

ESTIMATION DES STOCKS ET DES PRÉLÈVEMENTS ACTUELS DE BOIS, BIOMASSE ET CARBONE DANS LES HAIES BOCAGÈRES DE FRANCE

Une première évaluation pour 31 départements bocagers français

Numéro de contrat : 2020MA000404

Mathieu DASSOT - IGN DTNE
Loïc COMMAGNAC - IGN DTSO
Frédéric LETOUZÉ - IGN DTGO
Antoine COLIN - IGN DTNE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

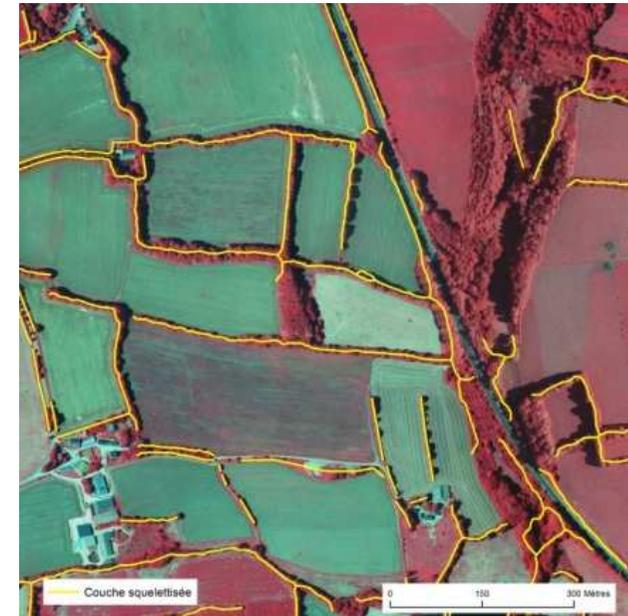
Contexte lié au bocage

- Disparition importante des haies depuis les années 50
- Intérêt grandissant pour le bocage (production de bois-énergie, stockage de carbone, lutte contre l'érosion, régulation du régime hydrique, maintien de la biodiversité, protection des cultures)
- Demande croissante des politiques publiques (MAA, MTE, ADEME)
- Programme « Plantons des haies ! » du plan de relance : plantation de 7 000 km de haie
- Faible connaissance du bocage français (études locales non comparables au plan national, pas de surveillance à large échelle)



Contexte lié au bocage

- Nécessité d'une coordination et d'une harmonisation nationale pour le suivi quantitatif et qualitatif des bocages en France
=> mise en place du **Dispositif de Suivi des Bocages (DSB)**
- Objectifs du DSB : identifier et caractériser les territoires bocagers et mettre en place un protocole de suivi qualitatif
=> génération d'une couche géographique nationale de référence des haies linéaires (disponible en open-data)
- DSB + données IFN dans les haies : base solide pour la réalisation d'une étude dédiée à l'évaluation de la ressource bocagère
=> **étude pour l'ADEME**



Objectifs de l'étude

- Réaliser une première estimation quantitative des stocks actuels de bois, de biomasse et de carbone dans les haies des principaux départements bocagers français, ainsi que leurs prélèvements récents
- Développer une méthodologie générique capable de produire des estimations cohérentes et comparables aux échelles nationales et régionales

2. PRÉSENTATION DU DSB ET SON ENRICHISSEMENT AVEC DES MÉTRIQUES DE HAUTEUR ET DE LARGEUR DE HAIE

Le Dispositif de Suivi des Bocages (DSB) : quels besoins ?

- Une carte des bocages (enclos) de France qui date des années 60
- Études descriptives : des inventaires locaux avec des protocoles différents en fonction des centres d'intérêt (pas de comparaison possible au plan national)
- Concernant l'évolution temporelle des bocages : quelques études territoriales suivent la densité de haies du bocage
- Pas d'étude visant une surveillance qualitative du bocage à large échelle, avec une approche écosystémique

=> Besoin d'une coordination nationale pour mieux connaître et suivre ce paysage

Le Dispositif de Suivi des Bocages (DSB) : quels besoins ?

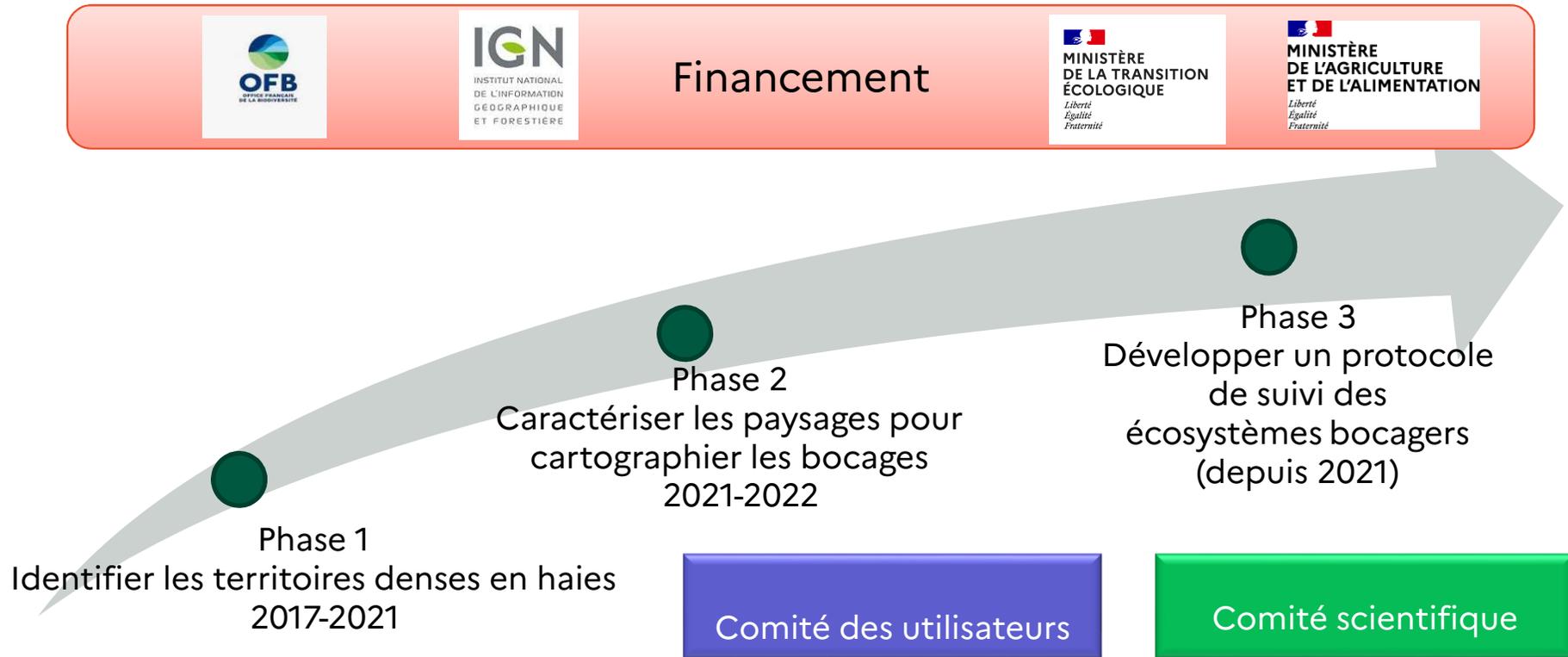
Pour le MAA

- PAC, Paiement pour service écosystémiques

Pour le MTE

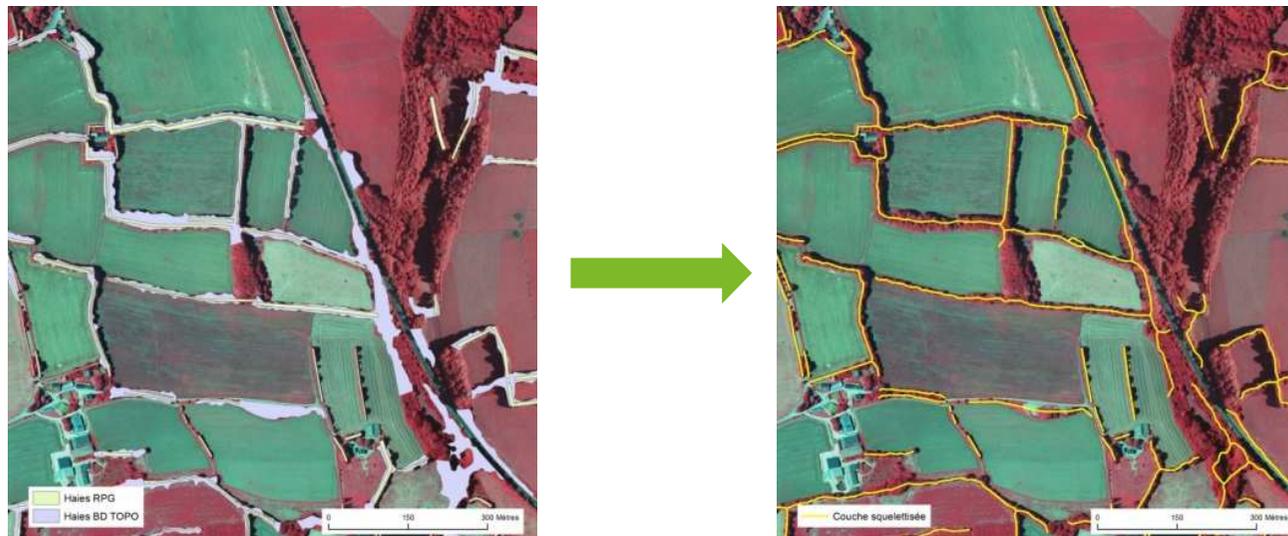
- TVB et politiques d'aménagement (PLUi, SCOT, SRCE)
- Plan biodiversité de 2018, Plan national en faveur des insectes pollinisateurs, Plan national chiroptère
- Séquence ERC lors d'implantations d'infrastructures

Le Dispositif de Suivi des Bocages (DSB) : phasage

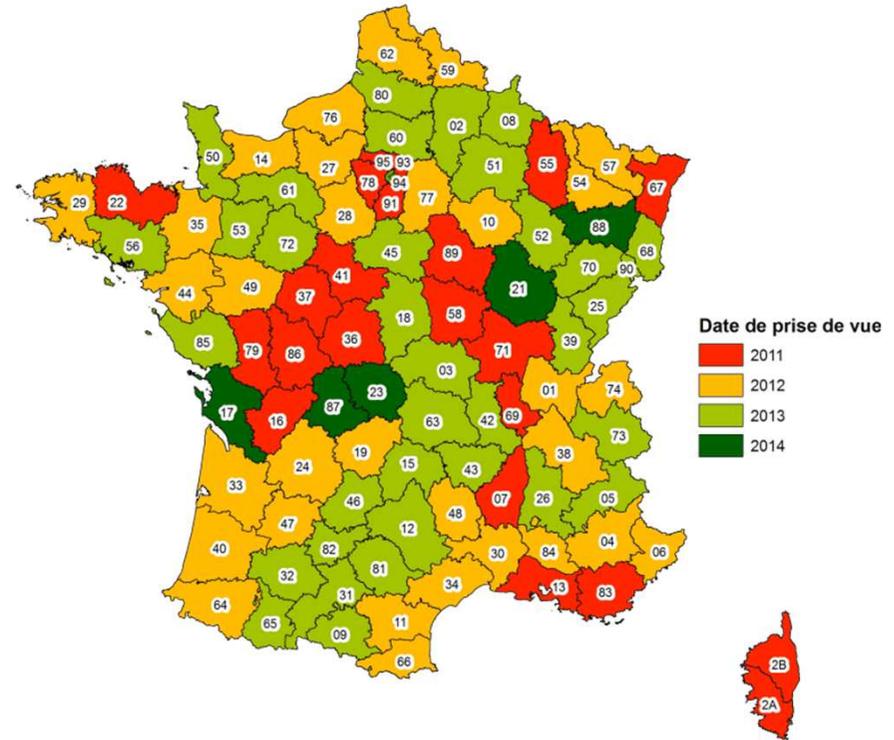


Phase 1 : cartographie et production de la couche du linéaire de haies

- Conventions IGN/MAA/MTE
- Génération d'une couche de référence des haies linéaires par fusion des haies BD Topo et RPG
- Couche disponible en **open-data** depuis décembre 2020



Dates PVA BD Topo et RPG



Définition de la haie

Définition BD Topo : une formation linéaire arborée comporte des arbres sur au moins 25 m de long, sans interruption de plus de 20 m, sur une largeur inférieure à 20 m, et d'une hauteur potentielle supérieure à 1,30 m ; elle est comprise entre deux coupures transversales (ou extrémités) et séparée, éventuellement, d'une ou plusieurs formations arborées parallèles par une ou plusieurs coupures longitudinales.

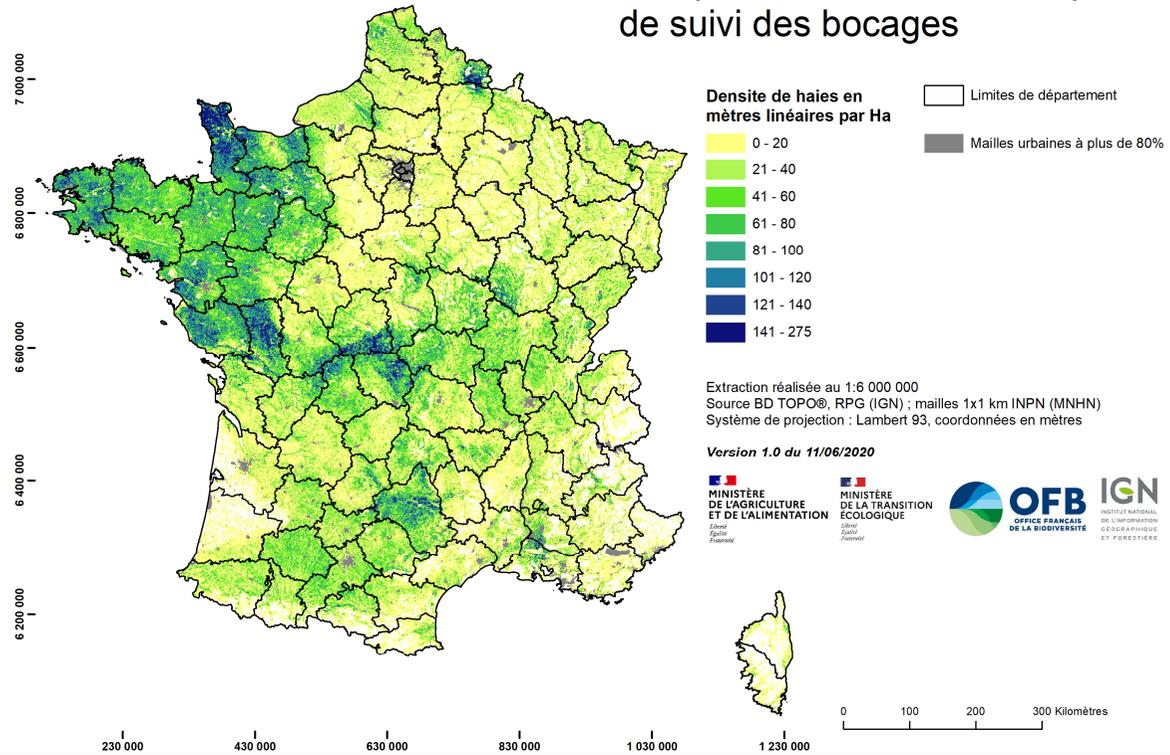
Définition RPG : Une haie est définie comme une unité linéaire de végétation ligneuse, implantée à plat, sur talus ou sur creux, avec une présence d'arbustes et, le cas échéant, une présence d'arbres et/ou d'autres ligneux (ronces, genêts, ajoncs...), ou une présence d'arbres et d'autres ligneux (ronces, genêts, ajonc...). Une haie comporte des arbres, arbustes ou arbrisseaux, sans interruption supérieure ou égale à 5 mètres, sur une largeur inférieure à 20 mètres.

Une haie est saisie par des polygones distincts dès que l'interruption distinguable sur l'orthophotographie fait plus de quatre mètres.

