



Sep.  
2021

---

# LIVRABLE

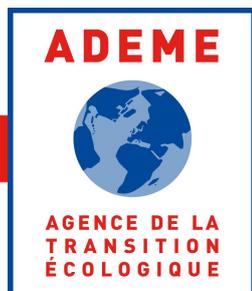
# 1.3A

---

Cartographie de l'accessibilité des  
forêts du PNR du Massif des Bauges

---

**Jean-Matthieu Monnet**  
**Éric Mermin**  
**Sylvain Dupire**



# Modélisation de l'accessibilité (v3.5)

## Parc naturel régional du Massif des Bauges

13 septembre 2021

- 1 Le modèle Sylvaccess
  - 1.1 Présentation
  - 1.2 Paramétrage
- 2 Données d'entrée
  - 2.1 Domaine d'étude
  - 2.2 Topographie
  - 2.3 Desserte forestière
  - 2.4 Obstacles
- 3 Résultats
  - 3.1 Zone non bûcheronnable
  - 3.2 Zone accessible
  - 3.3 Surface de forêt et surface terrière accessibles au tracteur par classe de distance

---

## 1 Le modèle Sylvaccess

### 1.1 Présentation

Sylvaccess est un logiciel développé par INRAE en collaboration avec l'ONF. Cet outil est disponible en open-source, il est présenté plus en détail dans un article de la Revue Forestière Française ([http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/57902/RFF\\_2015\\_67\\_2\\_111.pdf](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/57902/RFF_2015_67_2_111.pdf)). Il permet, à partir d'information géographique sur l'emprise des forêts, la topographie et le réseau de desserte forestière, de simuler automatiquement les conditions d'action des matériels de débardage forestier (tracteur, porteur, câble). Le produit final est une cartographie des possibilités techniques d'intervention des différents matériels. Les résultats présentés ci-dessous ont été obtenus avec la version 3.5 du logiciel.

### 1.2 Paramétrage

#### 1.2.1 Tracteur

Les paramètres renseignés pour le modèle sont les suivants :

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

Les options de simulation sont :

- Limiter l'impact sur les sols : forcer le tracteur forestier à procéder autant que possible depuis le réseau de desserte forestière
- Prise en compte de zones totalement interdites à l'exploitation par tracteur forestier
- Prise en compte de zones où le traînage des bois est interdit.

#### 1.2.2 Câble

Le matériel câble de type "câble-mat sur camion" a été simulé. Les paramètres correspondants sont les suivants.

Propriétés du matériel

- Type de machine : Câble mat
- Direction du débardage : Vers l'amont et vers l'aval
- Hauteur du mat ou du câble porteur au niveau de la place de dépôt : 10.5 m
- Nombre maximum de support(s) intermédiaire(s) : 3
- Longueur maximale du câble porteur : 750 m
- Longueur minimale d'une ligne : 150 m

- Longueur minimale entre deux supports : 50.0 m
- Type de chariot : Classique
- Masse à vide du chariot : 400 kg
- Masse maximale de la charge : 2500 kg
- Pente min du câble porteur pour que le chariot descende par gravité : 15 %

#### Propriétés du câble porteur

- Diamètre du câble porteur : 18.0 mm
- Masse linéique du câble porteur : 1.85 kg.m-1
- Module de Young (élasticité) : 100000 N.mm-2
- Tension de rupture du câble porteur : 35000 kgF

#### Propriétés des câbles tracteur et retour

- Masse linéique du câble tracteur : 0.5 kg.m-1
- Masse linéique du câble retour : 0.5 kg.m-1

