

**Office des forêts  
du canton de Berne**

Etat-major technique

Laupenstrasse 22  
3011 Bern

Telefon 031 633 50 20  
Telefax 031 633 50 18

# **Explications quant aux informations sur les peuplements LiDAR „Forêt BE“**



---

<b>Date d'élaboration</b>	:	15.08.2013, traduction du 08.09.2014
<b>Version</b>	:	2.0
<b>Nom du document</b>	:	F-EXPLICATIONS_PEUPLEMENT_LIDAR_ _201408_V2- F.DOCX
<b>Statut du document</b>	:	libéré
<b>Classification</b>	:	en travail
<b>Auteur</b>	:	KAWA / FAS / MSa

## Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION À LA TECHNOLOGIE LIDAR.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PRODUITS DE BASE DE DONNÉES LIDAR.....</b>	<b>6</b>
2.1	Modèle numérique de terrain (MNT) .....	6
2.2	Modèle numérique de surface (MNS).....	6
2.3	Modèle numérique de surface normalisé (MNSn) .....	7
2.4	Relief .....	8
<b>3</b>	<b>INTERPRÉTATIONS FORESTIÈRES DE BASE.....</b>	<b>9</b>
3.1	Carte des hauteurs d'arbre .....	9
3.2	Stades de développement .....	10
3.3	Régions de tarif.....	11
3.4	Utilisation et interprétation des applications mises à disposition.....	12

### Termes et abréviations utilisés

ALS	Airborne Laserscanning (Laserscanning par avion)
BTK	Carte des types de peuplement
DTM	Modèle numérique de terrain (MNT)
DOM	Modèle numérique de surface (MNS)
nDOM	Modèle normalisé de surface (MnNs)
KAWA	Office des forêts du canton de Berne (OFOR)
LiDAR	Light Detection and Ranging, recueil de données à l'aide de la technologie laser
Orthophoto	Photo aérienne à l'échelle avec distorsion corrigée

## 1 Introduction à la technologie LiDAR

Lors de l'utilisation de la technologie LiDAR (Light Detection and Ranging), la surface d'un objet est balayée à l'aide de systèmes Laserscanner. Les rayons lasers envoyés sont des rayons infrarouges non visibles pour l'œil humain. Les informations de l'objet sont recueillies à l'aide d'une mesure optique de distance.

Mis à part le LiDAR terrestre, dont l'utilité principale est la saisie d'objets individuels (bâtiments) on utilise aussi des systèmes de Laserscanner par avion (ALS, Airborne Laserscanning). A l'aide du Laserscanning terrestre on mesure, par exemple, des bâtiments avec une résolution très élevée, puis on les saisit et les représente à l'aide de coordonnées 3D.

Ci-après le système LiDAR par avion est présenté, qui est utilisé dans le projet „actualisation des informations sur les peuplements Forêt BE“. Les systèmes ALS sont montés dans des avions ou des hélicoptères et servent à dresser des modèles numériques de terrains et de surfaces.

La surface de la terre est continuellement balayée par des rayons lasers générés par un système laser en mouvement. En mesurant le temps que met chaque rayon laser individuel et en connaissant la position exacte de l'avion dans l'espace, on peut déterminer des coordonnées tridimensionnelles du point d'impact / point de réflexion.

Il en résulte une représentation tridimensionnelle de la surface terrestre (cf. image 1).

