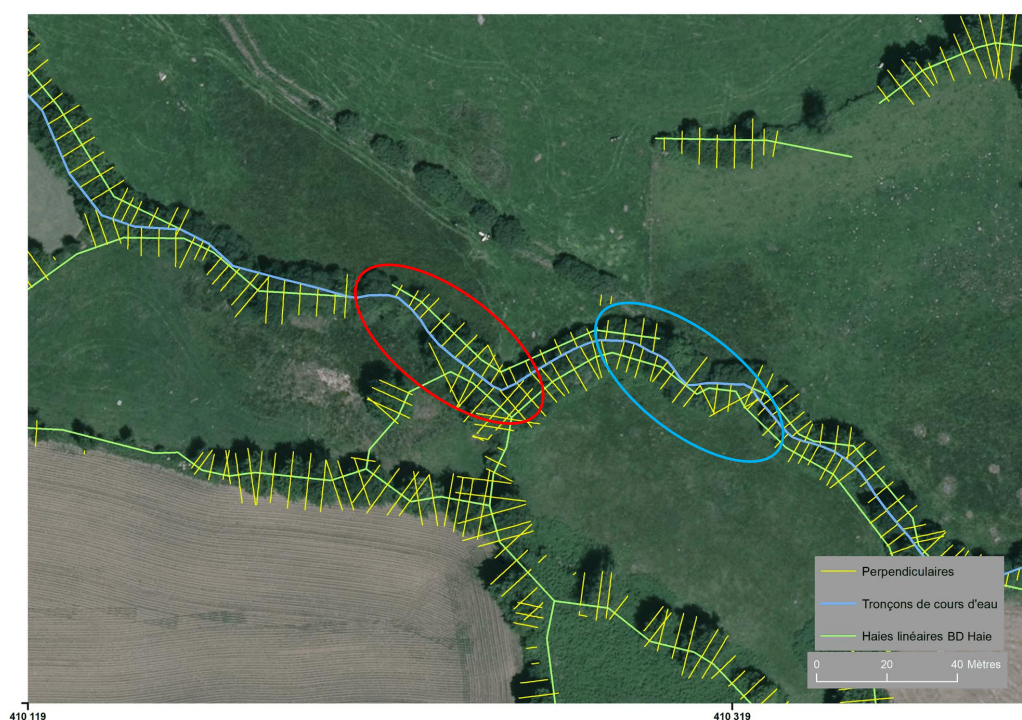


Figure 12 : les perpendiculaires des haies situées de part et d'autre du cours d'eau ne traversent pas le linéaire du cours d'eau (ellipse rouge). La technique employée peut parfois générer quelques erreurs lorsque les linéaires de réseau et de haie sont extrêmement proches (moins de 30 cm, ellipse bleue)

- De même, les perpendiculaires de grande longueur (plus de 18 m) situées à moins de 5 m d'un « virage » formant un angle inférieur à 120° ou d'une intersection de haie ne sont pas prises en compte dans les calculs afin d'éviter les doubles comptes. En effet, ces perpendiculaires sont susceptibles de présenter des largeurs de haies qui ne reflètent pas la réalité du terrain, car elles sont parallèles à l'axe d'une autre haie (figure 13). Si, à la suite de ce processus, des tronçons ne possèdent plus aucune perpendiculaire (cela est possible si le tronçon qui résulte de la première découpe fait moins de 10 m), sa hauteur et sa largeur seront mis à 0 et le tronçon ne portera pas de volume. Dans le cas contraire, les moyennes de hauteur et de largeur du tronçon sont calculées avec les perpendiculaires restantes. Pour un tronçon composé de trois sous-tronçons a, b, c de longueur La, Lb, Lc, de hauteur Ha, Hb, Hc et dont le sous-tronçon a est situé près d'une intersection ou d'un « virage » et présente une largeur supérieure à 18 mètres, la formule suivante donne la hauteur du tronçon :

$$\frac{La \times 0 + Lb \times Hb + Lc \times Hc}{Lb + Lc} \quad (2)$$

Un calcul similaire est appliqué pour calculer la largeur.

Une couche départementale complète est ensuite reconstituée à partir des tronçons. Les tronçons situés en bord de dalle subissent un traitement particulier pour éviter les doublons.



Figure 13 : les perpendiculaires situées au niveau des angles <= 120° ou au niveau des intersections de haies indiquent des largeurs de haie aberrantes. Les valeurs de largeur et de hauteur correspondantes ne sont pas retenues pour les calculs

Dans cette étude, le calcul des dimensions des haies a été exécuté à deux reprises pour chaque département français : une première fois sur le MNHC produit à partir des photographies aériennes IGN les plus récentes, une seconde fois sur le MNHC produit à partir des photographies aériennes IGN antérieures de 3 ans (exceptionnellement 2 ou 4 ans). Les dates des MNHC utilisés pour chaque département sont renseignées à la figure 14. Au terme de cette première tâche méthodologique, chaque tronçon constituant le linéaire géographique BD Haie v2 est donc enrichi de deux millésimes de métriques de hauteur et de largeur de haie séparés de 3 années (exceptionnellement 2 ou 4 années).

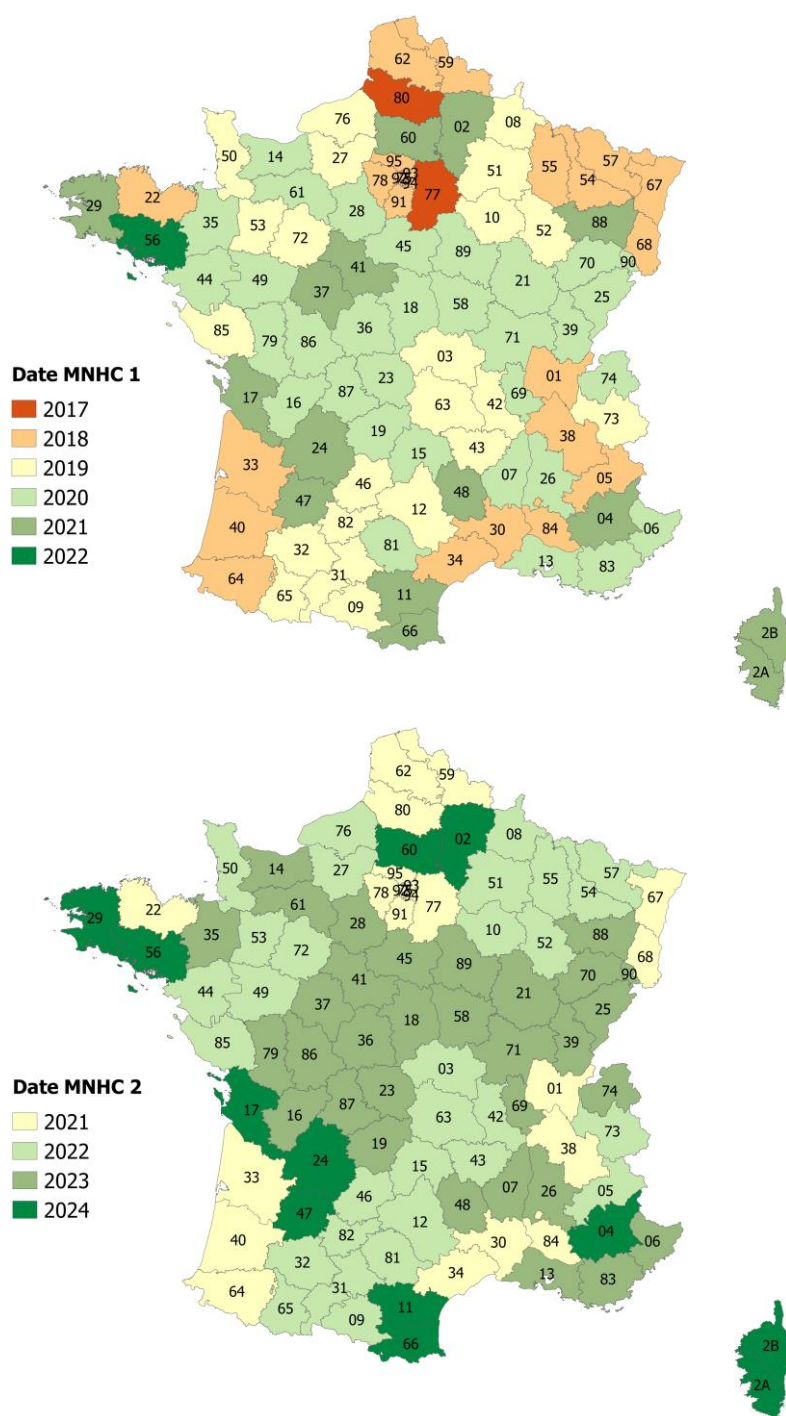


Figure 14 : années de réalisation des photographies aériennes IGN utilisées pour le calcul des MNHC correspondants

4.2. Modélisation des stocks de bois sur pied actuels et récemment prélevés à partir des métriques des haies

Pour pouvoir attribuer un volume de bois sur pied à chaque tronçon du linéaire de la BD Haie v2, il est indispensable, au préalable, d'élaborer un modèle permettant de prédire le stock de bois sur pied d'une haie à partir de ses métriques MNHC de hauteur et de largeur. Ce modèle de prédiction ne peut être établi que sur des haies où les deux informations (métriques MNHC et volume) sont disponibles. Il a donc été élaboré sur l'échantillon de haies inventorié par l'IGN au cours des différentes campagnes annuelles de l'inventaire forestier national (dites « haies IFN » dans le reste du document). Ces haies disposent à la fois d'un volume aérien total de bois (issu d'un tarif de cubage spécifiquement développé dans l'étude ADEME 2022 et applicable aux données de terrain de l'IFN) et des métriques MNHC de hauteur et de largeur de haie (calculées grâce à la méthode développée à la tâche 1).

Tous les volumes (en mètres cubes de bois, notés m3), biomasses (en tonnes de matière sèche, notées tMS) et équivalents carbone (en tonnes de carbone, notées tC) calculés dans l'étude incluent la tige, les branches et les brindilles (soit le *volume aérien total* de bois).

La méthode de modélisation des stocks de bois sur pied est composée de trois étapes principales (figure 15) :

1. Élaboration d'un tarif de cubage permettant de calculer le volume aérien total de bois d'une haie IFN à partir des données dendrométriques relevées sur le terrain lors des campagnes annuelles d'inventaire (réalisé dans l'étude ADEME 2022) ;
2. Mise en commun des données de volume aérien total de bois (issu du tarif) et des métriques de hauteur et de largeur des haies IFN (issues des calculs effectués sur le MNHC), puis élaboration d'un modèle de prédiction du volume par les métriques ;
3. Application du modèle de prédiction à l'intégralité du linéaire BD Haie v2 enrichi des métriques MNHC (millésimes 1 et 2) pour calculer les volumes de bois sur pied actuels et récemment prélevés, ainsi que leurs équivalents biomasse et carbone.

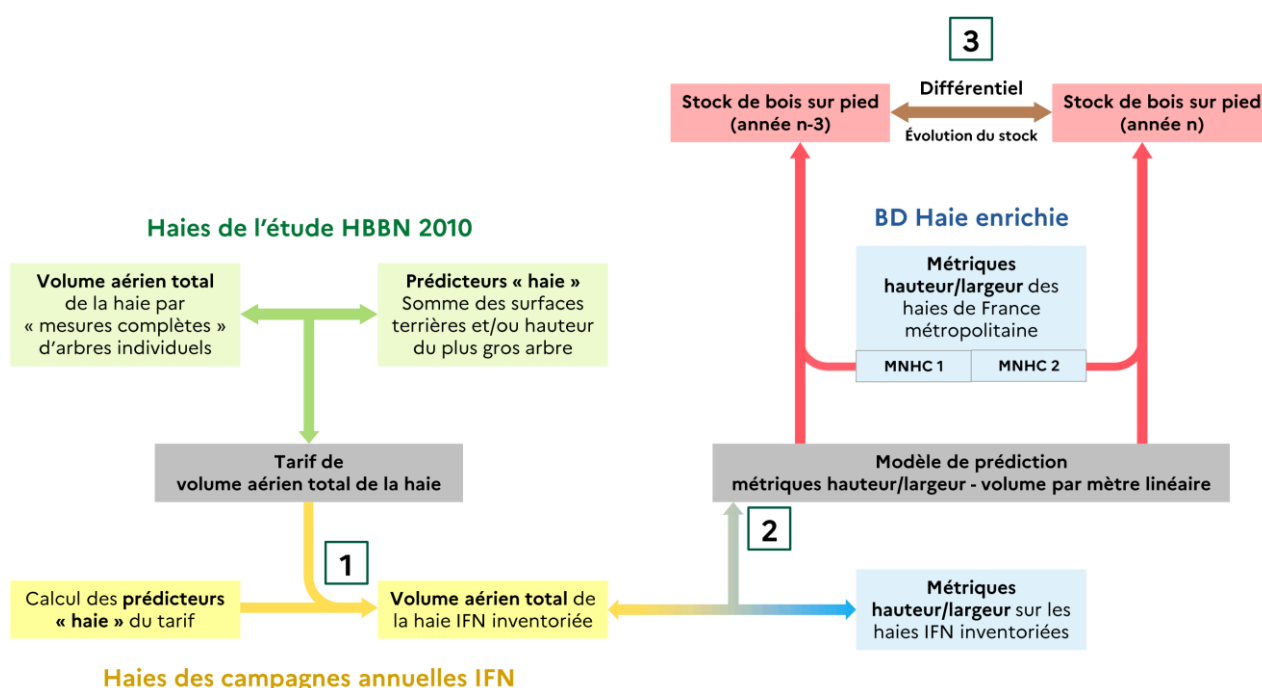


Figure 15 : schéma général de la méthodologie de calcul des stocks et de leur évolution

4.2.1. Tarif de cubage du volume aérien total de bois d'une haie

Les données recueillies dans les haies lors des campagnes annuelles d'inventaire de l'IGN se limitent à quelques mesures essentielles de circonférence de tige et de hauteur des arbres. Afin de calculer le volume de bois sur pied des haies IFN à partir de ces données initiales, un tarif de cubage a dû être utilisé. Ce tarif de cubage, développé et détaillé dans l'étude ADEME 2022, sera présenté dans cette section de manière simplifiée.

4.2.1.1. L'étude IFN « Haies Biomasse Basse-Normandie » 2010

Le tarif de cubage mis en œuvre pour calculer le volume aérien total de bois des haies IFN a été élaboré grâce aux données issues d'une étude spécifique menée par l'IFN en Basse-Normandie en 2010 et intitulée « Haies Biomasse Basse-Normandie » (IFN 2010). Cette étude, pour laquelle un protocole de collecte de données dendrométriques détaillées avait permis de calculer un volume aérien total de bois pour les haies inventoriées, visait à évaluer la ressource en bois-énergie disponible dans les haies des trois départements de Basse-Normandie (Calvados, Manche et Orne). Elle sera mentionnée par l'acronyme « HBBN » dans la suite de ce rapport.

4.2.1.2. Échantillonnage et protocole HBBN

L'échantillonnage de l'étude HBBN était constitué de 578 haies géolocalisées sur l'ensemble des trois départements par photo-interprétation (étape initiale utilisée à l'IGN pour répartir les points d'inventaire sur un territoire selon un maillage régulier), les haies présentes dans un rayon de 30 m autour du point photo-interprété et intersectant un transect d'azimut aléatoire étant sélectionnées (figure 16).



Figure 16 : localisation et sélection par photo-interprétation des haies inventoriées

Parmi les différents types de haie définis dans l'étude HBBN (typologie utilisée depuis dans les campagnes annuelles de l'IFN), huit types élémentaires répartis en quatre « types regroupés » ont été considérés (les alignements d'arbres et les haies à volume nul étant exclus de l'échantillon), pour un total de 410 haies réparties de la manière suivante :

- haie d'arbres de haut-jets à une, deux ou trois strates (type regroupé « haies de hauts-jets », effectif : 145 haies) ;
- haie de cépées à une ou deux strates (type regroupé « haies de cépées », effectif : 189 haies) ;
- haie de têtards à une ou deux strates (type regroupé « haies de têtards », effectif : 27 haies) ;
- haie arbustives à une strate (type regroupé « haies arbustives », effectif : 49 haies).

La grande force du protocole mis en œuvre dans l'étude HBBN réside dans l'intégration (i) des mesures IFN standard utilisées pour l'inventaire des haies lors des campagnes annuelles et (ii) de mesures détaillées effectuées sur la tige et les branches des arbres, appelées « mesures complètes », permettant de calculer le volume aérien total de bois des arbres échantillonnés :

- le protocole IFN repose sur une longueur de haie inventoriée comprise entre 25 et 50 m centrée sur l'intersection transect-haie géolocalisée par photo-interprétation. Il consiste à mesurer l'arbre le plus proche de l'intersection pour chaque classe de circonférence IFN ($[23,5-70,5[$, $[70,5-117,5[$, $[117,5-164,5[$ et $>164,5$ cm), soit un maximum de quatre arbres mesurés par haie. L'essence, la circonférence de tige et la hauteur de l'arbre sont relevés. Enfin, un comptage du nombre d'arbres de chaque classe de dimension sur la longueur inventoriée (de 25 à 50 m) est réalisé ;
- le protocole de « mesures complètes » repose quant à lui sur une description détaillée de la tige et des branches (figure 17). Il décompose la bille de pied et le houppier en billons élémentaires cubés séparément à partir de mesures de diamètres et de longueurs/hauteurs spécifiques. La somme du volume des différents éléments permet de calculer un volume aérien total de bois pour l'arbre mesuré dans chaque classe de circonférence. En multipliant ce volume individuel par l'effectif des arbres de chaque classe de circonférence sur la haie inventoriée, il est alors possible de calculer un volume aérien total de bois ($V_{0,50m}$) pour une haie d'une longueur calibrée à 50 m (longueur inventoriée la plus fréquente à l'IFN). Ce volume a constitué la valeur de référence à prédire durant la phase de construction du tarif de l'étude ADEME 2022.

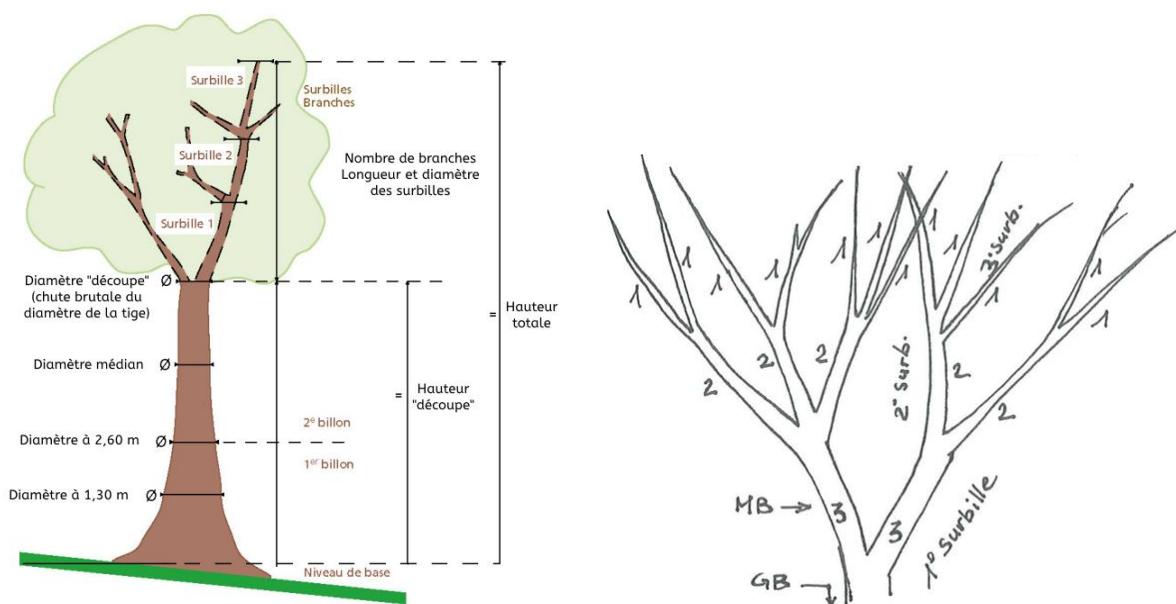


Figure 17 : protocole de « mesures complètes », qui intègre plusieurs mesures de diamètre le long de la bille de pied et des mesures de diamètre, de longueur et de fréquence de chaque classe de dimension des surbilles, branches incluses

4.2.1.3. Tarifs de cubage élaborés par type de haie

La construction du tarif de cubage réalisée dans l'étude ADEME 2022 avait pour objectif d'identifier les prédicteurs (i.e. des variables *explicatives* calculées à partir des données dendrométriques de l'inventaire terrain IFN) permettant de prédire au mieux le volume aérien total de bois d'une haie de 50 m obtenu par les « mesures complètes » (variable à *expliquer*). Ce tarif a mobilisé l'échantillon de 410 haies détaillé au paragraphe précédent.

De nombreux prédicteurs ont ainsi été testés, seuls ou en combinaison, grâce à la méthode de la régression linéaire multiple. Par ailleurs, l'analyse a montré que le « type regroupé » de la haie (voir paragraphe précédent) avait une influence significative sur le tarif. Par conséquent, un tarif a été développé pour chacun des quatre « types regroupés ». Deux prédicteurs se sont montrés particulièrement significatifs :

Haie de hauts-jets :	$V0_50m = 14,602 * sumG$	$(R^2 = 0,81)$
Haie de cépées :	$V0_50m = 8,485 * sumG + 0,136 * HTOTmax$	$(R^2 = 0,70)$
Haie de têtards :	$V0_50m = 3,076 * sumG + 0,537 * HTOTmax$	$(R^2 = 0,55)$
Haie arbustive :	$V0_50m = 9,106 * sumG$	$(R^2 = 0,66)$

où $V0_50m$ est le volume aérien total de bois d'une haie de 50 m de longueur (volume à prédire, issu des « mesures complètes »), $sumG$ la somme des surfaces terrières des arbres mesurés pondérées par l'effectif de chaque classe de circonférence IFN sur la haie de 50 m et $HTOTmax$ la hauteur de l'arbre de la plus grosse classe de circonférence mesuré sur la haie de 50 m. L'ordonnée à l'origine du modèle est fixée à 0.

4.2.1.4. Application des tarifs de cubage aux haies de l'IFN

Chaque année, l'IFN inventorie plus de 400 haies sur l'ensemble du territoire métropolitain. Depuis 2009, l'IFN utilise la typologie de haie élaborée dans l'étude HBBN et met en œuvre le même protocole d'inventaire (hors « mesures complètes »). Les tarifs de cubage ont donc pu être appliqués aux haies IFN inventoriées depuis 2009 pour calculer leur volume aérien total de bois.

Chaque haie IFN a été affectée à l'un des « types regroupés » établis dans l'étude HBBN. Les haies n'étant pas considérées comme des « haies bocagères » (cordons boisés, alignements d'arbres, haie à volume nul) ont été exclues de l'analyse. A partir des données dendrométriques relevées sur la haie, les prédicteurs $sumG$ et $HTOTmax$ ont été calculés et le tarif de cubage correspondant au « type regroupé » appliqué pour calculer le volume aérien total de bois de la haie rapporté à une longueur de 50 m ($V0_50m$).

4.2.2. Modèle de prédiction du volume de bois sur pied à partir des métriques MNHC des haies

4.2.2.1. Association des données de volume de bois et de métriques MNHC calculées sur les haies IFN

L'élaboration du modèle de prédiction du volume aérien total de bois d'une haie IFN par les métriques MNHC correspondantes a nécessité la mise en commun de deux jeux de données distincts : les données géoréférencées de l'IFN (incluant le volume de bois tarifé *VO_50m*) et le linéaire géographique de la BD Haie v2 (enrichi des métriques de hauteur et de largeur de haie). Les données étant contenues dans des couches géographiques séparées, une jointure spatiale optimisée a été réalisée (figure 18) :

- (a) à chaque point IFN défini par la photo-interprétation est associé un transect d'azimut aléatoire qui intersecte les haies situées dans un rayon de 25 m. Une haie IFN d'une longueur maximale de 50 m centrée sur chaque intersection est alors définie ;
- (b) à partir des données recueillies par l'IFN dans ces haies et du tarif de cubage, un volume aérien total de bois sur 50 m a été calculé et affecté au point d'intersection transect-haie (symbolisé par un point bleu de taille proportionnelle à la valeur de volume) ;
- (c) le linéaire de la BD Haie v2 enrichi des métriques MNHC contient quant à lui les attributs de hauteur (symbolisée par le dégradé de couleur bleue) et de largeur (symbolisée par la largeur du trait) des haies par tronçons (dont la longueur est de 10 m dans la majorité des cas) ;
- (d) une jointure spatiale a alors été effectuée entre la couche des points d'intersection transect-haie (données IFN + volume aérien total de bois) et le linéaire enrichi de la BD Haie v2 (hauteur et largeur de haie) situé dans un périmètre correspondant à la longueur inventoriée sur le terrain, à savoir 50 m dans la majorité des cas (linéaire en nuances d'orange).

Cette procédure a ainsi permis la création d'un unique jeu de données, représentatif de la diversité des haies bocagères de France, contenant à la fois le volume aérien total de bois et les métriques MNHC de hauteur et de largeur de chaque haie IFN.