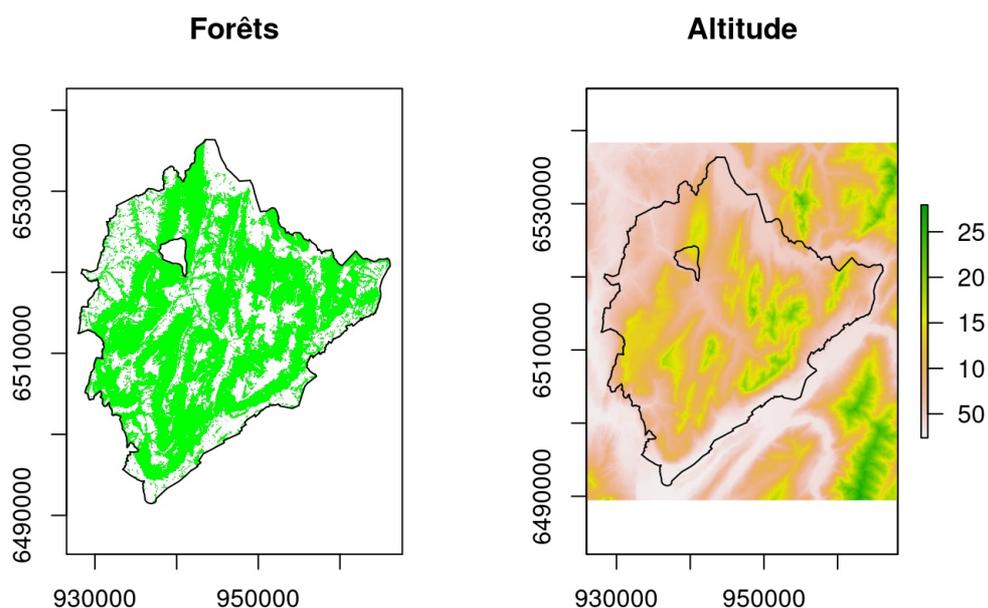
#### Paramètres de modélisation

- Distance latérale de pêche des bois : 40 m
- Hauteur du câble porteur au niveau des pylônes intermédiaires : 12 m
- Hauteur du câble porteur en fin de ligne : 12 m
- Hauteur minimale du câble en tout point (en charge) : 3.5 m
- Hauteur maximale du câble en tout point : 50 m
- Angle maximum du câble porteur au niveau d'un pylône intermédiaire : 30 degrés
- Facteur de sécurité : 2.5
- Valeur de l'angle de frottement : 0.15 rad
- Prise en compte d'obstacles

## 2 Données d'entrée

### 2.1 Domaine d'étude

La surface forestière de référence est celle définie par la BD Forêt V2 de l'IGN (excluant les catégories "formation herbacée", "lande" et "peupleraie"), sur l'emprise du PNR du Massif des bauges. Afin de gérer correctement les bordures de la zone et la connectivité de la forêt et de la desserte, l'analyse est effectuée sur le périmètre du PNR auquel une zone tampon de 2 km est ajoutée. Cette zone est ensuite enlevée avant exportation des cartes et calcul des résumés statistiques.



### 2.2 Topographie

Le Modèle Numérique de Terrain utilisé est un MNT au pas de 5 m issu des acquisitions lidar réalisées par la RGD (2016) et par le PNR (2018). Les MNT au pas de 1 m ont été assemblés, avec priorité dans les zones de recouvrement aux données de 2018. Les zones sans données ont été comblées par les données MNT du RGE Alti de l'IGN. Ce MNT à 1 m de pas a été ensuite rééchantillonné à 5 m. Le pas de 5 m est un compromis entre le temps de calcul et la fidélité de restitution du micro-relief. Le fichier utilisé est : "MNT\_all\_5m.tif".

## 2.3 Desserte forestière

Le débardage des bois par le tracteur se fait par treuillage, et par traînage sur les pistes et à l'intérieur des forêts (quand la pente le permet) jusqu'à la route forestière la plus proche, ou à la connexion entre une piste et une route du réseau public. Le logiciel Sylvaccess a besoin d'un fichier de desserte forestière comportant les linéaires de ces trois catégories :

- piste à tracteur : une piste permet au tracteur de circuler, de treuiller les bois et de traîner les bois ;
- route à camion forestier : une route permet au tracteur de circuler et de treuiller les bois, mais le traînage y est interdit ;
- réseau public.

Un fichier SIG de desserte datant de 2005 a été fourni par le PNR. Il est apparu que la géométrie des linéaires n'était pas correcte (décalage avec les emprises visibles sur les orthophotos et sur le MNT).

Afin de mettre à jour le fichier, il a été décidé de se baser sur la géométrie de la BD Topo de l'IGN. Les catégories de la BD Topo ont été a priori affectées de la manière suivante aux catégories requises par Sylvaccess.

- Sentiers : hors réseau forestier.
- Autoroute, quasi-autoroute, route 1 ou 2 chaussées : réseau public.
- Route 1 ou 2 chaussées d'importance 5 : route à camion forestier.
- Route empierrée : route à camion forestier.
- Chemins : piste à tracteur.

