



Avril
2019

LIVRABLE

1.2B

Cartographie de la ressource forestière
à haute résolution

A. Munoz (ONF)

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| Contexte du projet | 3 |
| <i>Objet</i> | 3 |
| <i>Site d'étude</i> | 3 |
| Données d'entrée utilisées | 4 |
| <i>Données LiDAR aéroporté</i> | 4 |
| <i>Données de référence terrain</i> | 4 |
| Modélisation et cartographie des paramètres forestiers | 5 |
| 1. <i>Détection des individus</i> | 5 |
| 2. <i>Correspondance entre arbre terrain et détection LiDAR</i> | 5 |
| 3. <i>Prédiction de la famille d'essence et du diamètre sur les individus détectés</i> | 6 |
| 4. <i>Estimation des paramètres forestiers à la placette</i> | 7 |
| 5. <i>Application des modèles (cartographie)</i> | 7 |
| 6. <i>Notes importantes sur les modélisations</i> | 8 |
| Conclusion / Perspectives | 9 |
| Index des tableaux et figures | 9 |
| Sigles et acronymes | 10 |
| Annexes | 11 |
| <i>Méthode de modélisation des paramètres forestiers</i> | 11 |
| <i>Liste des couches géographiques produites</i> | 12 |
| <i>Annexe cartographique</i> | 13 |

Contexte du projet

Objet

Dans le cadre du projet PROTEST (Prospective Territoriale Spatialisée), la modélisation et la cartographie des paramètres forestiers à l'aide de données LiDAR aéroportée a été réalisée sur l'emprise du PNR du Massif des Bauges (dép. 73 et 74).

L'objet du présent document est de présenter les méthodes utilisées ainsi que les résultats obtenus.

Site d'étude

Le site d'étude (figure 1), d'une surface d'environ 88 400 ha, est constitué par le Parc Naturel Régional du Massif des Bauges (dép. 73 et 74). Les boisements forestiers, représentant environ 59% de la surface, sont constitués de peuplements feuillus (essentiellement du hêtre) et résineux (essentiellement des sapins et des épicéas).

La modélisation des paramètres forestiers à l'aide de données LiDAR aéroportée a été réalisée sur l'emprise des forêts privées et publiques.

1. Les forêts privées, d'une surface d'environ 30 800 ha, correspondent aux limites de peuplements forestiers issues de la cartographie de l'inventaire forestier de l'IGN.
2. Les forêts publiques, d'une surface d'environ 23 300 ha, correspondent à la limite de gestion (relevant du régime forestier), boisée ou non boisée.

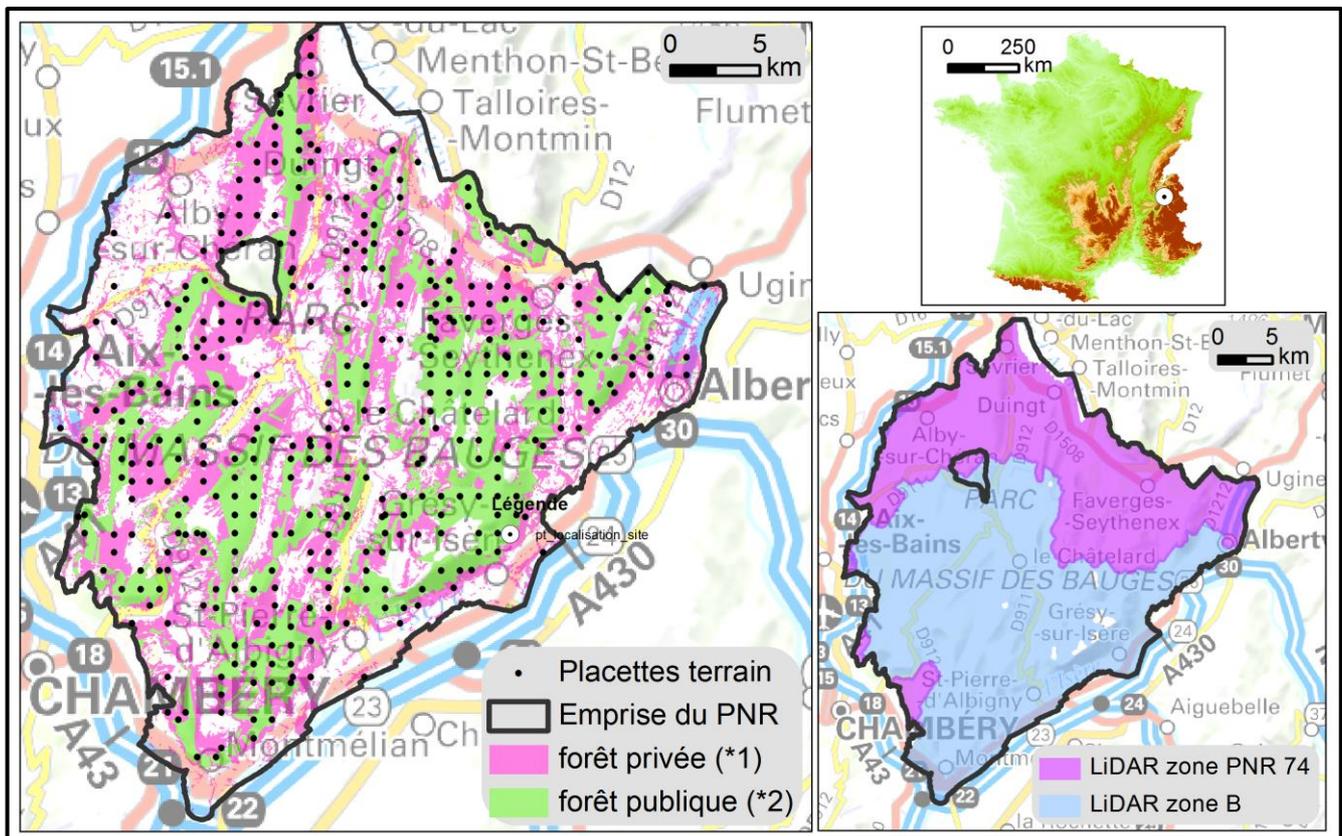


Figure 1 : Présentation du site d'étude.



Données d'entrée utilisées

Données LiDAR aéroporté

Deux sources de données LiDAR ont été utilisées (figure 1).

1. « LiDAR Savoie zone B »

Ces données, mises à disposition par la RGD 73-74 dans le cadre d'une convention, couvrent une surface d'environ 53 600 ha.

L'acquisition (vol) a été réalisée par l'IGN entre juin et septembre 2016 avec une densité d'émission moyenne de 4 points/m² (avec une répartition géographique hétérogène). Le traitement des données (classification, création des produits dérivés) a été réalisé par la société Sintégra.

2. « LiDAR zone PNR 74 »

Ces données, financées par le PNR du Massif des Bauges dans le cadre du projet PROTEST afin de compléter les secteurs non couverts par les données « LiDAR Savoie zone B », couvrent une surface d'environ 37 350 ha.

L'acquisition (vol) et le traitement des données ont été réalisés par la société Opsia en septembre 2018. La densité moyenne d'émission est de 13 points/m² (avec une répartition géographique hétérogène).

Compte tenu de la **différence importante de spécifications techniques entre les missions LiDAR** (densité d'émission et période d'acquisition), les **deux zones seront traitées de façon indépendante**, comme deux projets distincts.

Données de référence terrain

Les placettes de référence terrain ayant permis de calibrer les modèles de prédiction des paramètres forestiers sont issues de l'observatoire de la ressource mis en place dans le cadre du projet PROTEST. Il s'agit d'un réseau de 395 placettes permanentes (tableau 1) inventoriées par des équipes de l'IRSTEA et de l'ONF entre le printemps et l'automne 2018.