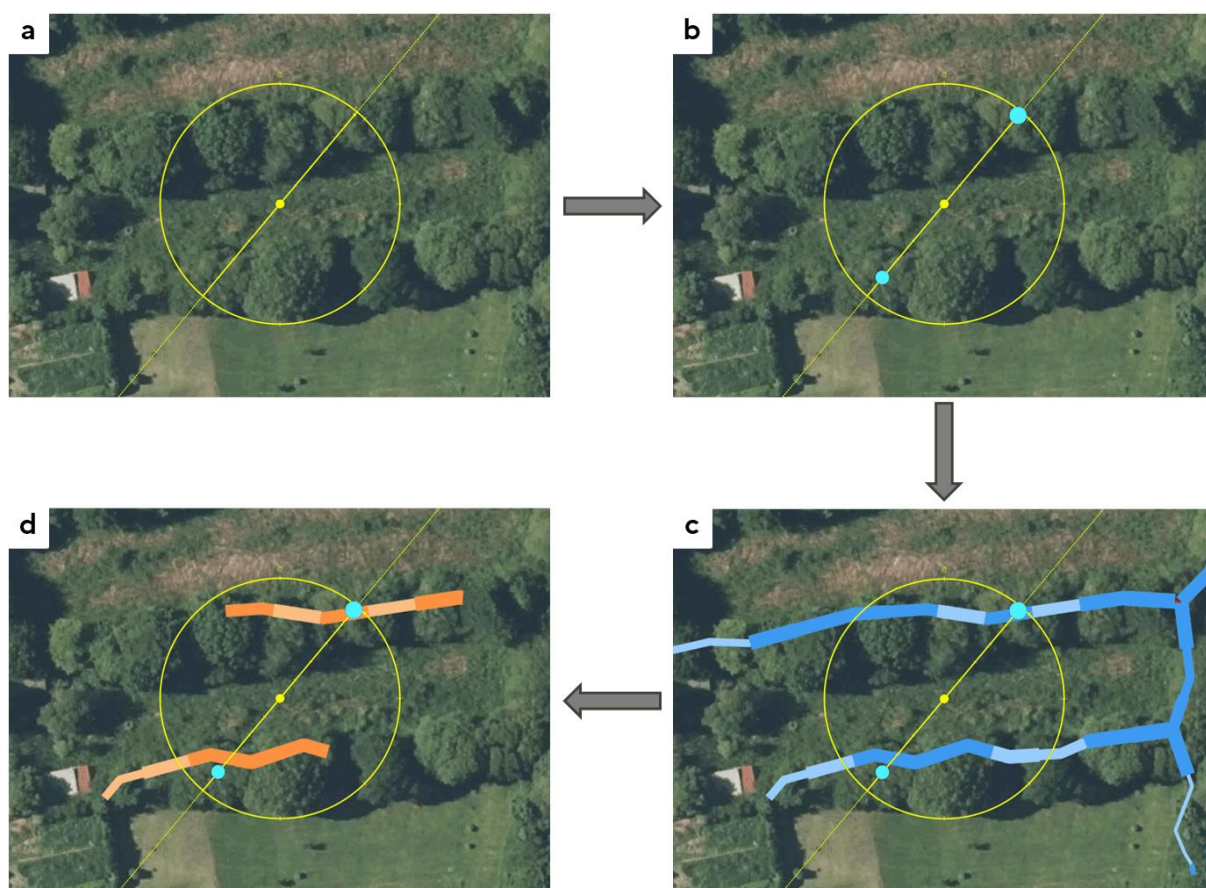


Figure 18 : association, par jointure spatiale, des données de l'IFN (incluant le volume aérien total de bois) et du linéaire de la BD Haie v2 enrichi des métriques MNHC de hauteur et de largeur de haie

Afin de maximiser la robustesse du modèle de prédiction, la jointure spatiale entre les données de l'IFN (volume de bois) et le linéaire enrichi de la BD Haie v2 (hauteur et largeur de haie) n'a été réalisée que pour les haies IFN inventoriées dans une période de ± 2 ans autour de l'année de réalisation des photographies aériennes départementales, sur lesquelles les MNHC sont calculés. Cette sélection a permis de réduire le risque d'associer des volumes de bois à des métriques MNHC temporellement trop éloignés ayant pu être influencés par la croissance de la haie ou son éventuelle exploitation.

Chaque département français dispose de plusieurs millésimes MNHC séparés de trois ans, l'IGN réalisant des prises de vue aériennes selon ce pas de temps (sauf exception). L'année de réalisation des photographies étant variable selon le département, une sélection différentielle des campagnes IFN a été appliquée. A titre d'exemple, pour les départements dont le MNHC a été calculé à partir des prises de vue aériennes de 2015, seules les haies IFN inventoriées sur leur territoire de 2013 à 2017 se sont vues attribuer des métriques de hauteur et de largeur et ont été incluses dans l'échantillon retenu pour l'élaboration du modèle. Ces mêmes départements ont été photographiés trois ans plus tard, en 2018, et ce sont les haies IFN inventoriées de 2016 à 2020 qui se sont vues attribuer les métriques MNHC 2018 et ont intégré l'échantillon.

En cas d'absence de linéaire de la BD Haie v2, la haie IFN a été ignorée. Il est également possible que le positionnement géographique du linéaire de la BD Haie v2 diffère de plusieurs mètres de celui obtenu par la photo-interprétation IFN, du fait des spécificités méthodologiques intrinsèques aux deux approches. Seules les haies distantes de moins de 10 m ont été sélectionnées. Dans tous les cas, une vérification de la jointure spatiale via un système d'information géographique (SIG) a été réalisée pour toutes les haies, une correction manuelle étant apportée si nécessaire. Au total, 901 haies IFN enrichies des métriques MNHC de hauteur et de largeur ont été sélectionnées pour construire le modèle (figure 19).

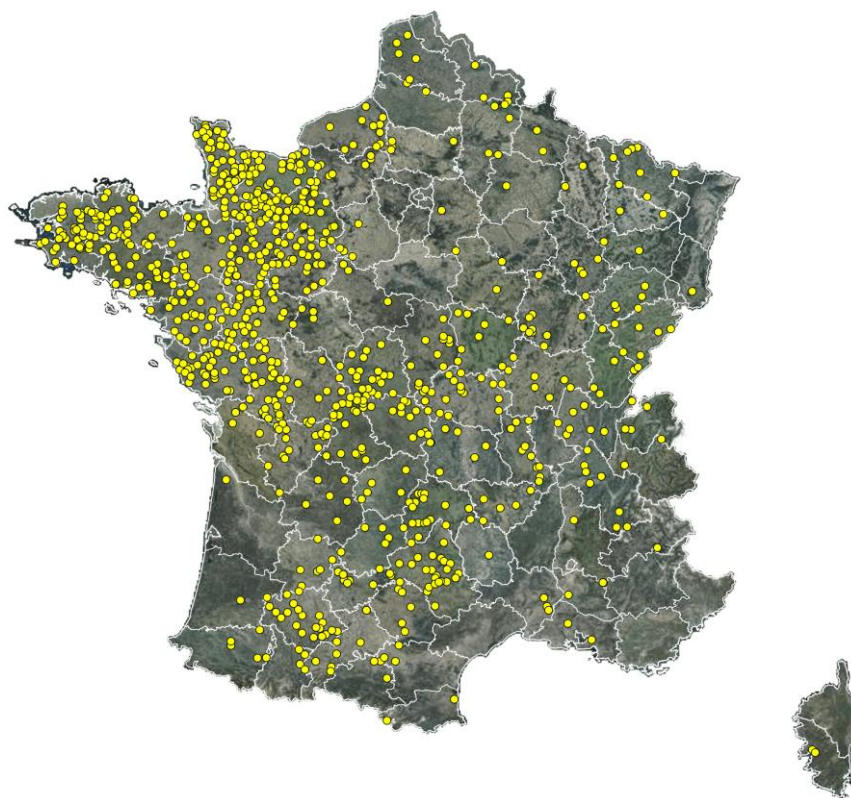


Figure 19 : répartition sur le territoire métropolitain des 901 haies IFN sélectionnées pour élaborer le modèle de prédiction, enrichies du volume aérien total de bois et des métriques MNHC de hauteur et de largeur

4.2.2.2. Construction du modèle de prédiction du volume aérien total de bois par les métriques MNHC

Le volume de la haie IFN issu du tarif de cubage est un volume calibré sur une longueur de 50 m. Or, le modèle de prédiction du volume à partir des métriques MNHC a pour but d'être appliqué au linéaire géographique de la BD Haie v2, dont les différents tronçons constitutifs possèdent des longueurs

variables. Le volume de la haie IFN ($V0_{50m}$) a donc été divisé par 50 pour obtenir une valeur par mètre linéaire ($V0_{ml}$) qui a ensuite été utilisée comme variable à expliquer dans le modèle de prédiction.

La portion du linéaire enrichi de la BD Haie v2 associée à la donnée IFN (linéaire de couleur orange présenté à la figure 18.d) est constituée de plusieurs tronçons, chaque tronçon étant caractérisé par des données de hauteur, de largeur et de longueur calculées à la tâche 1. Autrement dit, pour chaque haie IFN, la donnée de volume par mètre linéaire $V0_{ml}$ est associée à plusieurs couples de métriques de hauteur et de largeur qui nécessitent d'être moyennées à l'échelle de la haie. Ainsi, pour chaque haie IFN, les valeurs de hauteur moyenne (ht_{moy}) et de largeur moyenne (lg_{moy}) pondérées par la longueur des tronçons ont été calculées : elles constitueront les variables explicatives (ou prédicteurs) du modèle.

Plusieurs types de relation statistique entre le volume aérien total de bois par mètre linéaire ($V0_{ml}$) et les métriques moyennes de la haie ont été testés, les critères suivants étant utilisés pour sélectionner le modèle le plus pertinent :

- valeur de significativité des paramètres des prédicteurs (p -value) : un paramètre dont la p -value est $>0,05$, $<0,05$, $<0,01$ et $<0,001$ (seuils couramment utilisés) est respectivement non-significatif, significatif, hautement significatif et très hautement significatif ;
- valeur du coefficient de détermination (R^2 pour un modèle linéaire, $pseudo-R^2$ pour un modèle non-linéaire) : mesure de la qualité d'ajustement du modèle. Sa valeur varie entre 0 (mauvaise qualité d'ajustement) et 1 (excellente qualité d'ajustement) ;
- normalité des résidus : idéalement, les résidus doivent présenter une distribution aléatoire et symétrique autour de 0 ;
- homoscedasticité des résidus : idéalement, la variance des résidus doit rester constante, quelle que soit la valeur de la variable considérée (par exemple la valeur prédite par le modèle). Dans le cas contraire, les résidus présentent une hétéroscedasticité ;
- écart entre les valeurs prédites et les valeurs observées : idéalement, le graphique des valeurs prédites en fonction des valeurs observées doit présenter un nuage de points situé au voisinage de la droite à 45° (droite 1:1).

Le modèle retenu est le suivant (figure 20.c) :

$$V0_{ml} = 0,0062 * (ht_{moy} * lg_{moy}) ^{0,8447}$$

où $V0_{ml}$ est le volume aérien total de bois par mètre linéaire de la haie IFN, ht_{moy} sa hauteur moyenne et lg_{moy} sa largeur moyenne.

Ce modèle non-linéaire, de type $y = ax^b$, intègre deux paramètres a et b très hautement significatifs (p -value $<0,001$) associés aux variables ht_{moy} et lg_{moy} . Ces deux métriques, déjà très explicatives individuellement (figure 20.a et figure 20.b), améliorent le modèle lorsqu'elles sont utilisées en produit ($pseudo-R^2$ plus élevé, figure 20.c). Dans ce dernier modèle, retenu pour la production des résultats de l'étude, le produit des métriques ht_{moy} et lg_{moy} est considéré comme un prédicteur correspondant à la surface moyenne de la section transversale de la haie. Le type de haie n'a pas été intégré à l'équation, cet attribut étant absent du linéaire de la BD Haie v2 sur lequel le modèle sera appliqué.

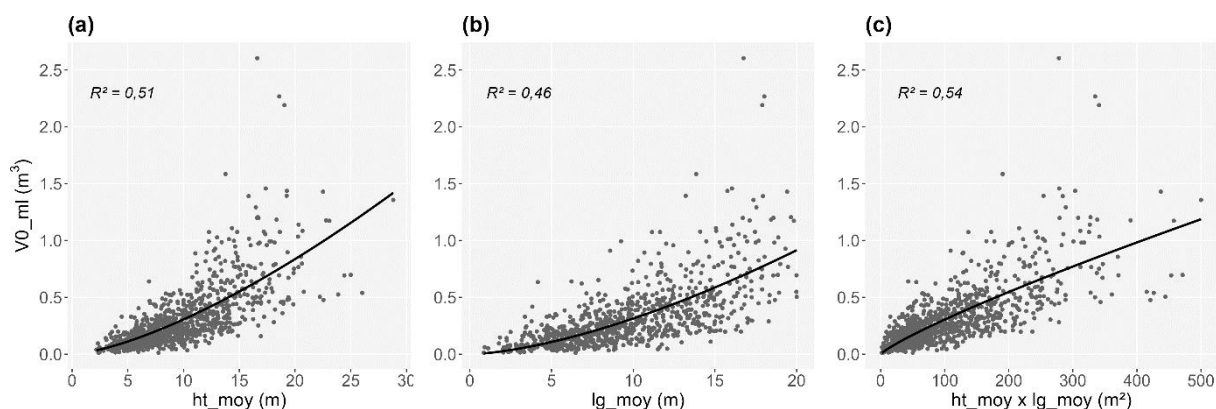


Figure 20 : modèles de prédiction du volume aérien total de bois par mètre linéaire de haie ($V0_{ml}$) en fonction de sa hauteur moyenne (a), de sa largeur moyenne (b) et de sa surface moyenne de section transversale (c), ce dernier modèle étant retenu pour la production des résultats

Les résidus du modèle de prédiction (figure 21.a) présentent une distribution légèrement dissymétrique (effectif de points légèrement plus important en dessous de 0) ainsi qu'une hétéroscédasticité marquée (variance des résidus plus élevée pour des valeurs prédites fortes). La comparaison entre les valeurs observées et prédites (figure 21.b) montre un nuage de points plutôt centré sur la droite 1:1 malgré la présence de quelques valeurs observées (volume tarifé) élevées. Ces indicateurs de qualité d'ajustement et de biais ont été considérés comme acceptables et nous ont permis de valider et de sélectionner le modèle.

Bien que le modèle n'ait pas pour vocation à être appliqué par type de haie, une comparaison entre les valeurs médianes des volumes observés sur notre échantillon et le volume prédit par le modèle a été réalisée pour chaque type (tableau 1). La prédiction se montre ainsi identique à la valeur médiane de volume calculée pour les haies de hauts-jets, qui composent l'essentiel de l'échantillon (55 %). Elle surestime en revanche le volume des haies de cépées et des haies de têtards, ces dernières étant les moins représentées (7 %).

Aucune haie arbustive (autre type de haie identifié dans la classification HBBN) n'a pu être intégrée à l'échantillon retenu pour l'élaboration du modèle, essentiellement pour deux raisons : d'une part, ces haies sont faiblement représentées dans la base de données « terrain » de l'IFN du fait de l'absence fréquente d'arbres recensables, d'autre part, elles disposent rarement de métriques MNHC en raison de leur faible hauteur, souvent inférieure au seuil de détection de 3 m appliqué lors des traitements cartographiques.

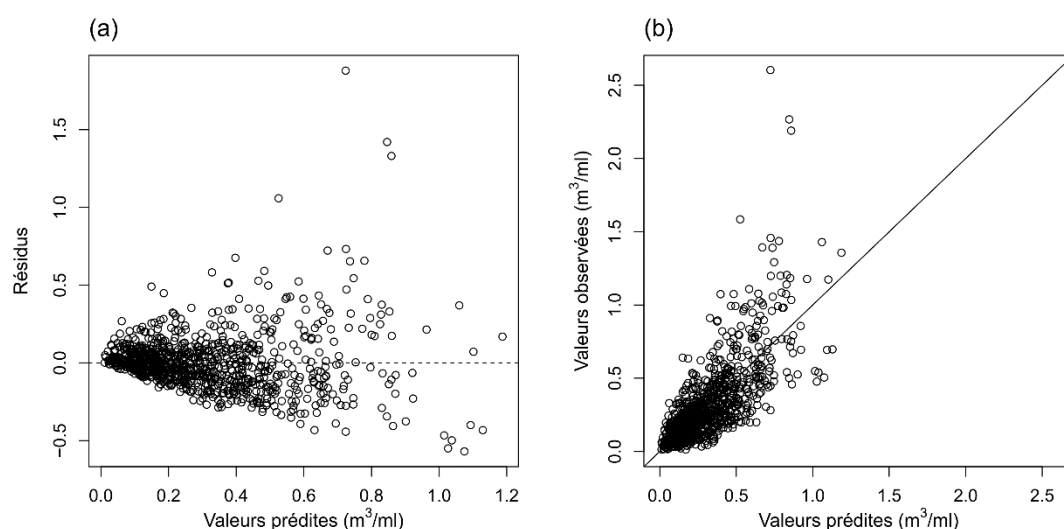


Figure 21 : résidus du modèle retenu (a) et comparaison des valeurs de volume observées et prédites (b)

Type de haie IFN (classification HBBN)	Effectif de haies	Hauteur (m)	Largeur (m)	Surface transversale (m ²)	Volume de bois par mètre linéaire calculé par le tarif (m ³)	Volume de bois par mètre linéaire prédit par les métriques (m ³)
Hauts-jets	499 (55 %)	11,2	10,3	116,5	0,35	0,35
Cépées	339 (38 %)	7,4	7,4	54,0	0,14	0,18
Têtards	63 (7 %)	9,8	10,0	99,2	0,23	0,30

Tableau 1 : effectifs et valeurs médianes des métriques, des volumes observés et des volumes prédits des haies IFN retenues pour le modèle, selon leur type

4.2.2.3. Application du modèle de prédiction au linéaire enrichi de la BD Haie v2 et calcul des stocks

Au terme de la tâche 1, chaque tronçon constituant la couche géographique BD Haie v2 a été enrichi de deux millésimes de métriques de hauteur et de largeur de haie séparés de quelques années (3 dans la majorité des cas, 2 ou 4 exceptionnellement). Pour chaque tronçon, le modèle de prédiction du volume aérien total de bois a donc été appliqué deux fois : une première fois sur les dimensions de haie les plus récentes (MNHC 2), une seconde fois sur les dimensions de haie antérieures de quelques années (MNHC 1). Les deux valeurs de stock de bois par mètre linéaire ainsi obtenues ont ensuite été multipliées par la longueur du tronçon (parfois inférieure à 10 m en extrémité de linéaire) pour calculer deux millésimes de stock de bois sur pied, l'un actuel (MNHC 2), l'autre antérieur de quelques années (MNHC 1).

Le modèle a été appliqué uniquement aux haies de hauteur supérieure à 3 m (hauteur seuil du MNHC, voir les justifications techniques évoquées à la section 4.1.2), les haies de moins de 3 m de hauteur étant par conséquent exclues des résultats :

- **Calcul des stocks de bois bocager sur pied** : pour chaque millésime MNHC, les valeurs unitaires de volume de bois sur pied des tronçons ont été agrégées pour fournir des estimations territoriales, départementales, régionales et nationales du stock de bois bocager sur pied, la valeur obtenue à partir du MNHC 2 étant considérée comme la valeur *actuelle* et celle obtenue par différentiel avec la valeur MNHC 1 son *évolution récente* ;
- **Calcul des stocks de bois bocager prélevés annuellement** : des critères permettant d'identifier les haies ayant subi de manière probable un prélèvement de stock ont été définis lors d'ateliers dédiés mobilisant de nombreux acteurs territoriaux liés à la haie (voir section suivante). Les différentiels de volume de bois sur pied calculés entre les deux millésimes MNHC sur les tronçons de haie identifiés comme « prélevés » ont été agrégés pour fournir des estimations territoriales, départementales, régionales et nationales du stock de bois bocager récemment prélevé sur les dernières années. Les valeurs ont été annualisées pour tenir compte de la durée séparant les deux MNHC de chaque département ;
- **Calcul des stocks équivalents de biomasse et de carbone** : à partir des valeurs d'infradensité (masse de bois anhydre divisée par le volume saturé en eau, en kg/m³) produites par le projet CARBOFOR, un facteur de conversion volume-biomasse moyen, pondéré par la surface terrière des différentes essences relevées par l'IFN dans les haies, a été utilisé pour calculer la biomasse correspondant aux stocks de bois actuels sur pied et prélevés. Dans cette étude, la valeur du facteur de conversion moyen utilisé est de 0,522 tMS/m³. Cette valeur moyenne est légèrement inférieure à la moyenne des essences feuillues en forêt en raison de la proportion plus importante d'essences au bois moins dense (saule, châtaignier, etc.). Les facteurs de conversion des essences individuelles les plus représentées dans la base de données « haie » de l'IFN sont indiquées dans le tableau 2. Des taux de 0,475 tC/tMS (conversion de la biomasse aérienne en carbone aérien) et de 1,28 (conversion du carbone aérien en carbone total aérien + racinaire), également issus du projet CARBOFOR, ont été utilisés.

Essence	Effectif base IFN	Facteur de conversion volume-biomasse en tMS/m ³ (CARBOFOR)
Chêne pédonculé	44,1 %	0,540
Frêne	17,4 %	0,560
Saule	5,0 %	0,370
Châtaignier	4,9 %	0,470
Grand aulne	3,2 %	0,420
Chêne pubescent	2,7 %	0,650
Petit érable	2,7 %	0,560
Peuplier	2,4 %	0,370
Hêtre	2,1 %	0,550

Tableau 2 : facteurs de conversion volume-biomasse (en tMS/m³) des essences majoritaires de la base de données « haies » de l'IFN

4.3. Caractérisation des haies prélevées en concertation avec les professionnels de la haie

4.3.1. Ateliers de discussion et participants

Afin d'interpréter et d'exploiter de manière optimale les données de linéaires et de stocks bocagers produites par l'IGN, des temps d'échange avec les acteurs des territoires liés à la haie ont été intégrés à l'étude. Ces échanges se sont déroulés lors de deux ateliers de discussion dédiés réunissant les participants mentionnés dans le tableau 3 :

- **Atelier 1** (11/03/2025) : présentation de la méthodologie développée par l'IGN et des données produites aux différentes échelles spatiales, recueil des avis (limites opérationnelles de la méthode) et des besoins des acteurs et décideurs liés à la haie (accéder au potentiel de productivité des haies) ;
- **Atelier 2** (04/04/2025) : échanges techniques visant à catégoriser et interpréter les données produites par l'IGN (élaboration d'une typologie des haies, identification des prélèvements de biomasse), dans les limites imposées par l'approche méthodologique, grâce à la connaissance du terrain et des pratiques de coupe fournie par chaque partenaire.

L'objectif de ces ateliers était d'identifier, dans les métriques de hauteur et de largeur de haie calculées à partir des MNHC, des valeurs-seuils permettant de catégoriser les haies pour les rapprocher de types « fonctionnels » utilisés par les experts de terrain, mais aussi de déterminer celles ayant subi de manière probable un prélèvement de biomasse.

Organisme	Participants
ADEME	Antoine Delbergue, Aliénor de Rouffignac, Adrien de Courcelles, Camille Pailler, Jean-François Blot
AILE	Jacques Bernard, Marc Le Tréïs
ANDOUR	Julien Cirou
Chambre d'agriculture Pays de la Loire	Emmanuel Montailler
Coat Nerzh Breizh	Vincent Berhault
CUMA Normandie	Philippe Laffite, Louise le Rossignol
CUMA Pays de la Loire	Valentin Falcon
DRAAF Bretagne	Patrick Souben
DREAL Bretagne	Antoine Duval
Fédération des PNR	Julien Chesnel
Observatoire de l'environnement en Bretagne	Alejandro Zermeno Rodriguez
Région Bretagne	Guy Crouigneau, Emmanuel Faivre
Région Pays de la Loire	Mona Yahya
Réseau Haies France	Catherine Moret
SCIC Bois Bocage Energie	Louise Fromageot

Tableau 3 : participants aux ateliers de discussion

4.3.2. Valeurs-seuils retenues pour la caractérisation des haies et des prélèvements à partir des données de l'étude

À la suite de la présentation de la méthodologie de l'étude et des spécificités des informations produites, les professionnels de la haie ont été interrogés sur la meilleure manière de classer les haies et d'identifier des prélèvements dans les données. Cette section présente les conclusions de ces réflexions et les critères retenus pour la production des résultats finaux.

Classification des haies selon leur hauteur

Le linéaire enrichi de la BD Haie v2 a été classifié selon la hauteur des tronçons calculée sur le MNHC 1 (le plus ancien, correspondant à l'état initial de la haie dans cette étude), grâce à l'application de seuils définis lors des ateliers :

- Les **tronçons de haie de hauteur inférieure ou égale à 3 m** ont été considérés comme des tronçons ne possédant pas de stock de bois sur pied et appartenant à la strate « buissonnante ». Seuls les tronçons de hauteur supérieure à 3 m ont été considérés comme des haies possédant un stock sur pied. Cette valeur de 3 m correspond en outre au seuil de filtrage des pixels du MNHC, en dessous duquel les dimensions des haies ne sont plus mesurées ;
- Les **tronçons de haie de hauteur comprise entre 3 m (exclus) et 7 m (inclus)** ont été considérés comme appartenant à la strate « arbustive » ;
- Les **tronçons de haie de hauteur supérieure à 7 m** ont été considérés comme appartenant à la strate « arborée ».

La pertinence d'un seuil de hauteur de 7 m, utilisé historiquement à l'IGN pour séparer les haies « arbustives » et les haies « arborées » lors de l'inventaire terrain, est confirmée par les hauteurs moyennes mesurées sur les arbres des haies échantillonnées dans le cadre du projet Resp'Haies (Viaud et al. 2022). Cette classification des haies en fonction de leur hauteur a constitué l'étape préliminaire à la définition des prélèvements des stocks de biomasse.

Seuils de définition des prélèvements de biomasse dans les haies

Les tronçons de haie appartenant aux strates « arbustive » et « arborée » disposent de deux valeurs de hauteur, de largeur et de volume de bois sur pied, séparées de 2 à 4 années (selon le département) et issues des calculs effectués sur les deux millésimes MNHC correspondants. Le calcul du différentiel entre les deux valeurs permet de quantifier l'évolution de chaque critère sur la période considérée. L'attention des participants aux ateliers s'est essentiellement portée sur la définition de seuils de différentiel permettant d'identifier les prélèvements plausibles de biomasse dans les haies.