=> Par département : millésimes différents, spécifications différentes, géométries différentes (saisie automatique au houppier ou par PI « au pied de la haie »)

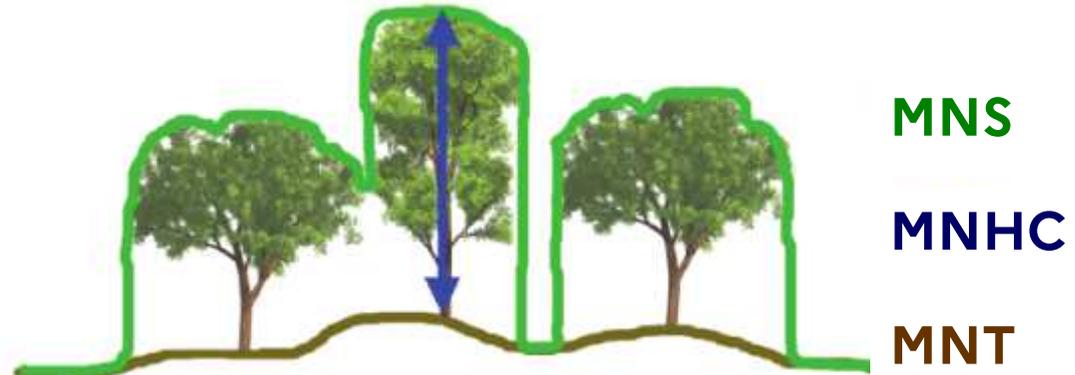
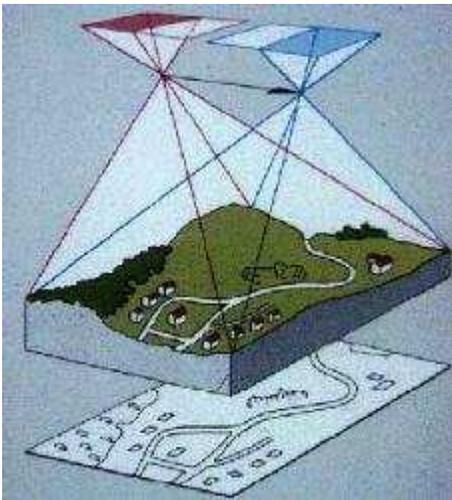
Calcul d'indicateurs

Densité de haies par hectare selon le dispositif de suivi des bocages



Enrichissement du DSB avec des métriques de hauteur et de largeur pour 31 départements

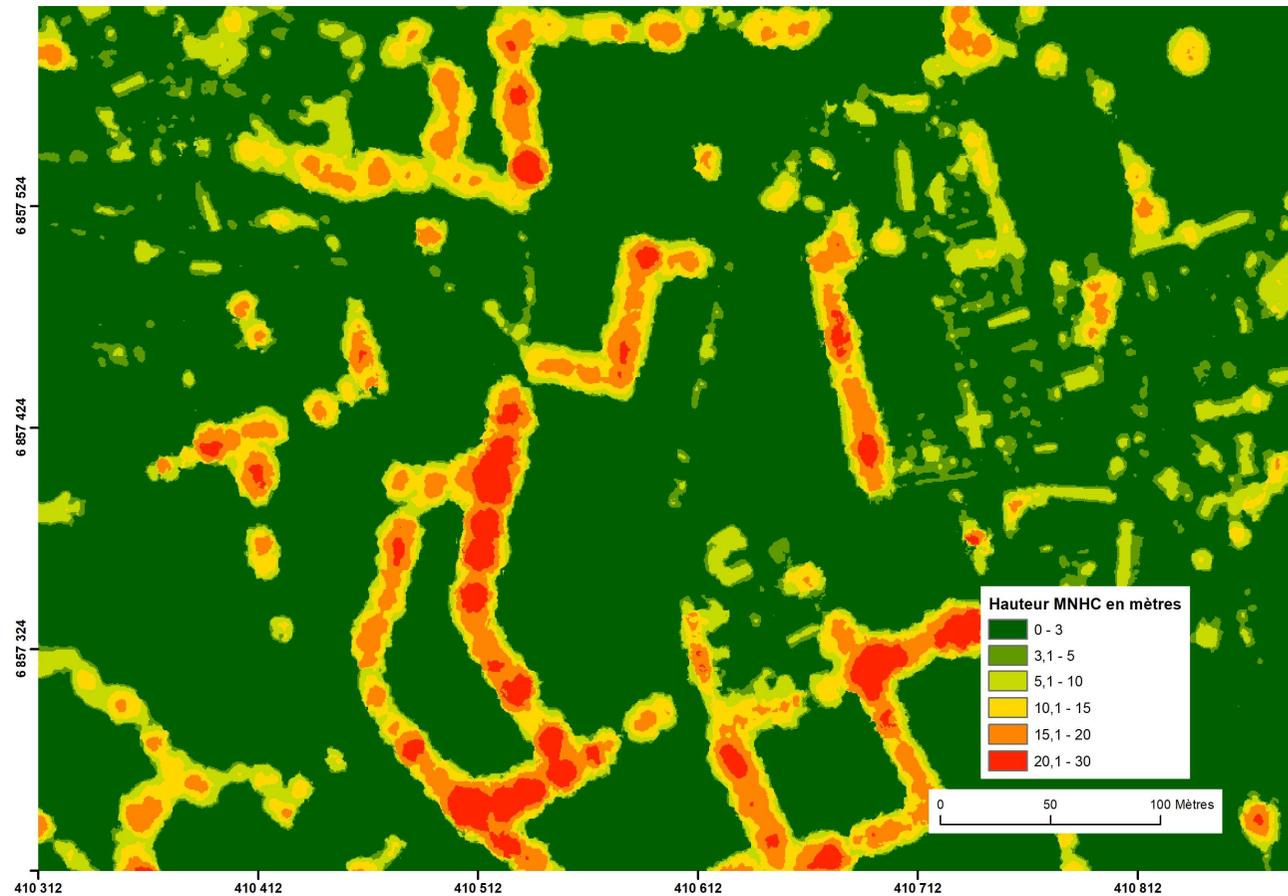
Affectation d'une hauteur et d'une largeur aux haies à partir du MNHC



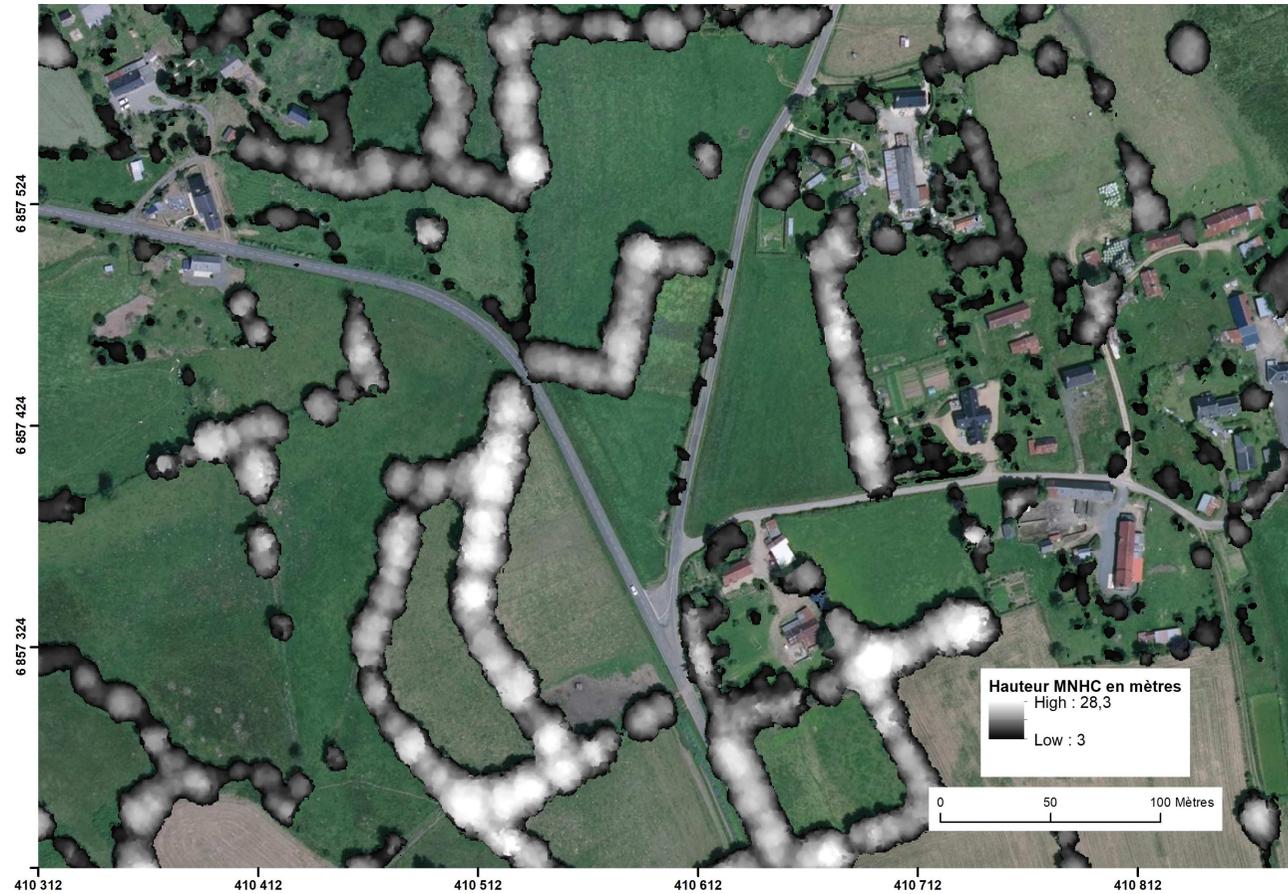
- Photographie aérienne



- MNHC par classe
- Différence entre le MNS photogrammétrique et le RGE Alti
- Une donnée lourde à manipuler (temps de téléchargement et de traitement)



- Seuillage du MNHC à 3 mètres
- Suppression de la forêt fermée
- Suppression des bâtiments
- Suppression des surfaces hydrologiques



- Découpe des haies par segments de 10 mètres
- Découpe des segments de 10 mètres aux angles
- Génération de perpendiculaires de 20 mètres de long
- Croisement des perpendiculaires avec le MNHC seuillé et filtré



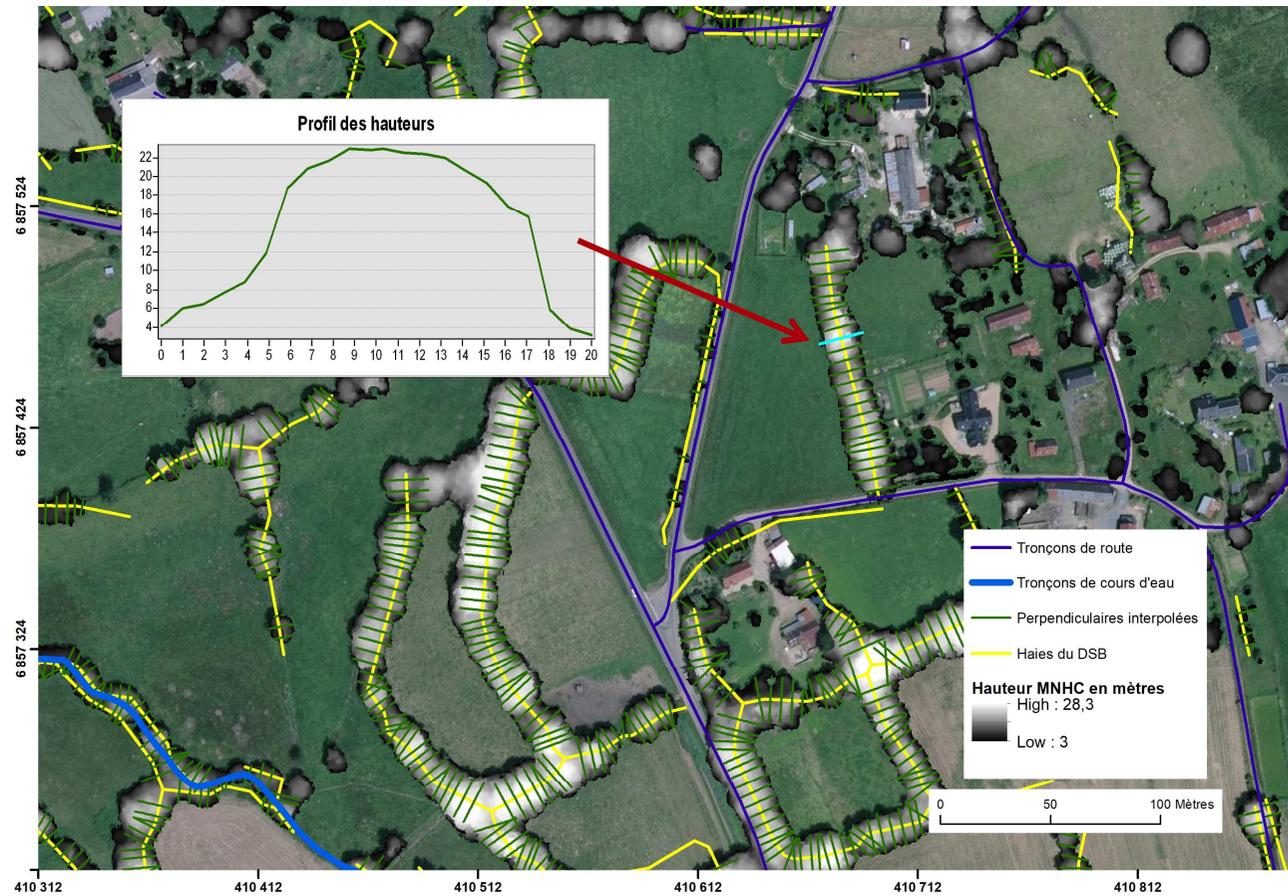
- Découpe des perpendiculaires par les haies et les réseaux pour ne pas prendre en compte les arbres situés de l'autre côté



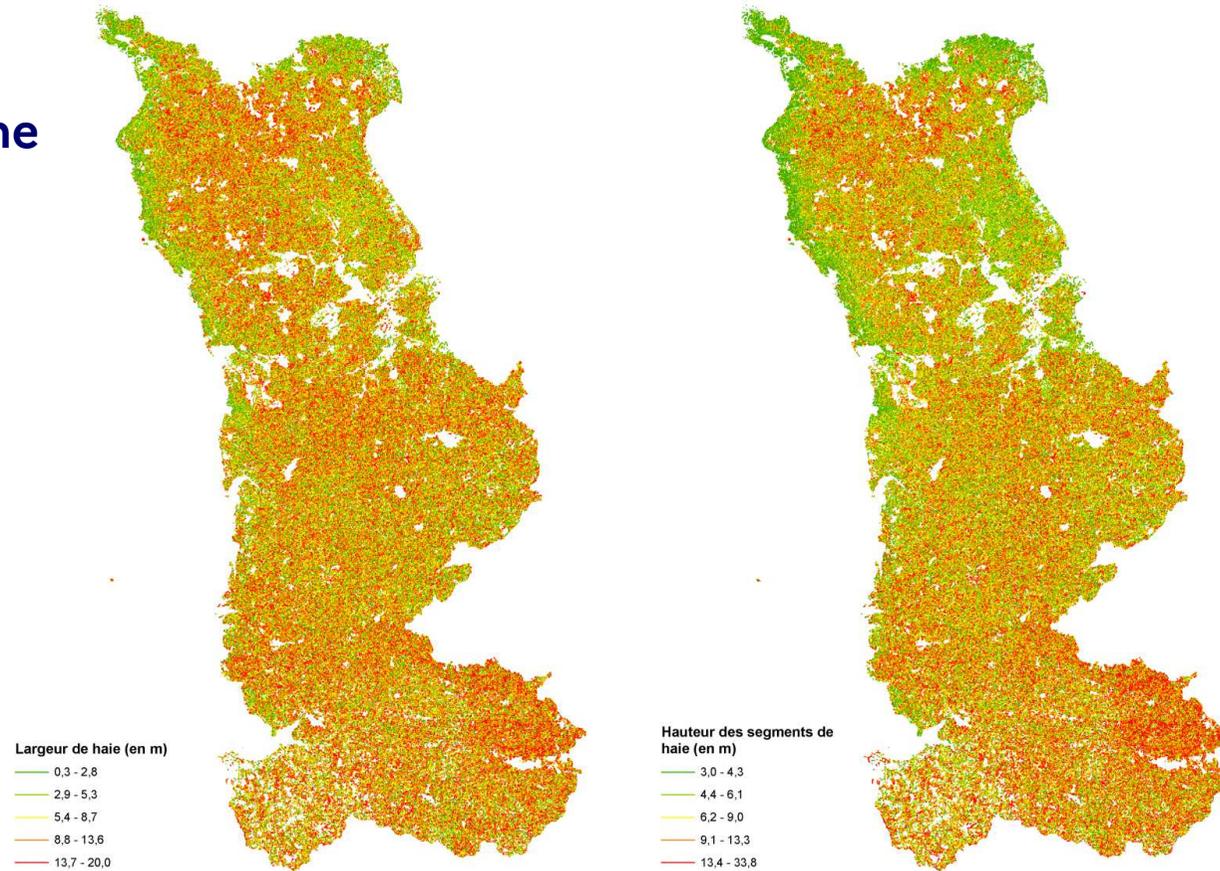
- Découpe des perpendiculaires par les haies et les réseaux pour ne pas prendre en compte les arbres situés de l'autre côté
- Non prises en compte des perpendiculaires situées aux connexions en L, T, X, etc.