Une vérification avec correction éventuelle des catégories a été effectuée grâce aux données suivantes :

- fichier de la desserte 2005,
- BD Ortho IGN,
- scan 25 IGN,
- ombrage du MNT lidar à 1m, selon plusieurs azimuts

Des linéaires ont été rajoutés dans la catégorie "piste à tracteur" lorsque des emprises manquantes de la BD TOPO étaient détectées sur l'ombrage lidar, avec confirmation éventuelle par le fichier desserte de 2005.

Ce travail très chronophage a été réalisé par un groupe d'étudiants de la dominante Gestion forestière du Master AgroParisTech (Antoine CHARLET, Raphaël DUTRIEUX, Marie-Laure MARTIN, Noémie MINCÉ, Marion SIMEONI / 2018 / Évaluation de la ressource forestière et de sa disponibilité dans le Parc Naturel Régional du Massif des Bauges). Il a été complété en 2019 par Éric Mermin, technicien forestier à Irstea qui a acquis une bonne connaissance du terrain lors de la campagne de relevés forestiers effectuée en 2018.

Il est certain que des imperfections subsistent dans le fichier final :

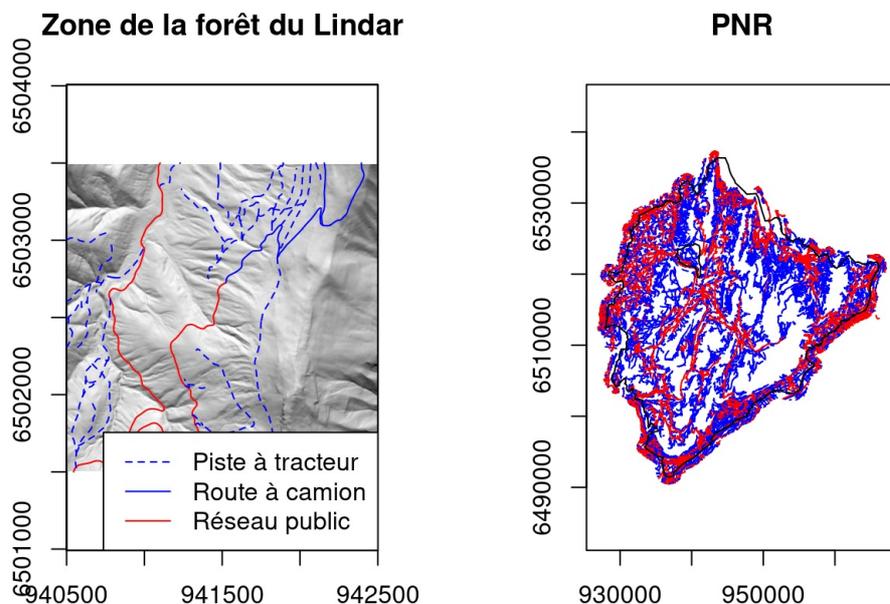
- erreurs sémantiques (linéaires mal classés),
- erreurs géométriques (linéaires mal placés),
- omissions et commissions (linéaires manquants ou en trop).

Un travail précis et exhaustif nécessiterait un relevé et une qualification des linéaires sur le terrain, ce qui n'était pas possible dans le cadre de ce projet. Le fichier utilisé est "desserte\_test", au format shapefile. Il contient à la fois des linéaires issus de la BD TOPO, du fichier desserte de 2005 et de saisie manuelle. Il a été obtenu après suppression dans le fichier "desserte\_PNR\_Bauges\_L93\_2018\_modif2019" des champs inutiles au logiciel, ainsi que des linéaires non utilisés. Les champs utilisés par Sylvaccess sont les suivants :

- CL\_SVAC
  - 1 piste à tracteur
  - 2 route à camion forestier
  - 3 réseau public
  - sans donnée ou 0 : non utilisé
- CABLE
  - 0 pas de départ de câble possible
  - 3 route forestière permettant le départ d'un câble de débardage amont ou aval

Toutes les routes à camion forestier ont été considérées comme permettant le débardage amont ou aval. En réalité il est nécessaire d'avoir un dégagement suffisant pour le matériel et le dépôt des bois. Le débardage pourrait par contre se faire au niveau de places de dépôt situées en bordure du réseau public. Celles-ci ne sont pas référencées dans le fichier.

Les cartes suivantes montrent la desserte sur le PNR et sur la zone de la forêt du Lindar.