Pour les haies « arborées » (hauteur MNHC 1 supérieure à 7 m), deux types de prélèvement correspondant à deux types de différentiel de hauteur ont été définis :

- **Prélèvement partiel de biomasse** : les tronçons de haie de hauteur supérieure à 7 m sur le MNHC 1 et ayant connu une chute de hauteur de plus de 4 m sur le MNHC 2 ont été considérés comme des haies ayant subi un prélèvement partiel de biomasse. Dans ce cas, seule une partie du stock a été prélevée, l'autre partie restant en place. Sur le MNHC 2, la hauteur résiduelle du tronçon reste supérieure à 3 m. Une baisse de hauteur d'au moins 4 m sur un tronçon de haie a été considérée comme un prélèvement significatif ne pouvant être imputé à la précision des MNHC photogrammétriques IGN. Deux cas de figure peuvent expliquer cette baisse de la hauteur moyenne du tronçon : soit les arbres ont subi une coupe de leur partie supérieure, la partie inférieure restant en place (coupe partielle en hauteur), soit seuls quelques arbres ont été coupés totalement, les autres arbres du tronçon restant sur pied (coupe partielle en nombre de tiges) ;
- **Prélèvement total de biomasse** : les tronçons de haie de hauteur supérieure à 7 m sur le MNHC 1 et de hauteur inférieure ou égale à 3 m sur le MNHC 2 ont été considérés comme des haies ayant subi un prélèvement total de biomasse. Ce cas de figure identifie de manière probable une situation de coupe totale de tous les arbres du tronçon.

Pour les haies « arbustives » (hauteur MNHC 1 comprise entre 3 et 7 m), un seul type de prélèvement, en l'occurrence un **prélèvement total de biomasse**, a été défini. Ce prélèvement se caractérise par une hauteur MNHC 2 inférieure ou égale à 3 m, c'est-à-dire plongeant sous le seuil de détection des haies.

Pour chaque type de prélèvement, les linéaires et les différentiels de stock sur pied des tronçons concernés (un exemple est donné à la figure 22) ont été agrégés pour calculer les résultats totaux de linéaire et de stock de bois prélevés à différentes échelles spatiales.

Les prélèvements effectués dans la strate « arbustive », présentés à l'annexe 3, n'ont toutefois pas été inclus dans les résultats définitifs de prélèvement de l'étude (analysés à la section 5.2), mais plutôt produits à titre informatif. En effet, la précision des MNHC sur lesquels les mesures ont été effectuées ne permet d'identifier un prélèvement que si la baisse de hauteur de la haie est conséquente (au moins 4 m dans cette étude). Pour les haies « arbustives », l'incertitude liées aux faibles baisses de hauteur potentielles (de quelques millimètres à 4 m) a été considérée comme trop importante pour que les tronçons concernés soient considérés de manière plausible comme « prélevés ».

Tous les tronçons du linéaire BD Haie v2 ayant connu soit une stagnation ou un accroissement de leurs dimensions, soit une réduction non significative de leur hauteur (haie « arborée » ayant connu une baisse inférieure à 4 m sur le MNHC 2) ont été considérés comme des haies n'ayant pas subi de prélèvement.

Le différentiel de largeur de la haie a été jugé moins pertinent que le différentiel de hauteur pour identifier les prélèvements de biomasse. Compte tenu de la diversité des pratiques d'entretien latéral des haies et l'incapacité des photographies aériennes à accéder aux élagages réalisés sous le couvert principal des arbres, il a été décidé de s'affranchir des données de largeur pour évaluer les prélèvements.

Accroissement de la biomasse dans les haies

Les résultats produits dans cette étude indiquent qu'une grande partie du linéaire de haie national a connu un accroissement en hauteur et/ou en largeur entre les deux millésimes de MNHC (données intermédiaires non présentées dans ce rapport). Toutefois, il a été convenu que la précision des MNHC photogrammétriques et l'absence de données de terrain relatives à la vitesse de croissance d'une haie (en dimensions ou en biomasse) ne permettaient pas d'évaluer l'accroissement du stock de bois bocager sur pied avec une précision raisonnable.

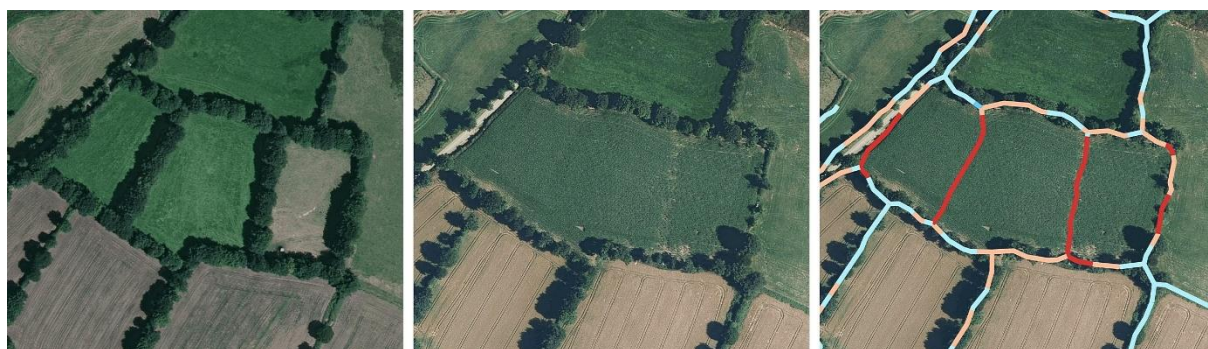


Figure 22 : évolution d'une zone bocagère entre deux millésimes de photographies aériennes. Dans cet exemple sont distinguées les haies ayant connu une stagnation ou un accroissement de leurs dimensions (linéaire bleu), celles ayant connu une régression modérée de leurs dimensions (linéaire rose) et celles ayant complètement disparu (linéaire rouge)

4.3.3. Enjeux et besoins exprimés par les acteurs de la haie

Ces ateliers d'échange ont été l'occasion pour les participants d'évoquer les enjeux et les besoins liés à la connaissance des haies et à la mise en place de pratiques de gestion durable, ainsi que les obstacles rencontrés dans ce but. Un point crucial des discussions a porté sur l'opérationnalité des résultats produits par l'IGN dans cette étude. En effet, les stocks évalués (voir chapitre suivant) ne doivent en aucun cas être considérés comme une ressource « disponible » pour les différents usages de terrain. Par ailleurs, ces résultats sont inadaptés à l'échelle « gestion », échelle à atteindre dans un objectif d'exploitation de la ressource. La liste ci-dessous présente les points d'attention ayant fait l'objet d'un consensus entre les différents acteurs à propos des obstacles liés à l'utilisation directe des résultats :

- l'utilisation d'une typologie des haies basée sur une expertise de terrain est indispensable pour combler les manques d'une approche de modélisation cartographique telle que développée par l'IGN dans cette étude, qui ne permet de caractériser que les dimensions du couvert supérieur des haies. Pour une grande part du linéaire bocager français, les arbres qui constituent ce couvert supérieur sont des arbres de haut-jet. Leur stock de bois sur pied, bien que conséquent, ne devrait pas être orienté en priorité vers la production d'énergie. Conformément au principe de la hiérarchie des usages (ou « usage en cascade »), ce bois serait plus pertinemment orienté vers des usages en bois d'œuvre, favorisant à la fois une valeur ajoutée économique supérieure et un stockage prolongé du carbone, plutôt qu'une valorisation directe en bois-énergie — d'autant plus lorsqu'il s'agit de bois de bonne qualité. Par ailleurs, une partie de ces arbres de haut-jet peut aussi être conservée sur pied au bénéfice de la biodiversité. Les stocks de bois sur pied mentionnés dans ce rapport appellent une vigilance particulière afin d'assurer un bouclage de la biomasse conforme aux principes de durabilité et de hiérarchie des usages. Cet aspect constitue la raison majeure pour laquelle les stocks évalués dans cette étude ne peuvent pas être considérés comme « disponibles » ou « exploitables » ;
- la gestion durable des haies nécessite de raisonner en termes de *productivité* ou de *potentiel* des haies, plutôt qu'en *stock sur pied*, afin d'identifier le rythme de prélèvement optimal. Ces critères ne sont pas accessibles par la méthodologie IGN en l'état ;
- l'accessibilité des haies constitue en outre un critère déterminant dans le potentiel de mobilisation du bois bocager ;
- l'évolution des haies est d'autant plus délicate à appréhender par l'approche méthodologique IGN que la diversité des pratiques entre agriculteurs et entre territoires est importante.

D'autres freins, cette fois-ci liés aux contextes politiques ou socio-économiques, ont été mentionnés. Ainsi, le coût élevé d'entretien des haies pour une faible rentabilité, le renseignement chronophage des plans de gestion ou encore le manque de visibilité sur le devenir des informations renseignées constituent autant de facteurs limitant la généralisation des pratiques de gestion durable et de suivi des linéaires bocagers pour les gestionnaires ou les exploitants. Le développement d'outils opérationnels de suivi de la ressource permettra de lever certains de ces verrous.

Enfin, il a été souligné que les données produites dans l'étude apportent des informations à large échelle pouvant être mises en commun avec les données recueillies dans les territoires par des acteurs spécialisés, notamment à l'échelle des Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI), particulièrement adaptée à ce genre d'exercice.

La prise en compte des limites abordées durant ces temps d'échange, ainsi que l'anticipation des besoins des filières locales en bois bocager, constitueront un pas en avant vers la scénarisation des pratiques de coupe et la projection des disponibilités futures en bois, qui reste un objectif majeur des politiques publiques liées à la gestion de la ressource.

5. Résultats

Les résultats de cette étude concernent les linéaires, les stocks de bois sur pied (en volume, en biomasse et en carbone) et leurs prélèvements récents des haies de plus de 3 m de hauteur. La méthodologie mise en œuvre ne permettant pas la caractérisation des haies de hauteur inférieure, la part de la ressource qu'elles représentent (*a priori* faible) n'a pas pu être évaluée.

Les résultats ont été agrégés par région et par département ; ils sont présentés dans cette section sous forme de graphiques dont les données brutes sont fournies en annexe. Sur les graphiques, les résultats des départements 75, 92, 93 et 94 ont été regroupés sous l'intitulé « PC » (« Petite Couronne » parisienne).

Les résultats ont également été agrégés à l'échelle des EPCI, la ressource bocagère pouvant jouer un rôle essentiel dans l'élaboration des politiques publiques territoriales. Enfin, les résultats ont été cartographiés par kilomètre carré sur l'ensemble du territoire métropolitain afin d'identifier des tendances spatiales à une échelle fine. Ces résultats calculés par EPCI et par kilomètre carré, trop détaillés pour être présentés dans ce rapport, ont été exportés en deux couches géographiques nationales distinctes, directement exploitables sous SIG, accessibles en téléchargement sur cartes.gouv.fr (voir section 5.3).

Les résultats obtenus à l'échelle des tronçons du linéaire BD Haie v2, calculés par des modèles ajustés sur des données à forte variabilité, n'offrent pas une précision locale suffisante pour être diffusés et n'ont pas été rendus accessibles.

5.1. La ressource bocagère actuelle et son évolution récente

5.1.1. Linéaire de haie actuel dont linéaire possédant un stock

Le linéaire total actuel des haies bocagères à l'échelle de la France entière (issu de la BD Haie v2 brute) s'élève à environ **1,47 million de kilomètres**, dont près de **1,11 million (75 %) possède un stock sur pied** (hauteur de haie > 3 m sur le MNHC 2). Les valeurs régionales de ce linéaire actuel sont représentées à la figure 23 et les valeurs départementales à la figure 24.

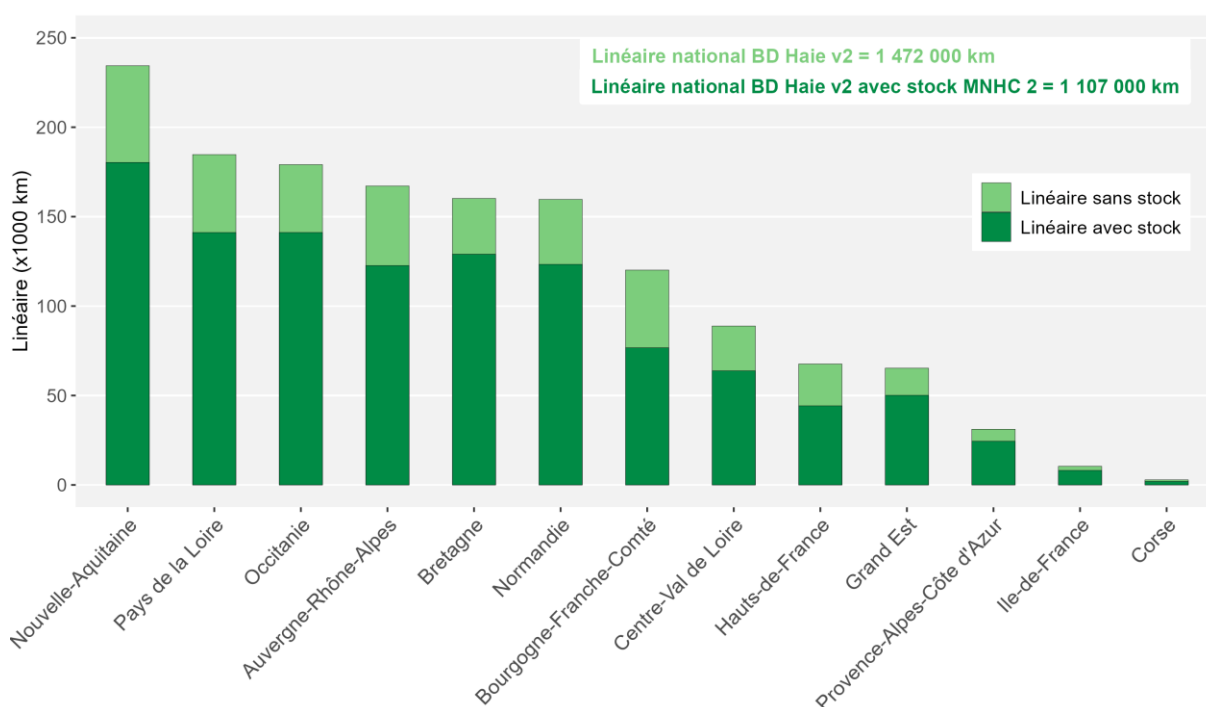


Figure 23 : linéaire BD Haie v2 total et linéaire possédant un stock de bois sur pied (hauteur > 3 m sur le MNHC 2) par région administrative

La Nouvelle-Aquitaine est la région disposant du linéaire de haie le plus élevé de France (234 000 km, dont 180 000 possèdent un stock de bois sur pied). Ce résultat, surprenant au premier abord, s'explique par la

superficie importante de son territoire et la présence de départements particulièrement bocagers dans sa partie Nord, notamment la Creuse (23), les Deux-Sèvres (79), la Vienne (86) et la Haute-Vienne (87).

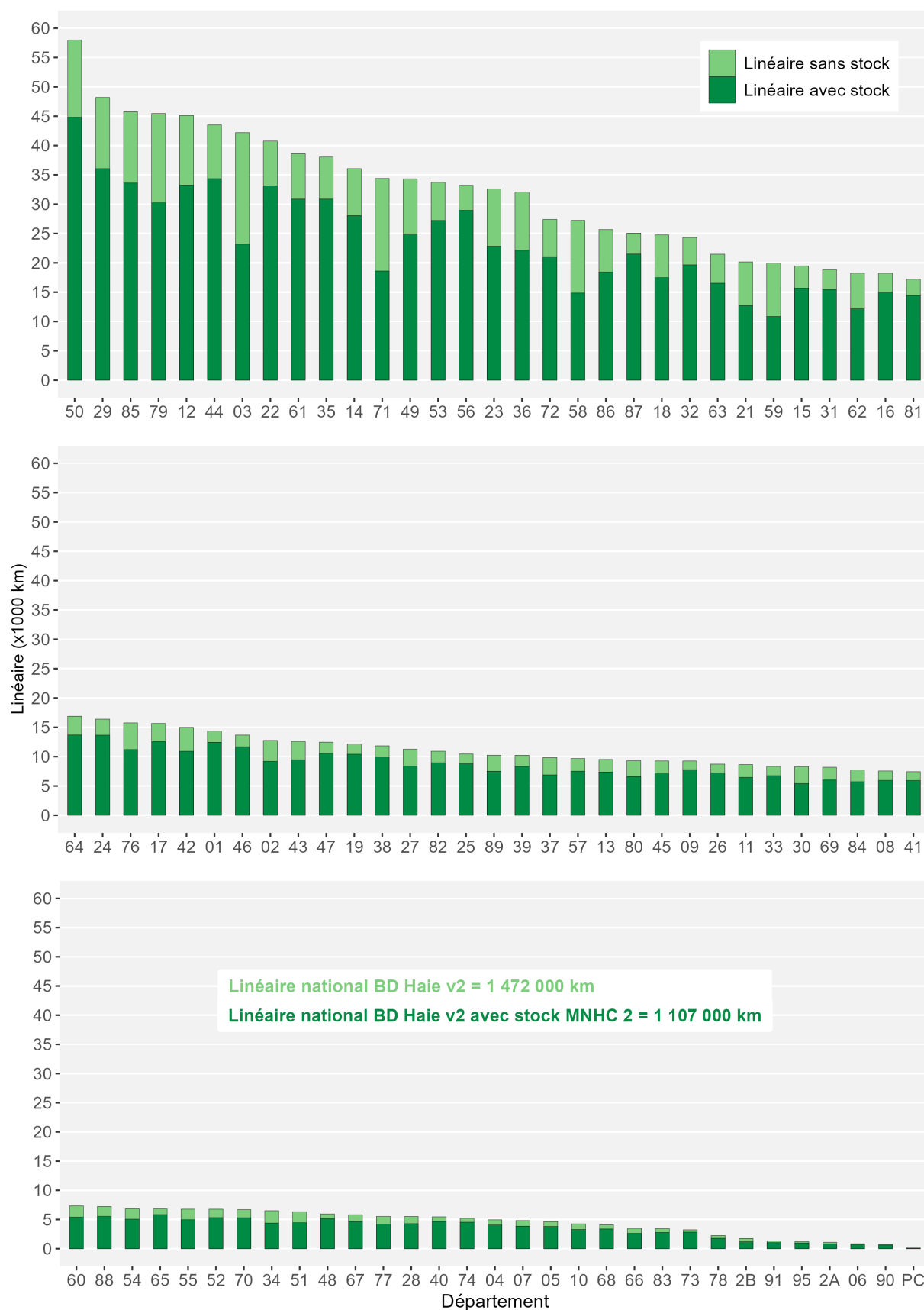


Figure 24 : linéaire BD Haie v2 total et linéaire possédant un stock de bois sur pied (hauteur > 3 m sur le MNHC 2) par département

Les résultats départementaux placent la Manche (50) à la première place en termes de linéaire de haie (58 000 km, dont 45 000 possèdent un stock de bois sur pied). Ils permettent en outre d'identifier des départements présentant une proportion importante de haies « basses » ne disposant pas d'un stock (hauteur < 3 m sur le MNHC 2), à savoir l'Allier (03), la Nièvre (58), le Nord (59) et la Saône-et-Loire (71).

5.1.2. Stock de bois sur pied actuel en volume et évolution récente

À l'échelle nationale, le stock de bois sur pied (en volume aérien total) dans les haies est passé de **398 millions de mètres cubes (MNHC 1)** à **405 millions de mètres cubes (MNHC 2)**, soit un **accroissement annuel de +0,6 %**. À titre de comparaison, ce stock national en bois bocager est équivalent au stock de bois forestier des anciennes régions Alsace et Lorraine réunies, soit 9,5 % du stock forestier français. Pour le département de la Manche (50), le stock de bois bocager est même supérieur au stock de bois forestier calculé par les estimateurs statistiques de l'IFN. Les valeurs régionales et départementales du stock de bois sur pied dans les haies sont respectivement présentées à la figure 25 et à la figure 26.

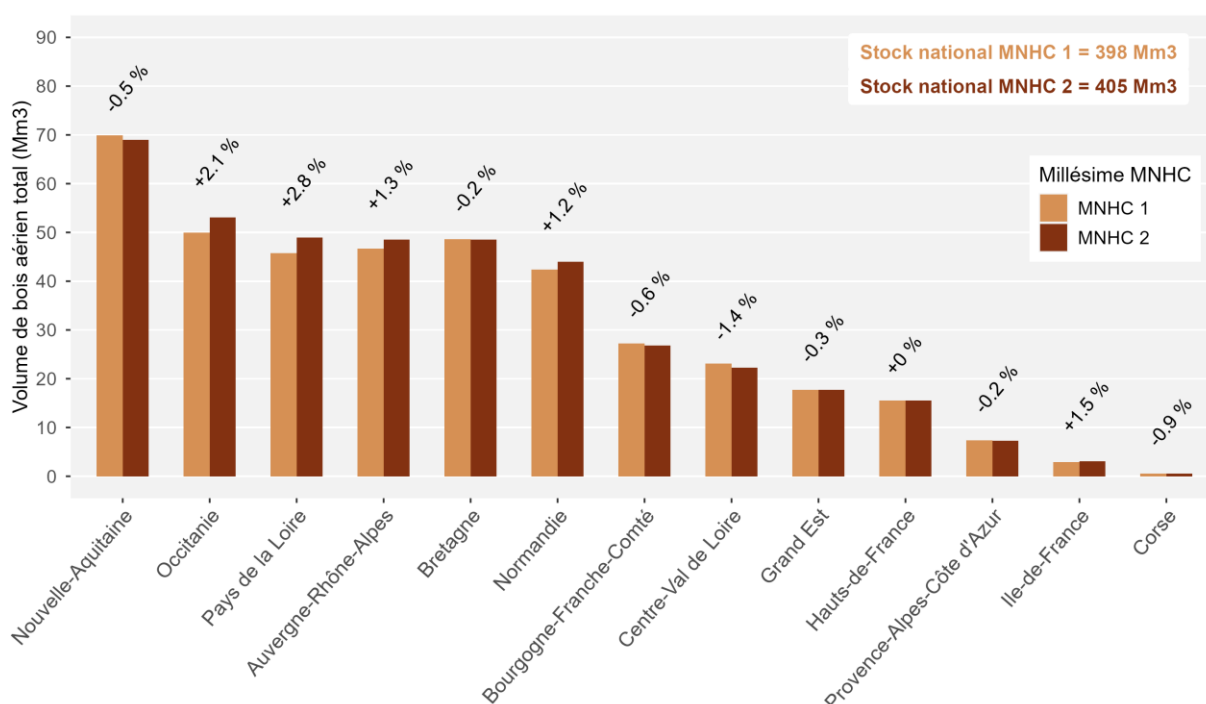


Figure 25 : évolution du stock de bois de haie sur pied (volume aérien total) entre les deux millésimes MNHC, par région administrative. Le taux de variation indiqué est annualisé

Avec des volumes de bois sur pied respectifs de 69 Mm3 et 15 Mm3, la Nouvelle-Aquitaine et la Manche (50) présentent les stocks régionaux et départementaux les plus élevés. En moyenne, le stock de bois sur pied par km linéaire de haie (pour le linéaire possédant un stock, c'est-à-dire mesurant plus de 3 m de hauteur) sur l'ensemble du territoire métropolitain est de 366 m3/km, pour une gamme variant de 259 à 523 m3/km pour les départements individuels (annexe 2).

Selon le territoire considéré, la dynamique actuelle du stock sur pied correspond soit à une augmentation, soit à une diminution. Cette évolution correspond à la variation quantitative brute du stock entre les deux millésimes MNHC, sans distinction des raisons liées aux changements (prélèvements, croissance).

Ces résultats sont toutefois à mettre en relation avec les dates de réalisation des prises de vues aériennes permettant de calculer les MNHC, dont certaines sont problématiques (annexe 1). À titre d'exemple, le département de la Manche (50) affiche un accroissement de stock surprenant de +4,7 %/an qui peut s'expliquer par la réalisation trop précoce (avril ou début mai) des prises de vues aériennes ayant permis de calculer le MNHC 1. Les arbres, dont le feuillage n'était probablement pas encore totalement déployé, ont pu se voir attribuer des métriques sous-estimées. Le MNHC 2 ayant été réalisé durant la période de végétation optimale, l'écart entre les deux millésimes de métriques a pu être surestimé, générant virtuellement un accroissement important.

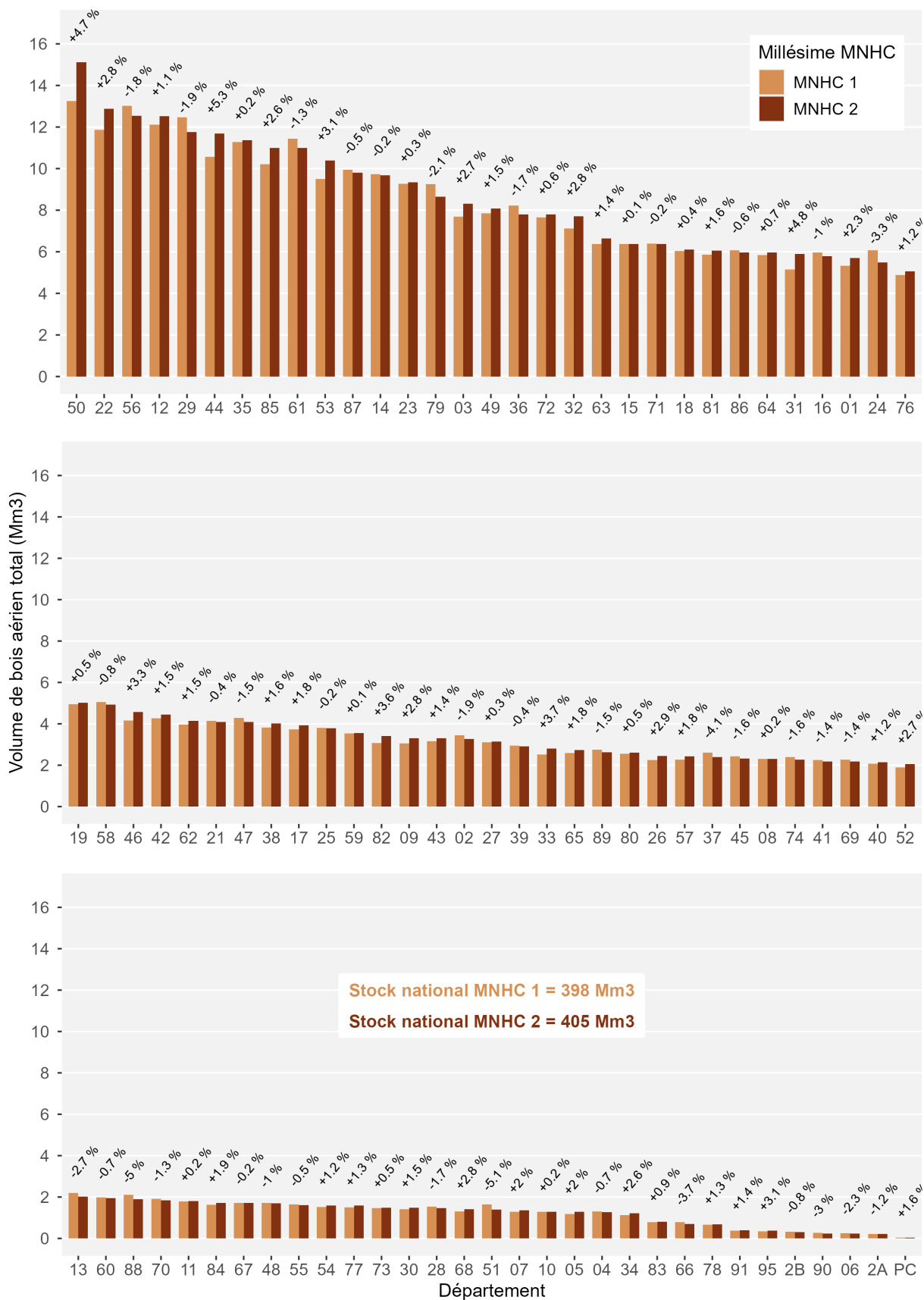


Figure 26 : évolution du volume de bois sur pied dans les haies entre les deux millésimes MNHC, par département. Le taux de variation indiqué est annualisé

5.1.3. Équivalents en biomasse et en carbone des volumes de bois sur pied actuels

Les équivalents en biomasse ligneuse aérienne (en tonnes de matière sèche, tMS) et en carbone aérien et racinaire (en tonnes de carbone, tC) des volumes de bois sur pied actuels sont présentés dans le tableau de l'annexe 2. Ces résultats ne feront pas l'objet d'une présentation graphique dans ce rapport : l'utilisation de facteurs de conversion (voir section 4.2.2.3) produit des histogrammes strictement identiques à ceux des volumes de bois sur pied, seule l'échelle des valeurs de stock étant différente. La hiérarchie entre les départements et les régions est par conséquent conservée.