Sur chacune de ces placettes circulaires d'un rayon de 15 m, l'ensemble des arbres ($\varnothing \geq 17,5$ cm) ont été mesurés (diamètre, essence ...) et positionnés (azimut et distance par rapport au centre de la placette).

| Type de placette | Publique | | Privée | | Pub + Priv | |
|------------------|----------|------|--------|------|------------|------|
| Boisée | 139 | 70% | 177 | 91% | 316 | 80% |
| Non boisée | 7 | 4% | 2 | 1% | 9 | 2% |
| Hors inventaire | 54 | 27% | 16 | 8% | 70 | 18% |
| Total | 200 | 100% | 195 | 100% | 395 | 100% |

Tableau 1 : Répartition des placettes de l'observatoire de la ressource.

| Paramètre forestier | « LiDAR Savoie zone B » (177 placettes) | | | | « LiDAR zone PNR 74 » (121 placettes) | | | |
|--------------------------|---|------|------|-------|---------------------------------------|------|------|-------|
| | Min | Moy | Max | CV | Min | Moy | Max | CV |
| G (m ² /ha) | 0,4 | 24,9 | 81,5 | 63 % | 0,3 | 27,7 | 89,7 | 58 % |
| GGB (m ² /ha) | 0,0 | 9,0 | 70,9 | 129 % | 0,0 | 12,2 | 73,4 | 106 % |
| N (t/ha) | 14 | 321 | 820 | 57 % | 14 | 314 | 849 | 55 % |
| Dg (cm) | 18 | 31 | 62 | 25 % | 18 | 34 | 62 | 23 % |

Tableau 2 : Récapitulatif des paramètres forestiers sur les placettes de référence terrain utilisées.

G : surface terrière, GGB : surface terrière des gros bois ($\varnothing \geq 42.5$ cm), N : densité, Dg : diamètre quadratique moyen, Min : valeur minimum, Moy : moyenne, Max : valeur maximum, CV : coefficient de variation (écart type / moyenne).

Les placettes ont été positionnées sur le terrain à l'aide d'un récepteur GNSS Trimble, puis un recalage manuel a été effectué afin de faire correspondre le mieux possible la position des arbres terrain avec les couronnes des arbres visibles sur le MNH LiDAR.

Les placettes posant un problème de positionnement (écart important par rapport au LiDAR) ou présentant un écart entre l'acquisition LiDAR et la mesure terrain (exploitation, chablis) ont été exclues des traitements.

Au final, les placettes utilisées pour la calibration des modèles (tableau 2) sont au nombre de :

- 177 placettes sur la zone « LiDAR Savoie zone B » (13 placettes exclues sur les 190 placettes boisées)
- 121 placettes sur la zone « LiDAR zone PNR 74 » (12 placettes exclues sur les 133 placettes boisées)

Modélisation et cartographie des paramètres forestiers

La méthode de modélisation des paramètres forestiers utilisée ici repose sur une détection d'individus (couronnes d'arbre) à partir des données LiDAR (figure 8 en annexe).

1. Détection des individus

La détection des couronnes d'arbres a été réalisée à l'aide de l'outil Computree (Krebs & Piboule, <http://computree.onf.fr>) en utilisant la chaîne de traitement SEGMA mise au point par l'Université du Québec à Montréal (St-Onge et al.).

SEGMA permet de délimiter les enveloppes présumées des arbres à partir d'un modèle numérique de hauteur (MNH) LiDAR. Pour chaque individu détecté, on calcule ensuite des indicateurs permettant de les décrire : hauteur, surface et volume de couronne, forme du houppier.

Les MNH utilisés pour la détection des individus sont ici au pas de 50 cm. Sur la zone « LiDAR Savoie zone B », compte tenu de la faible densité LiDAR (émission d'environ 4 points/m²) il a été nécessaire de réaliser une interpolation afin de combler les « trous ».

2. Correspondance entre arbre terrain et détection LiDAR

Les données terrain ont été appariées avec les détections LiDAR : c'est-à-dire qu'on a fait correspondre chaque arbre terrain positionné avec sa détection LiDAR. On obtient ainsi un jeu de données d'arbres échantillon contenant pour chaque individu les informations relevées sur le terrain (essence, diamètre ...) et issues du LiDAR (hauteur, surface, volume et forme de couronne).

Le taux de détection global des arbres dans le nuage LiDAR (figures 2 et 3) est de seulement 56 à 61 %, mais il atteint près de 80 % pour les bois moyens ($\varnothing \geq 27,5$ cm) et 95 % pour les gros bois ($\varnothing \geq 42,5$ cm) et très gros bois ($\varnothing \geq 62,5$ cm).

Il est à noter que la différence entre les deux sites LiDAR traités est peu marquée.

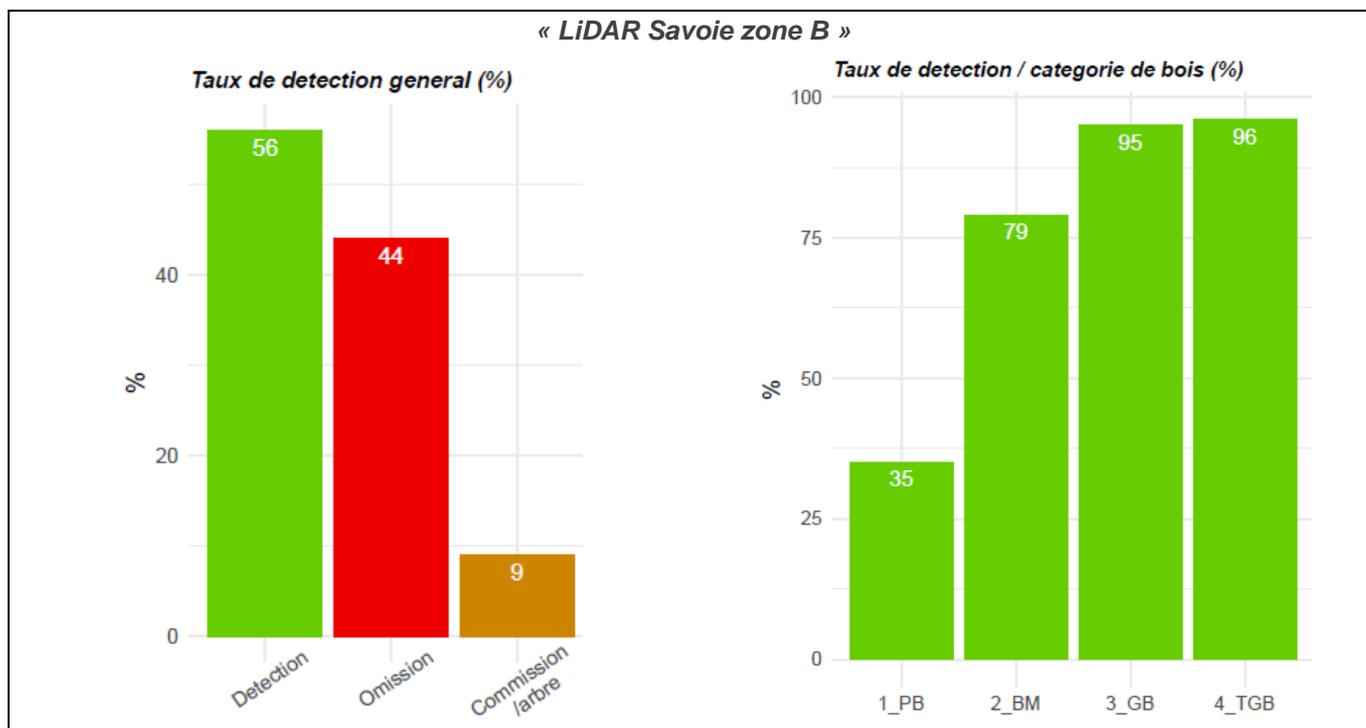


Figure 2 : Taux de détection des arbres dans le nuage LiDAR sur la zone « LiDAR Savoie zone B ».