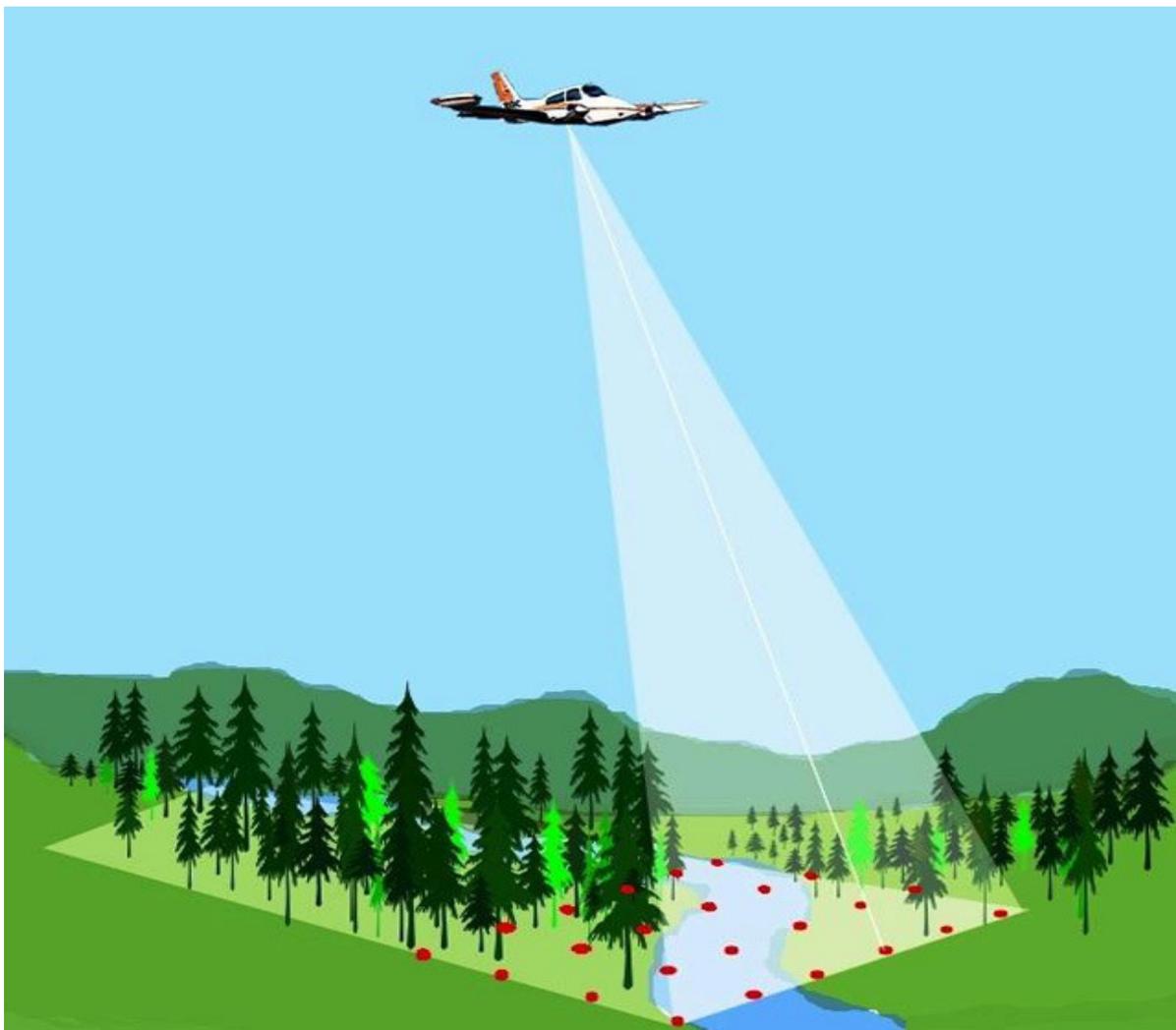


Image 1: balayage de la surface terrestre à l'aide de LiDAR  
source : Nationalcenter for Fire Landscape Analysis. Montana

Le temps entre le premier et le dernier impact d'un rayon laser peut être mesuré. Selon le procédé et le type d'appareil, on peut déterminer, grâce à ces informations, d'autres données sur des points intermédiaires de la surface terrestre.

Le résultat d'un vol LiDAR est un nuage de points généralisé avec les coordonnées X, Y, Z. Contrairement aux photos aériennes classiques, les informations recherchées sur les hauteurs sont ainsi à disposition sur toute la surface et sans devoir longuement retraiter les données.

Le nuage de points est interprété dans le cadre du traitement des données et les points de réflexion des rayons laser sont attribués à des objets comme, par exemple, bâtiments, arbres, sols, etc. On applique là différents procédés de filtrage qui influencent grandement la qualité des interprétations.