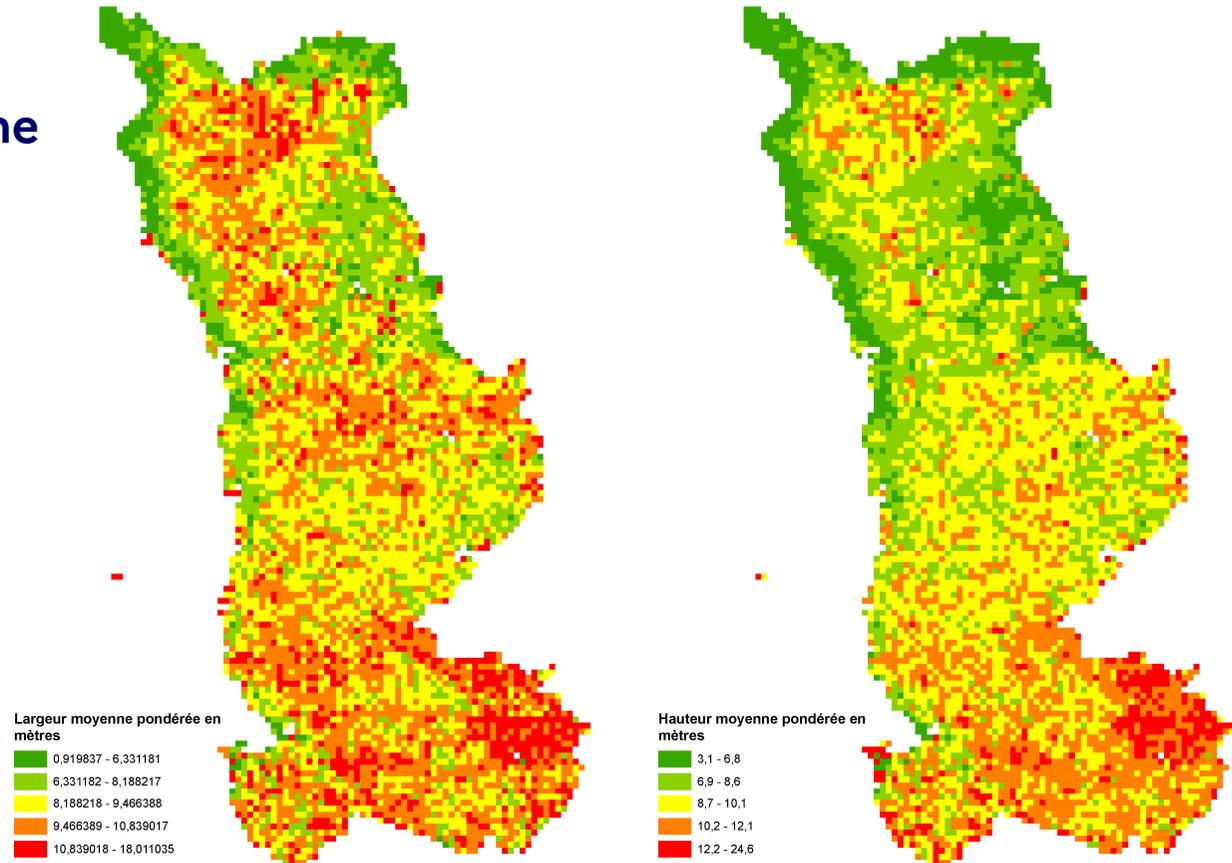
- Interpolation 3D avec le MNHC seuillé et filtré
- Obtention de la hauteur max de la haie
- La largeur de la haie est la longueur de la perpendiculaire interpolée



Exemple sur la Manche (linéaire DSB enrichi)



Exemple sur la Manche (rendu par maille)



Perspectives d'amélioration du DSB

- Mise à jour de la couche des haies
- Qualification de la qualité des couches départementales produites (estimation des commissions et omissions de manière statistique)
- Amélioration de la qualité de la géométrie des linéaires pour une utilisation à grande échelle (meilleur lissage)
- Recalage de la géométrie des linéaires sur l'axe des haies (MNS)
- Amélioration par saisie manuelle des haie manquantes
- A terme : possibilité de détection automatique des haies à l'aide des MNS et des données optiques (techniques classiques de télédétection ou IA)

3. IDENTIFICATION DU LINÉAIRE BOCAGER AYANT SUBI DES PRÉLÈVEMENTS

Identification du linéaire bocager ayant subi des prélèvements

- Utilisation de deux millésimes MNS d'une résolution de 1 pixel/50 cm, hauteur seuillée à 5 m



MNS date 1

Identification du linéaire bocager ayant subi des prélèvements

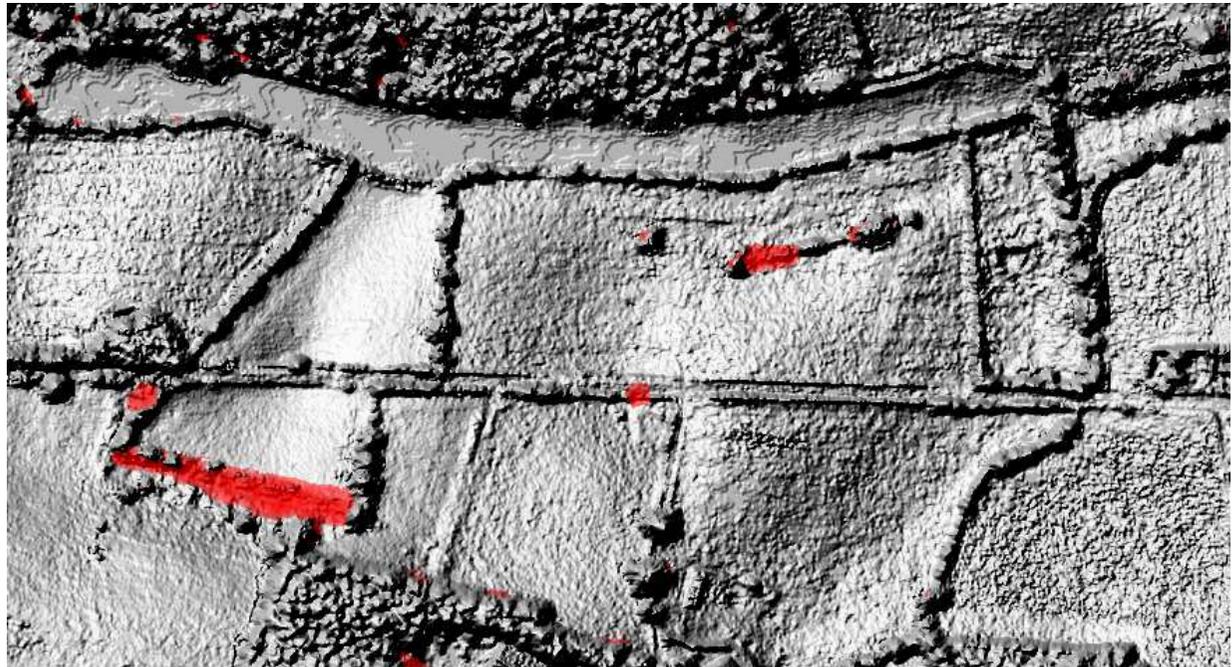
- Utilisation de deux millésimes MNS d'une résolution de 1 pixel/50 cm, hauteur seuillée à 5 m



MNS date 2

Identification du linéaire bocager ayant subi des prélèvements

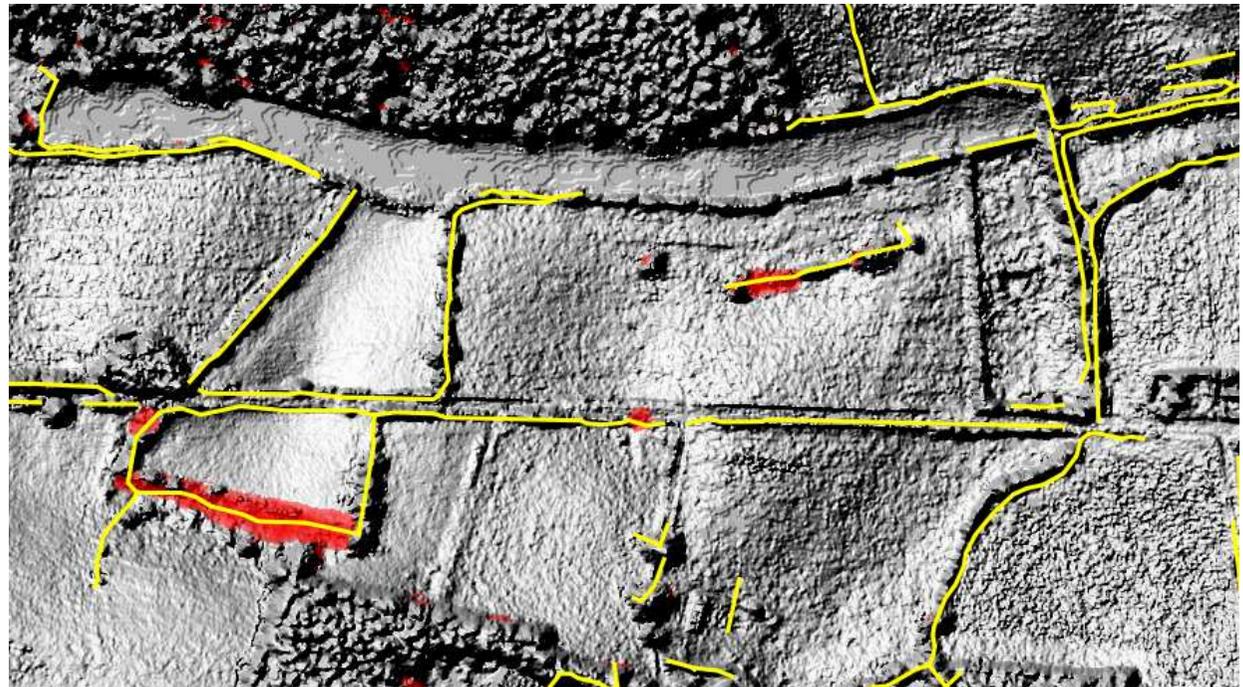
- Utilisation de deux millésimes MNS d'une résolution de 1 pixel/50 cm, hauteur seuillée à 5 m
- Différentiel pixel à pixel entre les deux millésimes MNS => les pixels en rouge sont ceux dont la valeur de hauteur a baissé d'au moins 5 m entre les deux dates



MNS date 2

Identification du linéaire bocager ayant subi des prélèvements

- Utilisation de deux millésimes MNS d'une résolution de 1 pixel/50 cm, hauteur seuillée à 5 m
- Différentiel pixel à pixel entre les deux millésimes MNS => les pixels en rouge sont ceux dont la valeur de hauteur a baissé d'au moins 5 m entre les deux dates
- Croisement des pixels rouges et du linéaire DSB (en jaune) : extraction des portions du linéaire ayant subi un prélèvement et calcul du linéaire cumulé correspondant par département