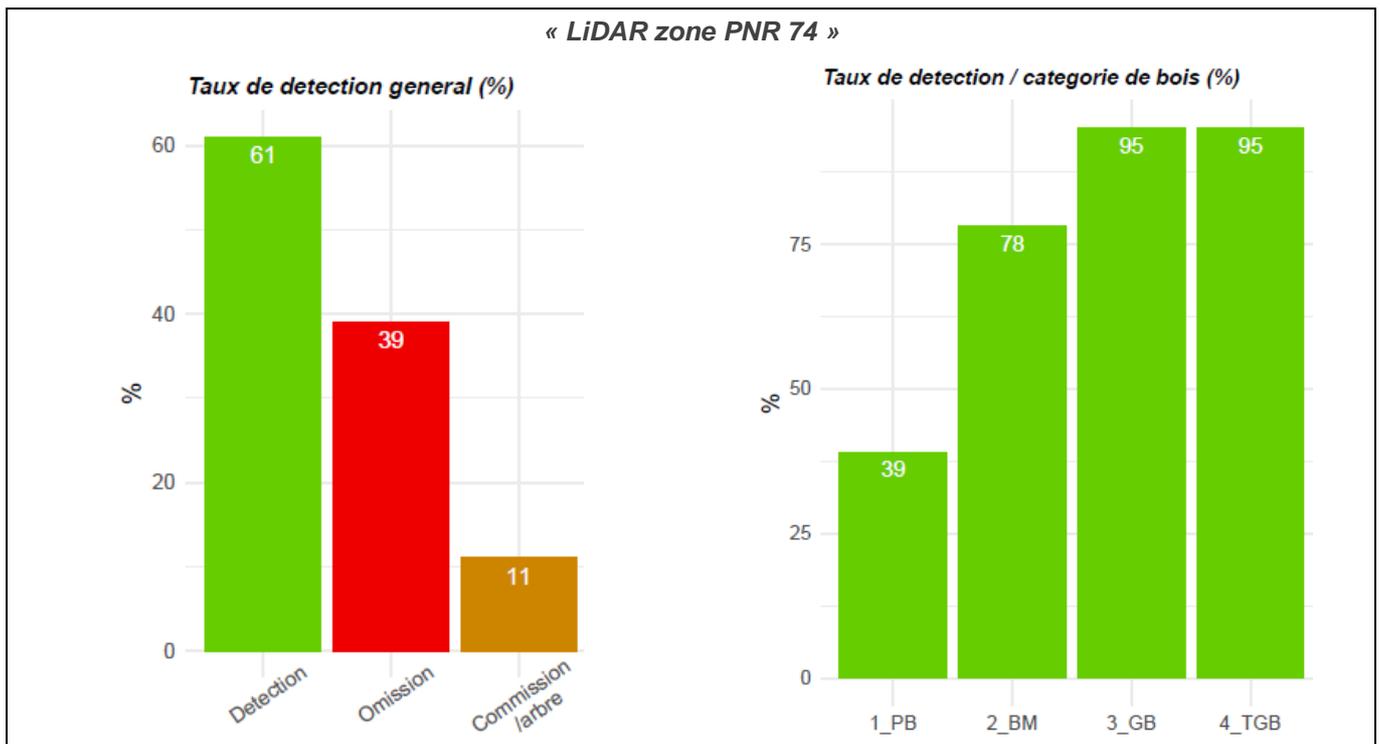


Figure 3 : Taux de détection des arbres dans le nuage LiDAR sur la zone « LiDAR zone PNR 74 ».

3. Prédiction de la famille d'essence et du diamètre sur les individus détectés

Le modèle de prédiction de l'essence, à l'individu, a été calibré à partir d'une partie de l'échantillon apparié (voir point 2) dans lequel le nombre d'individus par famille (feuillus / résineux) a été équilibré afin d'éviter un sur-apprentissage des espèces les plus représentées. La classification, réalisée par la méthode statistique des forêts aléatoires (randomforest), utilise des variables explicatives de forme, de surface et de hauteur de couronne ainsi que des informations stationnelles comme l'altitude.

Les taux de bonne prédiction (figure 4 et 5) sont de l'ordre de 80 %, quelle que soit la zone LiDAR traitée.

Le modèle de prédiction du diamètre, à l'individu, réalisé également par la méthode statistique des forêts aléatoires (randomforest), présente des erreurs d'environ 8 cm avec une variance expliquée d'environ 60% (figure 6). A noter ici une tendance à la sous-estimation des très gros diamètres (> 70 cm).

| « LiDAR Savoie zone B » | | | | |
|------------------------------|---|--------|-----|--------------------|
| Erreur OOB d'apprentissage : | | | | % bonne prédiction |
| | | Prédit | | |
| | | F | R | |
| Mesuré | F | 558 | 102 | 85 % |
| | R | 141 | 519 | 79 % |
| | | | | 82 % |

| « LiDAR Savoie zone B » | | | | |
|-------------------------------------|---|--------|-----|--------------------|
| Erreur en validation indépendante : | | | | % bonne prédiction |
| | | Prédit | | |
| | | F | R | |
| Mesuré | F | 307 | 68 | 81 % |
| | R | 55 | 229 | 82 % |
| | | | | 81 % |

Figure 4 : Matrice de confusion des erreurs de prédiction de la famille d'essence par individu sur la zone « LiDAR Savoie zone B ».

F : feuillu, R : résineux, en vert : individus bien prédits, en rouge : individus mal prédits

| « LiDAR zone PNR 74 » | | | | | |
|------------------------------|---|-----|--------|------|--------------------|
| Erreur OOB d'apprentissage : | | | Prédit | | % bonne prédiction |
| | | | F | R | |
| Mesuré | F | 409 | 86 | 83 % | |
| | R | 108 | 387 | 78 % | |
| | | | | 80 % | |

| Erreur en validation indépendante : | | | | | |
|-------------------------------------|---|-----|--------|------|--------------------|
| | | | Prédit | | % bonne prédiction |
| | | | F | R | |
| Mesuré | F | 174 | 41 | 81 % | |
| | R | 47 | 172 | 79 % | |
| | | | | 80 % | |

Figure 5 : Matrice de confusion des erreurs de prédiction de la famille d'essence par individu sur la zone « LiDAR zone PNR 74 ».

F : feuillu, R : résineux, en vert : individus bien prédit, en rouge : individus mal prédits

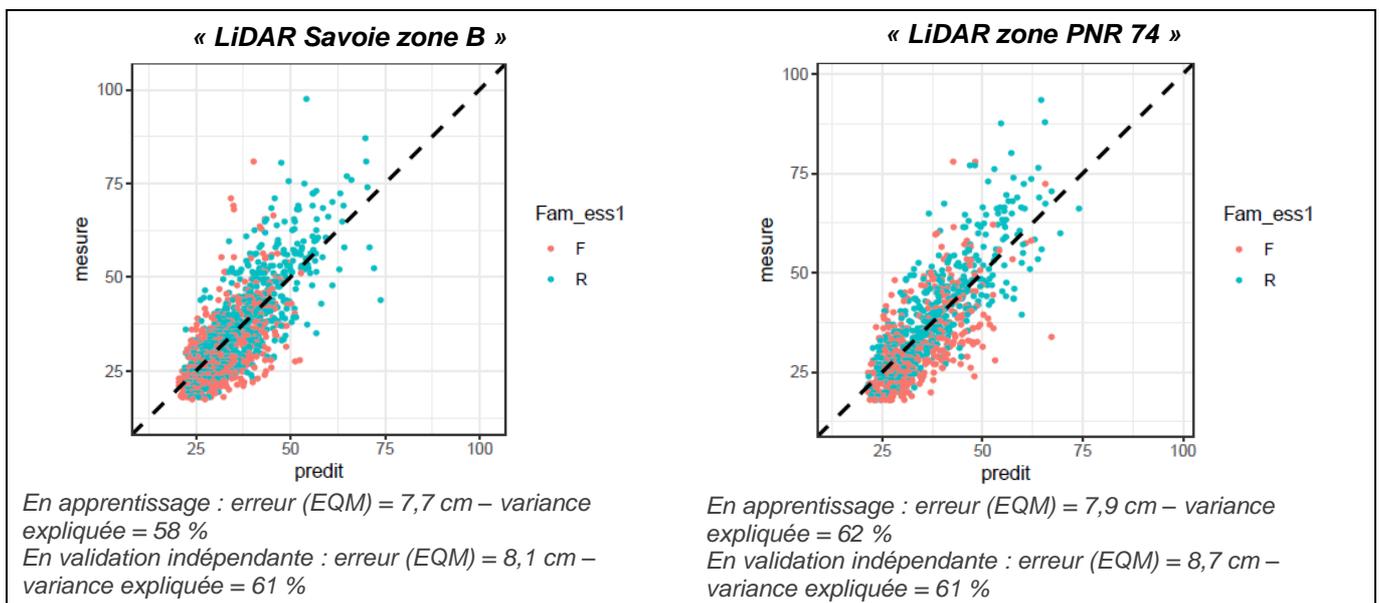


Figure 6 : Erreurs de prédiction du diamètre des arbres détectés dans le nuage LiDAR.