En raison de la répartition hétérogène des surfaces forestières, un vol exclusif de l'aire forestière n'est pas censé ni performant. Une grande partie de l'aire cantonale restante, à l'extérieur de la forêt (surfaces agricoles utiles, routes, cités) serait quand même survolée. Avec un survol généralisé jusqu'à l'altitude de 2'000 m s. mer, l'ensemble de la surface terrestre du périmètre de survol est saisi et permet une utilisation multiple des données.

Les produits principaux nuages de points, MNT, MNS (cf. chapitre 2.1 et 2.2) sont aussi à disposition d'autres services cantonaux pour leurs tâches. En outre, ces données peuvent aussi être acquises par le public.

#### **Densité des points lors du survol (précision des données de base) :**

Pour la saisie de peuplements forestiers, 4 à 8 points par m<sup>2</sup> sont nécessaires. Pour la saisie fiable d'arbres individuels, une densité de points d'env. 25 points par m<sup>2</sup> est nécessaire. Dans le cahier des charges du projet actuel, le vol est planifié avec une densité moyenne d'au moins 4 points par m<sup>2</sup>. Cela permet des interprétations au niveau du peuplement et de petits groupes d'arbres. Les méthodes de filtrage sont adaptées à la production du MNT et du MNS utilisés par le projet. Selon information de l'Office de l'information géographique, cette densité de points suffit aussi pour les interprétations à l'extérieur de la forêt.

**Marche à suivre et calendrier pour le survol :**

Pour obtenir les meilleurs résultats possibles pour le MNT et le MNS (cf. chapitre 2.1 et 2.2), le survol a lieu pendant la courte période entre la fonte des neiges et la sortie du feuillage. Ce procédé exige que le survol du périmètre d'env. 435'000 hectares soit réparti sur plusieurs étapes annuelles.

L'Office de l'information géographique du canton de Berne a survolé le Jura bernois dans l'année 2011. La première étape de survol dans le cadre du projet „actualisation des informations sur les peuplements Forêt BE“ de l'OFOR a été survolée en l'an 2012 pour la partie Est du canton de Berne jusqu'à une altitude de 2'000 m s. mer. Le survol de la partie Ouest du canton de Berne était planifié pour le premier trimestre 2013. En raison des mauvaises conditions météorologiques au printemps 2013, seule une partie de la surface a pu être survolée (cf. image 2). Le solde de cette étape a été survolé au printemps 2014.