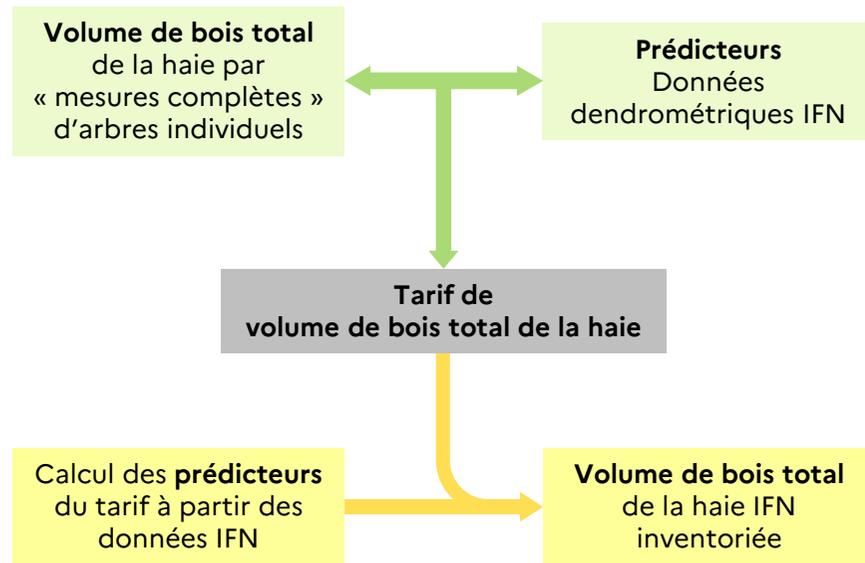


MNS date 2

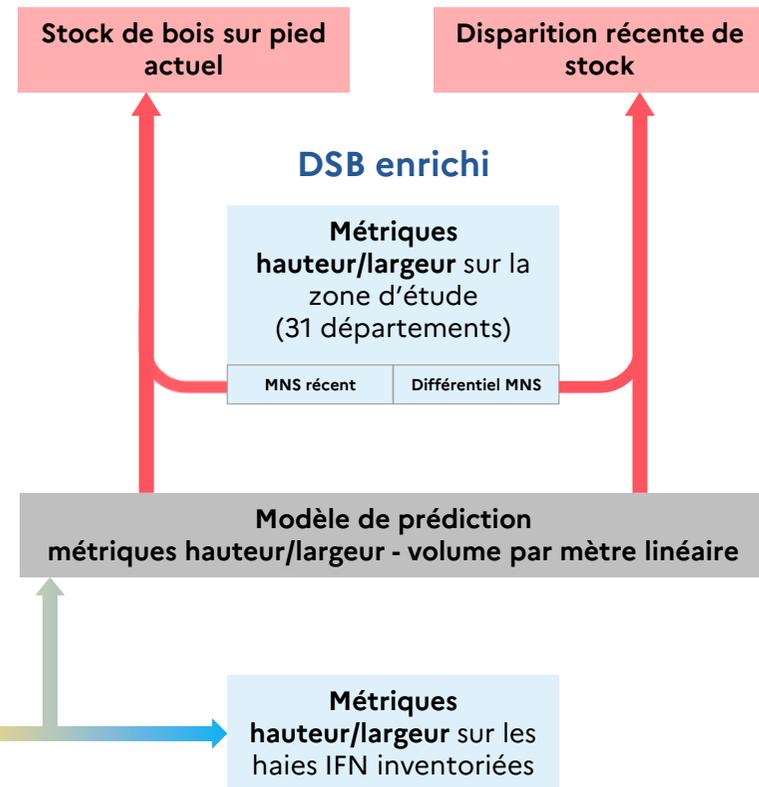
4. MODÉLISATION DE LA RESSOURCE BOCAGÈRE ACTUELLE ET PRÉLEVÉE

Modélisation des stocks actuels/prélevés

Placettes « haie » étude Basse-Normandie 2010

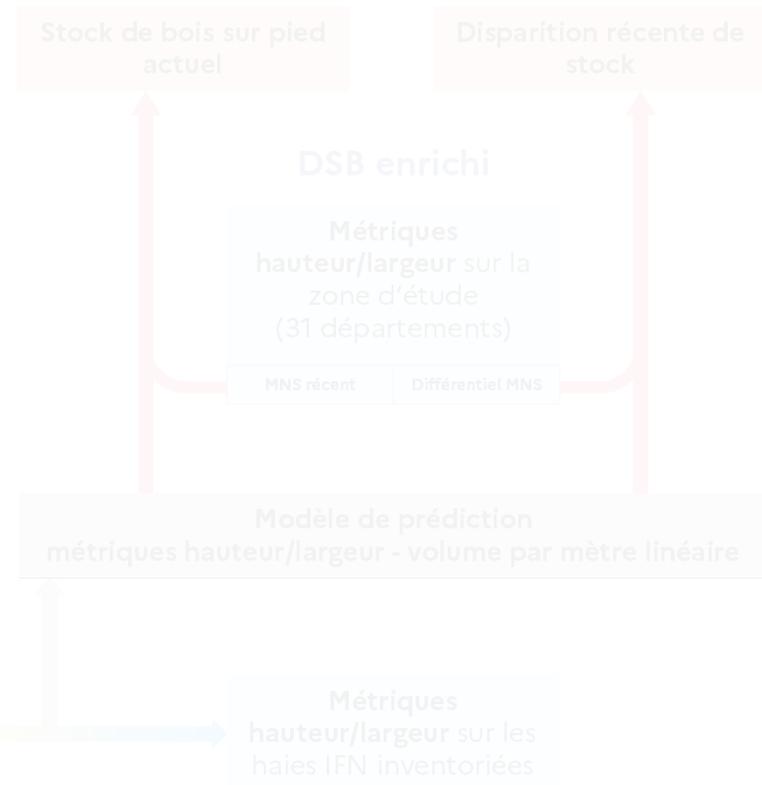
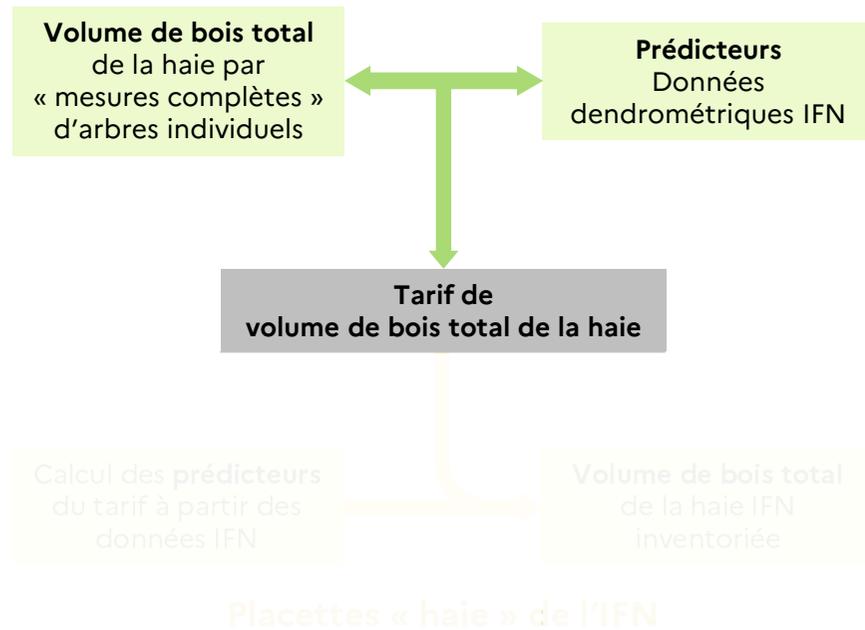


Placettes « haie » de l'IFN



Modélisation des stocks actuels/prélevés

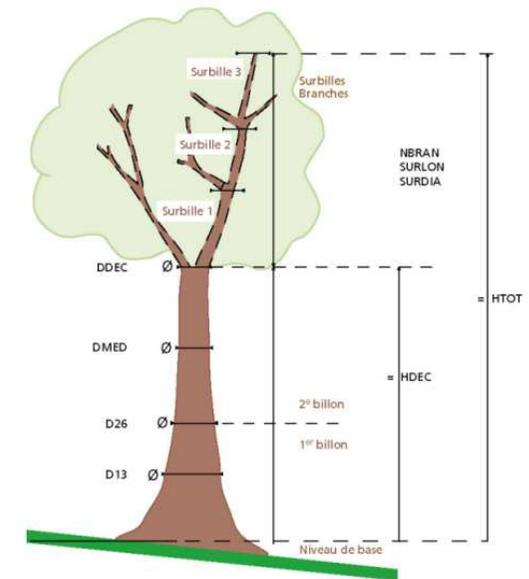
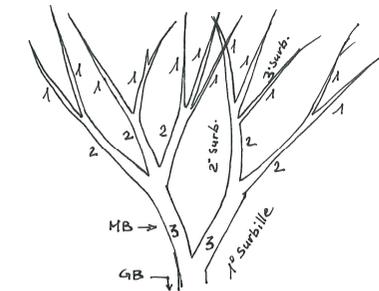
Placettes « haie » étude Basse-Normandie 2010



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Tarif de volume de bois total par segment de haie de 50 m

- Données issues d'une étude IFN spécifique menée en 2010 en Basse-Normandie
- Protocole IFN :
 - > positionnement du point d'inventaire par photo-interprétation et détection des segments de haies dans un périmètre de 25 m sur un transect d'azimut aléatoire
 - > pour chacune des 4 classes de circonférence IFN : mesure de l'arbre le plus proche de l'intersection transect-haie (essence, circonférence, hauteur, etc.), puis comptage du nombre d'arbres de la classe sur 50 m de haie centrés sur l'intersection (classes de circonférence IFN : [23,5-70,5[[70,5-117,5[[117,5-164,5[>164,5 cm)
- Protocole spécifique « mesures complètes » (tige-branches) afin d'attribuer un volume aérien total à l'arbre mesuré dans chaque classe de circonférence. En multipliant par l'effectif de chaque classe de circonférence :
 - => calcul du **volume aérien total de la haie de 50 m (V)**



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Tarif de volume de bois total par segment de haie de 50 m

=> Objectif : prédire le volume de bois aérien total sur pied (issu des « mesures complètes ») à partir de prédicteurs simples

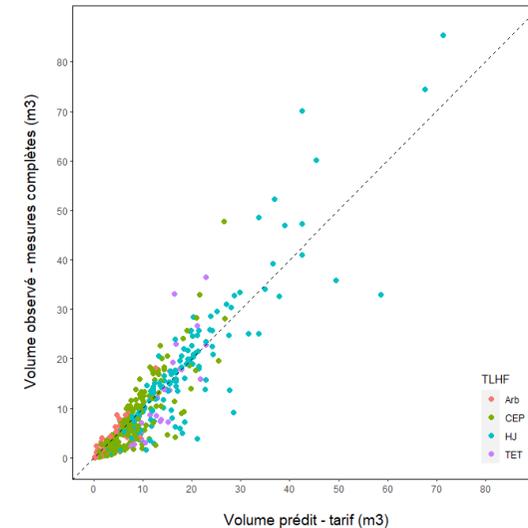
Tarif élaboré pour 4 types principaux de haie :

Haies de hauts-jets : $V = 14,6 * \text{sumG}$

Haies de cépées : $V = 0,136 * \text{HTOTmax} + 8,485 * \text{sumG}$

Haies de têtards : $V = 0,537 * \text{HTOTmax} + 3,076 * \text{sumG}$

Haies arbustives : $V = 9,106 * \text{sumG}$

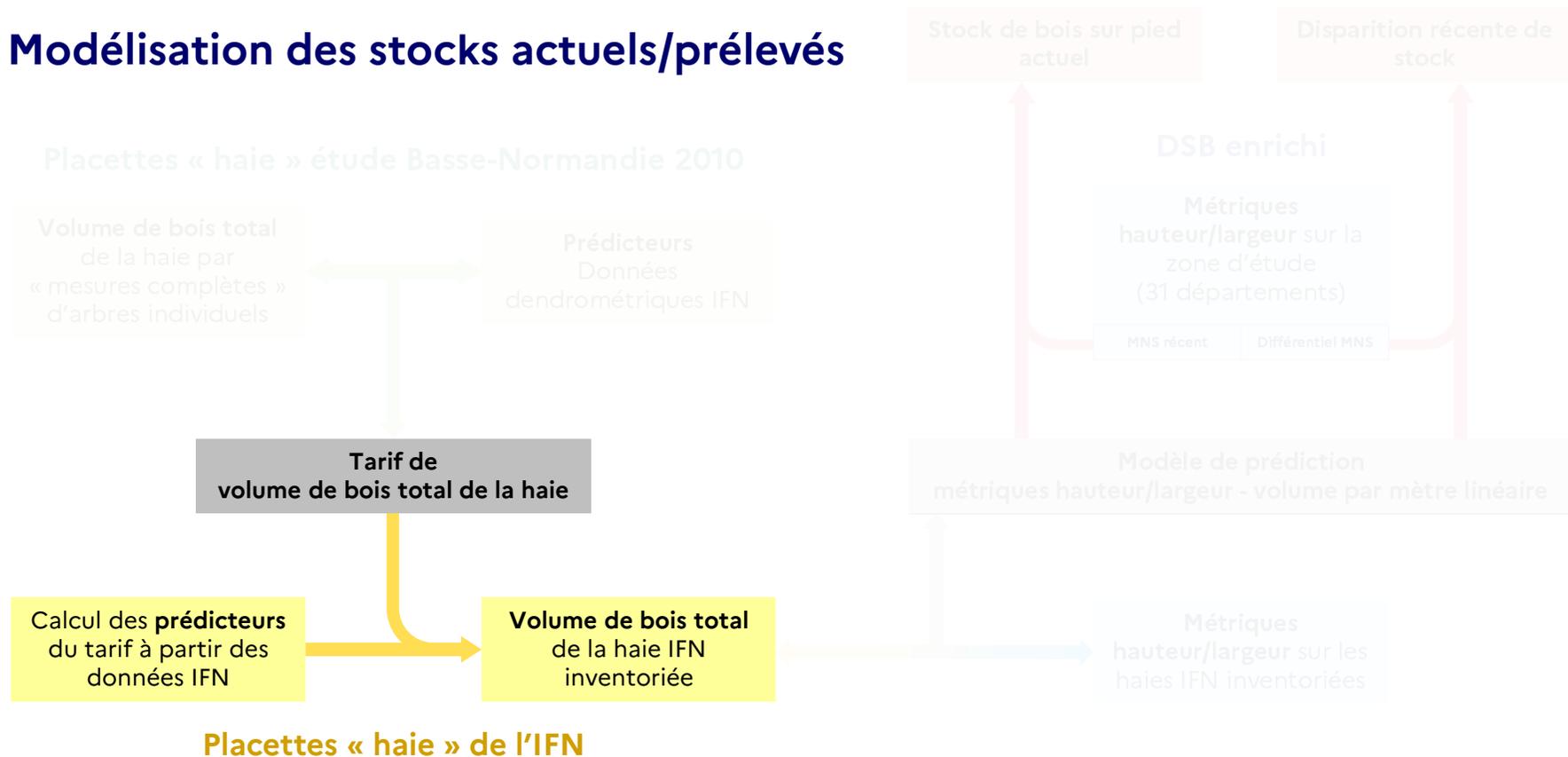


V : volume aérien total du segment de haie de 50 m (issu des « mesures complètes »)

HTOTmax : hauteur de l'arbre de la plus grosse classe de dimension identifié sur le segment

sumG : somme des surfaces terrières de tous les arbres de diamètre > 7 cm identifiés sur le segment (= circonférence de l'arbre mesuré dans chaque classe de circonférence x effectif de chaque classe sur 50 m)

Modélisation des stocks actuels/prélevés

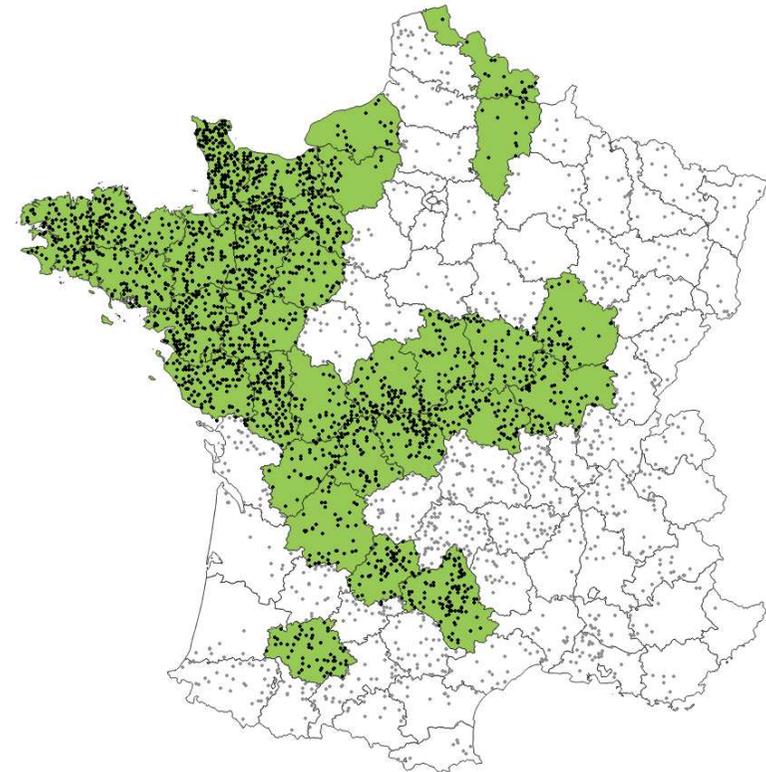


Modélisation des stocks actuels/prélevés

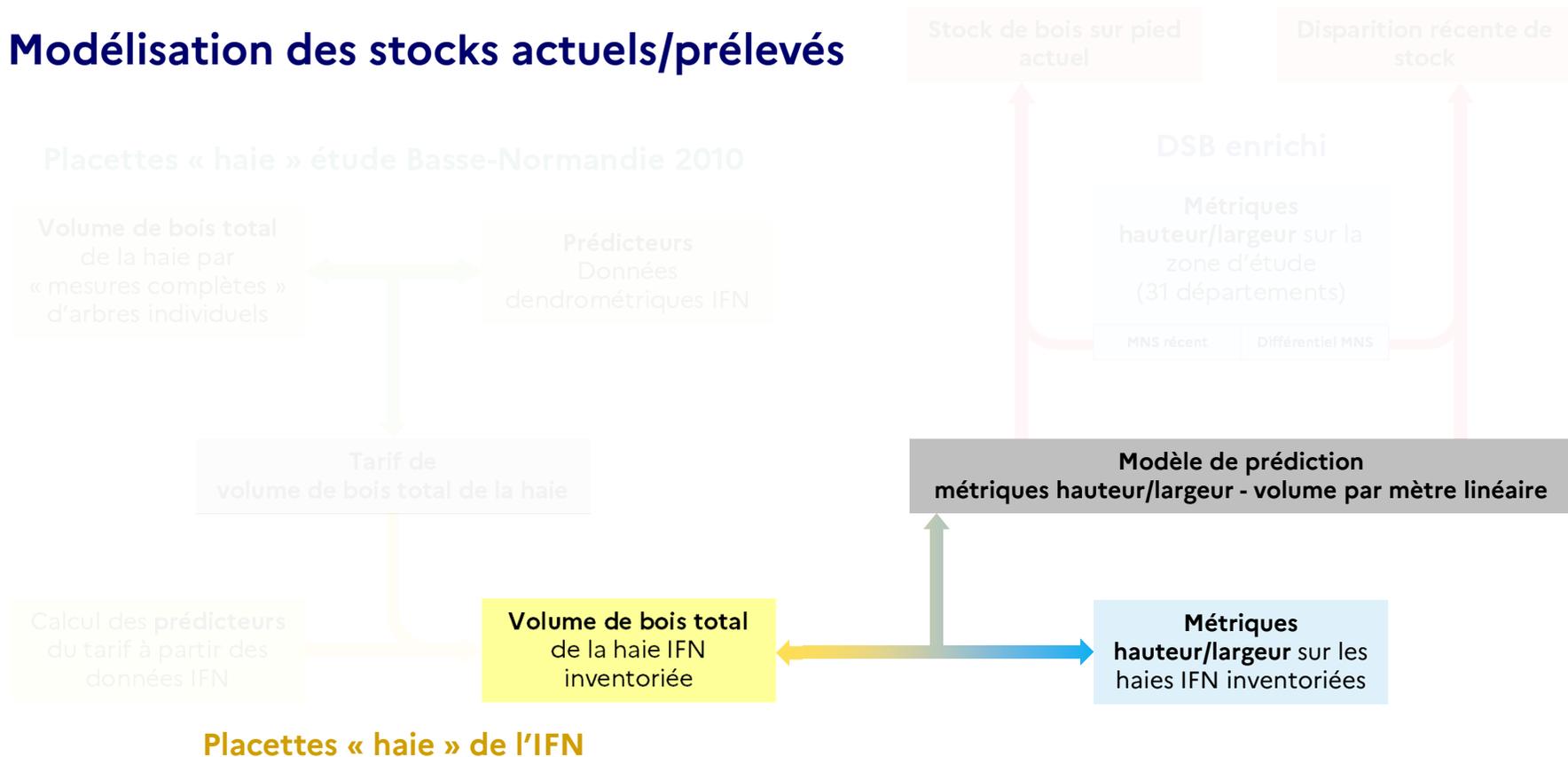
Application du tarif de volume de bois total aux haies de l'enquête annuelle de l'IFN