4. Estimation des paramètres forestiers à la placette

Les prédictions individuelles produites ici présentent des erreurs de détection (détection globale de 56 à 61 % avec un manque surtout dans les petits bois) et de prédiction du diamètre ou de l'essence. Ces résultats ne **doivent donc pas être considérés comme un inventaire en plein**, mais comme un indicateur permettant de prédire les paramètres forestiers.

Ainsi, afin d'estimer les paramètres forestiers, tels que la surface terrière, la densité ou le diamètre moyen, les modèles de prédiction de l'essence et du diamètre sont appliqués à l'ensemble des apex détectés. Puis le calcul, à la placette de 7 ares, consiste à faire la somme ou la moyenne des caractéristiques des apex sur la placette. L'estimation directe des paramètres (somme brute des apex de chaque placette) présentant un biais (lié aux erreurs individuelles), il est nécessaire de le corriger par l'application d'une régression linéaire.

Les erreurs de prédictions des paramètres forestiers sont présentées dans le tableau 3.

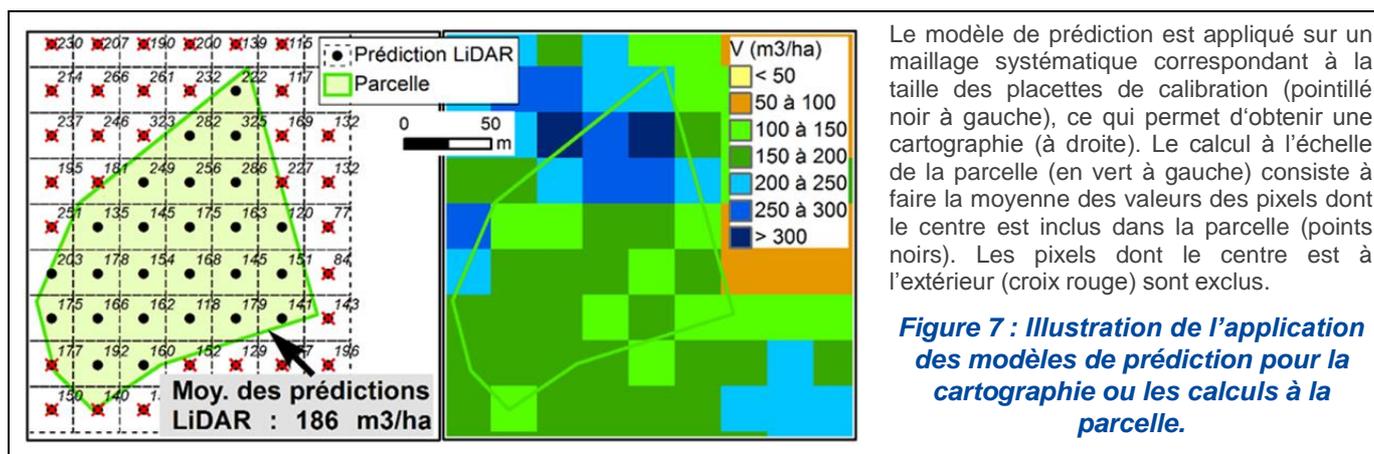
5. Application des modèles (cartographie)

Une fois les modèles de prédiction établis, il a été possible de les appliquer à l'ensemble de la zone couverte par la mission LiDAR pour produire une cartographie en continu. Cette spatialisation nécessite d'abord un découpage de l'espace selon un maillage systématique, ici des « pixels » à base carrée sur chacun desquels ont été identifiés les couronnes et les apex nécessaires à l'application des modèles de prédiction. On obtient ainsi la valeur prédite des paramètres forestiers pixel par pixel (figure 7). La taille des pixels a été fixée à 26,6 m de côté (707 m²) afin de correspondre à la surface des placettes de calibration terrain (706 m²).



| Paramètre forestier prédit | « LiDAR Savoie zone B » | | « LiDAR zone PNR 74 » | |
|---|-------------------------|--|-----------------------|--|
| | Erreur (EQM) | Coef. de détermination (R ²) | Erreur (EQM) | Coef. de détermination (R ²) |
| Surface terrière G (m ² /ha) | 7,2 (27%) | 77 % | 7,0 (24 %) | 79 % |
| Surface terrière des gros bois GGB (m ² /ha) | 4,9 (51%) | 82 % | 5,0 (39 %) | 84 % |
| % de gros bois (%) | 16 % | 70 % | 16 % | 71 % |
| Diamètre dominant D0 (cm) | 4,9 (12 %) | 80 % | 5,3 (11 %) | 77 % |
| Diamètre quadratique moyen Dg (cm) | 3,6 (11%) | 78% | 3,5 (10 %) | 76 % |
| Densité N (t/ha) | 122 (36%) | 52 % | 107 (33 %) | 60 % |
| % résineux / feuillus (en % de G) | 13 % | 87 % | 12 % | 86 % |
| Surface terrière résineux GR (m ² /ha) | 5,6 (41 %) | 86 % | 4,7 (28 %) | 90 % |
| Surface terrière feuillus GF (m ² /ha) | 5,3 (42%) | 76 % | 5,3 (44 %) | 75 % |

Tableau 3 : Erreurs des modèles de prédiction des paramètres forestiers à l'échelle de la placette (7 ares).



6. Notes importantes sur les modélisations

Pour des raisons esthétiques et afin de faciliter les analyses, les résultats obtenus sur les deux zones LiDAR ont été agrégés en couches uniques (voir liste des données produites en annexe – tableau 5).

Lors des modélisations (calibration et application des modèles), les placettes ou cellules considérées comme non précomptables (\emptyset des arbres < 17.5 cm) ou chétives ont été exclues (mise à 0 des paramètres forestiers).

Pour cela, les cellules (7 ares) ne contenant aucun apex (arbre détecté au LiDAR) supérieur à 13 m de hauteur ou moins de 100 apex/ha de hauteur comprise entre 13 et 17 m de hauteur ont été exclues (mise à 0).

Lors de l'application des modèles (cartographie), les cellules de forte pente (non exploitables et dont la hauteur des arbres détectés risque d'être fortement erronée) ont été exclues (mise à no data).

Pour cela, les cellules (7 ares) dont plus de 20 % des apex (arbre détecté au LiDAR) se situent sur une pente supérieure à 110 % ont été exclues (mise à no data).

Conclusion / Perspectives

L'application de la chaîne de traitement mise au point par le département RDI de l'ONF a permis de modéliser et cartographier les paramètres forestiers sur l'ensemble de la surface forestière de la zone d'étude (surface importante d'environ 55 000 ha).

Les **diamètres dominant (D0) et moyen (Dg)** ont été prédits avec de très bons résultats : des erreurs faibles (environ 5 cm pour D0 et 3,5 cm pour Dg) et des R² élevés (76 à 80 %).