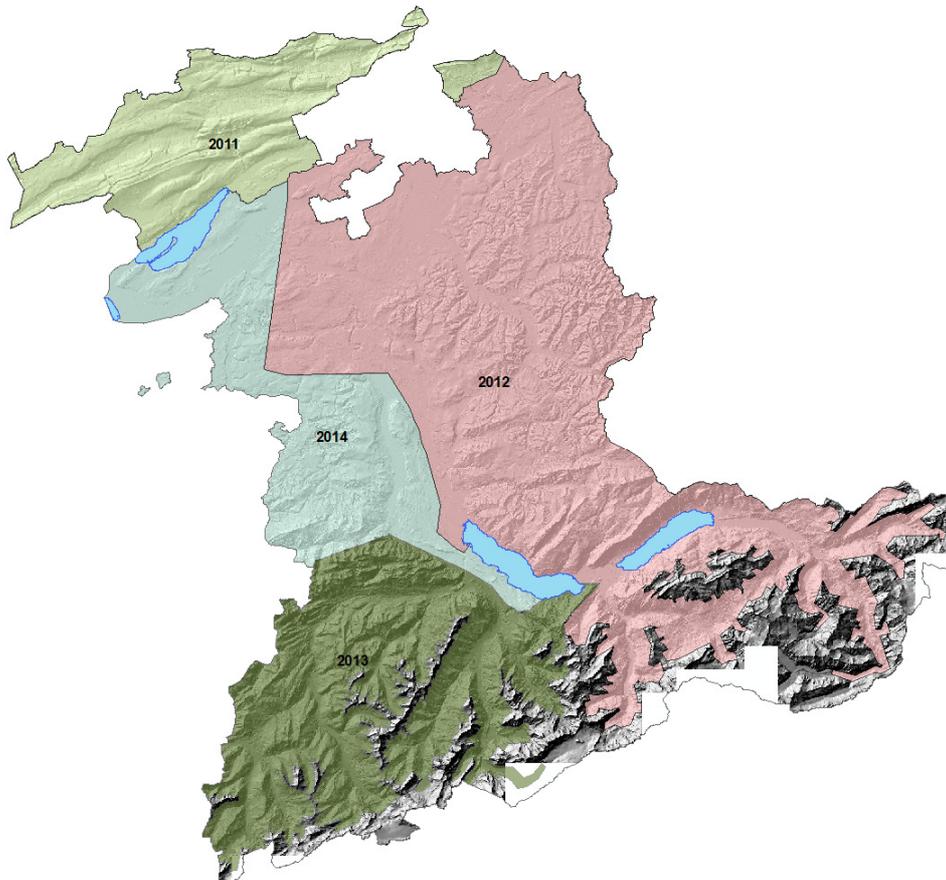


Image 2: Périmètre des différentes étapes, source : Office des forêts du canton de Berne

## 2 Produits de base de données LiDAR

### 2.1 Modèle numérique de terrain (MNT)

Le MNT décrit la hauteur de la surface terrestre sans végétation ni constructions. Il correspond aux coordonnées d'un point de réflexion avec le plus long trajet entre l'avion et le point de réflexion (cf. image 3). Seul dans le domaine des surfaces d'eau ou de surfaces terrestres très humides, il n'y a pas de réflexion du rayon laser. Pour ces surfaces, on ne peut pas générer de coordonnées.

Plus la densité de la végétation augmente, plus la profondeur de pénétration du rayon laser diminue. Il en résulte des informations moins précises sur la texture de la surface terrestre.

En déterminant la densité exigée des points réfléchis par m<sup>2</sup>, on peut réduire cet effet et déterminer le degré de détail des objets à saisir.

En plus des interprétations forestières, le MNT sert à déterminer l'exposition et la pente du terrain.