À l'échelle nationale, le stock actuel de biomasse ligneuse aérienne dans les haies est évalué à plus de **210 MtMS**. Le stock de carbone correspondant (aérien et racinaire) est quant à lui de près de **129 MtC**.

5.1.4. Linéaire et stock actuels par classe de dimension des haies

La répartition des linéaires de haie et des stocks de bois sur pied entre les classes de hauteur et de largeur de haie est présentée à la figure 27, à l'échelle nationale. Les linéaires incluent les haies ne possédant pas de stock sur pied (classe de hauteur ou de largeur égale à zéro).

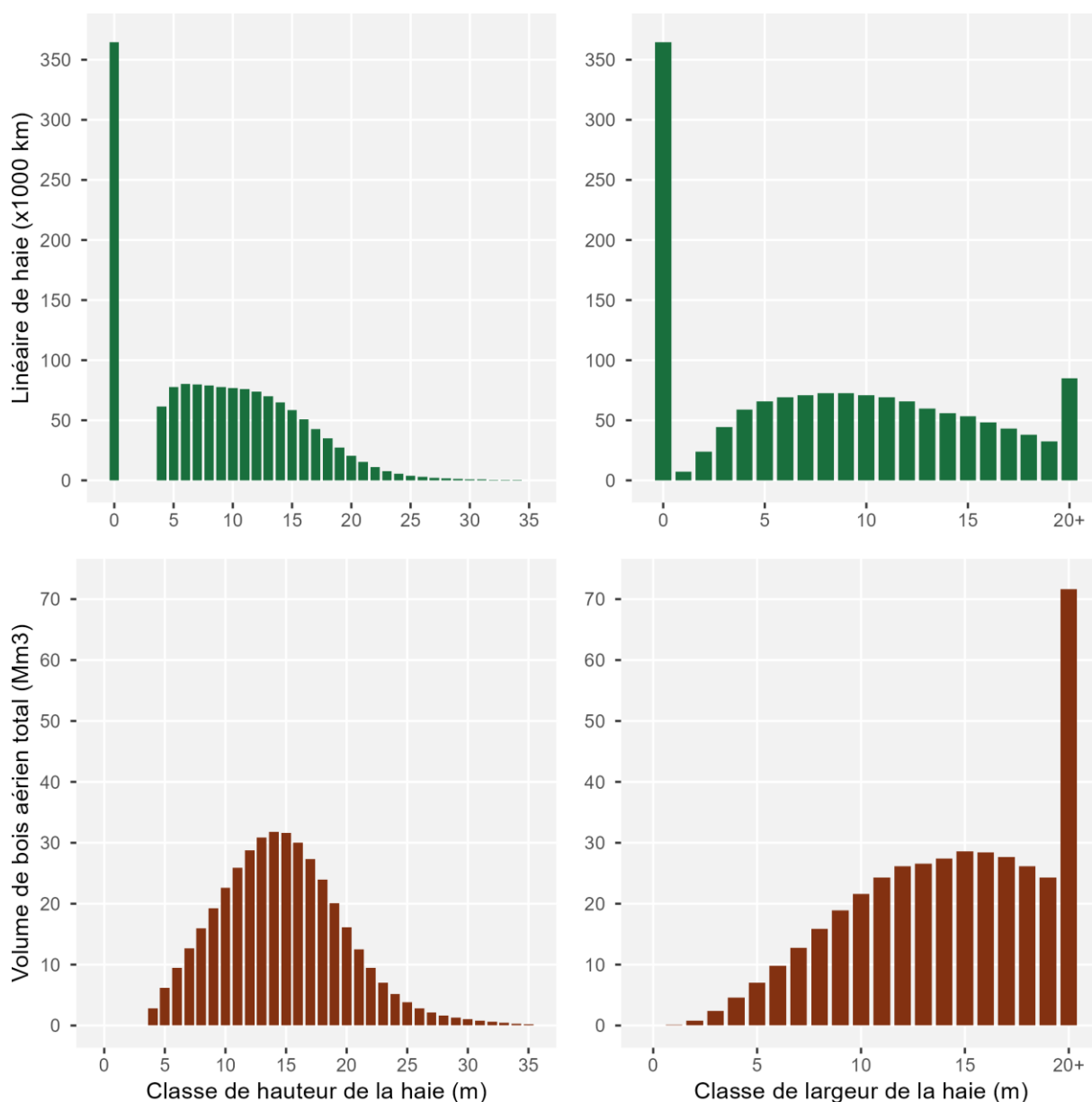


Figure 27 : linéaire (en vert) et volume de bois sur pied (en rouge) actuels (issus du MNHC 2) par classe de hauteur ou de largeur de haie, à l'échelle de la France entière. Les haies de hauteur inférieure à 3 m sont considérées comme des haies de hauteur nulle et sans stock. La classe de largeur « 20 m » intègre également les haies de plus de 20 m de largeur

Ces résultats témoignent de la prédominance des haies basses dans le linéaire bocager à l'échelle nationale, tendance que l'on retrouve à l'échelle régionale (résultats non présentés). Pour le linéaire possédant un stock sur pied, ce sont les haies d'environ 6 m de hauteur ou d'environ 9 m de largeur (en mettant de côté les haies de 20 m de largeur ou plus) qui constituent la majorité relative du linéaire de haie national.

En ce qui concerne le stock, la majorité relative des volumes de bois sur pied est obtenue pour la classe de hauteur 14 m ou la classe de largeur 15 m (en ignorant les haies de 20 m de largeur ou plus).

La largeur maximale des haies (qui correspond à la longueur des perpendiculaires utilisées pour calculer les métriques de haie, voir section 4.1.3) a été fixée à 20 m. Cependant, la BD Haie recense des linéaires dont la largeur peut excéder localement cette limite (sur un tronçon de 10 m, par exemple, mais pas de manière continue sur un linéaire important). Les linéaires et les stocks correspondant aux tronçons de 20 m de largeur ou plus ont été regroupés dans une catégorie « 20+ ».

5.1.5. Évolution du stock de bois sur pied selon la hauteur des haies

Les résultats de stocks régionaux et départementaux présentés à la section 5.1.2 constituent une synthèse des phénomènes se produisant à l'échelle des haies. Ces derniers ont donc fait l'objet d'une analyse dédiée, réalisée par région et visant à examiner de manière plus approfondie l'évolution annuelle moyenne des volumes de bois sur pied en fonction de l'évolution de la hauteur des haies durant la période couverte par les deux MNHC (figure 28). Afin de faciliter l'interprétation du graphique, trois cas concrets sont développés ci-dessous :

- **Exemple 1 (cercle violet)** : en Auvergne-Rhône-Alpes, les haies mesurant de 10 à 15 m de hauteur sur le MNHC 1 et de 15 à 20 m de hauteur sur le MNHC 2 (témoignant donc d'une croissance en hauteur) représentent un accroissement d'environ 150 000 m³ de bois par an (identifiée par la nuance de vert correspondante), soit une hausse correspondant à 0,32 % du stock régional initial ;
- **Exemple 2 (cercle bleu)** : en Bretagne, les haies de hauteur inférieure à 3 m sur le MNHC 1 et de hauteur comprise entre 3 et 5 m sur le MNHC 2 (témoignant donc d'une croissance en hauteur, et même d'une « apparition de stock » dans notre méthodologie) représentent un accroissement d'environ 80 000 m³ de bois par an (identifiée par la nuance de vert correspondante), soit une hausse correspondant à 0,17 % du stock régional initial ;
- **Exemple 3 (cercle noir)** : en Pays de la Loire, les haies mesurant de 10 à 15 m de hauteur sur le MNHC 1 et moins de 3 m de hauteur sur le MNHC 2 (témoignant donc d'une perte totale de stock dans notre méthodologie) représentent une diminution d'environ 145 000 m³ de bois par an (identifiée par la nuance de rouge correspondante), soit une baisse correspondant à 0,32 % du stock régional initial ;

Cette analyse, réalisée à une échelle particulièrement fine, souligne l'une des limites « conceptuelles » de notre méthodologie. Certaines haies présentent en effet une augmentation importante de leur hauteur entre les deux MNHC, par exemple les haies dont la hauteur est inférieure à 3 m sur le MNHC 1 et supérieure à 10 m sur le MNHC 2. Il est peu probable que ces haies aient pu connaître une telle croissance sur les trois années séparant les deux MNHC. Il est donc nécessaire de rappeler que l'évolution des dimensions de la haie n'est pas évaluée à l'échelle de l'arbre, mais à l'échelle de tronçons de 10 m de longueur. Par conséquent, un tronçon « sans stock », caractérisé par une hauteur inférieure à 3 m sur le MNHC 1, peut afficher une hauteur de plus de 10 m sur le MNHC 2 si des arbres appartenant au tronçon précédent et/ou au tronçon suivant ont étendu latéralement leurs branches, générant de fait un couvert arboré et une hauteur importante sur le MNHC 2 de ce tronçon « sans arbre sur pied ». Ces résultats sont donc à interpréter avec prudence, d'autant plus s'ils concernent des zones affectées par la réalisation de photographies aériennes en dehors de la période optimale de végétation (annexe 1).

Cette analyse décrit l'évolution quantitative brute du stock de bois sur pied en fonction de l'évolution de la classe de hauteur de la haie. Aucune définition de prélèvement n'a été appliquée, bien que ces derniers puissent être en partie identifiés (par exemple les haies tombant à moins de 3 m de hauteur sur le MNHC 2). Les résultats de prélèvements tels que définis lors des ateliers de discussion sont présentés à la section suivante.



Figure 28 : évolution annuelle moyenne du volume de bois sur pied entre les deux millésimes MNHC en fonction de l'évolution de la hauteur de la haie (répartie en classes). Pour chaque couple « hauteur MNHC 1-hauteur MNHC 2 », la couleur de la case représente l'évolution quantitative du volume (en m³/an). La valeur renseignée est le taux de variation en pourcentage du stock régional. Le texte ci-avant développe plusieurs cas concrets, identifiés par des cercles sur le graphique, afin de faciliter l'interprétation des résultats

5.2. Ressource bocagère récemment prélevée

Les critères définis lors des ateliers d'échange avec les partenaires ont permis de scinder les prélèvements de ressource effectués dans les haies en trois catégories (section 4.3.2), mentionnées dans ce rapport sous les intitulés suivants :

- **linéaire/stock arboré prélevé** : prélèvement partiel d'une haie considérée comme arborée, présentant une hauteur de plus de 7 m sur le MNHC 1 et une baisse de hauteur d'au moins 4 m sur le MNHC 2 ;
- **dont prélevé totalement** : prélèvement total d'une haie considérée comme arborée, présentant une hauteur de plus de 7 m sur le MNHC 1 et une hauteur inférieure ou égale à 3 m sur le MNHC 2 ;
- **linéaire/stock arbustif prélevé totalement** : pour les raisons évoquées à la section 4.3.2, ce type de prélèvements n'a pas été inclus dans les résultats définitifs de prélèvement analysés ci-après. Les chiffres sont toutefois fournis à l'annexe 3.

Les estimations de linéaires prélevés (section 5.2.1) correspondent à la somme des longueurs des tronçons BD Haie v2 ayant été classés dans les différentes catégories de prélèvement. De manière similaire, les estimations de stocks prélevés (section 5.2.2) correspondent à la somme des différentiels de volume sur pied entre les deux millésimes MNHC des tronçons ayant été classés dans les différentes catégories de prélèvement.

5.2.1. Linéaires prélevés

À l'échelle nationale, le linéaire de haies arborées ayant subi un prélèvement s'élève à **15 600 km/an** (soit un **taux de linéaire prélevé de 1,4 %**), dont **7 300 km/an** correspondent à un prélèvement total de la ressource sur pied (soit un **taux de linéaire prélevé totalement de 0,7 %**). Les MNHC étant seuillés à 3 m, il est impossible de connaître la part des coupes durables et des arrachages définitifs inclus dans ces linéaires. Les valeurs régionales et départementales des linéaires prélevés sont respectivement présentées à la figure 29 et à la figure 30.

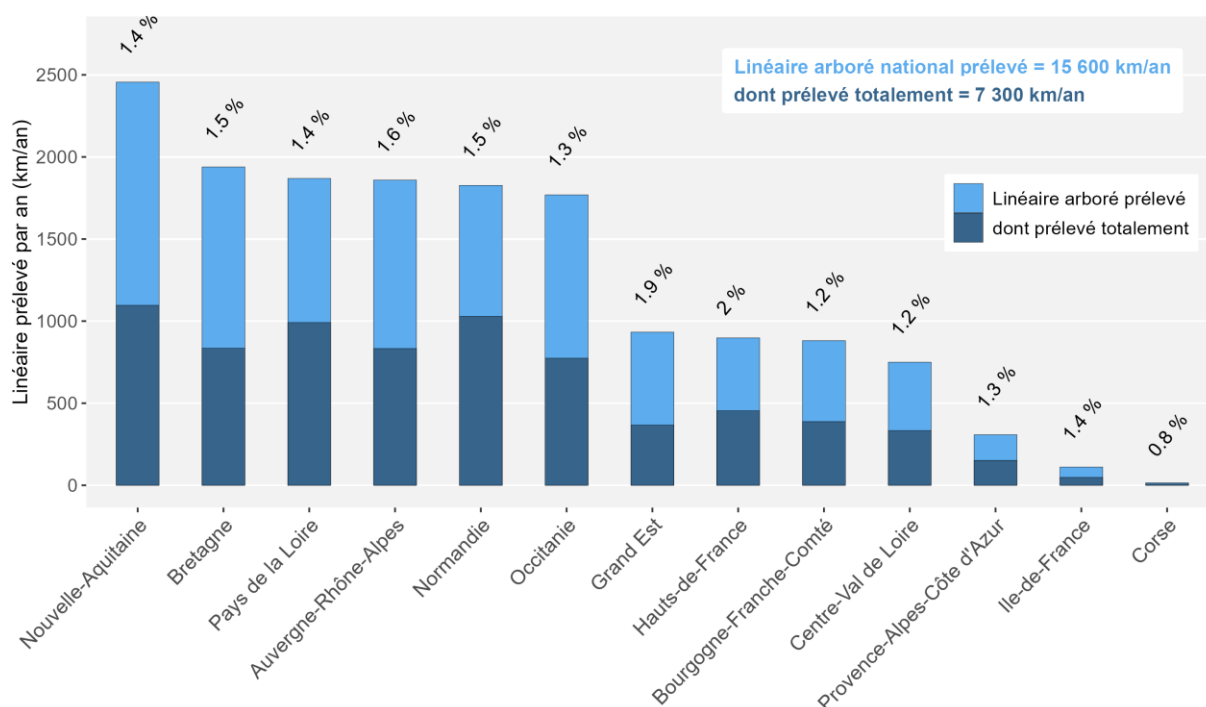


Figure 29 : linéaire de haie ayant subi un prélèvement, par type de prélèvement et par région administrative. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel régional en linéaire

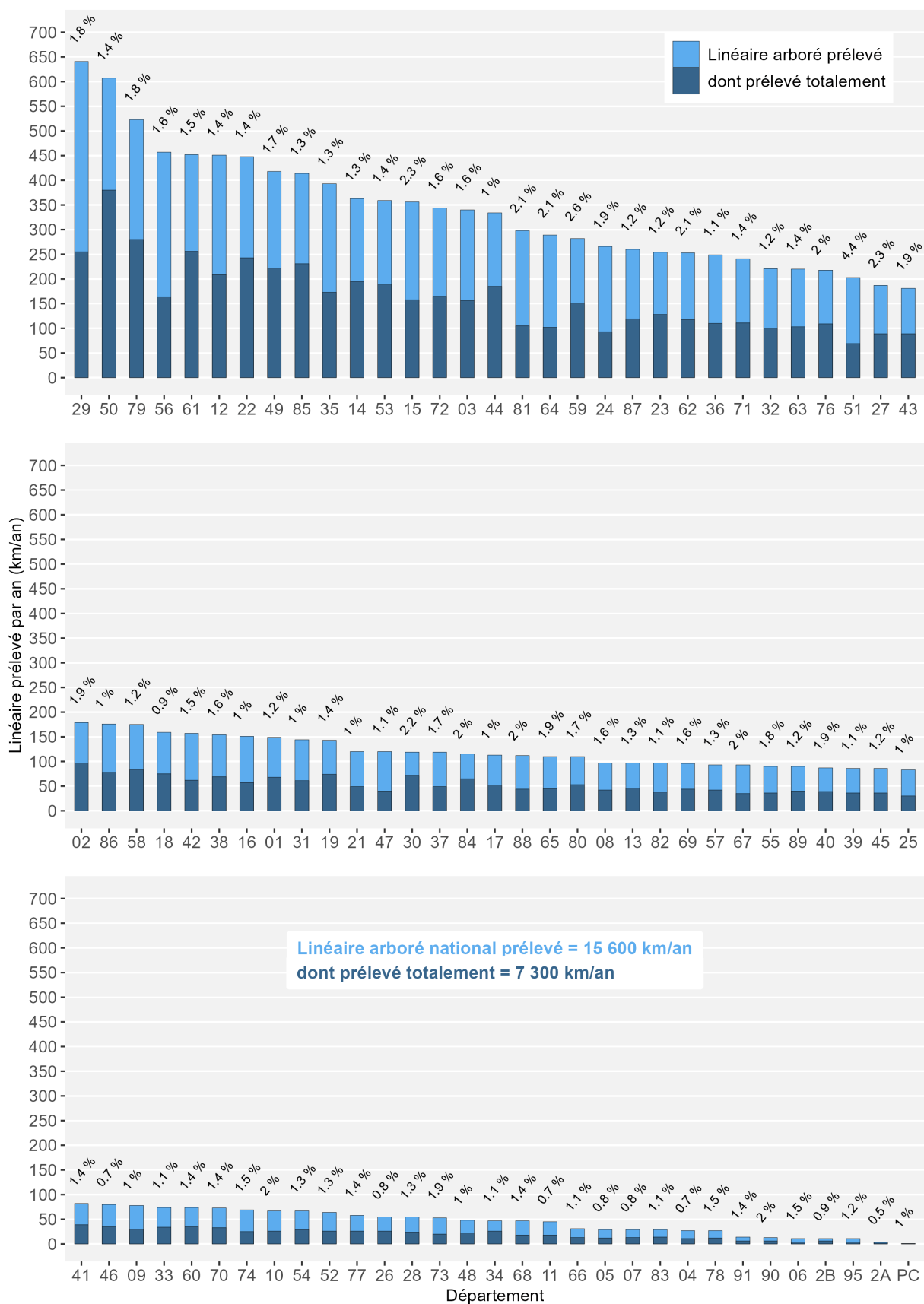


Figure 30 : linéaire de haie ayant subi un prélèvement, par type de prélèvement et par département. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel départemental en linéaire

5.2.2. Stocks prélevés en volume

À l'échelle nationale, le stock de bois aérien prélevé dans les haies « arborées » s'élève à plus de **5,3 Mm³/an** (soit un **taux de prélèvement de la ressource de 1,3 %/an**), dont plus de 2,6 Mm³/an correspondent à un prélèvement total de la ressource sur pied (soit 0,7 %/an de la ressource). À nouveau, il est impossible de connaître la part des stocks prélevés de manière durable et la part des stocks provenant d'arrachages définitifs, du fait du seuillage des MNHC à 3 m. Les valeurs régionales et départementales des stocks de bois prélevés sont respectivement présentées à la figure 31 et à la figure 32.

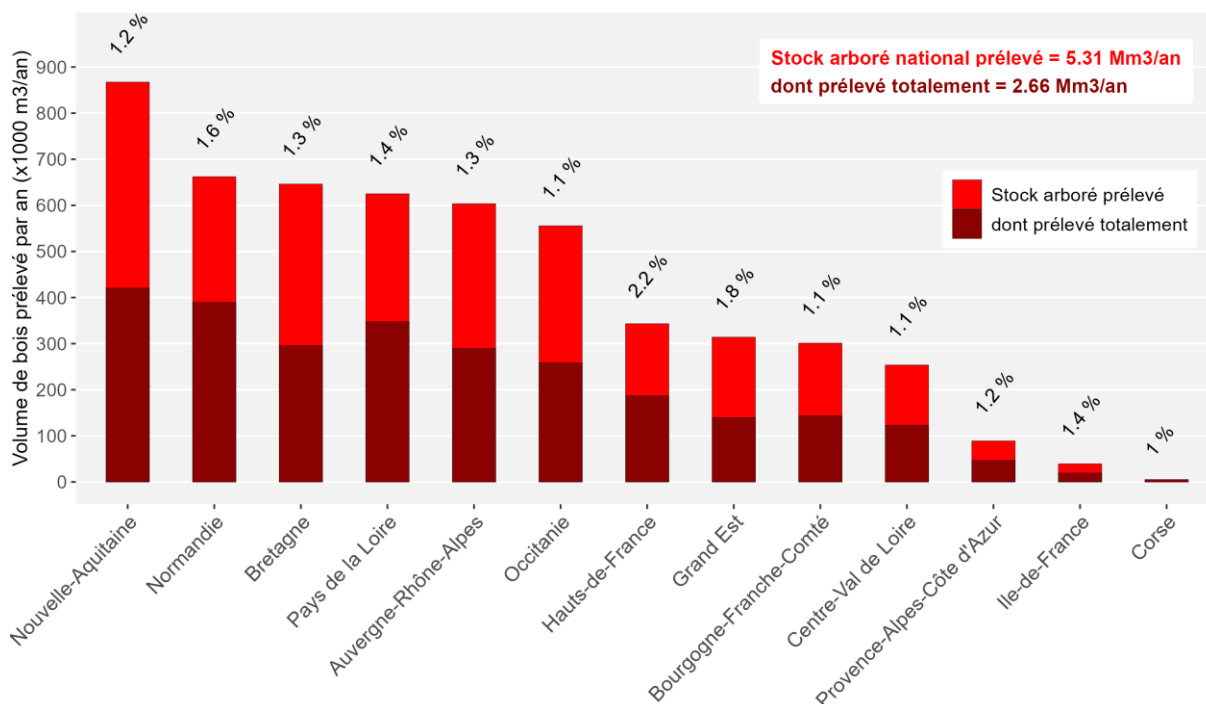


Figure 31 : stock de bois de haie prélevé par an, par type de prélèvement et par région administrative. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel régional en stock de bois

5.2.3. Équivalents en biomasse et en carbone des volumes de bois prélevés

Les équivalents en biomasse ligneuse aérienne (en tonnes de matière sèche, tMS) et en carbone aérien (en tonnes de carbone, tC) des volumes de bois prélevés sont présentés dans le tableau de l'annexe 3. Comme pour le stock sur pied, ces résultats ne feront pas l'objet d'une présentation graphique dans ce rapport : l'utilisation de facteurs de conversion (voir section 4.2.2.3) produit des histogrammes strictement identiques à ceux des volumes prélevés, seule l'échelle des valeurs de prélèvement étant différente. La hiérarchie entre les départements et les régions est par conséquent conservée.

À l'échelle nationale, le stock de biomasse ligneuse aérienne prélevé chaque année dans les haies est évalué à près de **2,8 MtMS/an**. Le stock de carbone prélevé correspondant (uniquement la partie aérienne) est quant à lui de **1,3 MtC/an**.