Protocole identique à celui utilisé dans l'étude Basse-Normandie 2010 :

- => Calcul des prédicteurs **sumG** et **HTOTmax** à partir des données dendrométriques de l'IFN
- => Utilisation des équations identifiées pour les différents types de haie IFN pour calculer le volume de bois total des haies des campagnes annuelles de l'IFN



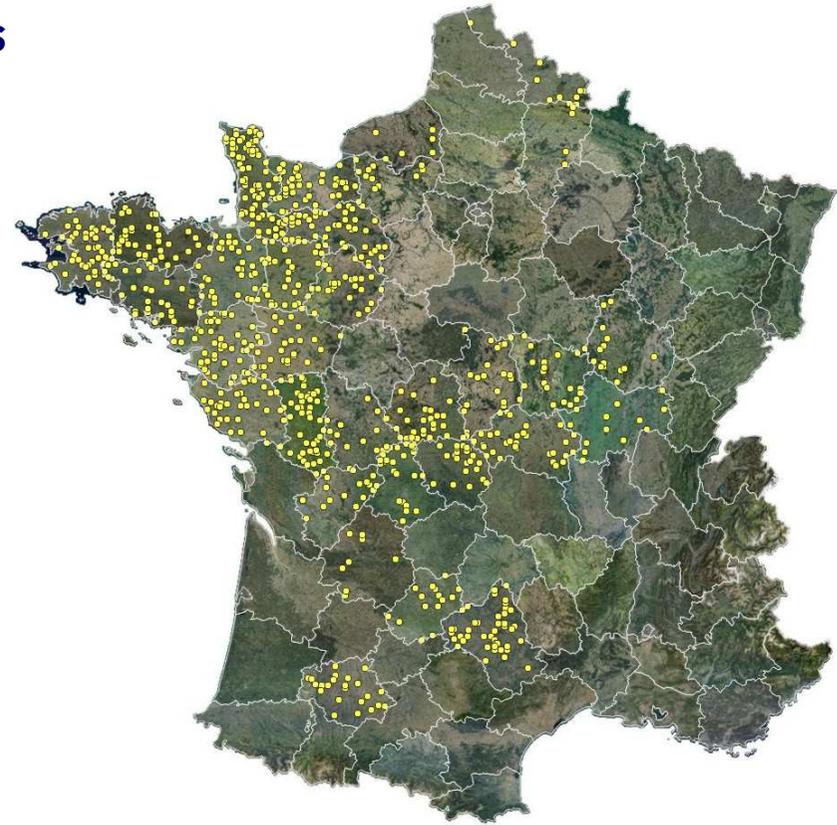
Modélisation des stocks actuels/prélevés



Modélisation des stocks actuels/prélevés

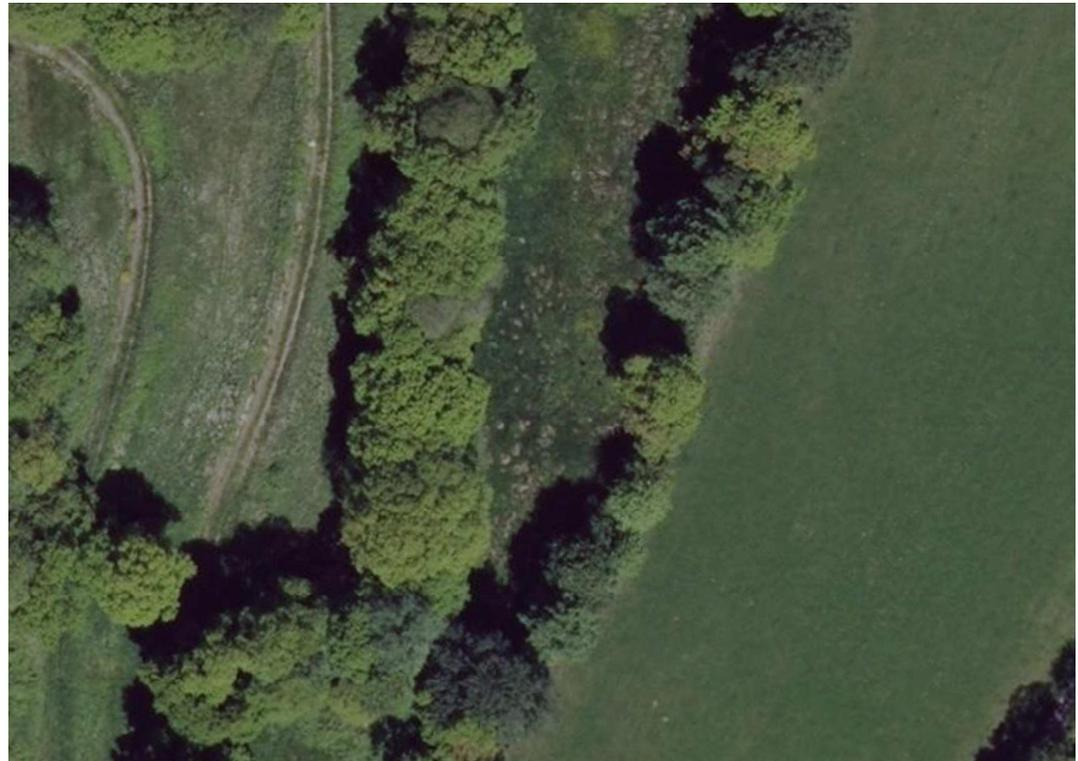
Sélection des haies de l'IFN

- Sélection des haies IFN inventoriées dans une plage de ± 2 ans autour de l'année de réalisation des photographies aériennes => environ 900 haies
- Mise en relation les données IFN et du linéaire DSB enrichi des métriques MNHC



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi

- Positionnement du point d'inventaire, du périmètre de recherche de 25 m de rayon et du transect d'azimut aléatoire



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi

- Positionnement du point d'inventaire, du périmètre de recherche de 25 m de rayon et du transect d'azimut aléatoire
- Calcul de la position des intersections transect-haie, i.e. des segments de haie inventoriés...



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi

- Positionnement du point d'inventaire, du périmètre de recherche de 25 m de rayon et du transect d'azimut aléatoire
- Calcul de la position des intersections transect-haie, i.e. des segments de haie inventoriés...
- ... dont le volume aérien total est calculé à partir des données IFN et du tarif



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi

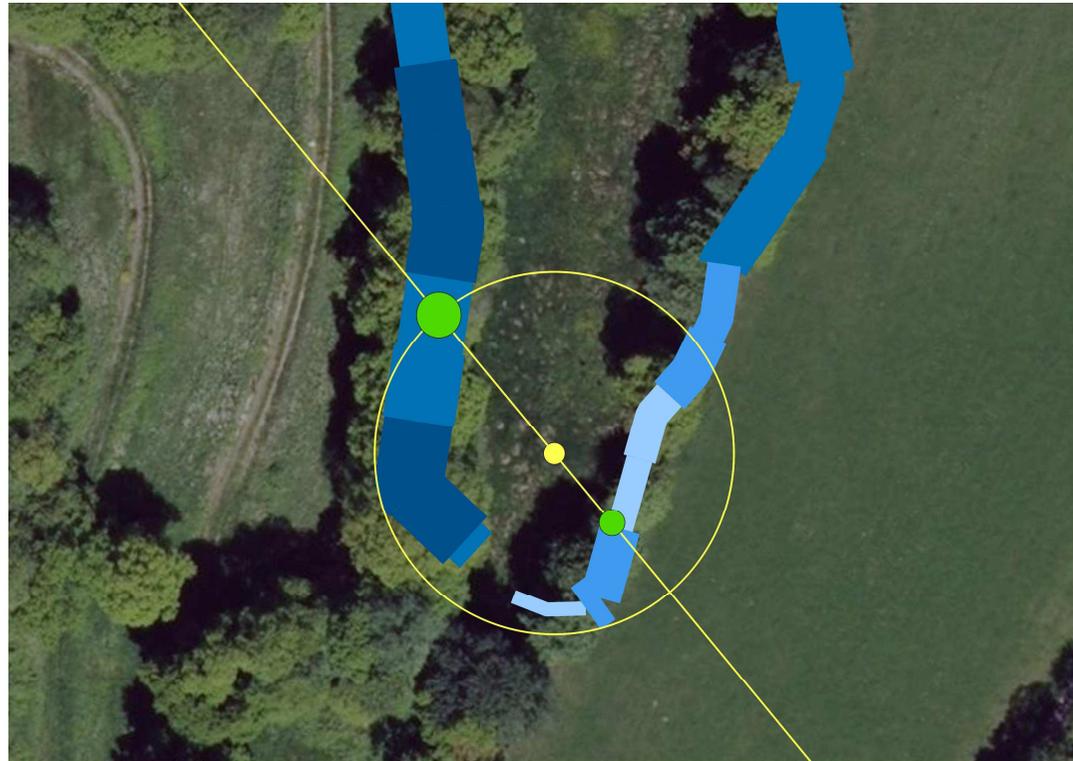
- Positionnement du point d'inventaire, du périmètre de recherche de 25 m de rayon et du transect d'azimut aléatoire
- Calcul de la position des intersections transect-haie, i.e. des segments de haie inventoriés...
- ... dont le volume aérien total est calculé à partir des données IFN et du tarif
- Jointure entre les données IFN (incluant le volume prédit) et le linéaire du DSB...



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi

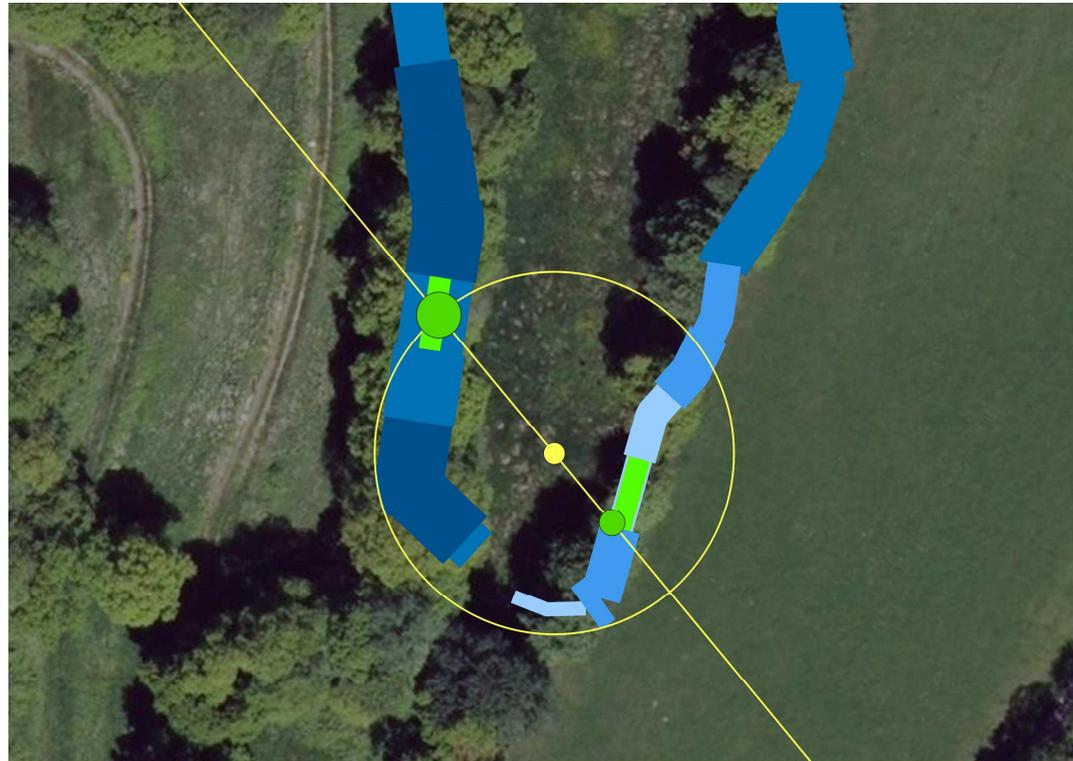
- Positionnement du point d'inventaire, du périmètre de recherche de 25 m de rayon et du transect d'azimut aléatoire
- Calcul de la position des intersections transect-haie, i.e. des segments de haie inventoriés...
- ... dont le volume aérien total est calculé à partir des données IFN et du tarif
- Jointure entre les données IFN (incluant le volume prédit) et le linéaire du DSB...
- ... enrichie des métriques hauteur/largeur issues du MNHC



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi

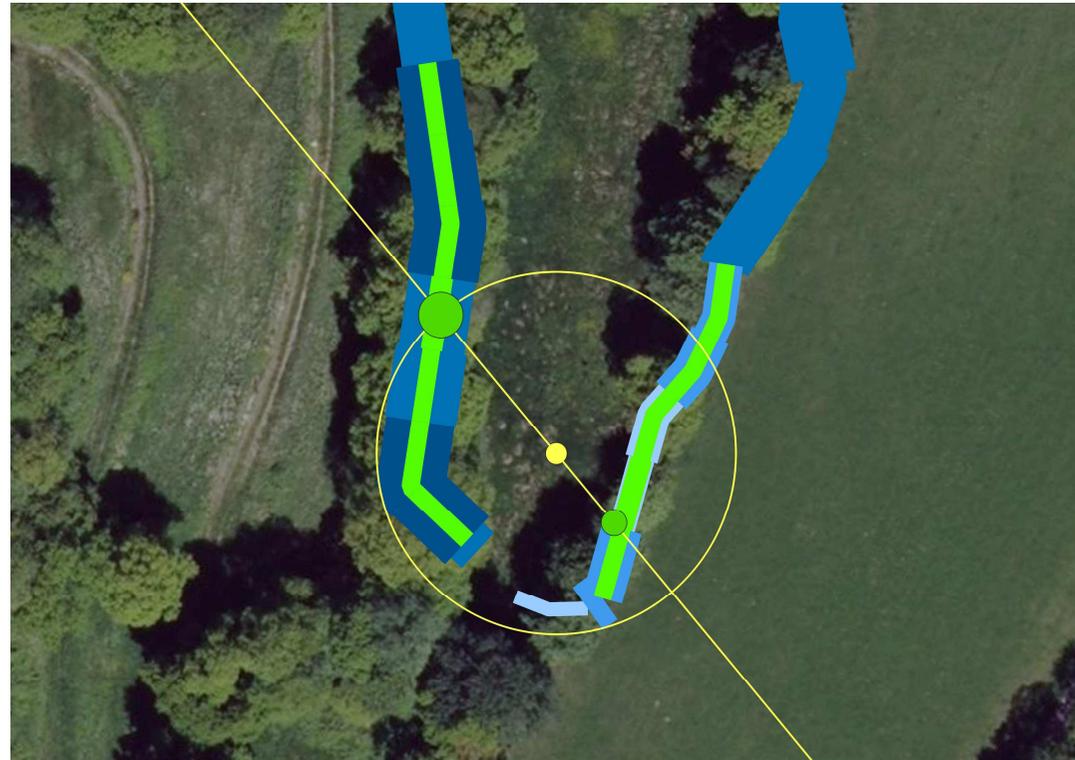
- Positionnement du point d'inventaire, du périmètre de recherche de 25 m de rayon et du transect d'azimut aléatoire
- Calcul de la position des intersections transect-haie, i.e. des segments de haie inventoriés...
- ... dont le volume aérien total est calculé à partir des données IFN et du tarif
- Jointure entre les données IFN (incluant le volume prédit) et le linéaire du DSB...
- ... enrichie des métriques hauteur/largeur issues du MNHC