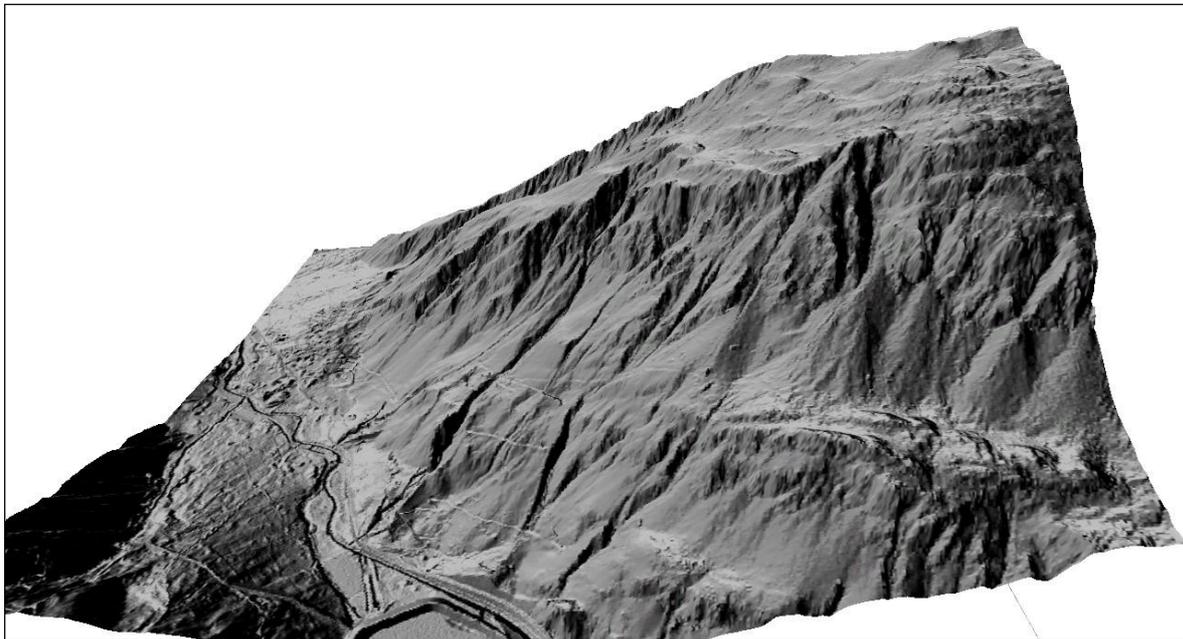


Image 3 : Modèle numérique de terrain, source : Stand Montafon Forstfonds

### 2.2 Modèle numérique de surface (MNS)

Le MNS contient tous les points de réflexion avec le temps de trajet le plus court. Il contient des informations sur les objets sur la surface terrestre tels que bâtiments, forêts, ou autres ouvrages et sert de base cartographique très détaillée (cf. image 4).

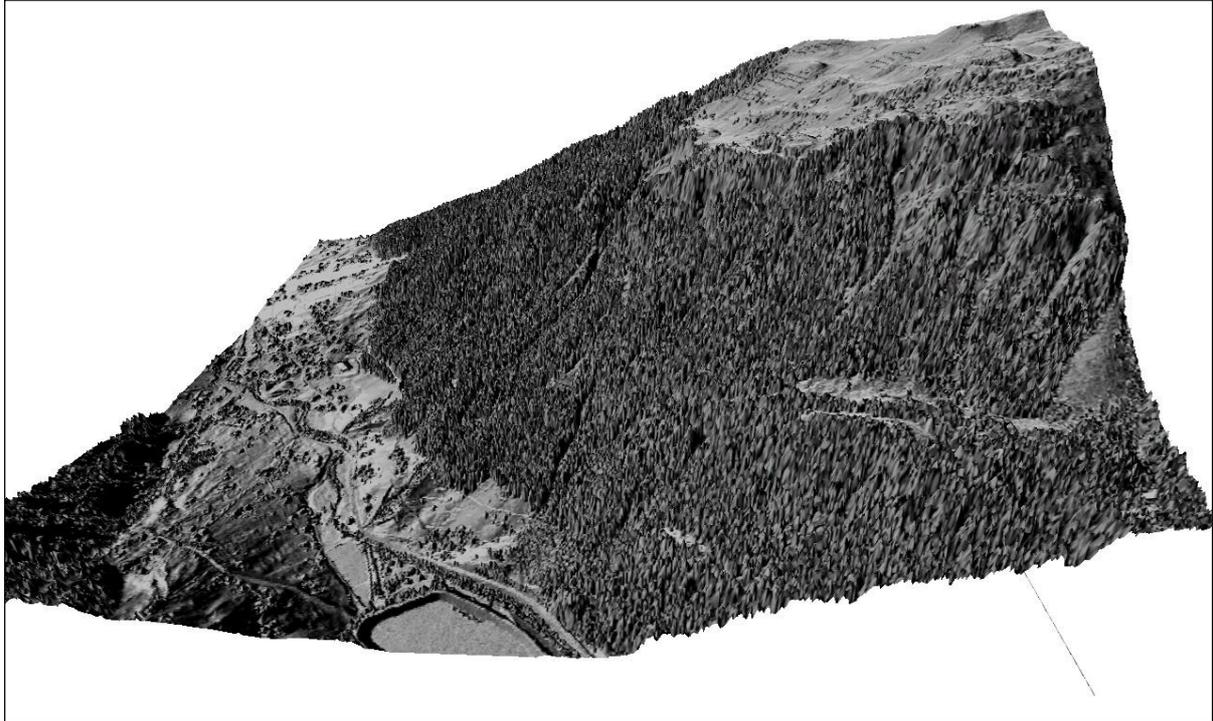


Image 4: Modèle numérique de surface, source: Stand Montafon Forstfonds

### 2.3 Modèle numérique de surface normalisé (MNSn)

La différence entre le MNS et le MNT constitue le modèle numérique de surface normalisée. Il représente la hauteur de la végétation et des constructions. Le MNSn est donc souvent appelé le modèle de hauteur de végétation. Le MNSn constitue la base pour la plus grande partie des interprétations forestières.