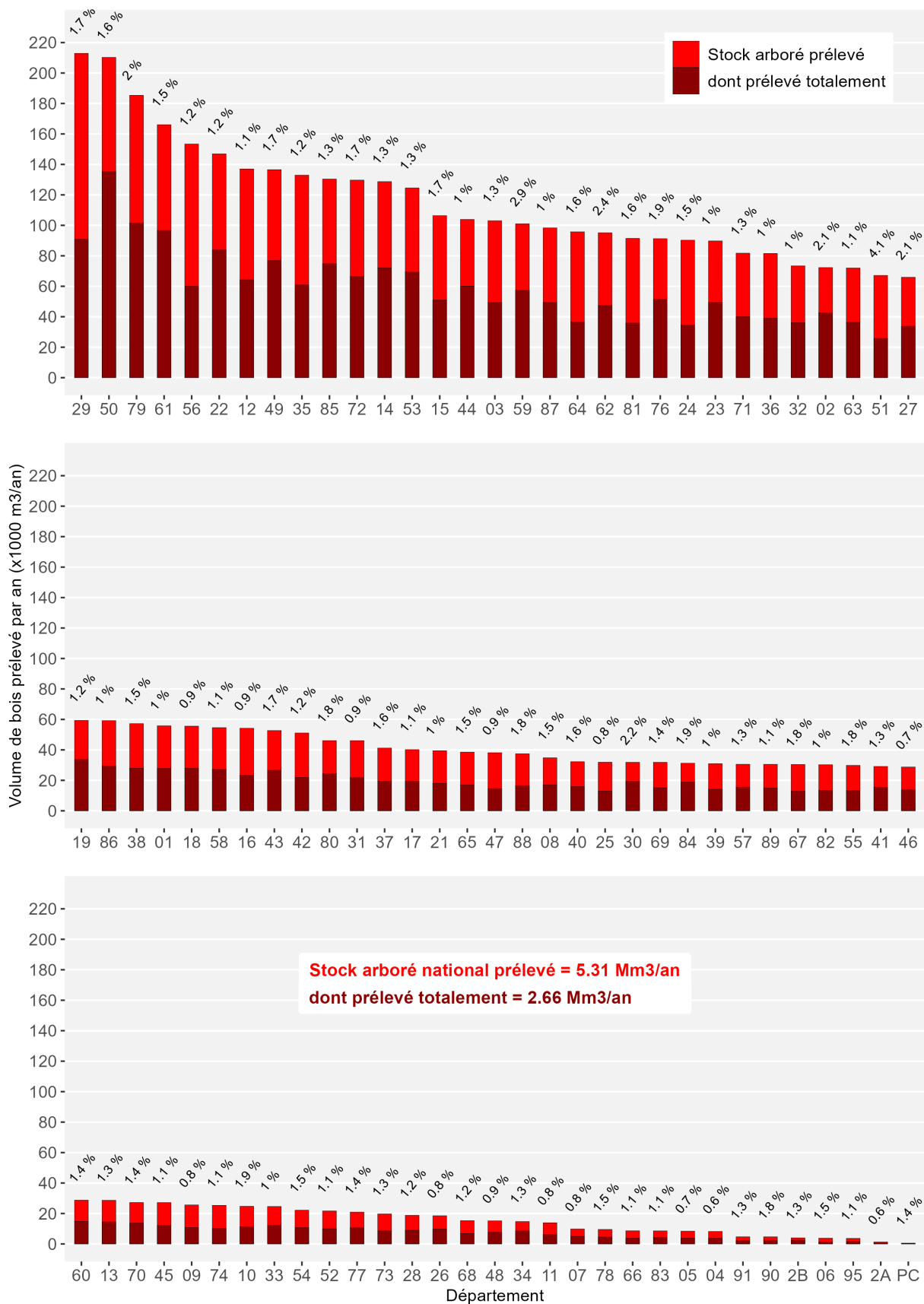


Figure 32 : stock de bois de haie prélevé par an, par type de prélèvement et par département. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel départemental en stock de bois

5.3. Cartographie nationale des stocks de bois bocager sur pied et prélevés

Des cartes représentant la distribution sur le territoire métropolitain des volumes de bois bocager sur pied et prélevés par an ont été produites. Les résultats ont été spatialisés par kilomètre carré, selon la maille kilométrique de l'inventaire national du patrimoine naturel (INPN), basée sur des pixels carrés de 1 km de côté. La valeur de chaque maille kilométrique correspond soit :

- au total des volumes de bois sur pied dans les haies contenues dans la maille, figure 33 ;
- au volume de bois sur pied moyen par kilomètre linéaire de haie dans la maille, figure 34. Cette carte diffère de la précédente en cela qu'elle cartographie la ressource en fonction du capital sur pied moyen présent dans les haies ;
- au total des volumes de bois prélevés par an dans les haies contenues dans la maille, figure 35 ;
- au volume moyen de bois prélevé par an par kilomètre linéaire de haie dans la maille, figure 36.

Les deux cartes liées aux prélèvements (figure 35 et figure 36) font apparaître une alternance de bandes horizontales claires et foncées pour certains départements, notamment l'Allier (03), l'Aveyron (12) et la Haute-Loire (43). Après un examen approfondi des données source de l'IGN mobilisées dans cette étude, il est apparu que le MNS le plus récent utilisé pour ces départements souffre d'un manque de description du couvert supérieur des arbres (quantité réduite de pixels), entraînant une sous-estimation des dimensions les plus récentes des haies et, par conséquent, une surestimation des prélèvements (bandes foncées) pour les quelques zones concernées. Les causes de ces anomalies sont en cours d'investigation en interne.

Ces mêmes résultats de volumes de bois bocager sur pied et prélevés par an ont également été cartographiés à l'échelle des Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI), échelle particulièrement pertinente pour la mise en œuvre de politiques locales de gestion durable de la ressource (figure 37 et figure 38).

Ces cartes kilométriques et par EPCI sont téléchargeables au format SIG sur cartes.gouv.fr.

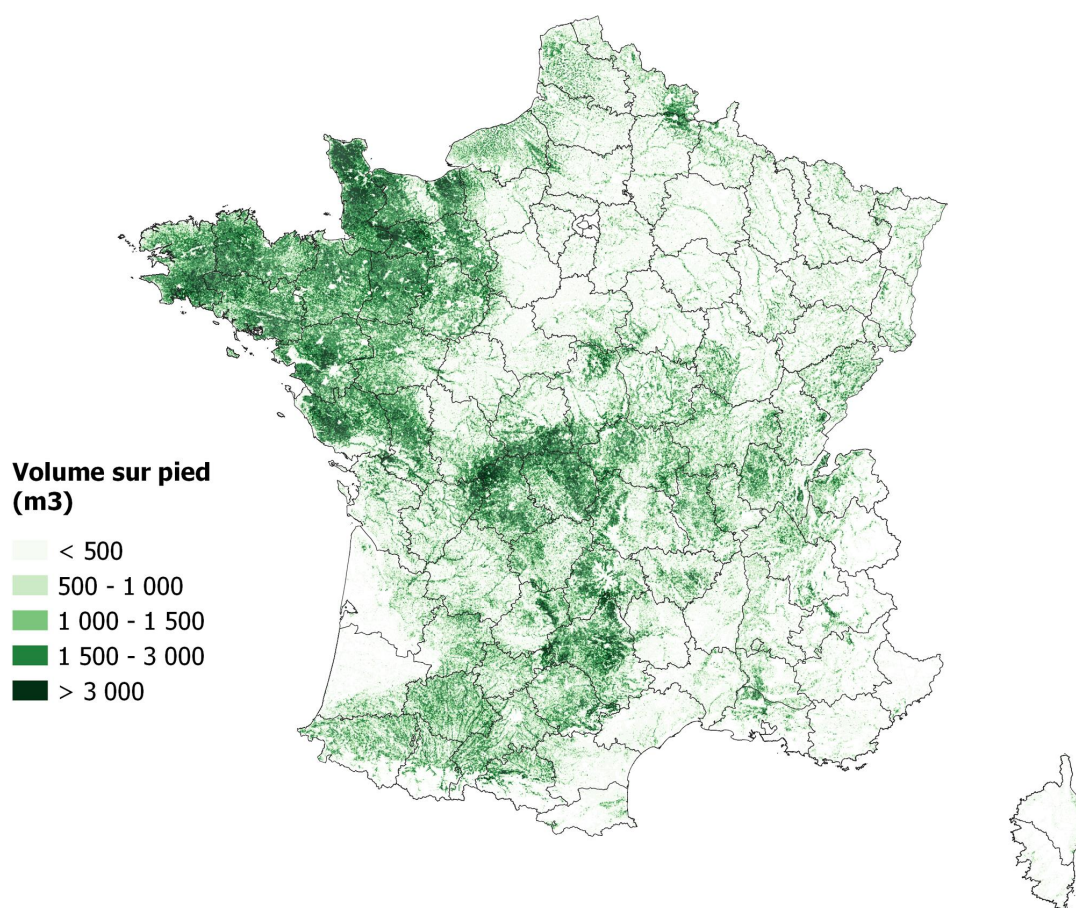


Figure 33 : stock de bois sur pied par kilomètre carré

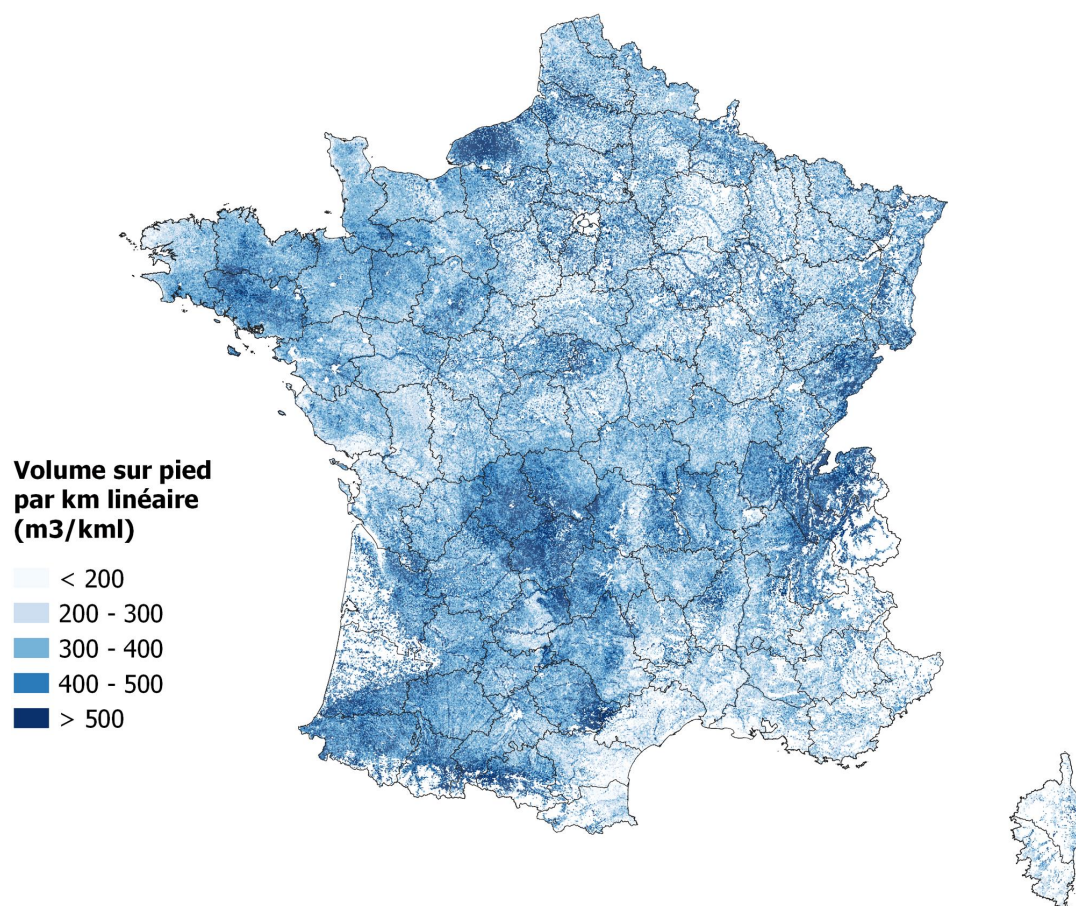


Figure 34 : stock de bois sur pied moyen par kilomètre linéaire de haie et par kilomètre carré

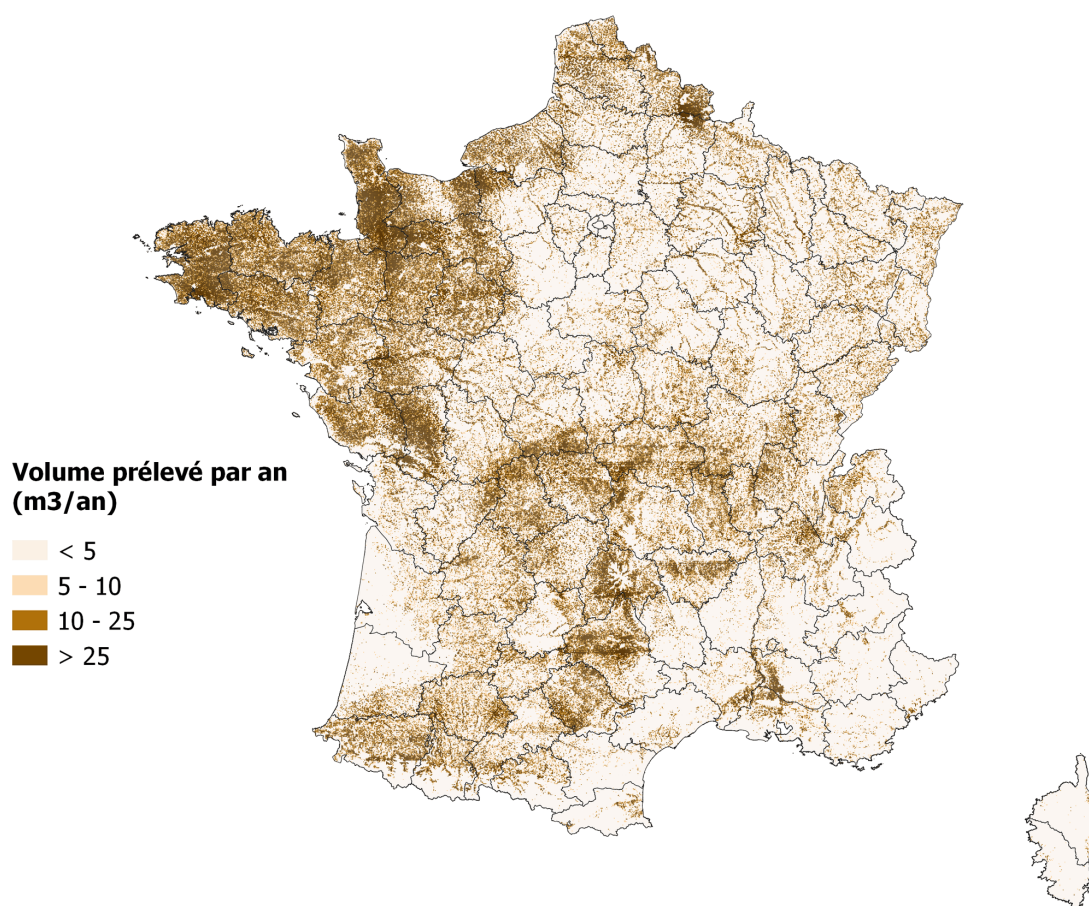


Figure 35 : stock de bois prélevé par an et par kilomètre carré

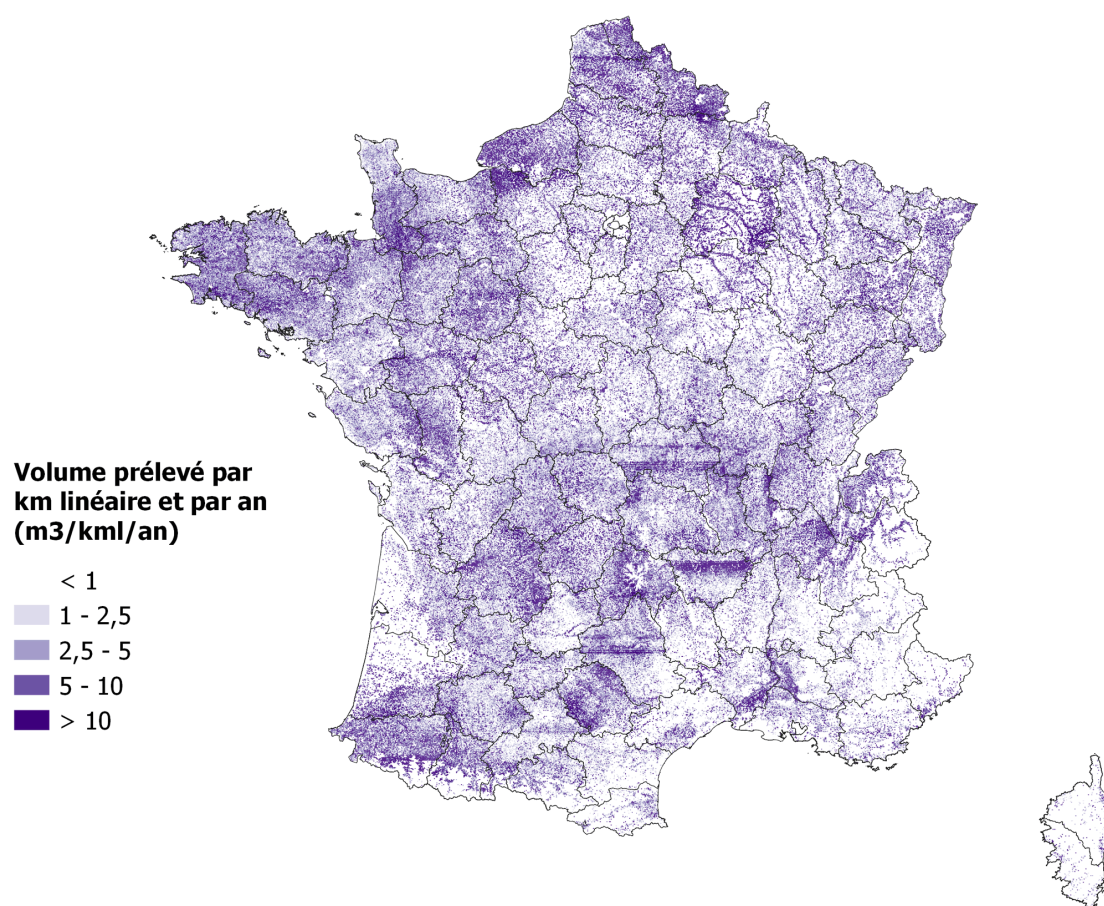


Figure 36 : stock de bois moyen prélevé par an par kilomètre linéaire de haie et par kilomètre carré

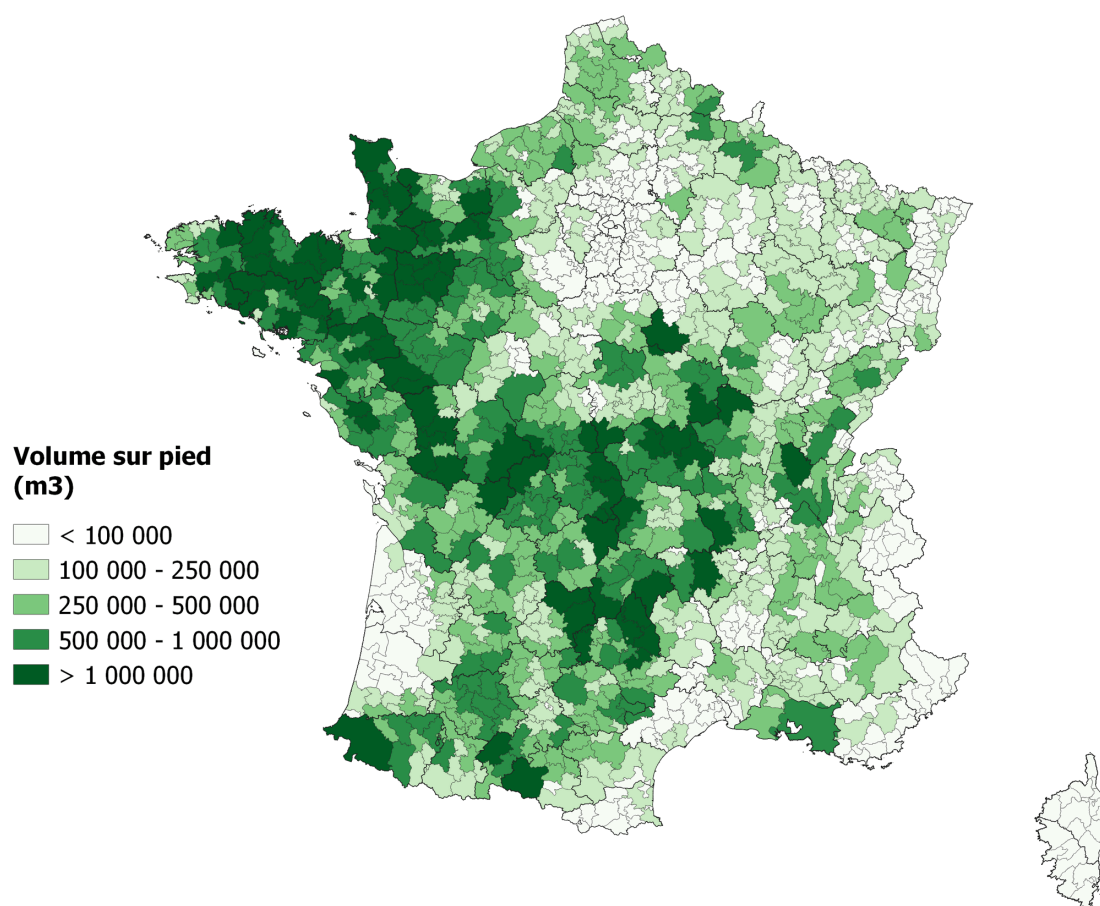


Figure 37 : stock de bois sur pied par EPCI

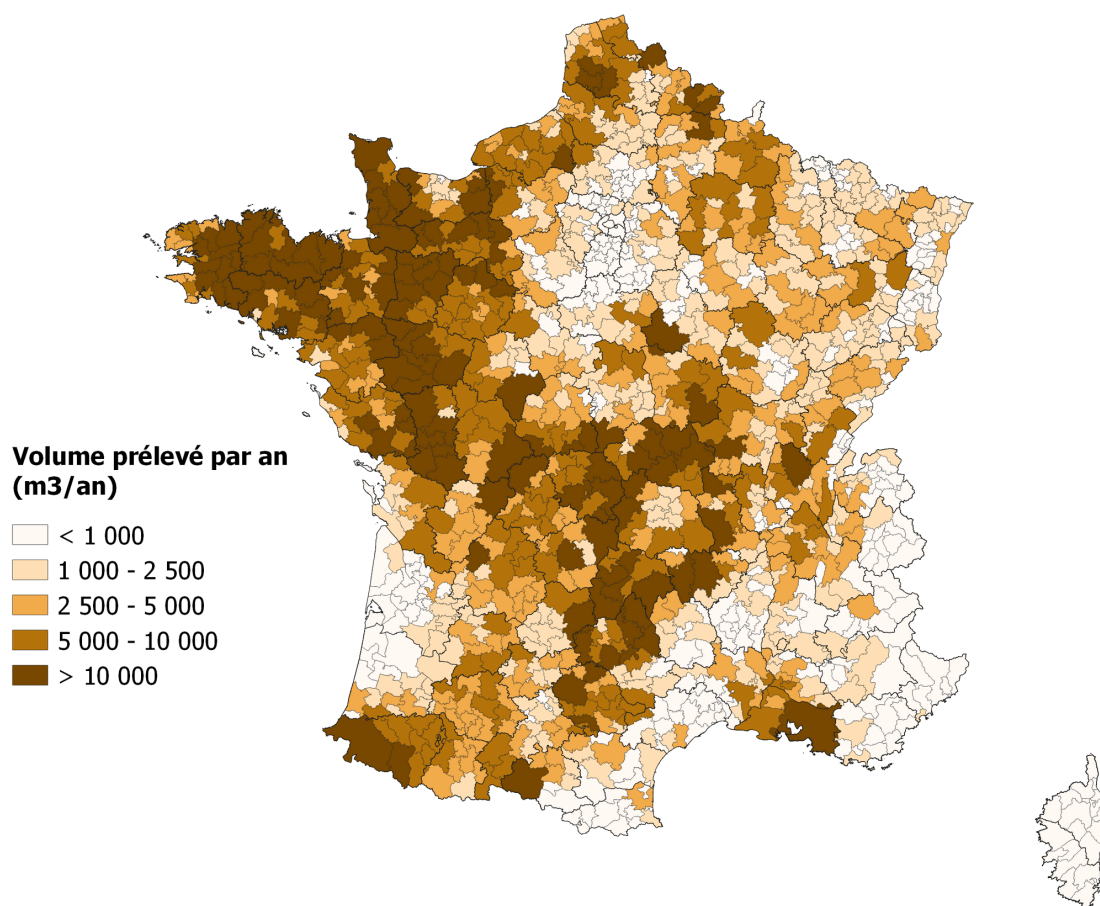


Figure 38 : stock de bois prélevé par an et par EPCI

6. Apports, limites et perspectives de l'étude

6.1. Un état des lieux de la ressource nationale en bois bocager

Cette étude constitue la première évaluation nationale de la ressource en bois dans les haies bocagères de France et son exploitation récente. Sur l'ensemble du territoire métropolitain, un stock sur pied actuel de 405 millions de mètres cubes a ainsi été déterminé, pour un taux de prélèvement en volume de 1,3 % par an. En plus d'étendre à la France entière l'analyse effectuée sur seulement 31 départements dans l'étude de 2022, ce travail constitue un approfondissement conséquent du diagnostic de ressource en bois bocager : il a permis d'une part de quantifier de manière objective l'évolution des stocks sur pied dans les dernières années, et d'autre part de mieux caractériser le type de prélèvement de biomasse, en distinguant les prélèvements partiels et les prélèvements « complets », une part (non évaluable) de ces derniers correspondant potentiellement à des disparitions définitives de haies. Par ailleurs, l'étude s'appuie sur une version mise à jour de la BD Haie, à l'exhaustivité améliorée.

Les résultats obtenus aux échelles régionale et départementale viendront mettre à jour et enrichir les données déjà disponibles dans le module cartographique forêt-bois (CARTOFOB) de l'Observatoire de la biomasse. Les chiffres produits à l'échelle des EPCI constituent des éléments qui accompagneront la prise de décision et les projets menés à cet échelon administratif local. Les dimensions de hauteur et de largeur calculées pour chaque haie représentent quant à elles des informations complémentaires attendues par les experts des territoires dans la préparation de leurs chantiers d'exploitation, dont certains sont en cours de mise en place dans le cadre de l'appel à projets « Structuration de filières de valorisation durable de la haie » opéré par l'ADEME pour le ministère en charge de l'agriculture.