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Jointure données IFN - DSB enrichi

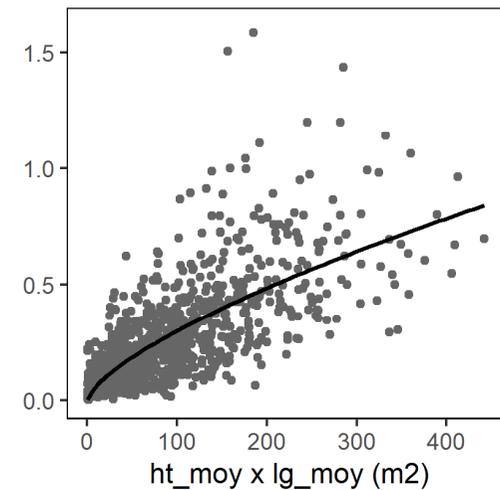
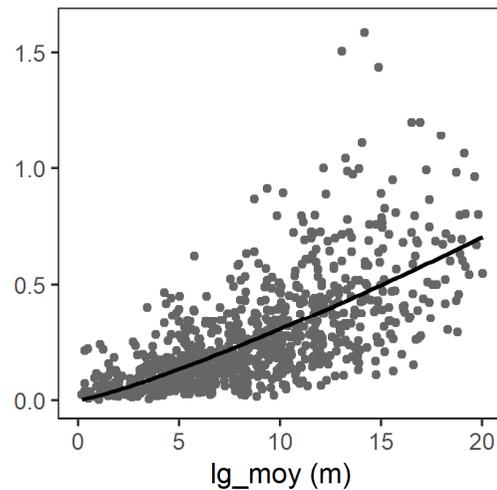
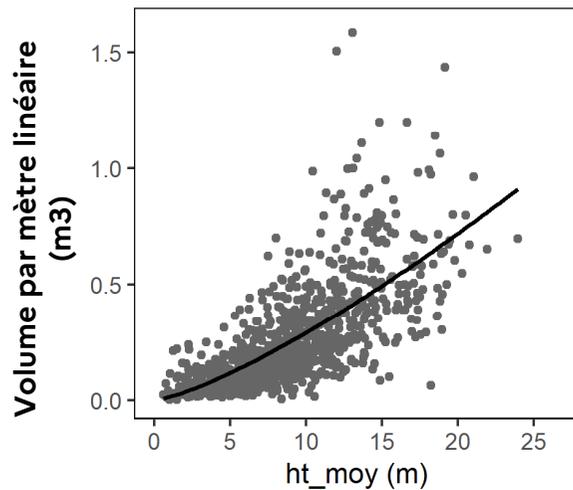
- Positionnement du point d'inventaire, du périmètre de recherche de 25 m de rayon et du transect d'azimut aléatoire
- Calcul de la position des intersections transect-haie, i.e. des segments de haie inventoriés...
- ... dont le volume aérien total est calculé à partir des données IFN et du tarif
- Jointure entre les données IFN (incluant le volume prédit) et le linéaire du DSB...
- ... enrichie des métriques hauteur/largeur issues du MNHC
- Sélection des segments DSB adjacents



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Modèle de conversion métriques MNHC - volume

- Conversion du volume sur 50 m (longueur standard IFN) en volume par mètre linéaire (linéaire DSB \neq multiple 50 m)
- Calcul de la hauteur et de la largeur moyennes des segments DSB sélectionnés
- Création d'une variable : hauteur moyenne x largeur moyenne de la haie = surface de section transversale de la haie



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Modèle de conversion métriques MNHC - volume

Modèle non linéaire de type aX^b :

$$V0_ml = 0,0116 * (ht_moy * lg_moy) ^ 0,708$$

V0_ml : volume de bois total par mètre linéaire du segment de haie de 50 m (issu du tarif)

ht_moy : hauteur moyenne du segment de haie

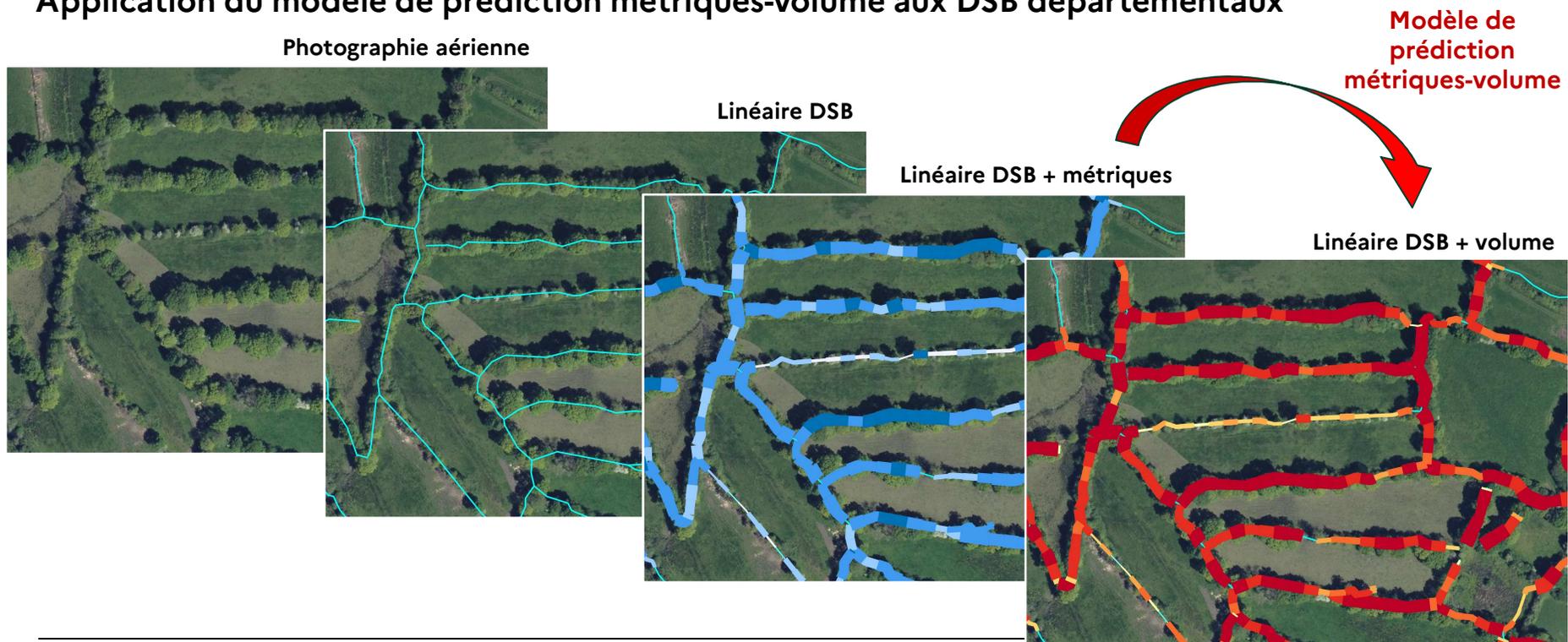
lg_moy : largeur moyenne du segment de haie

Modélisation des stocks actuels/prélevés



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Application du modèle de prédiction métriques-volume aux DSB départementaux



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Application du modèle de prédiction métriques-volume aux DSB départementaux

Modèle de prédiction appliqué deux fois :

1^{ère} fois : sur le linéaire DSB total

Métriques MNHC récentes (millésime MNS 2) => **volume sur pied actuel**

2^{ème} fois : sur le linéaire DSB identifié comme « prélevé »

Métriques MNHC anciennes (millésime MNS 1) => **volume sur pied ancien**

=> **volume récemment prélevé** = **volume sur pied ancien** - **volume sur pied actuel**

Modélisation des stocks actuels/prélevés

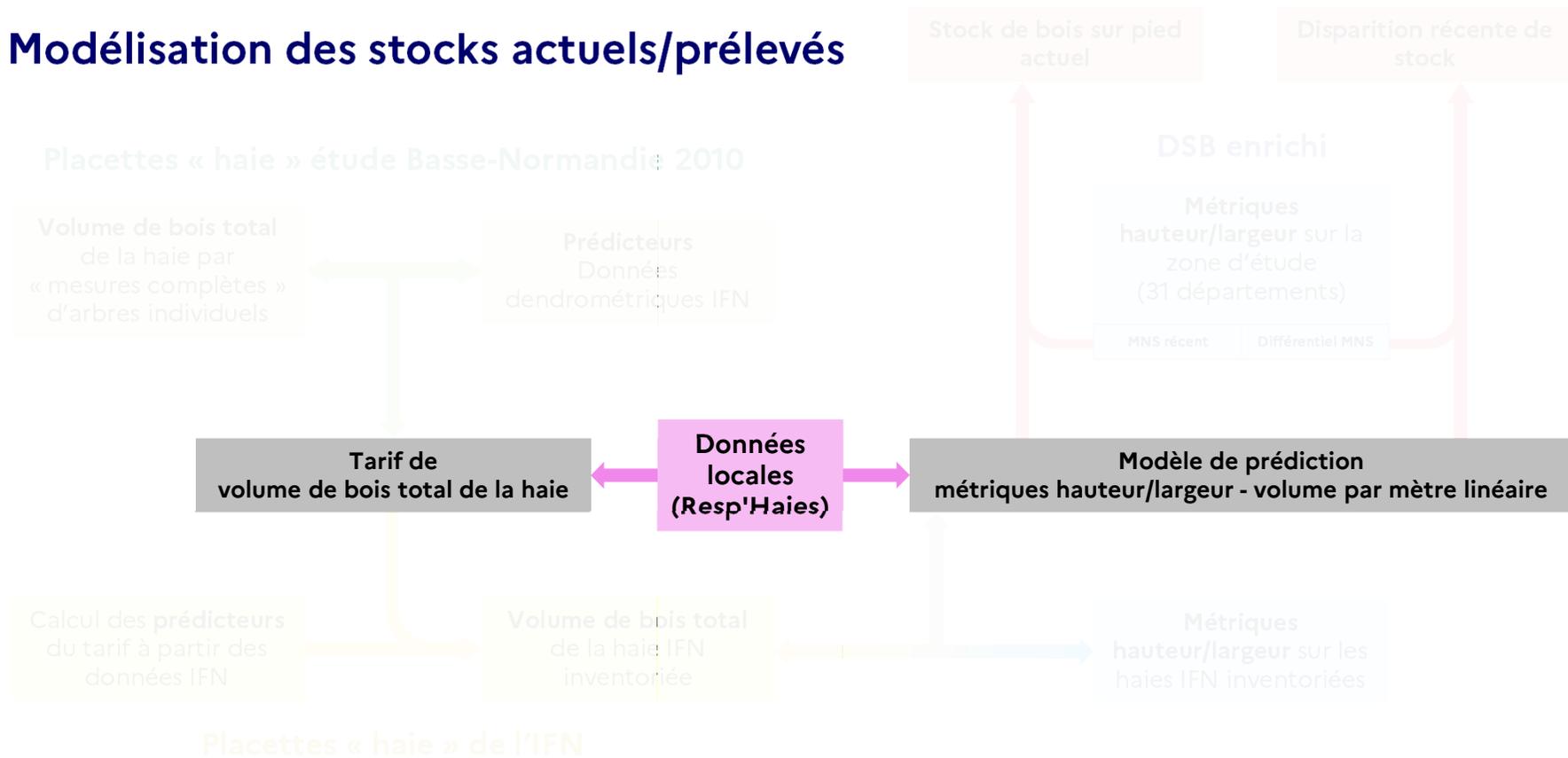
Utilisation de facteurs de conversion volume-biomasse-carbone

- Utilisation des valeurs d'infradensité (masse de bois anhydre sur volume saturé en eau, en kg/m³) du projet CARBOFOR
- => calcul d'un facteur de conversion volume-biomasse moyen : 524,5 kg/m³
- => taux de conversion biomasse-carbone aérien : 0,475
- => taux de conversion carbone aérien-carbone total (aérien+racines) : 1,28

| Essence | Effectif base IFN | Facteur de conversion volume-biomasse (CARBOFOR), en kg/m ³ |
|------------------|-------------------|--|
| Chêne | 51,5% | 540 |
| Frêne | 13,9% | 560 |
| Châtaignier | 5,6% | 470 |
| Saule | 4,0% | 370 |
| Petit érable | 2,6% | 560 |
| Hêtre | 2,5% | 550 |
| Grand aulne | 2,4% | 420 |
| Peuplier cultivé | 2,3% | 350 |

Source des valeurs CARBOFOR : Dupouey 2002

Modélisation des stocks actuels/prélevés



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Enrichissement de la méthode par des travaux provenant des acteurs des territoires

- Échanges avec des professionnels de la haie (AFAC-Agroforesteries, Solagro, SCIC Bois Bocage Energie) dans le cadre du projet **Resp'Haies** (*Résilience et performances des exploitations agricoles liées aux haies*)
- Objectifs du projet Resp'Haies :
 - => promouvoir l'implantation et la gestion multifonctionnelle des haies
 - => produire de nouveaux outils/référentiels à destination des agriculteurs, gestionnaires et politiques publiques
 - => produire un protocole de collecte de données standardisé et une méthode opérationnelle de cubage de la biomasse des haies
- Méthodologie Resp'Haies : chantiers d'exploitation de haies incluant mesures dendrométriques, cubages, pesées de biomasse, etc.