La longueur de desserte sur le PNR recensée dans ce travail est de 1941 km de pistes à tracteur et de 532 km de routes à camion forestier. Pour information, ces longueurs sont inférieures à celles figurant dans le fichier "desserte\_PNR\_Bauges\_L93\_2018\_modif2019" d'environ 0,1%. La source de cette différence n'a pas pu être identifiée (géométries non valides, différence lors du calcul ?). L'ordre de grandeur de la différence fait que l'impact sur les simulations reste négligeable à l'échelle du territoire.

## 2.4 Obstacles

Les obstacles (ni treuillage ni traînage possible) à l'action du tracteur sont tirés de la BD TOPO :

- Bâtiments indifférenciés (IGN BD\_TOPO\_v2-2, BATI)
- Route primaire ou secondaire (IGN BD\_TOPO\_v2-2, RESEAU ROUTIER)
- Tronçon voies ferrées (IGN BD\_TOPO\_v2-2, VOIES FERREES ET AUTRES)
- Tronçon cours d'eau (IGN BD\_TOPO\_v2-2, HYDROGRAPHIE)
- Surface en eau (IGN BD\_TOPO\_v2-2, HYDROGRAPHIE)

Aucun obstacle partiel (treuillage possible) n'a été renseigné pour le tracteur.

Les obstacles à l'action du câble sont également tirés de la BD TOPO :

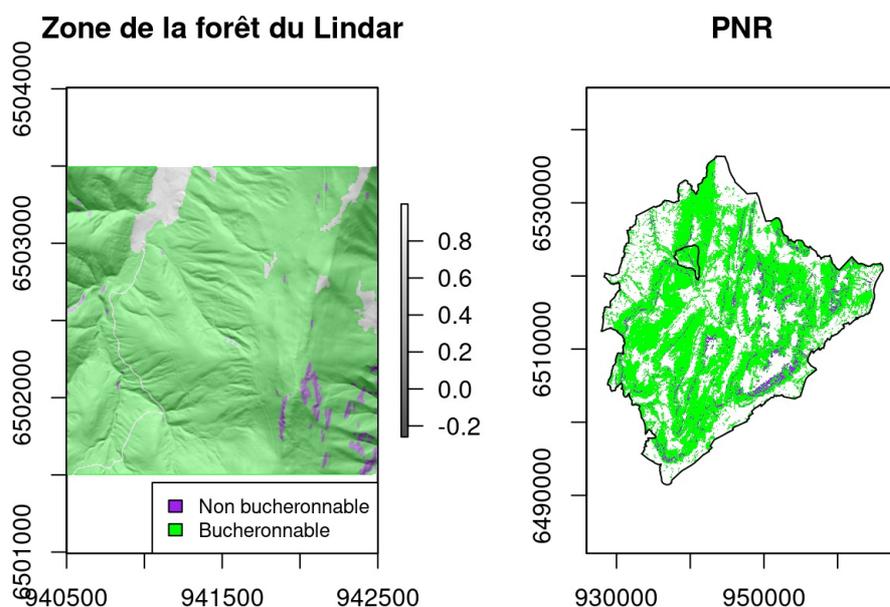
- Route primaire ou secondaire (IGN BD\_TOPO\_v2-2, RESEAU ROUTIER)
- Tronçon voies ferrées (IGN BD\_TOPO\_v2-2, VOIES FERREES ET AUTRES)
- Tronçon cours d'eau (IGN BD\_TOPO\_v2-2, HYDROGRAPHIE)
- Surface en eau (IGN BD\_TOPO\_v2-2, HYDROGRAPHIE)
- Transport par câble (IGN BD\_TOPO\_v2-2, VOIES FERREES ET AUTRES)
- Ligne électrique (IGN BD\_TOPO\_v2-2, TRANSPORT\_ENERGIE)

## 3 Résultats

### 3.1 Zone non bûcheronnable

Le modèle calcule les pentes à partir du MNT et retourne une couche SIG avec les surfaces bûcheronnables pour l'ensemble du MNT. Le masque "forêt" doit être appliqué à cette couche pour avoir les surfaces bûcheronnables en forêt. Le fichier de la zone non bûcheronnable est alors "PNR\_Foret\_non\_buch.tif" :

- 0 : forêt bûcheronnable
- 1 : forêt non bûcheronnable
- sans donnée : hors forêt



## 3.2 Zone accessible

Sylvaccess utilise une fonction gdal pour rasteriser l'emprise des forêts, en activant une option pour assurer la connectivité du réseau de desserte une fois rasterisé. Dans le cas de l'emprise forestière, cela entraîne une surestimation de la surface forestière (tous les pixels touchés par un polygone de forêt sont classés "forêt"). Afin d'obtenir une surface cohérente, le masque de la BD Forêt obtenu avec la fonction fasterize::fasterize est appliqué aux résultats de Sylvaccess. Les pixels dont le centre est couvert par un polygone de forêt sont classés "forêt". Cette fonction est préférée à raster::rasterize qui ne prend quelquefois pas en compte les trous dans les polygones.