Ce travail confirme la reproductibilité de la méthodologie multisource développée par l'IGN lors de l'étude de 2022, qui mobilise à la fois des couches géographiques thématiques (linéaire BD Haie v2), des données issues de la télédétection (photographies aériennes et MNHC) et des données d'inventaire in-situ (données IFN). Sa mise en œuvre périodique permettrait de suivre l'évolution de la ressource en bois bocager au fil du temps, enrichissant dans le même temps l'Observatoire de la haie en cours de constitution. Dans une approche prospective, le couplage de ces données avec des scénarios de gestion définis par les experts des territoires permettrait d'élaborer des scénarios d'évolution des haies et de prédiction des disponibilités futures en bois bocager. Les échanges suscités par cette étude entre acteurs et décideurs territoriaux ont à ce titre constitué un premier pas, tout en soulignant le besoin de coordination à l'échelle nationale.

6.2. Limites méthodologiques et pistes d'amélioration

La méthodologie développée par l'IGN pour évaluer les stocks et les prélèvements de bois bocager présente des limites qui nécessitent une attention particulière.

Méthode générale

Les métriques de hauteur et de largeur de haie et les estimations de volumes de bois sur pied et de prélèvements produites dans cette étude n'ont pas pu être validées par des données terrain indépendantes. Des données de hauteur et de largeur de haie mesurées in-situ permettraient d'évaluer la précision des métriques obtenues par le traitement du MNHC, tandis que la réalisation de chantiers d'exploitation permettrait de fournir des données de volume, de biomasse et de carbone de référence permettant d'apprécier la précision de nos modèles. À ce titre, deux projets financés par l'ADEME, l'un sur les haies de taillis (projet Resp'Haies, Viaud et al 2022), l'autre sur les haies de hauts-jets, pourront constituer un premier jeu de données de validation, dont la consolidation restera toutefois nécessaire par le renforcement des collaborations avec les experts des territoires agissant pour la valorisation des haies.

Bien que la méthodologie IGN ait été optimisée dans cette nouvelle étude, les incertitudes liées à la justesse du linéaire de la BD Haie v2, à la précision des métriques calculées sur les MNHC et à la robustesse statistique des tarifs de cubage et du modèle de prédiction ne rendent pas souhaitable la diffusion des résultats de stock et de prélèvement calculés pour chaque tronçon de haie. Seuls des chiffres agrégés par maille kilométrique, EPCI, département et région sont publiés. Par ailleurs, il convient de garder à l'esprit que même à ces échelles, la méthode utilisée n'autorise pas le calcul d'un intervalle de confiance permettant d'estimer la fiabilité du résultat.

Calcul des métriques de hauteur et de largeur des haies

La largeur des haies est souvent surestimée sur le MNHC. En effet, la méthode de calcul du MNS utilise des groupes de pixels appelés « fenêtres » qui débordent légèrement à la limite des houppliers. L'utilisation

de MNS dédiés aux usages forestiers, dont les paramètres de calcul sont spécifiques, pourrait éventuellement réduire cette surestimation.

Les MNS mobilisés dans l'étude, calculés à partir de photographies aériennes réalisées entre 2017 et 2024, n'ont pas été produits exactement de la même manière. Jusqu'en 2022, le processus de corrélation photogrammétrique permettant de les calculer était confié au logiciel MicMac, développé en interne. En 2023, l'IGN a mis à jour sa chaîne de production des MNS en réalisant cette étape dans le logiciel Ultramap (Latitude Geosystems). Une analyse effectuée durant l'étude a permis de s'assurer de la cohérence des métriques calculées sur les MNHC produits par les deux outils, les faibles écarts mesurés ayant été corrigés à l'aide de facteurs spécifiques.

L'approche par perpendiculaires n'est pas entièrement satisfaisante. Bien qu'elle autorise une bonne densité de « sondage » des pixels du MNHC le long de la haie, des « double-comptes » peuvent être générés lorsque des haies se rejoignent ou forment un virage trop serré. D'autres approches basées sur la segmentation du MNHC en groupes de pixels pourraient permettre de pallier cette limitation à l'avenir, tout en autorisant un meilleur échantillonnage des valeurs de hauteur et de largeur sur la canopée.

La date de réalisation des prises de vues aériennes permettant le calcul des MNHC est également un facteur clé dans l'évaluation des dimensions des haies. À l'IGN, la période de prises de vues s'étale généralement de mi-avril à mi-octobre. Le calcul des métriques de hauteur et de largeur de haie fait donc intervenir des MNHC pouvant être altérés par un manque de feuillage sur les prises de vues réalisées aux mois d'avril, mai et octobre, lorsque les arbres ne disposent pas d'un feuillage totalement développé, sous-évaluant de fait les dimensions des haies et, *in fine*, les stocks sur pied. Ce phénomène dépend également des dates de reprise printanière de la végétation et de chute des feuilles à l'automne, variables selon l'année et le département. Ainsi, un manque de feuillage sur la prise de vue 1 (2017-2022) se traduit par une sous-estimation des linéaires et des stocks prélevés (phénomène visible pour la Manche), tandis qu'un manque de feuillage sur la prise de vue 2 (2021-2024) tend au contraire à les surestimer (phénomène visible pour la Marne). Pour un même département, la période de vol peut être répartie sur plusieurs mois. Dans ce cas, seules certaines parties du département peuvent être concernées. Les zones du territoire français couvertes par des prises de vues aériennes réalisées en dehors de la période optimale sont présentées à l'annexe 1.

Identification des haies ayant subi un prélèvement de bois

Parmi les améliorations apportées à la méthodologie IGN, la technique permettant d'identifier les haies ayant subi un prélèvement est celle qui a connu le progrès le plus important. Contrairement à l'étude de 2022, dans laquelle le différentiel des dimensions de la haie entre les deux millésimes MNHC n'était calculé que pour les tronçons dont les pixels de l'axe « central » de la haie avaient connu une baisse de hauteur de plus de 5 m, le différentiel a cette fois-ci été calculé pour l'ensemble des tronçons, ceux répondant aux critères présentés à la section 4.3.2 étant considérés comme « prélevés ». Cette comparaison directe des dimensions de la haie à l'échelle des tronçons, sans filtrage préalable par la variation de hauteur de leurs pixels MNHC « centraux », a permis de s'affranchir d'un éventuel biais méthodologique et d'offrir une marge de manœuvre supérieure dans la définition des prélèvements. Elle autorise notamment la définition de prélèvements basée sur la variation de largeur de la haie, toutefois non retenue dans cette étude en raison de l'absence de consensus atteint sur ce point lors des ateliers d'échange avec les experts territoriaux. Des réflexions plus approfondies permettront probablement d'exploiter de manière pertinente cette information à l'avenir.

Malgré ces améliorations, et bien que la différenciation entre prélèvement partiel et prélèvement total ait été intégrée à l'analyse, le filtrage des MNHC à 3 m n'autorise toujours pas la distinction entre les prélèvements relevant d'une gestion durable (coupe totale mais maintient des souches ou replantation) d'un arasement définitif. A l'heure actuelle, seul un travail de photointerprétation (particulièrement gourmand en temps) tel que celui engagé dans les programmes de cartographie des haies de Pays de la Loire⁵ et Breizh Bocage⁶ permet d'évaluer la part des arasements dans les prélèvements de bois. Par ailleurs, les prélèvements de bois calculés par la méthodologie IGN n'incluent aucune information sur la disponibilité réelle du bois de la haie, ni son accessibilité.

Modélisation des stocks

Les tarifs de cubage permettant de prédire le stock de bois sur pied par mètre linéaire d'une haie à partir de mesures simples de circonférence et de hauteur des arbres sont ceux développés dans l'étude de 2022. Ils ont été appliqués tels quels, sans aucune modification. Ils restent donc soumis à la même limite majeure : ils reposent sur des données de volume total aérien de référence (« mesures complètes »)

⁵ Mise à jour de la cartographie des linéaires de haies de Pays de la Loire - Rapport d'exécution. Conseil Régional Pays de la Loire, juin 2021

⁶ Évaluation du programme Breizh Bocage 2 : bilan de mise en œuvre, premiers impacts sur les territoires et pistes d'amélioration pour la future programmation : <https://geobretagne.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/metadata/a41663ba-250f-44f4-825b-bc75593f1021>

recueillies exclusivement en Basse-Normandie en 2010, faute de disposer de mesures similaires dans les autres régions de France étant donné l'investissement particulièrement lourd qu'elles impliquent. Par ailleurs, ils ne permettent pas de distinguer les essences, les classes de diamètre ou les compartiments de l'arbre, les données de terrain actuellement disponibles n'étant pas suffisamment détaillées.

La valeur d'infradensité moyenne du bois retenue dans l'étude est issue d'observations réalisées sur des arbres de forêt et concerne uniquement le tronc à 1,30 mètre de hauteur (CARBOFOR), faute de disposer à ce jour de données consolidées sur des arbres de haies incluant le tronc et les branches. Le coefficient moyen appliqué aux volumes de l'étude est toutefois une valeur pondérée par l'importance relative des essences relevées dans les haies de l'IFN.

Ces obstacles pourraient toutefois être franchis grâce aux apports de chantiers d'exploitation dédiés, réalisés dans les territoires par des experts et pouvant apporter des données de cubage et d'infradensité du bois complémentaires spécifiques aux arbres de haie (voir section 6.3).

Typologie des haies

L'incapacité de la méthodologie IGN à élaborer une typologie fonctionnelle des haies représente un frein majeur dans l'exploitation opérationnelle des résultats. Elle ne permet pas de distinguer les différentes strates constituant la haie, seul le couvert supérieur des arbres dominants étant visible sur la photographie aérienne et mesurée sur les MNHC. Si la variabilité des stocks sur pied des différents types de haies (taillis, hauts-jets, taillis sous hauts-jets) est prise en compte dans le modèle de prédiction (développé à la section 4.2.2), il n'en est pas de même pour les prélèvements, dont l'évaluation reste de fait plus incertaine, notamment lorsqu'il est réalisé sous un couvert d'arbres dominants maintenus en place. Par ailleurs, la nécessité de raisonner en termes de *productivité* et de *potentiel* des haies, fortement soulignée par les experts lors des ateliers, rend indispensable l'élaboration d'une typologie de terrain basée sur le type d'arbres composant la haie et l'état de dégradation de cette dernière.

6.3. Perspectives

Amélioration des tarifs de cubage et des facteurs de conversion volume-biomasse en collaboration avec le réseau de partenaires

En 2019, un projet CASDAR cofinancé par l'ADEME et intitulé Resp'Haies (Viaud et al 2022) a été mis en œuvre dans le but de produire de nouveaux outils et référentiels, à destination des agriculteurs et des gestionnaires territoriaux, permettant la collecte standardisée de données de cubage sur des chantiers d'exploitation et pouvant être déployés sur l'ensemble du territoire français. L'un des atouts de la base de données Resp'Haies est d'intégrer des données de volume et de biomasse (cubages, pesées) de haies exploitées dans le cadre de chantiers sélectionnés suivant un plan d'échantillonnage documenté. Toutefois, le faible nombre de chantiers suivis et de types de haie investigués (taillis et têtards uniquement) n'a pas permis d'établir des équations représentatives sur de larges échelles et exploitables dans cette étude. En 2024, un nouveau projet également financé par l'ADEME et porté par le Réseau Haies France a été lancé dans le but de produire une méthode simplifiée de cubage sur pied des haies d'arbres de haut-jet et ainsi combler ce manque.

Tout l'enjeu consistera à réunir les moyens nécessaires à la mise en place d'un réseau de chantiers conséquent (probablement plusieurs milliers sur l'ensemble du territoire français) visant à acquérir des données harmonisées et statistiquement représentatives permettant de produire des tarifs de cubage et des facteurs de conversion volume-biomasse spécifiques aux haies et prenant en compte la diversité des contextes bocagers territoriaux. Ces apports permettraient d'affiner les résultats issus de la méthodologie IGN, qui pourront alors être comparés aux estimations issues d'études de gisement telles que celles envisagées par le Réseau Haies France dans le cadre de l'appel à projet « Structuration de filières de valorisation durable de la haie » porté par l'ADEME, et pour lesquelles les informations de hauteur et de largeur produites par l'IGN seront utilisées comme données complémentaires.

Amélioration de la précision des MNT-MNS-MNHC et des métriques de haie grâce à la couverture nationale LiDAR HD de l'IGN

En 2021, l'IGN a lancé le programme national LiDAR HD, qui vise à numériser et à décrire le sol et le sursol de l'ensemble du territoire métropolitain par des relevés laser aéroportés à haute densité. L'un des objectifs majeurs de cette couverture LiDAR est de standardiser la production du MNT (RGE Alti® de l'IGN), qui repose pour l'instant sur la combinaison de relevés photogrammétriques (corrélation d'images) et de relevés LiDAR à faible densité. Elle devrait permettre la production de modèles numériques de terrain, de surface et de hauteur de canopée plus détaillés et plus précis, apportant ainsi un gain significatif dans le calcul des métriques de hauteur et de largeur des haies. Elle pourrait donner accès à des informations complémentaires inaccessibles par les photographies aériennes (densité et perméabilité de la végétation, présence d'un sous-étage, etc.).

Cette donnée LiDAR HD n'est toutefois pas opérationnelle à l'heure actuelle, et son potentiel pour décrire les haies reste à évaluer. Par ailleurs, la mise à jour de cette couverture est envisagée mais n'est pas programmée pour le moment. Enfin, le temps d'acquisition de cette donnée sur l'ensemble du territoire métropolitain (5 ans pour la première couverture) constitue une limitation supplémentaire à son exploitation rapide pour le suivi de l'évolution des linéaires de haies.

Définition de scénarios d'évolution des stocks et des prélèvements

L'évaluation des disponibilités futures en bois bocager selon différents scénarios de gestion nécessiterait deux informations supplémentaires, non accessibles pour le moment dans nos études de ressource, (i) quantifier l'accroissement annuel des haies, (ii) différencier les arasements (disparitions définitives) des prélèvements durables :

- **Accroissement annuel des haies** : dans cette étude, le différentiel de métriques MNHC 1-MNHC 2 a permis de quantifier le stock ayant disparu. Ce différentiel a pourtant été calculé sur l'intégralité du linéaire BD Haie v2 ; le linéaire de haies ayant connu un accroissement en hauteur et/ou en largeur a donc été quantifié. Il n'a cependant pas été retenu dans la présentation des résultats finaux : en l'absence de données de terrain sur la croissance des haies, il a été jugé que la précision des MNHC ne permettait pas d'estimer de manière fiable l'accroissement en hauteur et en largeur des haies, probablement faible, sur la période de seulement 3 ans séparant les deux millésimes de photographies aériennes. L'intégration de données d'accroissement issues du terrain et/ou l'utilisation de millésimes MNHC temporellement plus espacés constituent des solutions envisageables à court terme ;
- **Distinction des types de prélèvement** : la disponibilité de trois millésimes MNHC départementaux permettrait d'identifier le type de prélèvement subi par les haies, plus précisément de distinguer les haies arasées (prélevées de manière définitive) des haies gérées durablement. En effet, une haie présentant des métriques significatives sur le MNHC 1, des métriques absentes sur le MNHC 2 et des métriques absentes sur le MNHC 3 pourrait être considérée comme une haie ayant définitivement disparu. À l'inverse, une haie présentant des métriques significatives sur le MNHC 1, des métriques faibles ou absentes sur le MNHC 2 et des métriques en augmentation sur le MNHC 3 pourrait être considérée comme une haie en repousse, soumise à un processus de gestion durable. Chaque département français devrait bénéficier d'au moins trois millésimes MNHC à la fin de l'année 2026.

Sur ces bases, des scénarios régionalisés d'évolution de la ressource bocagère (évolution du linéaire, type de coupe, accroissement) pourraient être produits pour simuler les disponibilités futures en bois/biomasse et optimiser leur approvisionnement (chaufferies, etc.). Ils pourraient être confrontés et combinés aux données produites par des acteurs locaux. Les ateliers de discussion avec les experts des territoires mis en place dans cette étude ont à ce titre constitué un premier pas éclairant.

Références bibliographiques

BOUVIER D, 2008. Estimation de la productivité des haies de l'Ouest de la France, recherche de références pour l'amélioration de la valorisation énergétique des haies. 85p.

COLIN A, BARNÉRIAS C, SALIS M, THIVOLLE-CAZAT A, COULON F, COUTURIER C, 2009. Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020. Rapport final de convention. Contrat IFN / ADEME n°0601C0134, avec FCBA et SOLAGRO. 105p.

DASSOT M, COMMAGNAC L, LETOUZE F, COLIN A, 2022. Stocks de bois et de carbone dans les haies bocagères françaises. 66 p. <https://librairie.ademe.fr/energies/5388-6883-stocks-de-bois-et-de-carbone-dans-les-haies-bocageres-francaises.html>

HERVÉ J-C, WURPILLOT S, VIDAL C, ROMAN-AMAT B, 2014. L'inventaire des ressources forestières en France : un nouveau regard sur des nouvelles forêts. Revue Forestière Française. LXVI-3-2014. AgroParisTech. p. 247-260.

IFN, 2010. Haies, Biomasse, Basse-Normandie (HBBN). Estimation du bois de haie mobilisable en bois-énergie en Basse-Normandie. 24p.

IGN, 2018. Évaluation de la biomasse bocagère en Bretagne. 62p.

IGN, 2019. Évaluation de la biomasse bocagère en Normandie. 47p.

POINTEREAU P, 2002. Évolution du linéaire de haies en France durant ces 40 dernières années : l'apport et les limites des données statistiques. 7p.

VIAUD V, LESAIN L, COULON F, BETOLAUD S, NEVOUX L, CANONNE D, MORET C, 2022. Evaluation des stocks et des flux de biomasse et carbone des haies, tests métrologiques et premières références dans 4 régions en France. 64 p.

Index des tableaux et figures

TABLEAUX

Tableau 1 : effectifs et valeurs médianes des métriques, des volumes observés et des volumes prédits des haies IFN retenues pour le modèle, selon leur type	28
Tableau 2 : facteurs de conversion volume-biomasse (en tMS/m ³) des essences majoritaires de la base de données « haies » de l'IFN.....	29
Tableau 3 : participants aux ateliers de discussion	30

FIGURES

Figure 1 : couche géographique nationale des linéaires de haie BD Haie v2.....	10
Figure 2 : densité des haies de la BD Haie v2 par hectare, par kilomètre carré	12
Figure 3 : organisation générale de l'étude.....	14
Figure 4 : un œil seul ne peut déterminer à quelle distance se situe la maison. Avec deux yeux, les rayons s'intersectent et la position de la maison est connue.....	15
Figure 5 : avec une seule image, on ne peut déterminer à quelle distance se trouve la maison. Avec deux images (= un couple), les rayons s'intersectent et la position de la maison est connue.....	15
Figure 6 : principe du couple stéréoscopique lors d'une prise de vue aérienne	15
Figure 7 : la différence entre le modèle numérique de surface obtenu par corrélation d'images aériennes et le modèle numérique de terrain constitue le modèle numérique de hauteur de canopée (MNHC), qui décrit la hauteur des arbres	16
Figure 8 : dalle kilométrique du MNHC, seuillée et filtrée, sur une zone de la Manche (50).....	17
Figure 9 : des perpendiculaires sont créées le long de l'axe de la haie pour extraire une information de hauteur à partir du MNHC seuillé et filtré. Lorsque le MNHC est manquant aux extrémités d'une perpendiculaire, celle-ci est rognée et sa longueur correspond à la largeur de la haie. La lecture du profil des hauteurs (exemple en haut à droite pour la perpendiculaire en bleu ciel) permet de connaître la hauteur maximum de la haie	17
Figure 10 : linéaires de haie de la BD Haie v2 sur le département de la Manche (50) et points générés tous les 10 m.....	18
Figure 11 : principe de calcul des dimensions des haies. Dans cet exemple, une haie de 37 m (a) est découpée en trois tronçons de 10 m et un tronçon de 7 m (b), qui porteront chacun les informations de hauteur et de largeur de haie mesurées sur le MNHC par des perpendiculaires créées à l'échelle de sous-tronçons (c)	19
Figure 12 : les perpendiculaires des haies situées de part et d'autre du cours d'eau ne traversent pas le linéaire du cours d'eau (ellipse rouge). La technique employée peut parfois générer quelques erreurs lorsque les linéaires de réseau et de haie sont extrêmement proches (moins de 30 cm, ellipse bleue)....	19
Figure 13 : les perpendiculaires situées au niveau des angles $\leq 120^\circ$ ou au niveau des intersections de haies indiquent des largeurs de haie aberrantes. Les valeurs de largeur et de hauteur correspondantes ne sont pas retenues pour les calculs	20
Figure 14 : années de réalisation des photographies aériennes IGN utilisées pour le calcul des MNHC correspondants	21
Figure 15 : schéma général de la méthodologie de calcul des stocks et de leur évolution.....	22
Figure 16 : localisation et sélection par photo-interprétation des haies inventoriées.....	23
Figure 17 : protocole de « mesures complètes », qui intègre plusieurs mesures de diamètre le long de la bille de pied et des mesures de diamètre, de longueur et de fréquence de chaque classe de dimension des surbilles, branches incluses	24
Figure 18 : association, par jointure spatiale, des données de l'IFN (incluant le volume aérien total de bois) et du linéaire de la BD Haie v2 enrichi des métriques MNHC de hauteur et de largeur de haie	25
Figure 19 : répartition sur le territoire métropolitain des 901 haies IFN sélectionnées pour élaborer le modèle de prédiction, enrichies du volume aérien total de bois et des métriques MNHC de hauteur et de largeur	26
Figure 20 : modèles de prédiction du volume aérien total de bois par mètre linéaire de haie (VO _{ml}) en fonction de sa hauteur moyenne (a), de sa largeur moyenne (b) et de sa surface moyenne de section transversale (c), ce dernier modèle étant retenu pour la production des résultats.....	27
Figure 21 : résidus du modèle retenu (a) et comparaison des valeurs de volume observées et prédites (b)	28
Figure 22 : évolution d'une zone bocagère entre deux millésimes de photographies aériennes. Dans cet exemple sont distinguées les haies ayant connu une stagnation ou un accroissement de leurs dimensions (linéaire bleu), celles ayant connu une régression modérée de leurs dimensions (linéaire rose) et celles ayant complètement disparu (linéaire rouge).....	32

Figure 23 : linéaire BD Haie v2 total et linéaire possédant un stock de bois sur pied (hauteur > 3 m sur le MNHC 2) par région administrative.....	34
Figure 24 : linéaire BD Haie v2 total et linéaire possédant un stock de bois sur pied (hauteur > 3 m sur le MNHC 2) par département.....	35
Figure 25 : évolution du stock de bois de haie sur pied (volume aérien total) entre les deux millésimes MNHC, par région administrative. Le taux de variation indiqué est annualisé	36
Figure 26 : évolution du volume de bois sur pied dans les haies entre les deux millésimes MNHC, par département. Le taux de variation indiqué est annualisé	37
Figure 27 : linéaire (en vert) et volume de bois sur pied (en rouge) actuels (issus du MNHC 2) par classe de hauteur ou de largeur de haie, à l'échelle de la France entière. Les haies de hauteur inférieure à 3 m sont considérées comme des haies de hauteur nulle et sans stock. La classe de largeur « 20 m » intègre également les haies de plus de 20 m de largeur.....	38
Figure 28 : évolution annuelle moyenne du volume de bois sur pied entre les deux millésimes MNHC en fonction de l'évolution de la hauteur de la haie (répartie en classes). Pour chaque couple « hauteur MNHC 1-hauteur MNHC 2 », la couleur de la case représente l'évolution quantitative du volume (en m3/an). La valeur renseignée est le taux de variation en pourcentage du stock régional. Le texte ci-avant développe plusieurs cas concrets, identifiés par des cercles sur le graphique, afin de faciliter l'interprétation des résultats.....	40
Figure 29 : linéaire de haie ayant subi un prélèvement, par type de prélèvement et par région administrative. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel régional en linéaire	41
Figure 30 : linéaire de haie ayant subi un prélèvement, par type de prélèvement et par département. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel départemental en linéaire.....	42
Figure 31 : stock de bois de haie prélevé par an, par type de prélèvement et par région administrative. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel régional en stock de bois.....	43
Figure 32 : stock de bois de haie prélevé par an, par type de prélèvement et par département. Le pourcentage indiqué correspond au taux de prélèvement annuel départemental en stock de bois	44
Figure 33 : stock de bois sur pied par kilomètre carré	46
Figure 34 : stock de bois sur pied moyen par kilomètre linéaire de haie et par kilomètre carré	46
Figure 35 : stock de bois prélevé par an et par kilomètre carré.....	47
Figure 36 : stock de bois moyen prélevé par an par kilomètre linéaire de haie et par kilomètre carré.....	47
Figure 37 : stock de bois sur pied par EPCI.....	48
Figure 38 : stock de bois prélevé par an et par EPCI.....	48

Sigles et acronymes

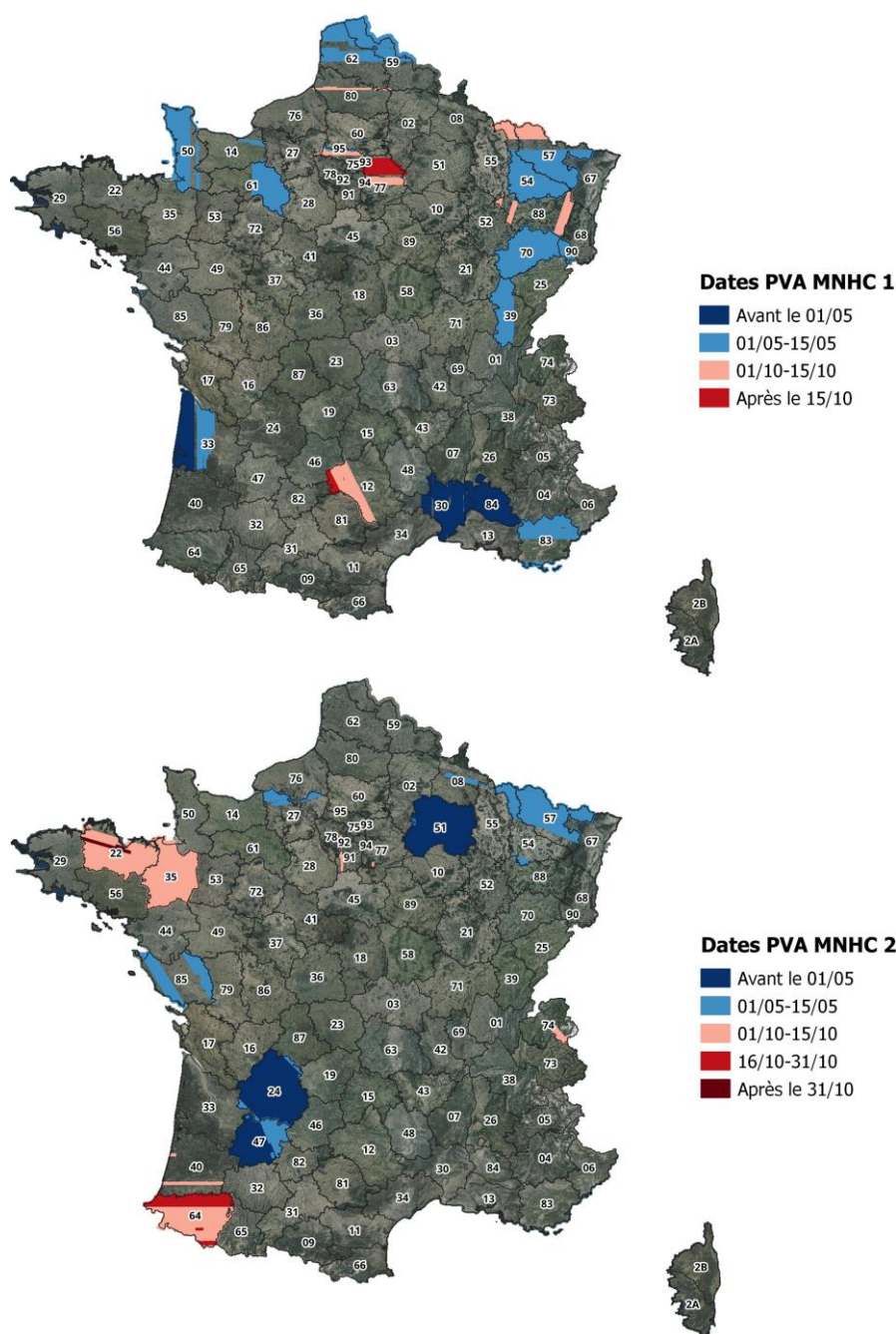
ADEME : agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AILE : association d'initiatives locales pour l'énergie et l'environnement
CARTOFOB : module cartographique forêt-bois de l'Observatoire de la biomasse
CUMA : coopérative d'utilisation des matériels agricoles
DNSB : dispositif national de suivi des bocages
DRAAF : direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
DREAL : direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
EPCI : établissements publics de coopération intercommunale
GIS : groupement d'intérêt scientifique
HBBN : haies, biomasse Basse-Normandie (étude IFN 2010)
IFN : inventaire forestier national
IGN : institut national de l'information géographique et forestière
INPN : inventaire national du patrimoine naturel
MNHC : modèle numérique de hauteur de canopée
MNS : modèle numérique de surface
MNT : modèle numérique de terrain
OFB : office français de la biodiversité
PNR : parc naturel régional
PRFB : programme régional de la forêt et du bois
RPG : registre parcellaire graphique
SCIC : société coopérative d'intérêt collectif
SIG : système d'information géographique
SNA : surfaces non agricoles
SRB : schéma régional biomasse

Annexes

Annexe 1: zones couvertes par des prises de vues aériennes réalisées en dehors de la période de végétation optimale

Idéalement, le calcul de modèles numériques de hauteur ciblant les couverts arborés (MNHC) nécessite la mise en œuvre de photographies aériennes réalisées durant la période de végétation optimale des arbres, c'est-à-dire lorsque leur feuillage s'est totalement développé. Dans notre étude, cette période de végétation optimale a été fixée du 15 mai au 31 septembre pour l'ensemble du territoire métropolitain.