Modélisation des stocks actuels/prélevés

Enrichissement de la méthode par des travaux provenant des acteurs des territoires

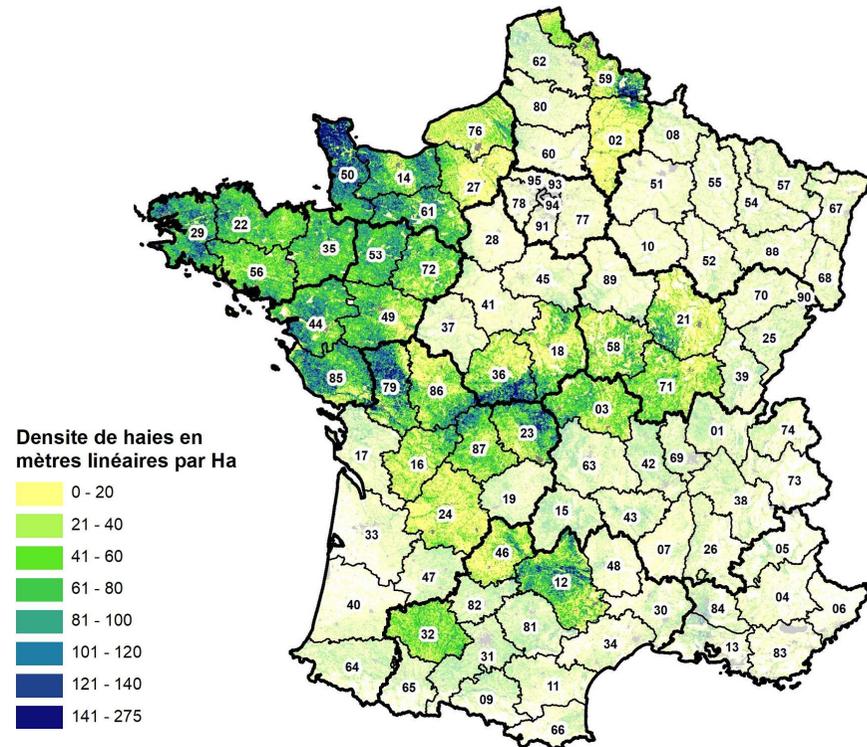
- Échanges qui ont permis :
 - => de comprendre les besoins et les enjeux mutuels
 - => d'identifier les points de complémentarité entre les approches locale (Resp'Haies) et large échelle (IGN) et d'engager une réflexion sur le passage de l'une à l'autre
- Base de donnée Resp'Haies en cours de construction (+ intégration future de régions françaises et de types de haie supplémentaires)
- Modèles préliminaires Resp'Haies => cohérence avec les modèles utilisés dans notre méthode générique ?
- A terme : **intégration de nouveaux tarifs de cubage et facteurs de conversion volume-biomasse à notre méthode générique** pour en améliorer la précision

5. RÉSULTATS SUR LA RESSOURCE ACTUELLE ET RÉCEMMENT PRÉLEVÉE

Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Zone d'étude

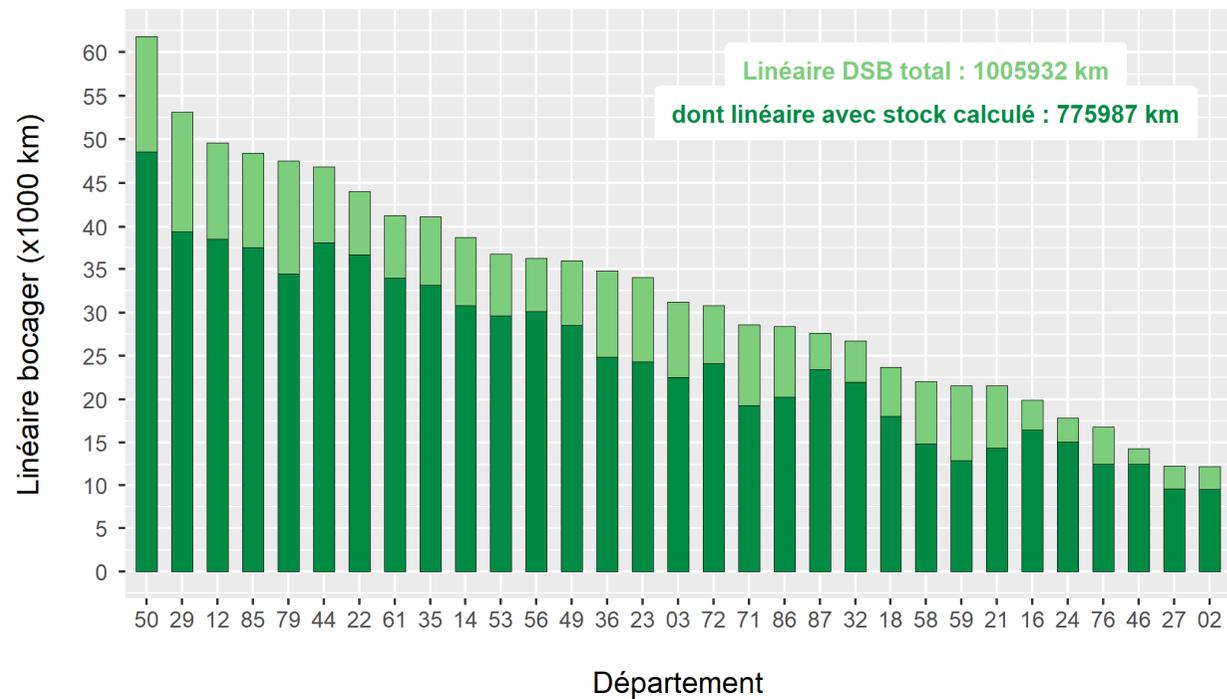
- 31 départements bocagers
- 38 % de la surface métropolitaine
- 2/3 du linéaire de haie de la France



Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource actuelle (linéaire)

- Linéaire total (DSB) de la zone d'étude : **1 Mkm**
- Linéaire possédant un volume (MNHC > 3 m) : **800 000 km**
- Classement :
 - 1^{er} : Manche (50)
 - 2^e : Finistère (29)
 - 3^e : Aveyron (12)
 - ...
 - 30^e : Eure (27)
 - 31^e : Aisne (02)



Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource actuelle (stocks sur pied)

- Stocks totaux zone d'étude :

=> volume aérien : **243 Mm³**
 (proche du volume des forêts
 de Lorraine), soit **314 m³/km**

=> biomasse aérienne : **128 MtMS**,
 soit **165 tMS/km**

=> carbone (aérien + racinaire) :
78 MtC, soit **100 tC/km**

- Classement :

1^{er} : Manche (50)

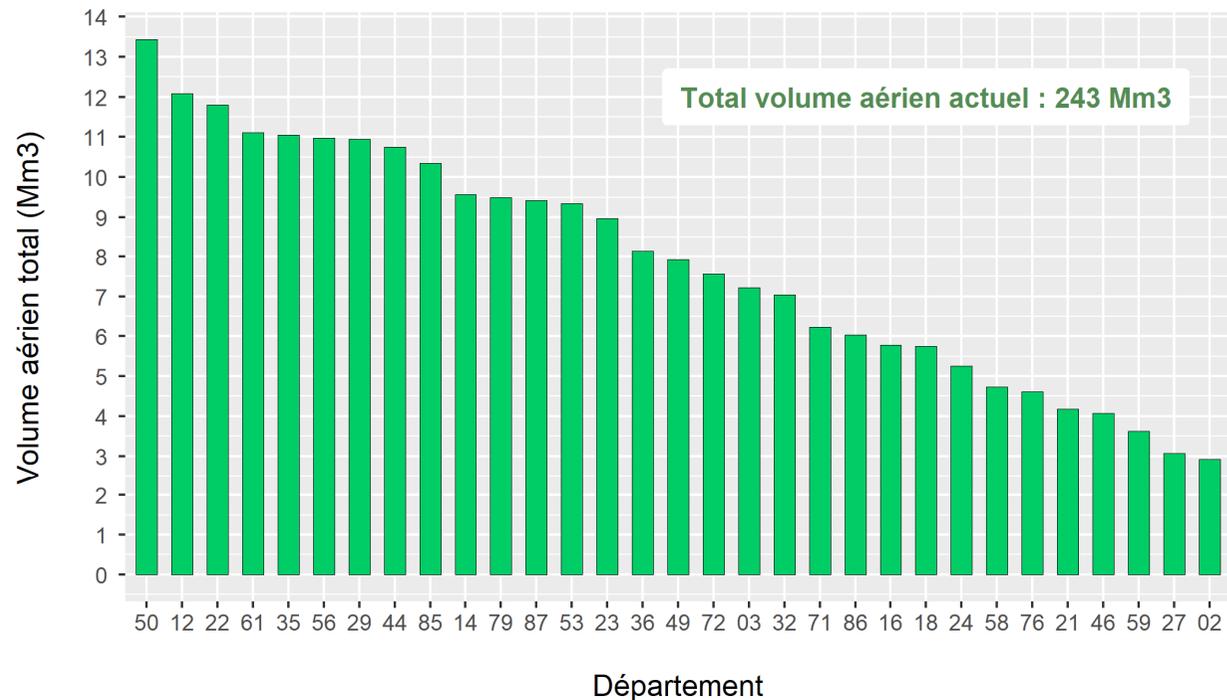
2^e : Aveyron (12)

3^e : Côtes-d'Armor (22)

...

30^e : Eure (27)

31^e : Aisne (02)



Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource actuelle (stocks sur pied)

- Stocks totaux zone d'étude :

=> volume aérien : **243 Mm³**
(proche du volume des forêts
de Lorraine), soit **314 m³/km**

=> biomasse aérienne : **128 MtMS**,
soit **165 tMS/km**

=> carbone (aérien + racinaire) :
78 MtC, soit **100 tC/km**

- Classement :

1^{er} : Manche (50)

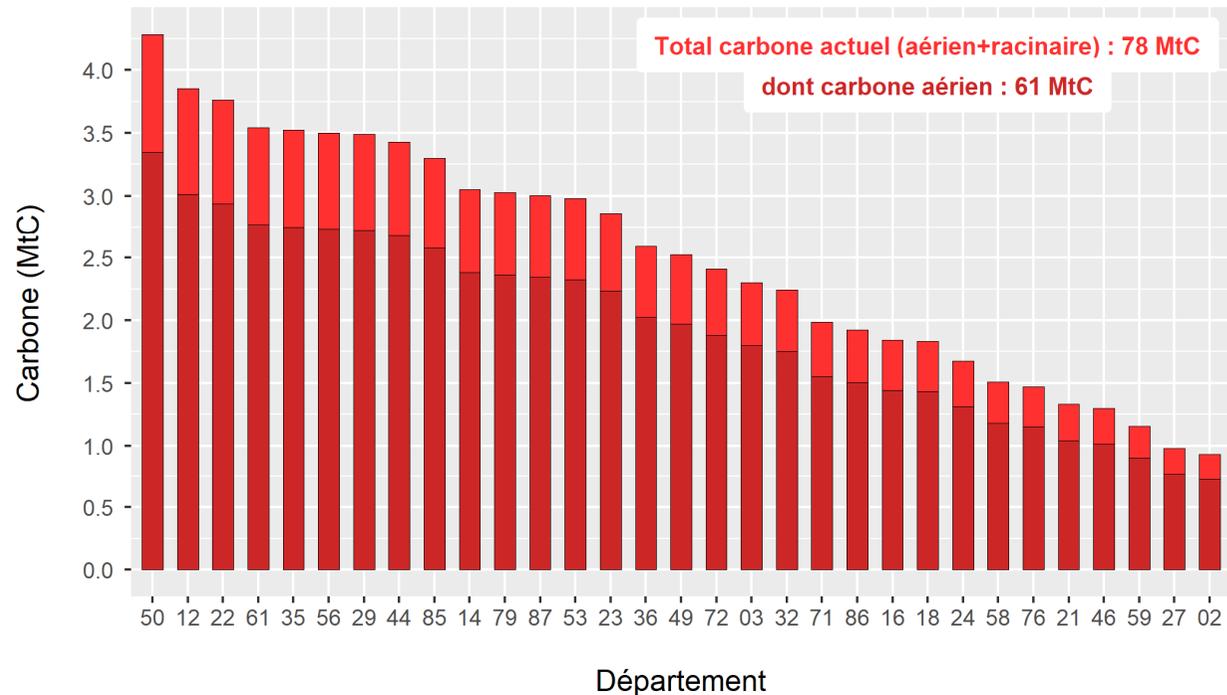
2^e : Aveyron (12)

3^e : Côtes-d'Armor (22)

...

30^e : Eure (27)

31^e : Aisne (02)



Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource actuelle (stocks sur pied par km et par classe de dimension des haies)

- Stocks moyens par km :

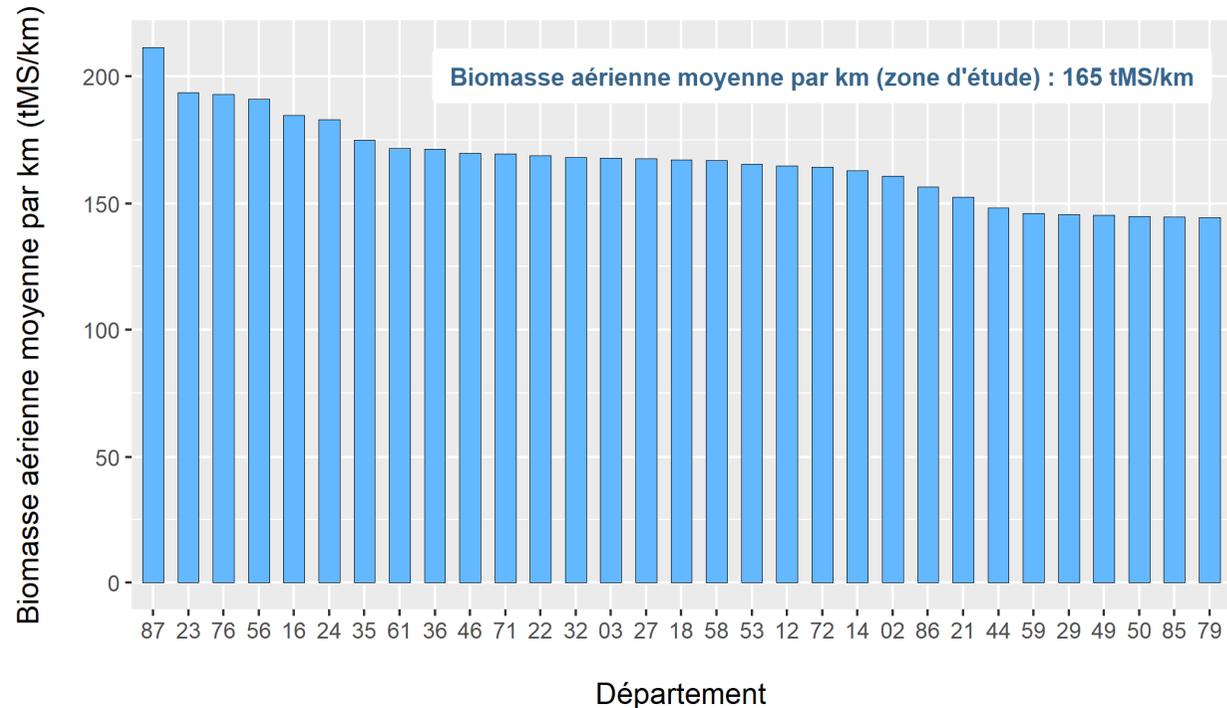
=> haies de 3 à 12 m de hauteur :
202 m³/km, 106 tMS/km, 64 tC/km

=> haies de 12 à 20 m de hauteur :
512 m³/km, 269 tMS/km, 164 tC/km

=> haies > 20 m de hauteur :
768 m³/km, 403 tMS/km, 245 tC/km

=> haies < 10 m de largeur :
163 m³/km, 85 tMS/km, 52 tC/km

=> haies > 10 m de largeur :
491 m³/km, 258 tMS/km, 157 tC/km



Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource actuelle (stocks sur pied par km et par classe de dimension des haies)

- Stocks moyens par km :

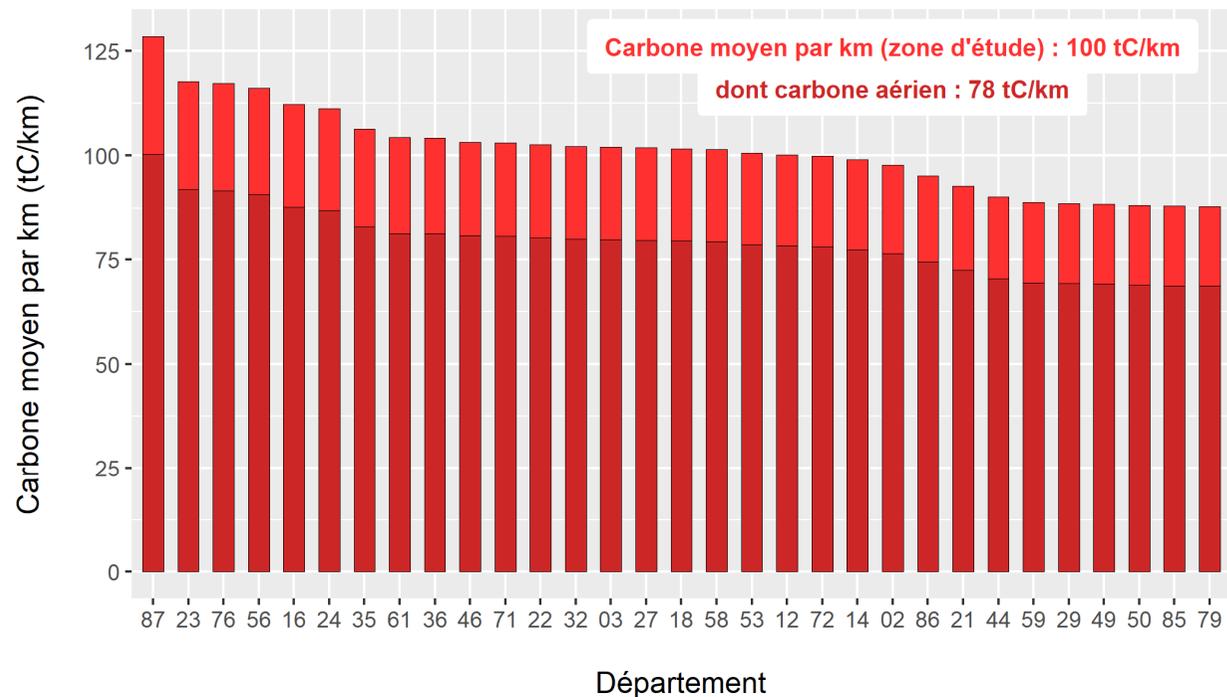
=> haies de 3 à 12 m de hauteur :
202 m³/km, 106 tMS/km, 64 tC/km