La prédiction de **la surface terrière (G)**, à l'échelle de la placette ou du pixel (7 ares), présente des erreurs assez élevées (7,0 à 7,2 m²/ha). Malgré tout, les R² importants des modèles (77 à 79 %) permettent d'espérer une diminution des erreurs sur des surfaces de prédiction plus importantes (> 1 ha). A titre d'exemple, le tableau 4 présente l'évolution des erreurs de prédiction en fonction de la surface de prédiction sur des sites modélisés avec des méthodes similaires.

De plus, les erreurs de prédiction de G sont à relativiser quand on les compare à celles obtenues avec des méthodes « classiques » d'inventaire couramment utilisées. Par exemple, lors d'inventaires à l'aide d'une chaînette relascopique, les erreurs obtenus sur 1 ha sont en moyenne de 6,3 m²/ha et peuvent atteindre 8,7 m²/ha avec un biais important (tableau 4).

La prédiction de la **répartition entre feuillus et résineux** est de bonne qualité avec des R² supérieures à 85 %.

Il est à noter ici que sur les deux zones LiDAR les résultats des modélisations sont équivalents et cela malgré la différence importante de densité (densité démission de 4 et 13 points/m²).

| Site | Prédiction à l'aide de données LiDAR | | Erreur relascopique sur 1 ha (pour info) * |
|---------------------|--|--|---|
| | Erreur sur 7 ares (modèle de prédiction) | Erreur sur 1 ha (validation indépendante) | |
| Combe d'Aillon (73) | 7,1 m ² /ha | 3,9 m ² /ha (biais -1,0 m ² /ha) | Erreur : 6,3 m ² /ha en moyenne (jusqu'à 8,7 m ² /ha) Biais : -2,1 m ² /ha en moyenne (jusqu'à -6,2 m ² /ha) |
| Grand Genève (01) | 6,7 m ² /ha | 5,4 m ² /ha (biais 1,4 m ² /ha) | |
| Modane (73) | 6,4 m ² /ha | 4,3 m ² /ha (biais 0,8 m ² /ha) | |

Tableau 4 : Evolution des erreurs de prédiction de la surface terrière en fonction de la surface prédite.

* étude RDI ONF (remesure) menée sur 202 points au facteur 1 (sur 7 forêts de montagne ≠)

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Répartition des placettes de l'observatoire de la ressource..... | 4 |
| Tableau 2 : Récapitulatif des paramètres forestier sur les placettes de référence terrain utilisées..... | 4 |
| Tableau 3 : Erreurs des modèles de prédiction des paramètres forestiers à l'échelle de la placette (7 ares)..... | 8 |
| Tableau 4 : Evolution des erreurs de prédiction de la surface terrière en fonction de la surface prédite..... | 9 |
| Tableau 5 : Liste des couches géographies produites (prédiction)..... | 12 |
| Figure 1 : Présentation du site d'étude..... | 3 |
| Figure 2 : Taux de détection des arbres dans le nuage LiDAR sur la zone « LiDAR Savoie zone B »..... | 5 |
| Figure 3 : Taux de détection des arbres dans le nuage LiDAR sur la zone « LiDAR zone PNR 74 »..... | 6 |
| Figure 4 : Matrice de confusion des erreurs de prédiction de la famille d'essence par individu sur la zone « LiDAR Savoie zone B »..... | 6 |
| Figure 5 : Matrice de confusion des erreurs de prédiction de la famille d'essence par individu sur la zone « LiDAR zone PNR 74 »..... | 7 |
| Figure 6 : Erreurs de prédiction du diamètre des arbres détecté dans le nuage LiDAR..... | 7 |
| Figure 7 : Illustration de l'application des modèles de prédiction pour la cartographie ou les calculs à la parcelle..... | 8 |
| Figure 8 : Méthode de modélisation des paramètres forestiers utilisée..... | 11 |
| Figure 9 : Carte de la hauteur dominante (H0) brute..... | 13 |
| Figure 10 : Carte de la surface terrière totale (G)..... | 14 |
| Figure 11 : Carte du % de gros bois (% GB)..... | 15 |
| Figure 12 : Carte du diamètre quadratique moyen (Dg)..... | 16 |
| Figure 13 : Carte de la répartition feuillus / résineux..... | 17 |



SIGLES ET ACRONYMES

| | |
|----------------------|--|
| EQM | Erreur quadratique moyenne |
| IGN | Institut National de l'Information Géographique et Forestière |
| IRSTEA | Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture |
| LiDAR | light detection and ranging |
| MNH | Modèle numérique de hauteur |
| ONF | Office National des Forêts |
| PNR | Parc Naturel Régional |
| PROTEST | Prospective Territoriale Spatialisée |
| R² | Coefficient de détermination |
| RDI | Département Recherche Développement et Innovation |
| RGD 73-74 | Régie de gestion des données des pays de Savoie |

Méthode de modélisation des paramètres forestiers

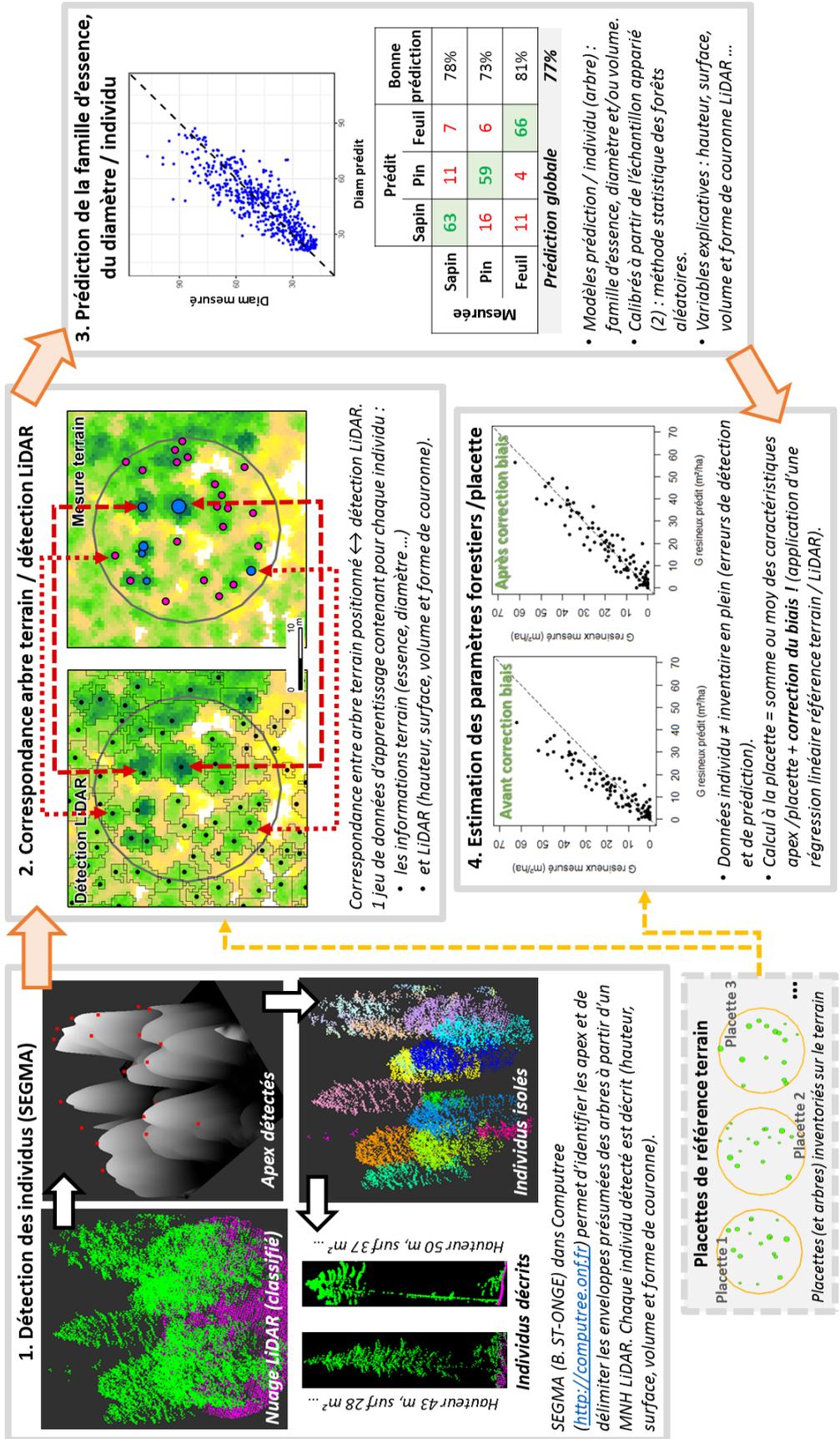


Figure 8 : Méthode de modélisation des paramètres forestiers utilisée.