### 3.2.1 Tracteur

Pour les zones accessibles au tracteur, le modèle calcule la distance totale (traînage et/ou treuillage) à parcourir entre la forêt et le point de dépôt à la connexion avec la route forestière ou en bordure du réseau public. Le fichier "PNR\_F.distance.tif" contient l'information sur la distance :

- sans donnée : forêt non bûcheronnable ou non accessible au tracteur
- valeur numérique : distance totale entre le lieu d'abattage et le dépôt de bois en mètres pour la forêt bûcheronnable et accessible

Le fichier "PNR\_F.inaccessible.tif" récapitule les surfaces inaccessibles :

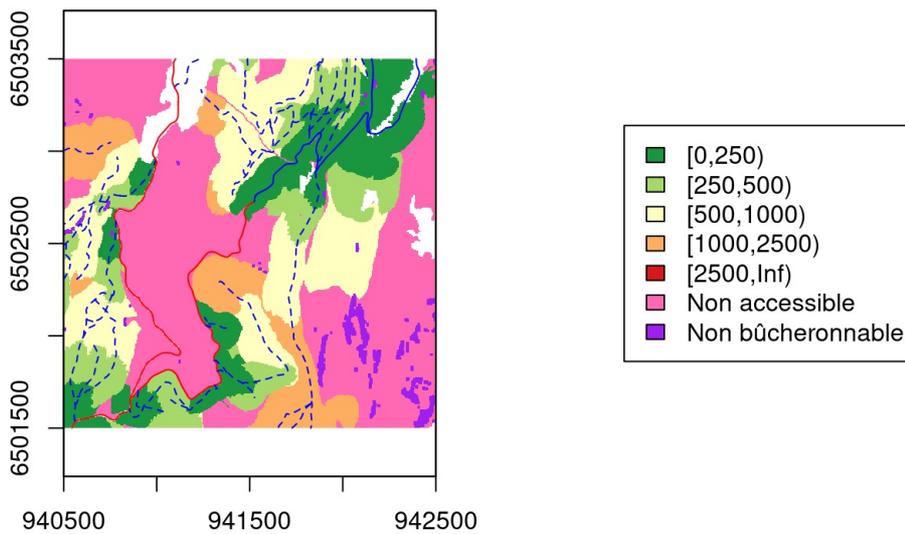
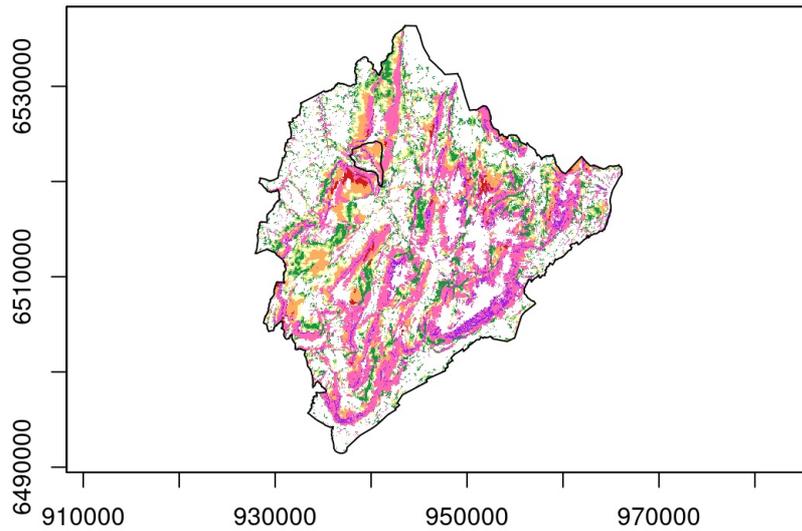
- 0 : forêt accessible au tracteur forestier ou non bûcheronnable
- 1 : forêt bûcheronnable inaccessible au tracteur forestier
- sans donnée : hors forêt

Le tableau suivant récapitule la part des surfaces forestières accessible.