=> haies de 12 à 20 m de hauteur :
512 m³/km, 269 tMS/km, 164 tC/km

=> haies > 20 m de hauteur :
768 m³/km, 403 tMS/km, 245 tC/km

=> haies < 10 m de largeur :
163 m³/km, 85 tMS/km, 52 tC/km

=> haies > 10 m de largeur :
491 m³/km, 258 tMS/km, 157 tC/km

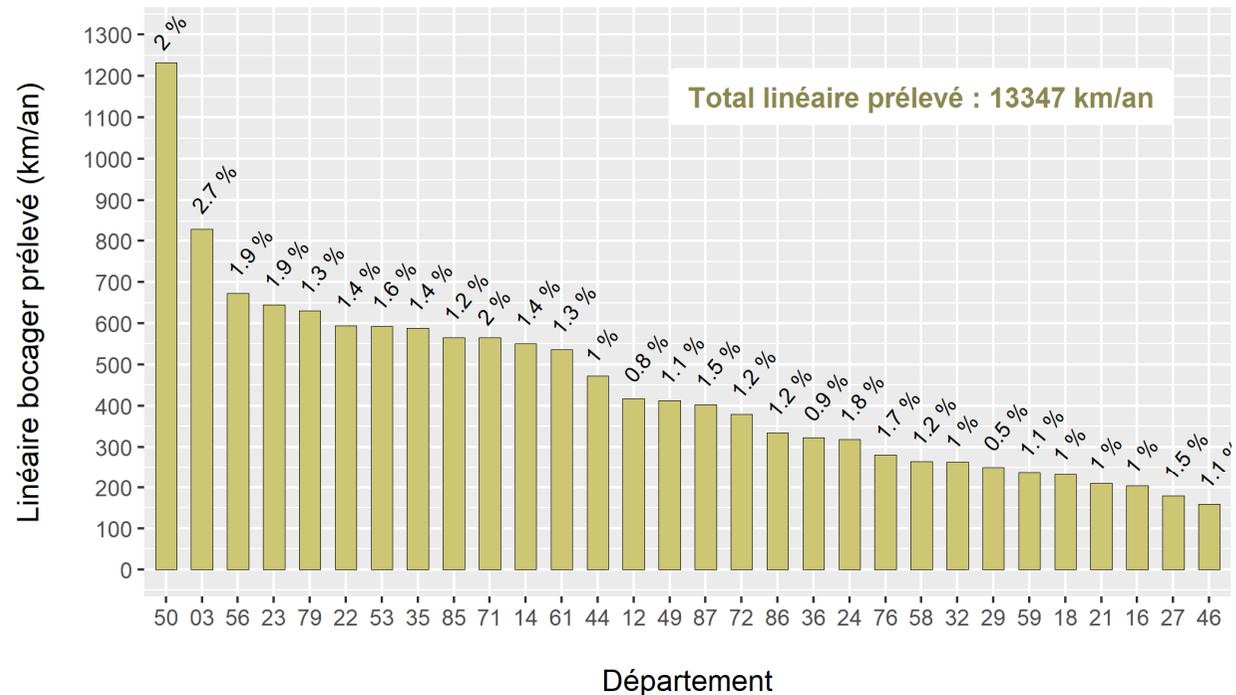


Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource prélevée annuellement (linéaire)

- Linéaire prélevé total zone d'étude :
13 300 km/an (1,3 %)

- Classement :
1^{er} : Manche (50)
2^e : Allier (03)
3^e : Morbihan (56)
...
30^e : Lot (46)



Les pourcentages correspondent à la fraction du linéaire départemental qui est prélevé chaque année

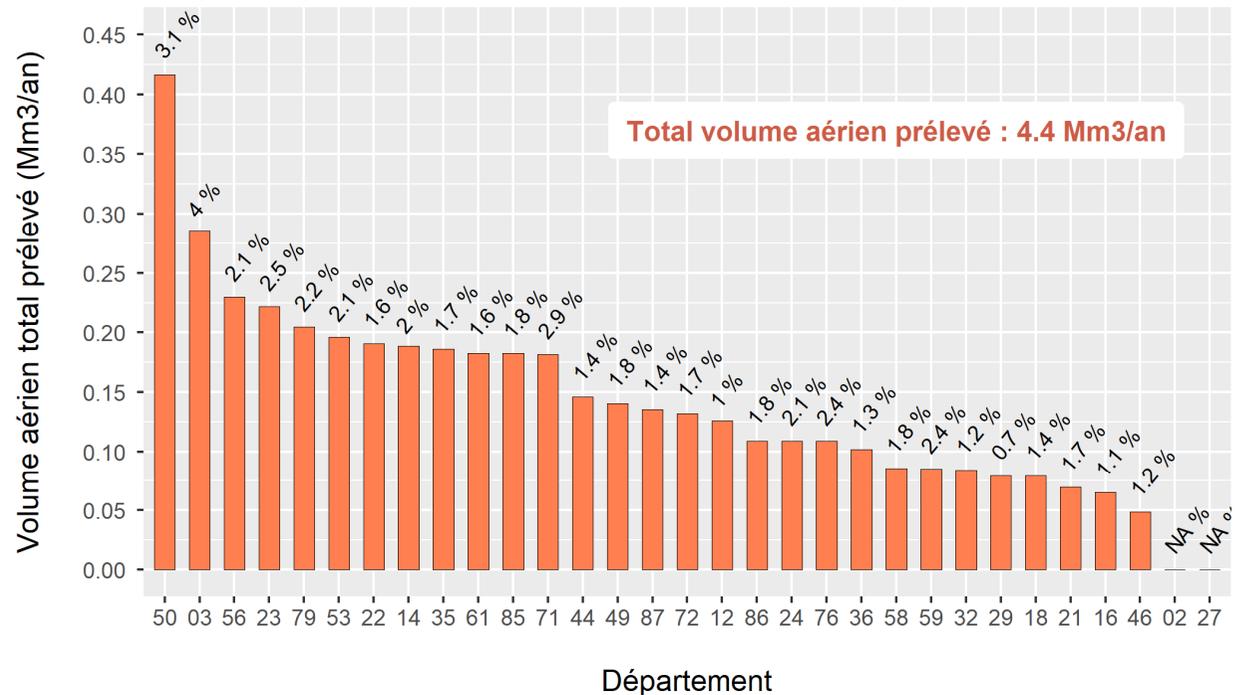
Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource prélevée annuellement (stocks)

- Stocks prélevés zone d'étude :
=> volume aérien : **4,4 Mm³/an**
=> biomasse aérienne : **2,3 MtMS/an**
=> carbone aérien : **1,1 MtC/an**
(soit 1,8 % du stock total)

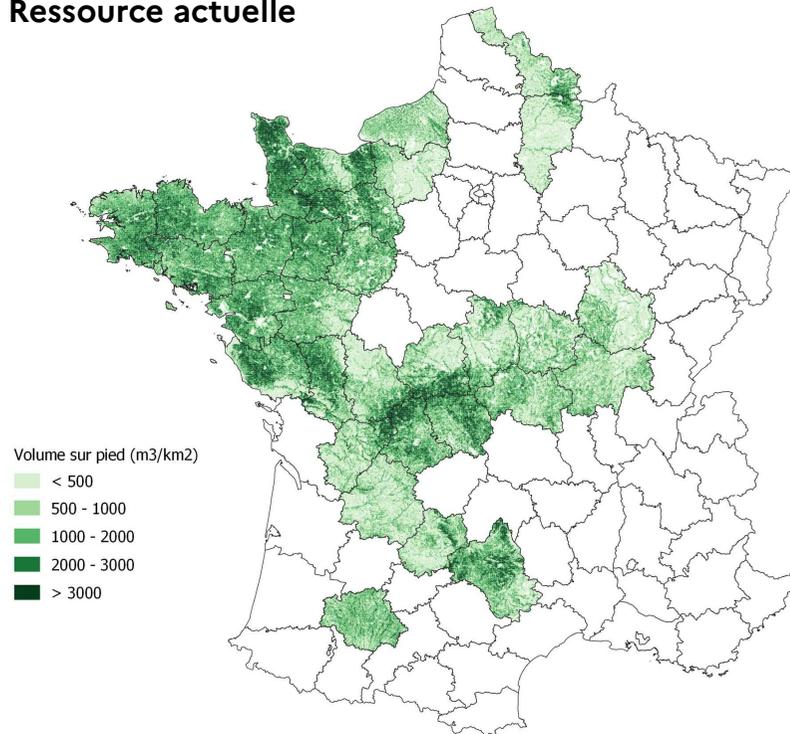
- Classement :
1^{er} : Manche (50)
2^e : Allier (03)
3^e : Morbihan (56)
...
29^e : Lot (46)

Les pourcentages correspondent à la fraction du stock départemental qui est prélevé chaque année

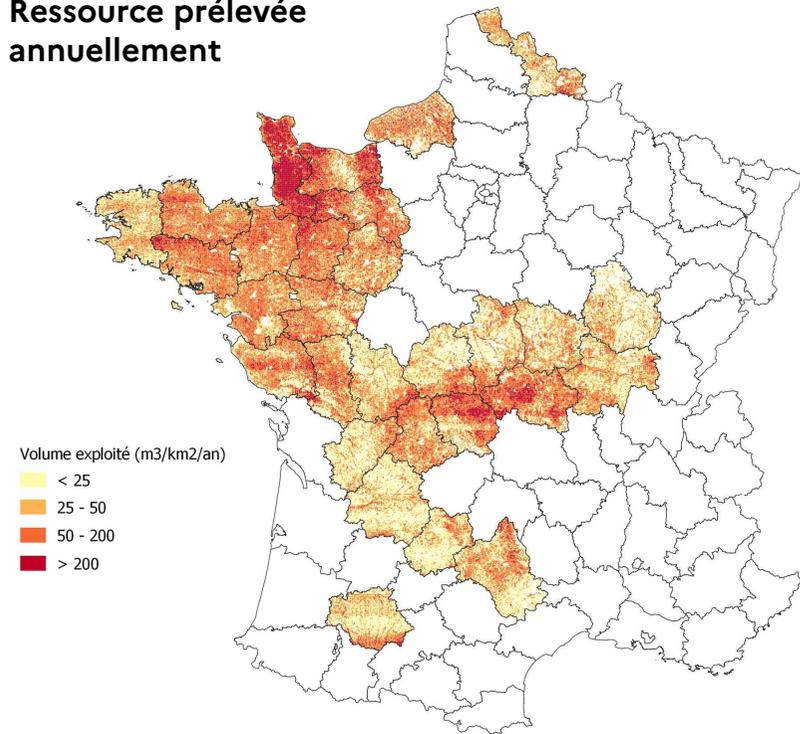


Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Ressource actuelle



Ressource prélevée
annuellement



Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Bilan par régions (linéaires)

| Région (% de couverture et départements concernés) | Linéaire DSB (km) | Linéaire avec un stock calculé (km) | Linéaire avec stock prélevé (km/an) |
|--|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Bretagne (100 %) (dep 22, 29, 35, 56) | 174 400 | 139 300 | 2 110 (1,5 %) |
| Normandie (100 %) (dep 14, 27, 50, 61, 76) | 171 000 | 135 600 | 2 780 (2,1 %) |
| Pays de la Loire (100 %) (dep 44, 49, 53, 72, 85) | 198 800 | 157 800 | 2 420 (1,5 %) |
| Auvergne-Rhône-Alpes (10 %) (dep 03) | 31 200 | 22 600 | 830 (3,7 %) |
| Bourgogne-Franche-Comté (51 %) (dep 21, 58, 71) | 72 100 | 48 600 | 1 050 (2,2 %) |
| Centre-Val de Loire (36 %) (dep 18, 36) | 58 500 | 42 900 | 550 (1,3 %) |
| Hauts-de-France (41 %) (dep 02, 59) | 33 800 | 22 500 | 240 (1,1 %) |
| Nouvelle-Aquitaine (46 %) (dep 16, 23, 24, 79, 86, 87) | 175 500 | 133 800 | 2 540 (1,9 %) |
| Occitanie (28 %) (dep 12, 32, 46) | 90 600 | 73 100 | 840 (1,2 %) |

Résultats sur la ressource actuelle et récemment prélevée

Bilan par régions (stocks)

| Région (% de couverture et départements concernés) | Volume aérien actuel (m ³) | Carbone total (aérien + racines) actuel (tC) | Ratio stock prélevé par an /stock actuel (%) |
|--|--|--|--|
| Bretagne (100 %) (dep 22, 29, 35, 56) | 44 763 000 | 14 275 000 | 1,5 |
| Normandie (100 %) (dep 14, 27, 50, 61, 76) | 41 799 000 | 13 330 000 | 2,1 |
| Pays de la Loire (100 %) (dep 44, 49, 53, 72, 85) | 45 927 000 | 14 646 000 | 1,7 |
| Auvergne-Rhône-Alpes (10 %) (dep 03) | 7 218 000 | 2 302 000 | 4 |
| Bourgogne-Franche-Comté (51 %) (dep 21, 58, 71) | 15 141 000 | 4 829 000 | 2,2 |
| Centre-Val de Loire (36 %) (dep 18, 36) | 13 875 000 | 4 425 000 | 1,3 |
| Hauts-de-France (41 %) (dep 02, 59) | 6 531 000 | 2 083 000 | 1,3 |
| Nouvelle-Aquitaine (46 %) (dep 16, 23, 24, 79, 86, 87) | 44 956 000 | 14 336 000 | 1,9 |
| Occitanie (28 %) (dep 12, 32, 46) | 23 196 000 | 7 397 000 | 1,1 |

6. APPORTS DE L'ÉTUDE, PISTES D'AMÉLIORATION ET PERSPECTIVES

Apports majeurs de l'étude

- Première évaluation large échelle de la ressource bocagère actuelle et récemment prélevée
- Identification de tendances régionales
- Méthodologie multisource (couche géographique du DSB, données de télédétection, données d'inventaire *in-situ* de l'IFN)
- Méthodologie générique, documentée et reproductible
- Lancement des échanges avec les acteurs des territoires impliqués dans la gestion et la valorisation des haies (AFAC-Agroforesteries, Solagro, SCIC Bois Bocage Energie)

Limites méthodologiques

Calcul des métriques de hauteur/largeur des haies

- Taux de sondage des pixels du MNHC par l'approche des perpendiculaires limité
- Possibilité de « double-comptes » en cas de virage serré de la haie
- Etat de végétation de la haie pouvant influencer les métriques calculées (notamment sur les photographies aériennes réalisées en début et fin de saison de végétation)

Identification des haies ayant subi des prélèvements

- Basée uniquement sur la baisse de hauteur de la haie (élagages et taille latérale non pris en compte)
- Pas de distinction entre les haies exploitées durablement et les prélèvements définitifs

Modélisation des stocks

- Tarif de cubage élaboré uniquement en Basse-Normandie et qui ne distingue pas les essences
- Valeurs d'infradensité du bois obtenues sur des arbres de forêt et uniquement sur le tronc à 1,30 m (pas de valeurs pour les branches)

Pistes d'amélioration et perspectives

- Amélioration de la précision des métriques de haie grâce à la couverture LiDAR HD de l'IGN et l'utilisation de nouveaux algorithmes de traitement des MNHC
- Production de nouveaux tarifs de cubage et facteurs de conversion volume-biomasse-carbone spécifiques aux haies : poursuite des échanges avec les partenaires du projet Resp'Haies
- Extension de la méthode à la France entière en 2022
- Évaluation des disponibilités futures en ressource bocagère selon différents scénarios de gestion, à partir :
 1. de la quantification de l'accroissement annuel des haies (différentiel de métriques entre deux millésimes MNS sur l'ensemble du territoire, et pas seulement sur le linéaire identifié comme « prélevé »)
 2. de la distinction du type de prélèvement (arasements, autres coupes) grâce à l'utilisation de 3 millésimes MNS



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



IGN

INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

MERCI DE VOTRE ATTENTION