Liste des couches géographiques produites

| Nom de la couche | Description | Format de données | Attributs | Observation |
|-------------------|---|---|---|---|
| D0_pred | Diamètre dominant (moyenne des 100 plus grosses tiges/ha) en cm | Raster (géotif) au pas de 26,6 m (7 ares) | Valeur de D0 (cm) en continu | |
| Dg_pred | Diamètre quadratique moyen en cm | | Valeur de Dg (cm) en continu | |
| F_R_pred | Répartition feuillus / résineux (en % de surface terrière) | | <ul style="list-style-type: none"> - 10 : feuillus pur > 80 % - 11 : feuillus dominant > 60 % - 20 : mélange - 30 : résineux pur > 80 % - 31 : résineux dominant > 60 % | |
| G_pred | Surface terrière totale en m ² /ha | | Valeur de G (m ² /ha) en continu | |
| GF_pred | Surface terrière des feuillus en m ² /ha | | Valeur de G (m ² /ha) en continu | |
| GGB_pred | Surface terrière des gros bois (Ø ≥ 17,5 cm) en m ² /ha | | Valeur de G (m ² /ha) en continu | |
| GR_pred | Surface terrière des résineux en m ² /ha | | Valeur de G (m ² /ha) en continu | |
| H0_lidar_pred | Hauteur dominante brute (sans calibration !) en m | | Valeur de H0 (m) en continu | Donnée non calibrée et non corrigée par rapport à une référence terrain |
| N_pred | Densité en tiges/ha | | Valeur de N (t/ha) en continu | |
| p100GF_pred | % de feuillus (en % de surface terrière) | | Valeur de % feuillus (%) en continu | |
| p100GGB_pred | % de gros bois (Ø ≥ 17,5 cm) | | Valeur de % gros bois (%) en continu | |
| p100GR_pred | % de résineux (en % de surface terrière) | | Valeur de % résineux (%) en continu | |
| zone_filtre_carto | Zone non précomptable exclue (non boisé, non précomptable ou chétif) | | <ul style="list-style-type: none"> - 1 : pas d'apex > 13 m de hauteur - 2 : moins de 100 apex/ha entre 13 et 17 m | Valeur exclue = mise à 0 |
| zone_pente_max | Zones de pente forte exclue (pente > 110 %) | | Quantile 80 % de la pente des apex | Valeur exclue = mise à no data |
| pt_pred_fam_es s1 | Grille de points contenant l'ensemble des prédictions de la famille d'essence | Shapefile (point) | <ul style="list-style-type: none"> - p100GR : % de résineux - p100GF : % de feuillus - GR : surface terrière résineux - GF : surface terrière feuillus | Grille de 26,6x26,6 m |
| pt_pred_gvdh | Grille de points contenant l'ensemble des prédictions de surface terrière, Ø et hauteur | | <ul style="list-style-type: none"> - H0_lidar : hauteur dominante brute - D0 : diamètre dominant (100 t/ha) - D70 : diamètre dominant (70 t/ha) - D50 : diamètre dominant (50 t/ha) - Dg : diamètre quadratique moyen - N : densité - G : surface terrière totale - GGB : surface terrière gros bois - P100GB : % gros bois | Grille de 26,6x26,6 m |

Tableau 5 : Liste des couches géographies produites (prédiction).

L'ensemble des couches produites sont dans le système Lambert 93.

Annexe cartographique

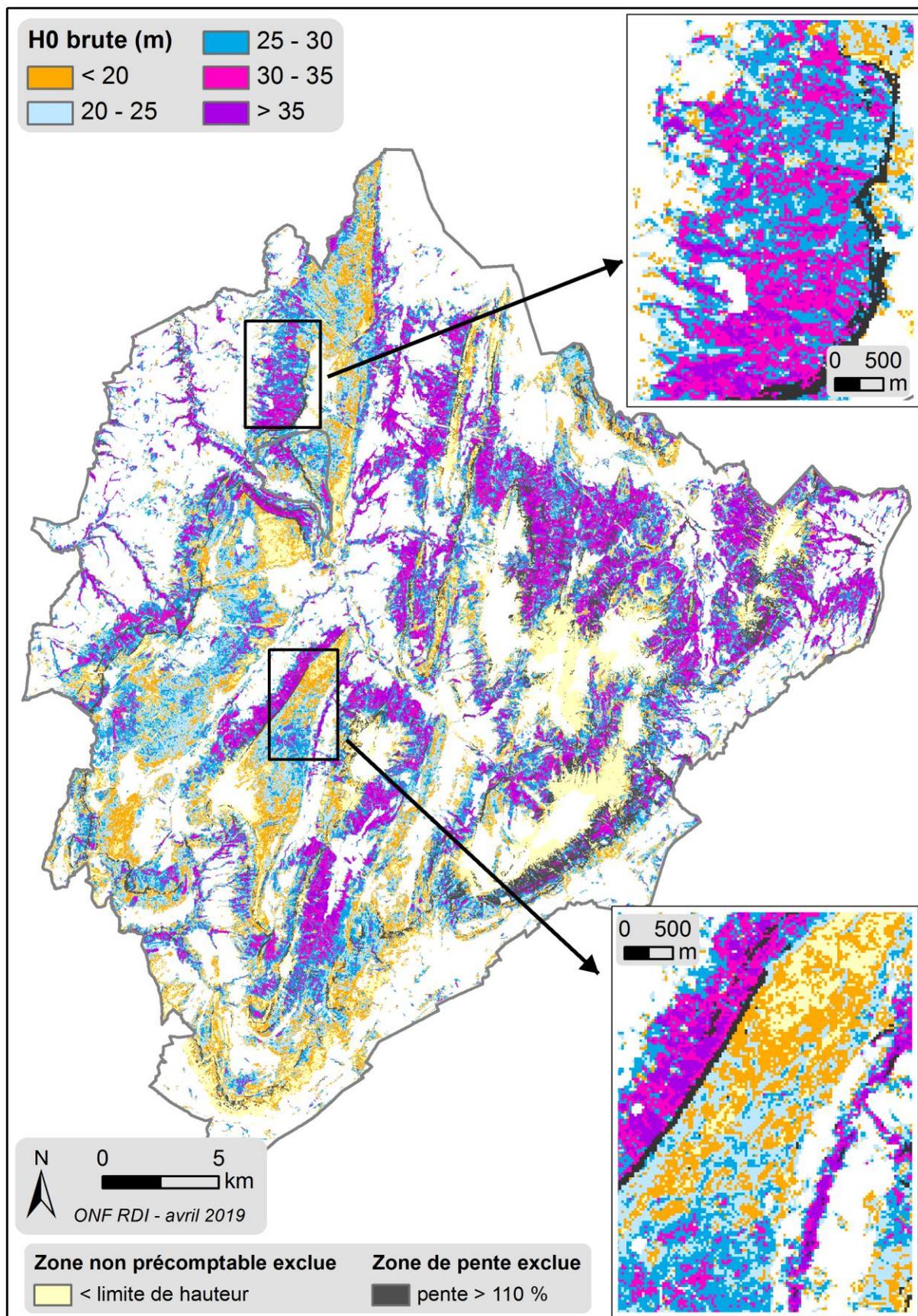


Figure 9 : Carte de la hauteur dominante (H0) brute.

Hauteur dominante brute non calibrée et non corrigée par rapport à une référence terrain.