Accessibilité de la surface forestière au tracteur

	Non.bûcheronnable	Inaccessible	Accessible	Total
Hectares	4200	21200	27400	52800
Pourcentage	8	40	52	100

Les cartes suivantes montrent également l'accessibilité selon la distance à parcourir entre la forêt et le dépôt en bord de route (treuillage et/ou traînage).



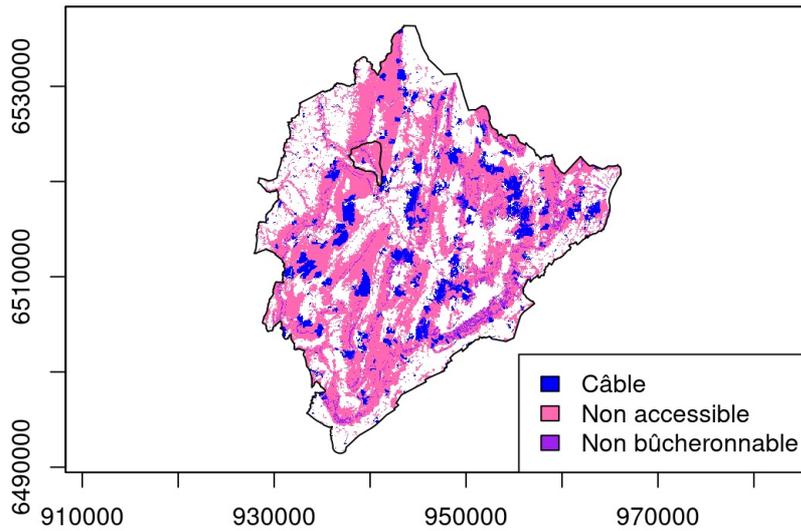
### 3.2.2 Zone accessible au câble

Le fichier des zones accessibles au câble est "PNR\_F.cable.tif"

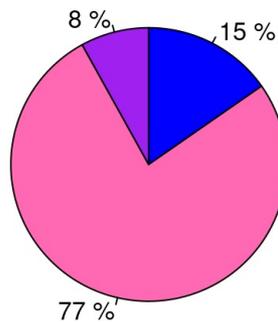
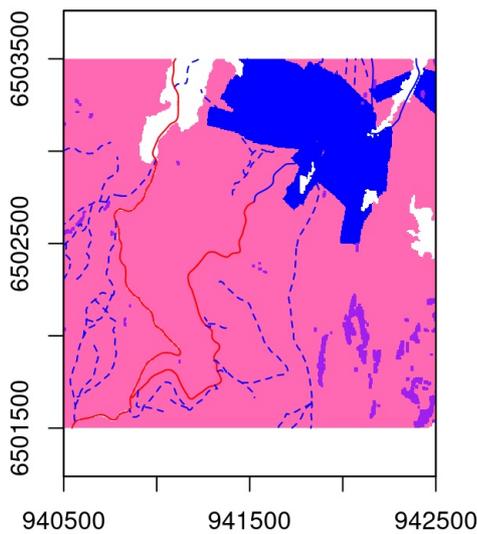
- 1 : forêt bûcheronnable et accessible par câble
- sans donnée : hors forêt, non bûcheronnable ou non accessible par câble

Le fichier des zones non accessibles au câble est "PNR\_F.cable.inaccessible"

- 0 : forêt bûcheronnable et accessible par câble, ou forêt non bûcheronnable
- 1 : forêt bûcheronnable et non accessible par câble
- sans donnée : hors forêt



Surface (%)



Les surfaces accessibles au câble sont récapitulées ci-dessous.