Sur certains territoires, les prises de vues ont pu être réalisées en dehors de cette période optimale, la conséquence directe étant la sous-estimation des métriques de hauteur et de largeur de haie calculées sur le MNHC. Des précautions d'usage supplémentaires devront être respectées lors de l'interprétation des résultats de ressource produits sur ces territoires. Les cartographies ci-dessous présentent les zones couvertes par des prises de vues aériennes réalisées en dehors de la période optimale, pour chacun des deux millésimes MNHC départementaux mobilisés dans l'étude.



Annexe 2 : résultats départementaux, régionaux et nationaux des linéaires de haie et des stocks actuels sur pied

Département Région	Linéaire BD Haie v2 (km)	Linéaire à stock (hauteur > 3 m) MNHC 1 (km)	Linéaire à stock (hauteur > 3 m) MNHC 2 (km)	Stock MNHC 1 en volume aérien m3 (m3/km)	Stock MNHC 2 en volume aérien m3 (m3/km)	Stock MNHC 1 en biomasse aérienne tMS (tMS/km)	Stock MNHC 2 en biomasse aérienne tMS (tMS/km)	Stock MNHC 1 en carbone aérien + racinaire tC (tC/km)	Stock MNHC 2 en carbone aérien + racinaire tC (tC/km)
01	14 400	12 100	12 500	5 333 000 (442)	5 707 000 (458)	2 784 000 (231)	2 979 000 (239)	1 693 000 (140)	1 811 000 (145)
03	42 200	21 900	23 200	7 683 000 (351)	8 303 000 (358)	4 011 000 (183)	4 334 000 (187)	2 438 000 (111)	2 635 000 (114)
07	4 800	3 600	3 800	1 288 000 (353)	1 367 000 (355)	672 000 (184)	713 000 (185)	409 000 (112)	434 000 (113)
15	19 500	15 700	15 700	6 371 000 (406)	6 378 000 (406)	3 326 000 (212)	3 330 000 (212)	2 022 000 (129)	2 024 000 (129)
26	8 700	6 800	7 300	2 255 000 (330)	2 449 000 (337)	1 177 000 (172)	1 278 000 (176)	716 000 (105)	777 000 (107)
38	11 800	9 700	9 900	3 826 000 (396)	4 011 000 (404)	1 997 000 (207)	2 094 000 (211)	1 214 000 (126)	1 273 000 (128)
42	15 000	10 600	10 900	4 265 000 (402)	4 452 000 (408)	2 226 000 (210)	2 324 000 (213)	1 354 000 (128)	1 413 000 (130)
43	12 600	9 400	9 500	3 168 000 (337)	3 299 000 (348)	1 654 000 (176)	1 722 000 (182)	1 005 000 (107)	1 047 000 (110)
63	21 500	16 200	16 500	6 367 000 (394)	6 640 000 (402)	3 324 000 (206)	3 466 000 (210)	2 021 000 (125)	2 107 000 (127)
69	8 200	6 000	6 000	2 266 000 (380)	2 171 000 (360)	1 183 000 (198)	1 133 000 (188)	719 000 (121)	689 000 (114)
73	3 200	2 900	2 800	1 464 000 (513)	1 485 000 (523)	764 000 (268)	775 000 (273)	465 000 (163)	471 000 (166)
74	5 200	4 500	4 500	2 387 000 (527)	2 271 000 (501)	1 246 000 (275)	1 186 000 (261)	758 000 (167)	721 000 (159)
TOTAL Auvergne- Rhône-Alpes	167 100	119 400	122 700	46 673 000 (391)	48 532 000 (396)	24 363 000 (204)	25 334 000 (207)	14 813 000 (124)	15 403 000 (126)
21	20 200	12 200	12 700	4 141 000 (339)	4 089 000 (322)	2 161 000 (177)	2 135 000 (168)	1 314 000 (108)	1 298 000 (102)
25	10 500	8 500	8 800	3 808 000 (447)	3 783 000 (430)	1 988 000 (233)	1 975 000 (225)	1 209 000 (142)	1 201 000 (137)
39	10 200	8 100	8 300	2 949 000 (366)	2 916 000 (351)	1 539 000 (191)	1 522 000 (183)	936 000 (116)	926 000 (111)
58	27 200	14 500	14 800	5 046 000 (348)	4 926 000 (332)	2 634 000 (182)	2 571 000 (173)	1 602 000 (110)	1 563 000 (105)
70	6 700	5 200	5 300	1 912 000 (365)	1 839 000 (347)	998 000 (190)	960 000 (181)	607 000 (116)	584 000 (110)
71	34 400	17 700	18 600	6 400 000 (361)	6 371 000 (342)	3 341 000 (188)	3 326 000 (179)	2 031 000 (115)	2 022 000 (109)
89	10 200	7 400	7 500	2 745 000 (372)	2 623 000 (349)	1 433 000 (194)	1 369 000 (182)	871 000 (118)	833 000 (111)
90	800	600	600	262 000 (404)	238 000 (372)	137 000 (211)	124 000 (194)	83 000 (128)	76 000 (118)
TOTAL Bourgogne- Franche- Comté	120 200	74 300	76 700	27 264 000 (367)	26 787 000 (349)	14 232 000 (192)	13 983 000 (182)	8 653 000 (116)	8 501 000 (111)
22	40 800	32 500	33 100	11 863 000 (365)	12 869 000 (388)	6 192 000 (190)	6 718 000 (203)	3 765 000 (116)	4 084 000 (123)
29	48 200	35 400	36 000	12 472 000 (353)	11 756 000 (326)	6 510 000 (184)	6 137 000 (170)	3 958 000 (112)	3 731 000 (104)
35	38 000	29 700	30 900	11 284 000 (380)	11 366 000 (368)	5 890 000 (198)	5 933 000 (192)	3 581 000 (121)	3 607 000 (117)
56	33 200	28 600	28 900	13 015 000 (455)	12 541 000 (433)	6 794 000 (238)	6 546 000 (226)	4 131 000 (144)	3 980 000 (138)
TOTAL Bretagne	160 200	126 100	129 000	48 633 000 (386)	48 532 000 (376)	25 386 000 (201)	25 334 000 (196)	15 435 000 (122)	15 403 000 (119)
18	24 800	16 800	17 500	6 035 000 (359)	6 110 000 (350)	3 150 000 (188)	3 189 000 (182)	1 915 000 (114)	1 939 000 (111)
28	5 500	4 300	4 300	1 535 000 (361)	1 458 000 (340)	801 000 (188)	761 000 (178)	487 000 (115)	463 000 (108)
36	32 100	22 000	22 100	8 220 000 (374)	7 790 000 (352)	4 291 000 (195)	4 066 000 (184)	2 609 000 (119)	2 472 000 (112)
37	9 800	7 000	6 900	2 602 000 (373)	2 390 000 (347)	1 358 000 (195)	1 247 000 (181)	826 000 (119)	758 000 (110)
41	7 400	5 900	5 900	2 247 000 (378)	2 184 000 (368)	1 173 000 (198)	1 140 000 (192)	713 000 (120)	693 000 (117)
45	9 300	7 000	7 100	2 437 000 (347)	2 320 000 (329)	1 272 000 (181)	1 211 000 (172)	773 000 (110)	736 000 (104)
TOTAL Centre-Val de Loire	88 900	62 900	63 800	23 076 000 (367)	22 252 000 (349)	12 046 000 (191)	11 615 000 (182)	7 324 000 (116)	7 062 000 (111)

2A	1 100	800	800	220 000 (269)	212 000 (261)	115 000 (141)	111 000 (136)	70 000 (86)	67 000 (83)
2B	1 800	1 200	1 200	316 000 (268)	309 000 (259)	165 000 (140)	161 000 (135)	100 000 (85)	98 000 (82)
TOTAL Corse	2 900	2 000	2 000	536 000 (269)	521 000 (260)	280 000 (140)	272 000 (136)	170 000 (85)	165 000 (83)
08	7 600	6 000	5 900	2 295 000 (381)	2 313 000 (389)	1 198 000 (199)	1 207 000 (203)	729 000 (121)	734 000 (123)
10	4 300	3 300	3 300	1 289 000 (391)	1 295 000 (394)	673 000 (204)	676 000 (206)	409 000 (124)	411 000 (125)
51	6 300	4 600	4 400	1 652 000 (360)	1 399 000 (314)	863 000 (188)	730 000 (164)	524 000 (114)	444 000 (100)
52	6 800	5 100	5 300	1 900 000 (373)	2 055 000 (386)	992 000 (195)	1 073 000 (202)	603 000 (119)	652 000 (123)
54	6 800	5 100	5 100	1 516 000 (299)	1 590 000 (315)	791 000 (156)	830 000 (164)	481 000 (95)	505 000 (100)
55	6 800	5 000	5 000	1 641 000 (328)	1 609 000 (324)	856 000 (171)	840 000 (169)	521 000 (104)	511 000 (103)
57	9 700	7 400	7 500	2 273 000 (309)	2 435 000 (324)	1 187 000 (161)	1 271 000 (169)	721 000 (98)	773 000 (103)
67	5 800	4 700	4 600	1 719 000 (369)	1 707 000 (367)	898 000 (193)	891 000 (192)	546 000 (117)	542 000 (117)
68	4 100	3 300	3 400	1 304 000 (398)	1 414 000 (418)	680 000 (208)	738 000 (218)	414 000 (126)	449 000 (133)
88	7 200	5 700	5 500	2 103 000 (369)	1 892 000 (341)	1 098 000 (193)	988 000 (178)	667 000 (117)	601 000 (108)
TOTAL Grand Est	65 300	50 100	50 100	17 692 000 (353)	17 709 000 (353)	9 235 000 (184)	9 244 000 (184)	5 615 000 (112)	5 620 000 (112)
02	12 800	9 300	9 200	3 452 000 (370)	3 260 000 (355)	1 802 000 (193)	1 702 000 (185)	1 096 000 (118)	1 035 000 (113)
59	20 000	11 000	10 900	3 533 000 (321)	3 545 000 (327)	1 844 000 (168)	1 851 000 (170)	1 121 000 (102)	1 125 000 (104)
60	7 300	5 400	5 400	1 984 000 (371)	1 941 000 (359)	1 036 000 (193)	1 013 000 (187)	630 000 (118)	616 000 (114)
62	18 300	11 900	12 200	3 967 000 (334)	4 151 000 (342)	2 071 000 (174)	2 167 000 (178)	1 259 000 (106)	1 317 000 (108)
80	9 300	6 600	6 600	2 558 000 (387)	2 614 000 (396)	1 335 000 (202)	1 365 000 (207)	812 000 (123)	830 000 (126)
TOTAL Hauts-de-France	67 600	44 200	44 200	15 495 000 (351)	15 511 000 (351)	8 089 000 (183)	8 097 000 (183)	4 918 000 (111)	4 923 000 (111)
75	0	0	0	10 000 (425)	11 000 (471)	5 000 (222)	6 000 (246)	3 000 (135)	4 000 (149)
77	5 500	4 100	4 200	1 504 000 (365)	1 584 000 (378)	785 000 (191)	827 000 (197)	477 000 (116)	503 000 (120)
78	2 300	1 800	1 800	654 000 (369)	679 000 (381)	341 000 (193)	355 000 (199)	208 000 (117)	216 000 (121)
91	1 300	1 000	1 000	376 000 (363)	392 000 (374)	196 000 (189)	204 000 (195)	119 000 (115)	124 000 (119)
92	0	0	0	6 000 (418)	7 000 (465)	3 000 (218)	3 000 (243)	2 000 (133)	2 000 (148)
93	0	0	0	6 000 (432)	7 000 (410)	3 000 (225)	4 000 (214)	2 000 (137)	2 000 (130)
94	100	0	0	17 000 (368)	16 000 (368)	9 000 (192)	8 000 (192)	5 000 (117)	5 000 (117)
95	1 200	900	1 000	342 000 (365)	374 000 (381)	178 000 (191)	195 000 (199)	109 000 (116)	119 000 (121)
TOTAL Ile-de-France	10 400	8 000	8 100	2 915 000 (366)	3 069 000 (379)	1 522 000 (191)	1 602 000 (198)	925 000 (116)	974 000 (120)
14	36 100	27 400	28 100	9 725 000 (355)	9 674 000 (345)	5 077 000 (185)	5 050 000 (180)	3 087 000 (113)	3 070 000 (109)
27	11 300	8 300	8 400	3 109 000 (375)	3 141 000 (375)	1 623 000 (196)	1 639 000 (196)	987 000 (119)	997 000 (119)
50	58 000	42 800	44 800	13 245 000 (310)	15 110 000 (337)	6 914 000 (162)	7 888 000 (176)	4 204 000 (98)	4 796 000 (107)
61	38 600	30 600	30 900	11 446 000 (374)	11 001 000 (356)	5 975 000 (195)	5 743 000 (186)	3 633 000 (119)	3 491 000 (113)
76	15 800	11 000	11 200	4 885 000 (444)	5 056 000 (451)	2 550 000 (232)	2 639 000 (235)	1 550 000 (141)	1 605 000 (143)
TOTAL Normandie	159 700	120 100	123 300	42 411 000 (353)	43 982 000 (357)	22 138 000 (184)	22 959 000 (186)	13 460 000 (112)	13 959 000 (113)
16	18 200	14 600	15 000	5 968 000 (410)	5 789 000 (386)	3 115 000 (214)	3 022 000 (202)	1 894 000 (130)	1 837 000 (123)
17	15 700	11 900	12 600	3 725 000 (314)	3 926 000 (312)	1 944 000 (164)	2 049 000 (163)	1 182 000 (100)	1 246 000 (99)
19	12 100	10 200	10 400	4 945 000 (484)	5 016 000 (482)	2 581 000 (253)	2 619 000 (252)	1 569 000 (154)	1 592 000 (153)
23	32 600	21 600	22 800	9 263 000 (428)	9 346 000 (409)	4 835 000 (224)	4 878 000 (214)	2 940 000 (136)	2 966 000 (130)
24	16 400	13 900	13 700	6 075 000 (437)	5 482 000 (401)	3 171 000 (228)	2 861 000 (209)	1 928 000 (139)	1 740 000 (127)
33	8 300	6 500	6 800	2 526 000 (389)	2 809 000 (415)	1 319 000 (203)	1 466 000 (217)	802 000 (123)	891 000 (132)
40	5 500	4 600	4 700	2 076 000 (447)	2 150 000 (462)	1 084 000 (233)	1 122 000 (241)	659 000 (142)	682 000 (146)
47	12 500	10 500	10 600	4 278 000 (406)	4 088 000 (387)	2 233 000 (212)	2 134 000 (202)	1 358 000 (129)	1 298 000 (123)
64	16 900	13 600	13 700	5 842 000 (430)	5 961 000 (435)	3 050 000 (225)	3 111 000 (227)	1 854 000 (137)	1 892 000 (138)
79	45 400	29 500	30 200	9 246 000 (313)	8 656 000 (286)	4 826 000 (163)	4 519 000 (149)	2 934 000 (99)	2 747 000 (91)

86	25 700	17 400	18 400	6 069 000 (349)	5 965 000 (324)	3 168 000 (182)	3 114 000 (169)	1 926 000 (111)	1 893 000 (103)
87	25 100	21 000	21 500	9 937 000 (473)	9 795 000 (456)	5 187 000 (247)	5 113 000 (238)	3 154 000 (150)	3 109 000 (145)
TOTAL Nouvelle- Aquitaine	234 400	175 400	180 300	69 952 000 (399)	68 984 000 (383)	36 515 000 (208)	36 010 000 (200)	22 201 000 (127)	21 894 000 (121)
09	9 300	7 600	7 800	3 053 000 (402)	3 310 000 (426)	1 594 000 (210)	1 728 000 (222)	969 000 (127)	1 051 000 (135)
11	8 600	6 200	6 500	1 789 000 (290)	1 798 000 (278)	934 000 (151)	939 000 (145)	568 000 (92)	571 000 (88)
12	45 100	32 800	33 300	12 116 000 (370)	12 521 000 (377)	6 325 000 (193)	6 536 000 (197)	3 845 000 (117)	3 974 000 (119)
30	8 300	5 500	5 400	1 421 000 (258)	1 484 000 (274)	742 000 (135)	775 000 (143)	451 000 (82)	471 000 (87)
31	18 900	14 500	15 500	5 149 000 (354)	5 892 000 (381)	2 688 000 (185)	3 076 000 (199)	1 634 000 (112)	1 870 000 (121)
32	24 300	19 100	19 700	7 113 000 (372)	7 715 000 (392)	3 713 000 (194)	4 027 000 (205)	2 258 000 (118)	2 449 000 (125)
34	6 500	4 200	4 400	1 130 000 (269)	1 218 000 (277)	590 000 (140)	636 000 (145)	359 000 (85)	387 000 (88)
46	13 700	11 200	11 700	4 153 000 (371)	4 570 000 (391)	2 168 000 (194)	2 385 000 (204)	1 318 000 (118)	1 450 000 (124)
48	5 900	5 000	5 200	1 724 000 (343)	1 689 000 (327)	900 000 (179)	882 000 (170)	547 000 (109)	536 000 (104)
65	6 800	5 800	5 800	2 588 000 (449)	2 728 000 (467)	1 351 000 (235)	1 424 000 (244)	821 000 (143)	866 000 (148)
66	3 500	2 700	2 600	793 000 (291)	704 000 (268)	414 000 (152)	367 000 (140)	252 000 (92)	223 000 (85)
81	17 200	14 300	14 400	5 866 000 (409)	6 051 000 (419)	3 062 000 (213)	3 158 000 (219)	1 862 000 (130)	1 920 000 (133)
82	10 900	8 600	9 000	3 080 000 (359)	3 417 000 (382)	1 608 000 (187)	1 784 000 (199)	978 000 (114)	1 085 000 (121)
TOTAL Occitanie	179 100	137 600	141 100	49 974 000 (363)	53 097 000 (376)	26 087 000 (190)	27 717 000 (196)	15 861 000 (115)	16 852 000 (119)
44	43 500	33 000	34 400	10 573 000 (320)	11 691 000 (340)	5 519 000 (167)	6 103 000 (178)	3 356 000 (102)	3 710 000 (108)
49	34 300	25 100	24 900	7 844 000 (313)	8 084 000 (325)	4 094 000 (163)	4 220 000 (169)	2 489 000 (99)	2 566 000 (103)
53	33 700	26 300	27 200	9 493 000 (361)	10 383 000 (381)	4 955 000 (188)	5 420 000 (199)	3 013 000 (114)	3 295 000 (121)
72	27 400	21 000	21 000	7 660 000 (364)	7 788 000 (370)	3 999 000 (190)	4 065 000 (193)	2 431 000 (116)	2 472 000 (117)
85	45 800	32 600	33 600	10 212 000 (313)	11 002 000 (327)	5 330 000 (163)	5 743 000 (171)	3 241 000 (99)	3 492 000 (104)
TOTAL Pays de la Loire	184 700	138 100	141 100	45 781 000 (332)	48 947 000 (347)	23 898 000 (173)	25 551 000 (181)	14 530 000 (105)	15 535 000 (110)
04	4 900	4 000	4 000	1 298 000 (324)	1 272 000 (314)	678 000 (169)	664 000 (164)	412 000 (103)	404 000 (100)
05	4 600	3 700	3 800	1 186 000 (322)	1 281 000 (336)	619 000 (168)	669 000 (176)	376 000 (102)	407 000 (107)
06	800	700	700	247 000 (348)	230 000 (328)	129 000 (181)	120 000 (171)	78 000 (110)	73 000 (104)
13	9 500	7 400	7 400	2 203 000 (298)	2 024 000 (275)	1 150 000 (156)	1 056 000 (143)	699 000 (95)	642 000 (87)
83	3 500	2 700	2 800	782 000 (293)	802 000 (289)	408 000 (153)	419 000 (151)	248 000 (93)	255 000 (92)
84	7 700	5 800	5 700	1 623 000 (281)	1 717 000 (300)	847 000 (147)	896 000 (157)	515 000 (89)	545 000 (95)
TOTAL Provence- Alpes-Côte d'Azur	31 200	24 200	24 400	7 339 000 (303)	7 326 000 (300)	3 831 000 (158)	3 824 000 (157)	2 329 000 (96)	2 325 000 (95)
TOTAL France	1 471 600	1 082 200	1 107 000	397 741 000 (368)	405 249 000 (366)	207 621 000 (192)	211 540 000 (191)	126 234 000 (117)	128 616 000 (116)

Annexe 3 : résultats départementaux, régionaux et nationaux des linéaires de haie et des stocks prélevés