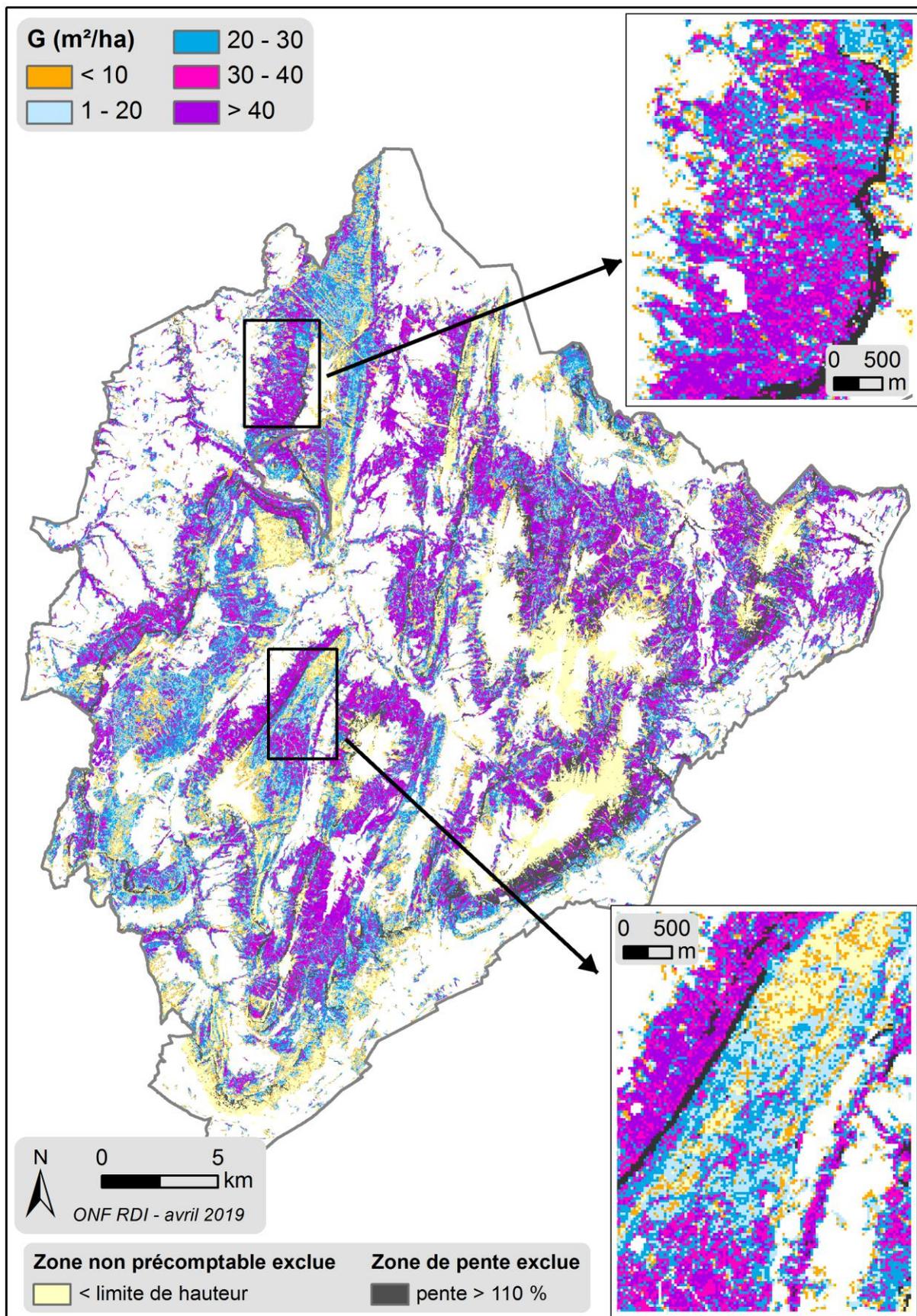


Figure 10 : Carte de la surface terrière totale (G).

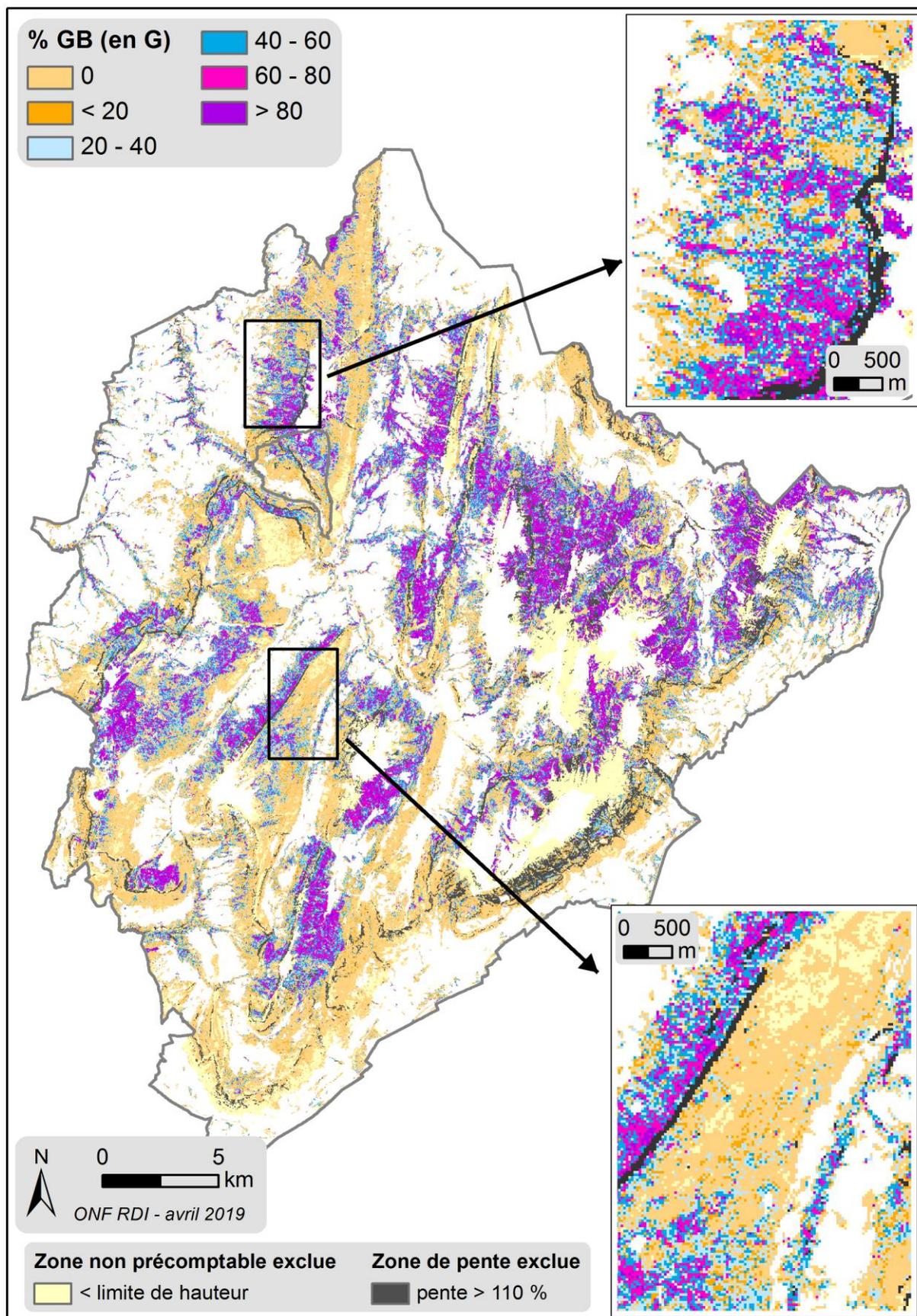


Figure 11 : Carte du % de gros bois (% GB).