Accessibilité de la surface forestière au câble

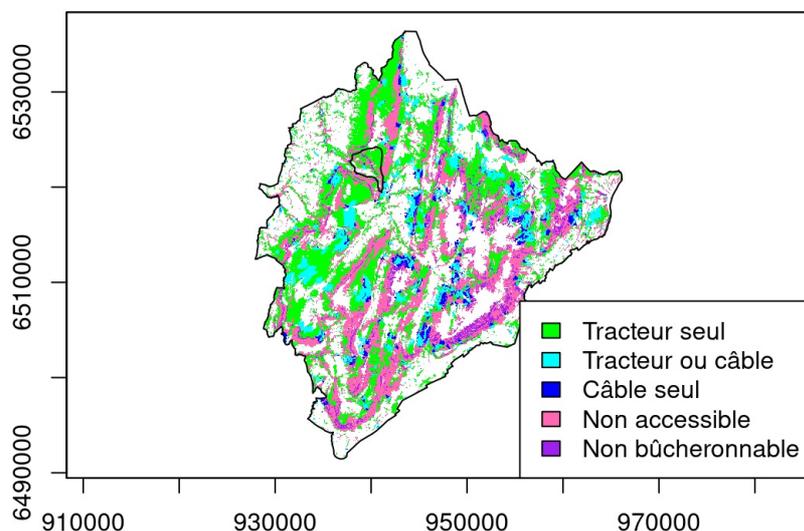
	Non.bûcheronnable	Inaccessible	Accessible	Total
Hectares	4200	40500	8100	52800
Pourcentage	8	77	15	100

### 3.2.3 Combinaison tracteur / câble

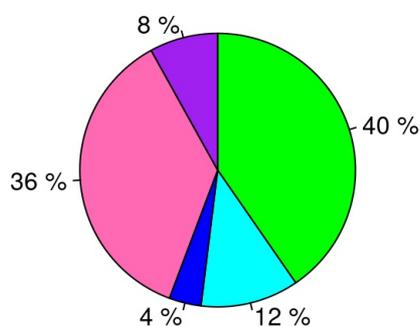
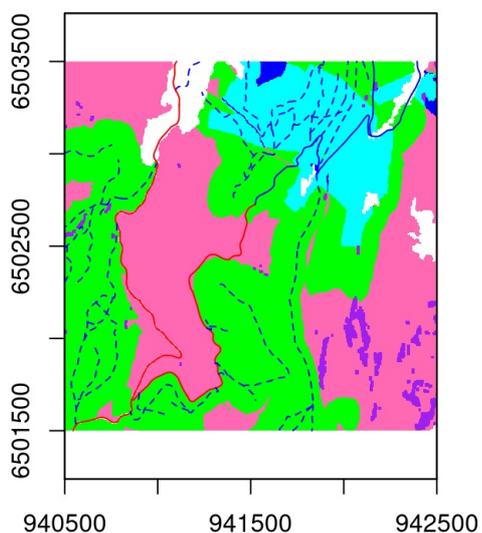
Les cartes et résultats ci-dessous combinent les résultats câble et tracteur. Le fichier "PNR\_F.combine.tif" contient les codes suivants :

- 1 : accessible au tracteur seul
- 2 : accessible au tracteur et au câble

- 3 : accessible au câble seul
- 4 : non accessible
- 5 : non bûcheronnable
- sans donnée : hors forêt



**Surface (%)**



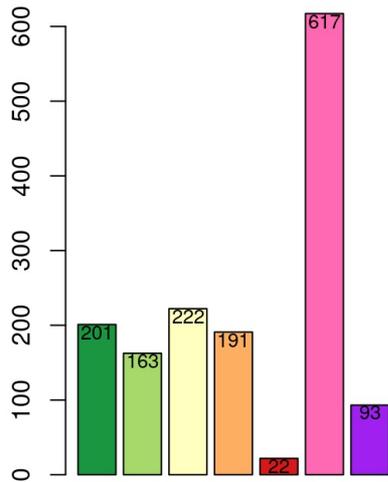
### 3.3 Surface de forêt et surface terrière accessibles au tracteur par classe de distance

#### 3.3.1 Ensemble du PNR

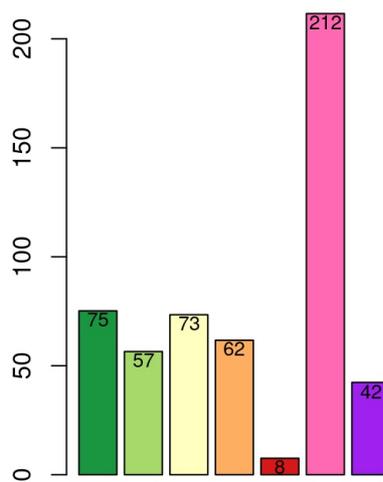
Afin de calculer la surface terrière accessible par classe de distance, la couche prédite par télédétection lidar à résolution 25 m (surface terrière des arbres de plus de 7,5 cm) est rééchantillonnée à 5 m par la méthode du plus proche voisin.

Les graphiques suivants montrent la surface de forêt et la surface terrière accessible par tracteur.