Département Région	Linéaire > 7 m prélevé (km/an)	Linéaire > 7 m prélevé totalement (km/an)	Linéaire 3-7m prélevé (km/an)	Volume prélevé m3/an (m3/km/an)	Volume prélevé totalement m3/an (m3/km/an)	Volume 3-7m prélevé m3/an (m3/km/an)	Biomasse prélevée tMS/an (tMS/km/an)	Biomasse prélevée totalement tMS/an (tMS/km/an)	Biomasse 3-7m prélevée tMS/an (tMS/km/an)	Carbone prélevé tC/an (tC/km/an)	Carbone prélevé totalement tC/an (tC/km/an)	Carbone 3-7m prélevé tC/an (tC/km/an)
01	149	68	69	55 800 (4,62)	27 800 (2,30)	4 300 (0,36)	29 100 (2,41)	14 500 (1,20)	2 300 (0,19)	13 800 (1,15)	6 900 (0,57)	1 100 (0,09)
03	340	156	344	103 000 (4,70)	49 300 (2,25)	20 400 (0,93)	53 800 (2,46)	25 800 (1,18)	10 600 (0,49)	25 500 (1,17)	12 200 (0,56)	5 000 (0,23)
07	29	13	30	9 900 (2,70)	5 000 (1,37)	1 800 (0,49)	5 100 (1,41)	2 600 (0,72)	900 (0,26)	2 400 (0,67)	1 200 (0,34)	400 (0,12)
15	356	158	242	106 400 (6,77)	51 000 (3,25)	14 000 (0,89)	55 500 (3,54)	26 600 (1,69)	7 300 (0,47)	26 400 (1,68)	12 600 (0,80)	3 500 (0,22)
26	55	26	53	18 500 (2,71)	9 800 (1,43)	3 200 (0,48)	9 700 (1,42)	5 100 (0,75)	1 700 (0,25)	4 600 (0,67)	2 400 (0,35)	800 (0,12)
38	154	69	83	57 300 (5,92)	28 000 (2,90)	5 100 (0,53)	29 900 (3,09)	14 600 (1,51)	2 700 (0,28)	14 200 (1,47)	6 900 (0,72)	1 300 (0,13)
42	157	62	109	51 100 (4,81)	21 900 (2,06)	6 300 (0,60)	26 700 (2,51)	11 400 (1,08)	3 300 (0,31)	12 700 (1,19)	5 400 (0,51)	1 600 (0,15)
43	181	89	141	52 700 (5,61)	26 600 (2,83)	8 700 (0,93)	27 500 (2,93)	13 900 (1,48)	4 600 (0,48)	13 100 (1,39)	6 600 (0,70)	2 200 (0,23)
63	220	103	168	72 000 (4,45)	36 300 (2,25)	10 300 (0,64)	37 600 (2,32)	19 000 (1,17)	5 400 (0,33)	17 800 (1,10)	9 000 (0,56)	2 600 (0,16)
69	96	44	87	31 800 (5,34)	15 200 (2,54)	5 200 (0,87)	16 600 (2,79)	7 900 (1,33)	2 700 (0,45)	7 900 (1,32)	3 800 (0,63)	1 300 (0,22)
73	53	20	21	19 700 (6,91)	8 600 (3,00)	1 300 (0,46)	10 300 (3,61)	4 500 (1,57)	700 (0,24)	4 900 (1,71)	2 100 (0,74)	300 (0,11)
74	69	25	37	25 400 (5,60)	10 300 (2,26)	2 200 (0,49)	13 200 (2,92)	5 400 (1,18)	1 200 (0,26)	6 300 (1,39)	2 500 (0,56)	600 (0,12)
TOTAL Auvergne- Rhône-Alpes	1 859	833	1 384	603 600 (5,06)	289 700 (2,43)	83 000 (0,7)	315 100 (2,64)	151 200 (1,27)	43 330 (0,36)	149 700 (1,25)	71 800 (0,6)	20 600 (0,17)
21	120	49	154	39 400 (3,23)	18 100 (1,48)	8 100 (0,67)	20 600 (1,69)	9 400 (0,77)	4 200 (0,35)	9 800 (0,80)	4 500 (0,37)	2 000 (0,16)
25	83	30	59	31 900 (3,75)	13 000 (1,52)	3 900 (0,45)	16 700 (1,96)	6 800 (0,80)	2 000 (0,24)	7 900 (0,93)	3 200 (0,38)	1 000 (0,11)
39	86	36	70	31 000 (3,84)	14 200 (1,76)	4 400 (0,55)	16 200 (2,01)	7 400 (0,92)	2 300 (0,29)	7 700 (0,95)	3 500 (0,44)	1 100 (0,14)
58	175	83	205	54 600 (3,77)	27 300 (1,88)	11 800 (0,81)	28 500 (1,97)	14 300 (0,98)	6 200 (0,42)	13 500 (0,93)	6 800 (0,47)	2 900 (0,20)
70	73	33	70	27 200 (5,19)	13 700 (2,62)	4 700 (0,89)	14 200 (2,71)	7 200 (1,37)	2 400 (0,47)	6 700 (1,29)	3 400 (0,65)	1 200 (0,22)
71	241	111	205	81 700 (4,61)	40 000 (2,25)	11 800 (0,66)	42 700 (2,41)	20 900 (1,18)	6 100 (0,35)	20 300 (1,14)	9 900 (0,56)	2 900 (0,16)
89	90	40	89	30 500 (4,13)	14 900 (2,02)	5 100 (0,69)	15 900 (2,16)	7 800 (1,05)	2 700 (0,36)	7 600 (1,03)	3 700 (0,50)	1 300 (0,17)
90	13	6	8	4 700 (7,28)	2 300 (3,61)	500 (0,83)	2 500 (3,80)	1 200 (1,89)	300 (0,44)	1 200 (1,80)	600 (0,90)	100 (0,21)
TOTAL Bourgogne- Franche- Comté	881	388	860	301 200 (4,05)	143 500 (1,93)	50 300 (0,68)	157 200 (2,12)	74 900 (1,01)	26 235 (0,35)	74 700 (1,01)	35 600 (0,48)	12 500 (0,17)
22	448	243	354	146 900 (4,52)	83 800 (2,58)	25 200 (0,78)	76 700 (2,36)	43 800 (1,35)	13 200 (0,41)	36 400 (1,12)	20 800 (0,64)	6 300 (0,19)
29	641	255	382	212 900 (6,02)	90 800 (2,57)	24 900 (0,71)	111 100 (3,14)	47 400 (1,34)	13 000 (0,37)	52 800 (1,49)	22 500 (0,64)	6 200 (0,17)
35	393	173	282	133 000 (4,48)	60 800 (2,05)	19 700 (0,66)	69 400 (2,34)	31 700 (1,07)	10 300 (0,35)	33 000 (1,11)	15 100 (0,51)	4 900 (0,16)
56	457	164	262	153 400 (5,37)	60 000 (2,10)	15 100 (0,53)	80 100 (2,80)	31 300 (1,10)	7 900 (0,28)	38 000 (1,33)	14 900 (0,52)	3 700 (0,13)
TOTAL Bretagne	1 939	835	1 280	646 200 (5,12)	295 400 (2,34)	85 000 (0,67)	337 300 (2,67)	154 200 (1,22)	44 349 (0,35)	160 200 (1,27)	73 200 (0,58)	21 100 (0,17)
18	159	75	173	55 600 (3,31)	27 900 (1,66)	9 800 (0,58)	29 000 (1,73)	14 600 (0,87)	5 100 (0,31)	13 800 (0,82)	6 900 (0,41)	2 400 (0,14)
28	55	24	54	18 800 (4,42)	9 000 (2,11)	3 100 (0,73)	9 800 (2,31)	4 700 (1,10)	1 600 (0,38)	4 700 (1,10)	2 200 (0,52)	800 (0,18)
36	249	110	266	81 500 (3,71)	38 900 (1,77)	14 400 (0,66)	42 600 (1,94)	20 300 (0,93)	7 500 (0,34)	20 200 (0,92)	9 700 (0,44)	3 600 (0,16)
37	119	49	148	41 200 (5,92)	19 400 (2,79)	7 100 (1,02)	21 500 (3,09)	10 100 (1,45)	3 700 (0,53)	10 200 (1,47)	4 800 (0,69)	1 800 (0,25)
41	82	39	90	29 100 (4,91)	15 500 (2,61)	4 800 (0,80)	15 200 (2,56)	8 100 (1,36)	2 500 (0,42)	7 200 (1,22)	3 800 (0,65)	1 200 (0,20)
45	86	36	104	27 200 (3,88)	12 200 (1,74)	5 800 (0,83)	14 200 (2,02)	6 400 (0,91)	3 000 (0,43)	6 700 (0,96)	3 000 (0,43)	1 400 (0,21)
TOTAL Centre-Val de Loire	750	333	835	253 500 (4,03)	122 900 (1,95)	45 100 (0,72)	132 300 (2,1)	64 100 (1,02)	23 528 (0,37)	62 900 (1)	30 500 (0,48)	11 200 (0,18)

2A	4	2	14	1 300 (1,64)	600 (0,73)	800 (0,95)	700 (0,85)	300 (0,38)	400 (0,50)	300 (0,41)	100 (0,18)	200 (0,24)
2B	11	6	25	4 000 (3,41)	2 500 (2,13)	1 500 (1,23)	2 100 (1,78)	1 300 (1,11)	800 (0,64)	1 000 (0,85)	600 (0,53)	400 (0,31)
TOTAL Corse	15	8	39	5 400 (2,69)	3 100 (1,56)	2 200 (1,12)	2 800 (1,4)	1 600 (0,81)	1 160 (0,58)	1 300 (0,67)	800 (0,39)	600 (0,28)
08	97	42	86	34 800 (5,78)	17 100 (2,84)	5 900 (0,97)	18 200 (3,02)	8 900 (1,48)	3 100 (0,51)	8 600 (1,43)	4 200 (0,70)	1 500 (0,24)
10	67	26	45	24 700 (7,51)	11 300 (3,43)	2 900 (0,87)	12 900 (3,92)	5 900 (1,79)	1 500 (0,45)	6 100 (1,86)	2 800 (0,85)	700 (0,21)
51	203	69	86	67 100 (14,61)	25 700 (5,60)	5 700 (1,25)	35 000 (7,63)	13 400 (2,92)	3 000 (0,65)	16 600 (3,62)	6 400 (1,39)	1 400 (0,31)
52	64	26	46	21 700 (4,26)	9 900 (1,95)	2 900 (0,56)	11 300 (2,22)	5 200 (1,02)	1 500 (0,29)	5 400 (1,06)	2 500 (0,48)	700 (0,14)
54	67	29	86	22 200 (4,38)	10 700 (2,12)	6 000 (1,19)	11 600 (2,28)	5 600 (1,10)	3 100 (0,62)	5 500 (1,09)	2 700 (0,52)	1 500 (0,29)
55	90	36	70	29 800 (5,96)	13 300 (2,67)	4 800 (0,95)	15 600 (3,11)	7 000 (1,39)	2 500 (0,50)	7 400 (1,48)	3 300 (0,66)	1 200 (0,24)
57	93	42	86	30 600 (4,15)	15 500 (2,10)	6 400 (0,86)	16 000 (2,17)	8 100 (1,10)	3 300 (0,45)	7 600 (1,03)	3 800 (0,52)	1 600 (0,21)
67	93	35	63	30 400 (6,52)	12 800 (2,75)	3 800 (0,82)	15 900 (3,41)	6 700 (1,44)	2 000 (0,43)	7 500 (1,62)	3 200 (0,68)	900 (0,20)
68	47	18	30	15 300 (4,67)	6 900 (2,09)	1 800 (0,55)	8 000 (2,44)	3 600 (1,09)	900 (0,29)	3 800 (1,16)	1 700 (0,52)	400 (0,14)
88	112	44	136	37 400 (6,57)	16 500 (2,89)	7 000 (1,22)	19 500 (3,43)	8 600 (1,51)	3 600 (0,64)	9 300 (1,63)	4 100 (0,72)	1 700 (0,30)
TOTAL Grand Est	933	367	734	314 100 (6,27)	139 800 (2,79)	47 000 (0,94)	164 000 (3,27)	73 000 (1,46)	24 546 (0,49)	77 900 (1,56)	34 700 (0,69)	11 700 (0,23)
02	179	97	131	72 300 (7,76)	42 700 (4,58)	8 300 (0,89)	37 700 (4,05)	22 300 (2,39)	4 300 (0,46)	17 900 (1,92)	10 600 (1,14)	2 100 (0,22)
59	282	151	232	101 000 (9,19)	57 400 (5,22)	14 600 (1,33)	52 700 (4,80)	30 000 (2,73)	7 600 (0,69)	25 000 (2,28)	14 200 (1,30)	3 600 (0,33)
60	74	35	64	28 800 (5,37)	14 900 (2,78)	3 700 (0,68)	15 000 (2,80)	7 800 (1,45)	1 900 (0,36)	7 100 (1,33)	3 700 (0,69)	900 (0,17)
62	253	118	201	95 100 (8,00)	47 400 (3,98)	12 600 (1,06)	49 700 (4,18)	24 700 (2,08)	6 600 (0,55)	23 600 (1,98)	11 700 (0,99)	3 100 (0,26)
80	110	53	76	46 100 (6,98)	24 400 (3,69)	4 900 (0,74)	24 100 (3,64)	12 700 (1,93)	2 500 (0,39)	11 400 (1,73)	6 000 (0,92)	1 200 (0,18)
TOTAL Hauts-de-France	898	454	704	343 300 (7,77)	186 800 (4,23)	44 000 (1)	179 200 (4,06)	97 500 (2,21)	22 955 (0,52)	85 100 (1,93)	46 300 (1,05)	10 900 (0,25)
75	0	0	0	100 (2,42)	0 (0,75)	0 (0,12)	0 (1,26)	0 (0,39)	0 (0,07)	0 (0,60)	0 (0,19)	0 (0,03)
77	58	26	40	20 900 (5,07)	10 600 (2,56)	2 800 (0,68)	10 900 (2,65)	5 500 (1,34)	1 500 (0,36)	5 200 (1,26)	2 600 (0,64)	700 (0,17)
78	27	12	21	9 500 (5,39)	4 500 (2,57)	1 400 (0,77)	5 000 (2,81)	2 400 (1,34)	700 (0,40)	2 400 (1,34)	1 100 (0,64)	300 (0,19)
91	14	6	12	4 700 (4,56)	2 200 (2,12)	800 (0,82)	2 500 (2,38)	1 100 (1,11)	400 (0,43)	1 200 (1,13)	500 (0,53)	200 (0,20)
92	0	0	0	100 (5,57)	0 (1,07)	0 (0,21)	0 (2,91)	0 (0,56)	0 (0,11)	0 (1,38)	0 (0,27)	0 (0,05)
93	0	0	0	100 (4,00)	0 (2,47)	0 (1,33)	0 (2,09)	0 (1,29)	0 (0,70)	0 (0,99)	0 (0,61)	0 (0,33)
94	1	0	1	400 (7,87)	200 (4,00)	0 (0,78)	200 (4,11)	100 (2,09)	0 (0,41)	100 (1,95)	0 (0,99)	0 (0,19)
95	11	4	8	3 700 (3,90)	1 600 (1,66)	500 (0,55)	1 900 (2,04)	800 (0,87)	300 (0,29)	900 (0,97)	400 (0,41)	100 (0,14)
TOTAL Ile-de-France	111	48	82	39 400 (4,94)	19 100 (2,4)	5 600 (0,7)	20 600 (2,58)	10 000 (1,25)	2 918 (0,37)	9 800 (1,23)	4 700 (0,59)	1 400 (0,17)
14	363	195	315	128 700 (4,70)	72 100 (2,63)	19 900 (0,73)	67 200 (2,45)	37 600 (1,37)	10 400 (0,38)	31 900 (1,16)	17 900 (0,65)	4 900 (0,18)
27	187	89	117	65 900 (7,94)	33 700 (4,07)	7 500 (0,91)	34 400 (4,15)	17 600 (2,12)	3 900 (0,47)	16 300 (1,97)	8 400 (1,01)	1 900 (0,23)
50	607	380	558	210 300 (4,92)	135 300 (3,16)	43 400 (1,01)	109 800 (2,57)	70 600 (1,65)	22 700 (0,53)	52 100 (1,22)	33 500 (0,78)	10 800 (0,25)
61	452	256	326	166 100 (5,43)	96 600 (3,16)	22 200 (0,73)	86 700 (2,83)	50 400 (1,65)	11 600 (0,38)	41 200 (1,35)	24 000 (0,78)	5 500 (0,18)
76	218	109	132	91 200 (8,29)	51 400 (4,66)	8 500 (0,77)	47 600 (4,33)	26 800 (2,44)	4 400 (0,40)	22 600 (2,06)	12 700 (1,16)	2 100 (0,19)
TOTAL Normandie	1 827	1 029	1 448	662 200 (5,51)	389 100 (3,24)	101 500 (0,85)	345 700 (2,88)	203 100 (1,69)	52 966 (0,44)	164 200 (1,37)	96 500 (0,8)	25 200 (0,21)
16	151	57	108	54 200 (3,72)	23 400 (1,61)	6 100 (0,42)	28 300 (1,94)	12 200 (0,84)	3 200 (0,22)	13 400 (0,92)	5 800 (0,40)	1 500 (0,10)
17	113	52	109	40 200 (3,39)	19 400 (1,64)	5 600 (0,47)	21 000 (1,77)	10 100 (0,86)	2 900 (0,25)	10 000 (0,84)	4 800 (0,41)	1 400 (0,12)
19	143	74	61	59 300 (5,81)	33 600 (3,30)	4 000 (0,39)	31 000 (3,03)	17 600 (1,72)	2 100 (0,20)	14 700 (1,44)	8 300 (0,82)	1 000 (0,10)
23	254	128	154	89 800 (4,15)	49 500 (2,29)	9 900 (0,46)	46 900 (2,17)	25 800 (1,19)	5 100 (0,24)	22 300 (1,03)	12 300 (0,57)	2 400 (0,11)
24	266	93	155	90 200 (6,49)	34 600 (2,49)	9 600 (0,69)	47 100 (3,39)	18 100 (1,30)	5 000 (0,36)	22 400 (1,61)	8 600 (0,62)	2 400 (0,17)
33	74	34	55	24 600 (3,79)	12 300 (1,90)	3 700 (0,56)	12 800 (1,98)	6 400 (0,99)	1 900 (0,29)	6 100 (0,94)	3 100 (0,47)	900 (0,14)
40	87	39	36	32 300 (6,94)	15 900 (3,41)	2 600 (0,55)	16 800 (3,63)	8 300 (1,78)	1 300 (0,29)	8 000 (1,72)	3 900 (0,85)	600 (0,14)
47	120	40	96	38 100 (3,62)	14 500 (1,38)	5 500 (0,52)	19 900 (1,89)	7 600 (0,72)	2 900 (0,27)	9 500 (0,90)	3 600 (0,34)	1 400 (0,13)
64	289	102	137	95 800 (7,05)	36 600 (2,69)	9 100 (0,67)	50 000 (3,68)	19 100 (1,41)	4 800 (0,35)	23 700 (1,75)	9 100 (0,67)	2 300 (0,17)
79	523	280	435	185 400 (6,28)	101 500 (3,44)	22 700 (0,77)	96 800 (3,28)	53 000 (1,79)	11 800 (0,40)	46 000 (1,56)	25 200 (0,85)	5 600 (0,19)

86	176	78	181	59 200 (3,40)	29 300 (1,68)	9 100 (0,52)	30 900 (1,78)	15 300 (0,88)	4 700 (0,27)	14 700 (0,84)	7 300 (0,42)	2 300 (0,13)
87	260	119	123	98 300 (4,68)	49 400 (2,35)	8 400 (0,40)	51 300 (2,44)	25 800 (1,23)	4 400 (0,21)	24 400 (1,16)	12 200 (0,58)	2 100 (0,10)
TOTAL Nouvelle- Aquitaine	2 456	1 096	1 650	867 400 (4,95)	420 200 (2,4)	96 000 (0,55)	452 800 (2,58)	219 300 (1,25)	50 114 (0,29)	215 100 (1,23)	104 200 (0,59)	23 800 (0,14)
09	78	30	63	25 600 (3,37)	10 800 (1,42)	3 700 (0,49)	13 400 (1,76)	5 600 (0,74)	1 900 (0,25)	6 400 (0,84)	2 700 (0,35)	900 (0,12)
11	45	18	88	13 900 (2,25)	6 200 (1,01)	4 400 (0,71)	7 300 (1,18)	3 200 (0,52)	2 300 (0,37)	3 400 (0,56)	1 500 (0,25)	1 100 (0,18)
12	451	209	447	137 000 (4,18)	64 300 (1,96)	26 200 (0,80)	71 500 (2,18)	33 500 (1,02)	13 700 (0,42)	34 000 (1,04)	15 900 (0,49)	6 500 (0,20)
30	119	72	171	31 800 (5,79)	19 300 (3,51)	11 100 (2,02)	16 600 (3,02)	10 100 (1,83)	5 800 (1,05)	7 900 (1,44)	4 800 (0,87)	2 800 (0,50)
31	144	61	131	46 100 (3,17)	21 700 (1,49)	7 900 (0,54)	24 100 (1,65)	11 300 (0,78)	4 100 (0,28)	11 400 (0,79)	5 400 (0,37)	2 000 (0,14)
32	221	100	205	73 400 (3,83)	36 100 (1,88)	12 400 (0,65)	38 300 (2,00)	18 800 (0,98)	6 500 (0,34)	18 200 (0,95)	8 900 (0,47)	3 100 (0,16)
34	47	26	97	14 700 (3,51)	8 500 (2,03)	5 800 (1,38)	7 700 (1,83)	4 400 (1,06)	3 000 (0,72)	3 700 (0,87)	2 100 (0,50)	1 400 (0,34)
46	80	35	66	28 800 (2,57)	13 700 (1,23)	3 600 (0,32)	15 000 (1,34)	7 200 (0,64)	1 900 (0,17)	7 100 (0,64)	3 400 (0,30)	900 (0,08)
48	48	22	39	15 200 (3,03)	7 600 (1,51)	1 900 (0,38)	7 900 (1,58)	4 000 (0,79)	1 000 (0,20)	3 800 (0,75)	1 900 (0,38)	500 (0,09)
65	110	45	48	38 600 (6,69)	17 000 (2,95)	3 300 (0,57)	20 100 (3,49)	8 900 (1,54)	1 700 (0,30)	9 600 (1,66)	4 200 (0,73)	800 (0,14)
66	31	13	63	8 700 (3,18)	3 700 (1,38)	3 700 (1,36)	4 500 (1,66)	2 000 (0,72)	1 900 (0,71)	2 100 (0,79)	900 (0,34)	900 (0,34)
81	298	105	234	91 400 (6,37)	35 800 (2,50)	13 200 (0,92)	47 700 (3,33)	18 700 (1,30)	6 900 (0,48)	22 700 (1,58)	8 900 (0,62)	3 300 (0,23)
82	97	38	92	30 300 (3,53)	13 500 (1,57)	5 400 (0,62)	15 800 (1,84)	7 000 (0,82)	2 800 (0,33)	7 500 (0,88)	3 300 (0,39)	1 300 (0,15)
TOTAL Occitanie	1 769	774	1 744	555 600 (4,04)	258 200 (1,88)	102 600 (0,75)	290 000 (2,11)	134 800 (0,98)	53 553 (0,39)	137 800 (1)	64 000 (0,47)	25 400 (0,18)
44	334	185	530	103 900 (3,15)	60 100 (1,82)	29 800 (0,90)	54 200 (1,64)	31 400 (0,95)	15 500 (0,47)	25 800 (0,78)	14 900 (0,45)	7 400 (0,22)
49	418	222	689	136 600 (5,45)	76 900 (3,06)	38 000 (1,51)	71 300 (2,84)	40 100 (1,60)	19 800 (0,79)	33 900 (1,35)	19 100 (0,76)	9 400 (0,38)
53	359	188	258	124 500 (4,73)	69 400 (2,64)	17 300 (0,66)	65 000 (2,47)	36 200 (1,38)	9 000 (0,34)	30 900 (1,17)	17 200 (0,65)	4 300 (0,16)
72	344	165	298	129 700 (6,17)	66 400 (3,15)	18 600 (0,89)	67 700 (3,22)	34 600 (1,65)	9 700 (0,46)	32 200 (1,53)	16 500 (0,78)	4 600 (0,22)
85	414	231	458	130 400 (4,00)	74 800 (2,29)	27 300 (0,84)	68 100 (2,09)	39 000 (1,20)	14 200 (0,44)	32 300 (0,99)	18 500 (0,57)	6 800 (0,21)
TOTAL Pays de la Loire	1 869	991	2 233	625 100 (4,53)	347 500 (2,52)	130 900 (0,95)	326 300 (2,36)	181 400 (1,31)	68 344 (0,5)	155 000 (1,12)	86 200 (0,62)	32 500 (0,24)
04	27	11	44	8 200 (2,05)	3 700 (0,91)	2 300 (0,59)	4 300 (1,07)	1 900 (0,48)	1 200 (0,31)	2 000 (0,51)	900 (0,23)	600 (0,15)
05	29	12	32	8 400 (2,29)	3 800 (1,04)	2 000 (0,55)	4 400 (1,20)	2 000 (0,54)	1 100 (0,29)	2 100 (0,57)	900 (0,26)	500 (0,14)
06	11	4	12	3 800 (5,38)	1 300 (1,85)	700 (1,02)	2 000 (2,81)	700 (0,96)	400 (0,53)	900 (1,33)	300 (0,46)	200 (0,25)
13	97	46	136	28 700 (3,88)	14 500 (1,96)	8 100 (1,09)	15 000 (2,03)	7 600 (1,02)	4 200 (0,57)	7 100 (0,96)	3 600 (0,49)	2 000 (0,27)
83	29	14	39	8 600 (3,22)	4 400 (1,64)	2 400 (0,91)	4 500 (1,68)	2 300 (0,86)	1 300 (0,48)	2 100 (0,80)	1 100 (0,41)	600 (0,23)
84	115	65	134	31 300 (5,42)	18 800 (3,27)	8 600 (1,49)	16 300 (2,83)	9 800 (1,70)	4 500 (0,78)	7 800 (1,34)	4 700 (0,81)	2 100 (0,37)
TOTAL Provence- Alpes-Côte d'Azur	308	152	397	89 000 (3,67)	46 500 (1,92)	24 200 (1)	46 500 (1,92)	24 300 (1)	12 645 (0,52)	22 100 (0,91)	11 500 (0,48)	6 000 (0,25)
TOTAL France	15 615	7 308	13 390	5 305 800 (4,9)	2 661 700 (2,46)	817 400 (0,76)	2 769 700 (2,56)	1 389 400 (1,28)	426 667 (0,39)	1 315 600 (1,22)	660 000 (0,61)	202 700 (0,19)

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, du ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



EXPERTISES

STOCKS ET PRELEVEMENTS ACTUELS DE BOIS DANS LES HAIES BOCAGERES

Les haies bocagères rendent de nombreux services, parmi lesquels la production de bois et le stockage de carbone. Elles sont toutefois soumises à une exploitation intense depuis plusieurs décennies, sans qu'aucune donnée standardisée sur la ressource ne puisse orienter les choix des politiques publiques.

À travers la mise en œuvre d'une méthode innovante et reproductible, l'IGN réalise dans cette étude la première évaluation nationale des stocks de bois et de carbone dans les haies bocagères de France métropolitaine, ainsi que leurs prélèvements récents. Les résultats, cohérents entre les territoires, mettent en évidence des tendances régionales.

Ce travail constitue une avancée majeure dans la perspective du suivi des haies sur le long terme à l'échelle de la France entière. La combinaison des données produites par la méthode IGN avec des scénarios de gestion des haies constituerait une étape décisive dans l'élaboration de projections d'évolution de la ressource et de prédiction des disponibilités futures en bois bocager.

La première évaluation France entière de la ressource en bois dans les haies bocagères

Une méthodologie reproductible qui rend possible le suivi des haies sur le long terme

Des résultats exploitables à l'échelle des territoires