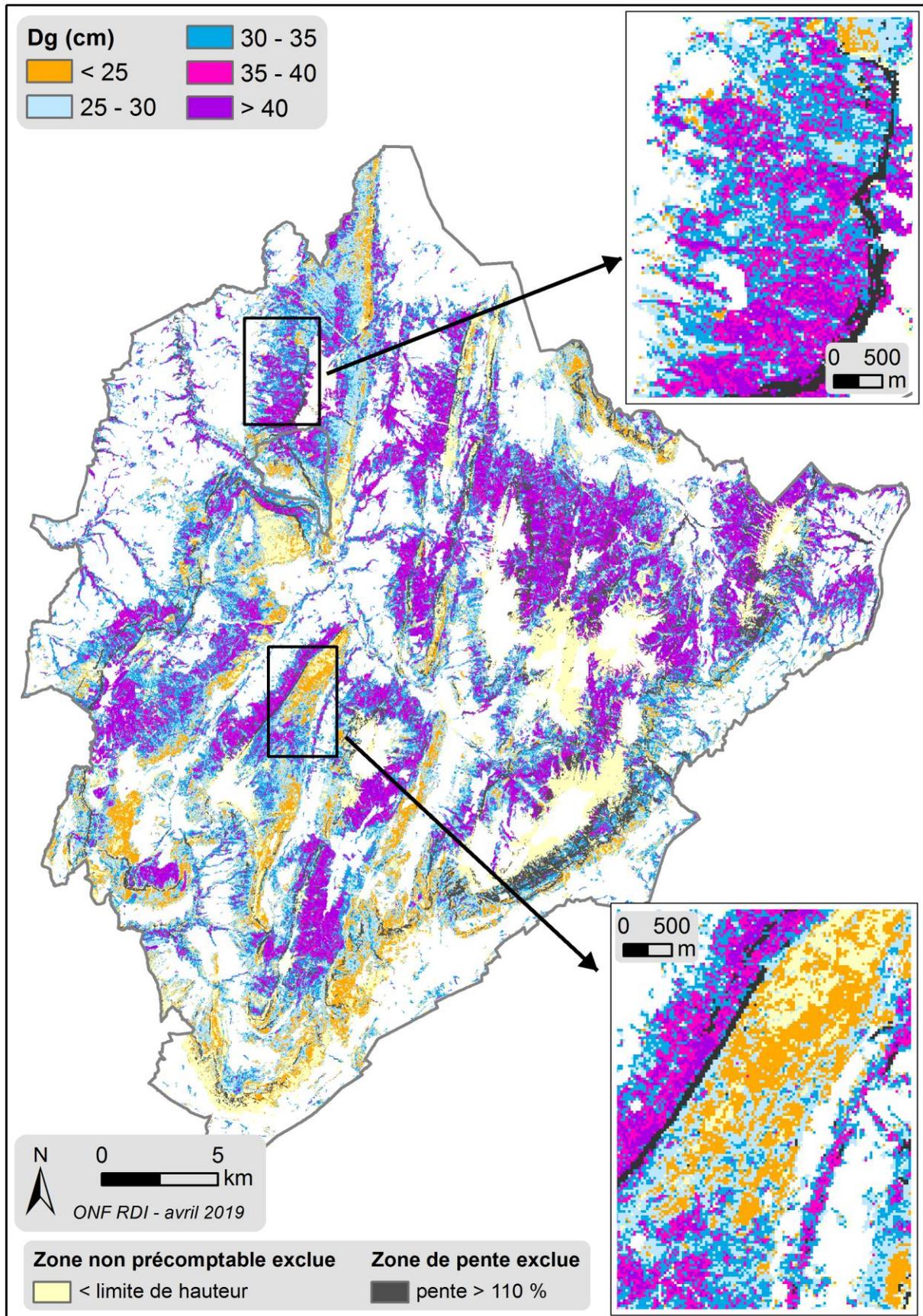


Figure 12 : Carte du diamètre quadratique moyen (Dg).

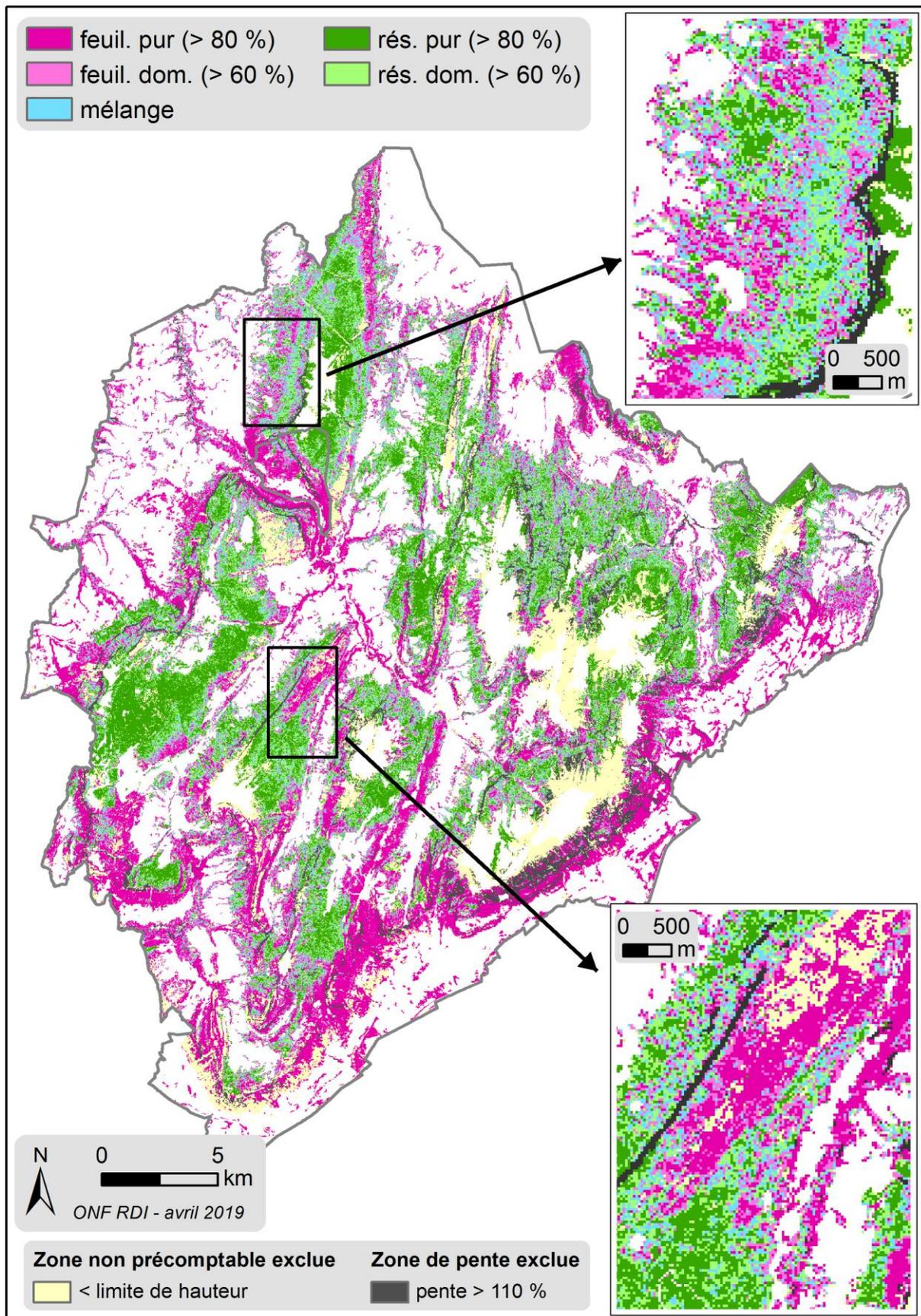
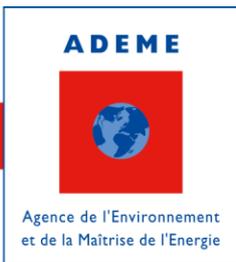


Figure 13 : Carte de la répartition feuillus / résineux.



www.ademe.fr