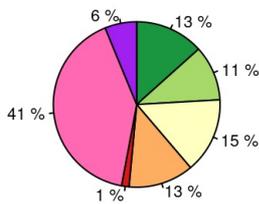
**Surface terrière (x 1000 m2)**



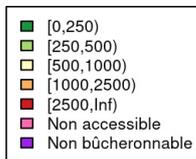
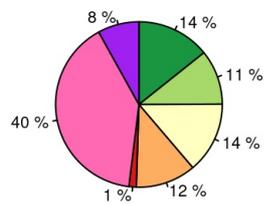
**Surface (x 100 ha)**



**Surface terrière (%)**



**Surface (%)**

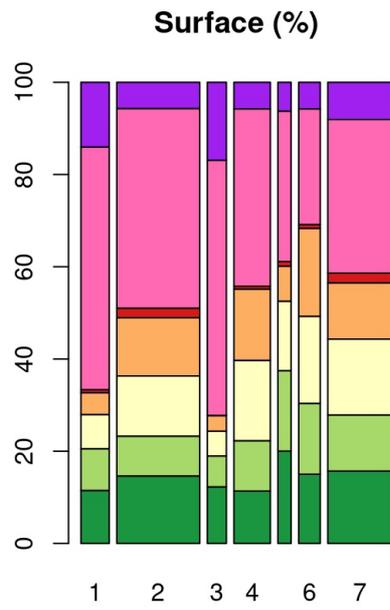
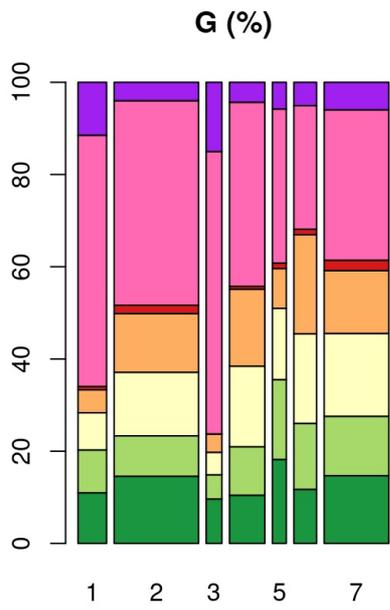
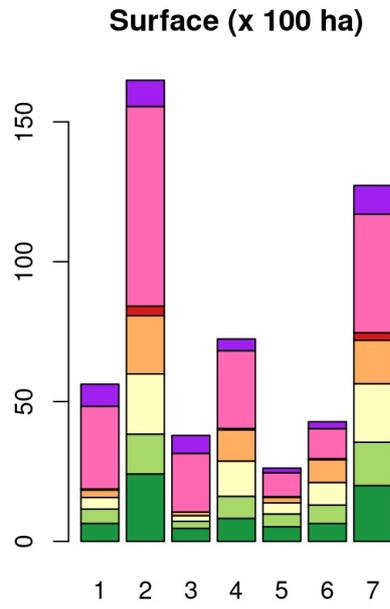
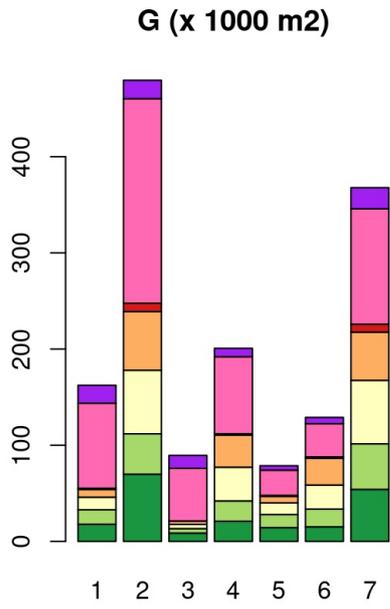


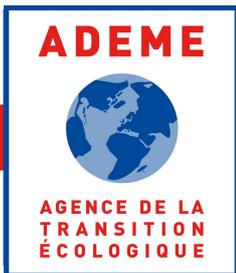
### 3.3.2 Par secteur

Les statistiques précédentes peuvent également être produites par secteur du PNR (ou par autre type de délimitation géographique).

#### Secteurs du PNR

- 1 Haute Combe de Savoie et Belle Etoile
- 2 Coeur des Bauges
- 3 Combe de Savoie
- 4 Plateau de la Leysse
- 5 Albanais et Piemont du Revard





[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