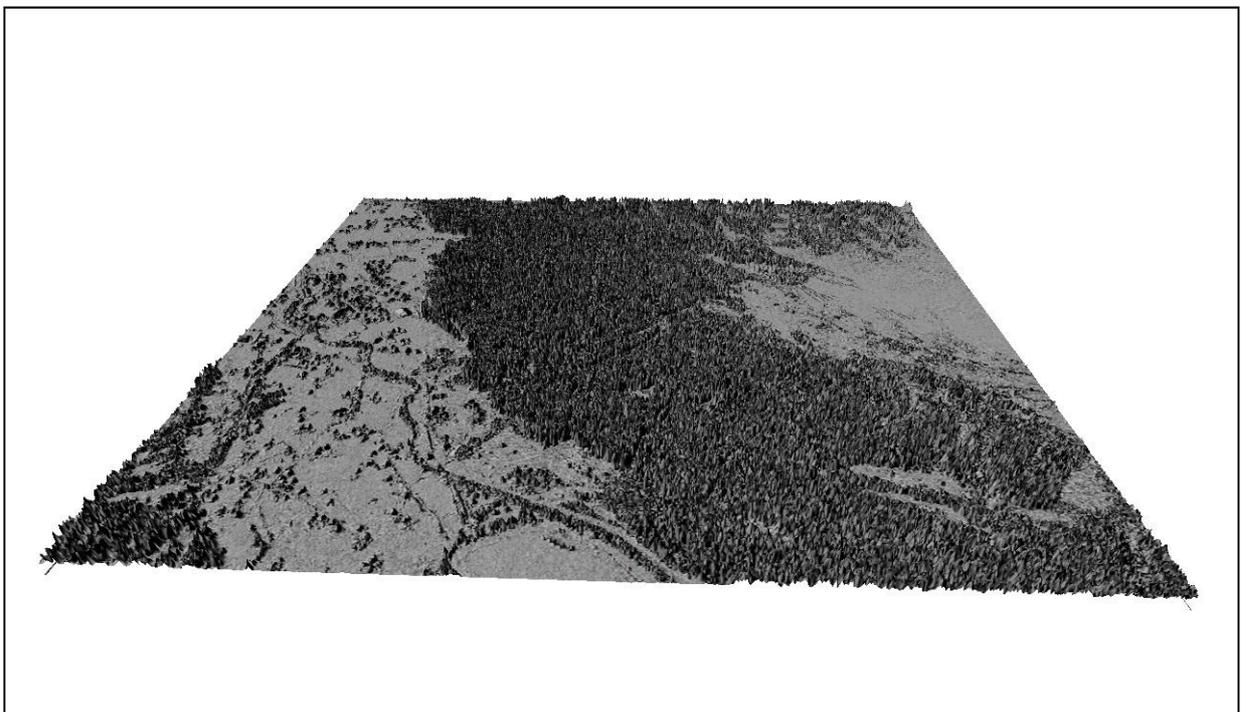


Image 5 : modèle numérique de surface normalisé, source : Stand Montafon Forstfonds

## 2.4 Relief

Le relief mis à disposition dans les cartes WIS-BE représente une forme particulière de la représentation du relief. Comme dans des procédés de la photographie, la surface terrestre est illuminée de plusieurs angles et la part de surface sise à l'ombre est ainsi réduite (ce qu'on appelle le Rockshading). On constate particulièrement dans le terrain escarpé / montagneux qu'ainsi d'autres petites structures sont rendus visibles.

Le relief est ainsi, entre autres, très utile pour reconnaître de petites structures comme, par exemple, les chemins pédestres ou le tracé de layons de débardage dans le terrain.

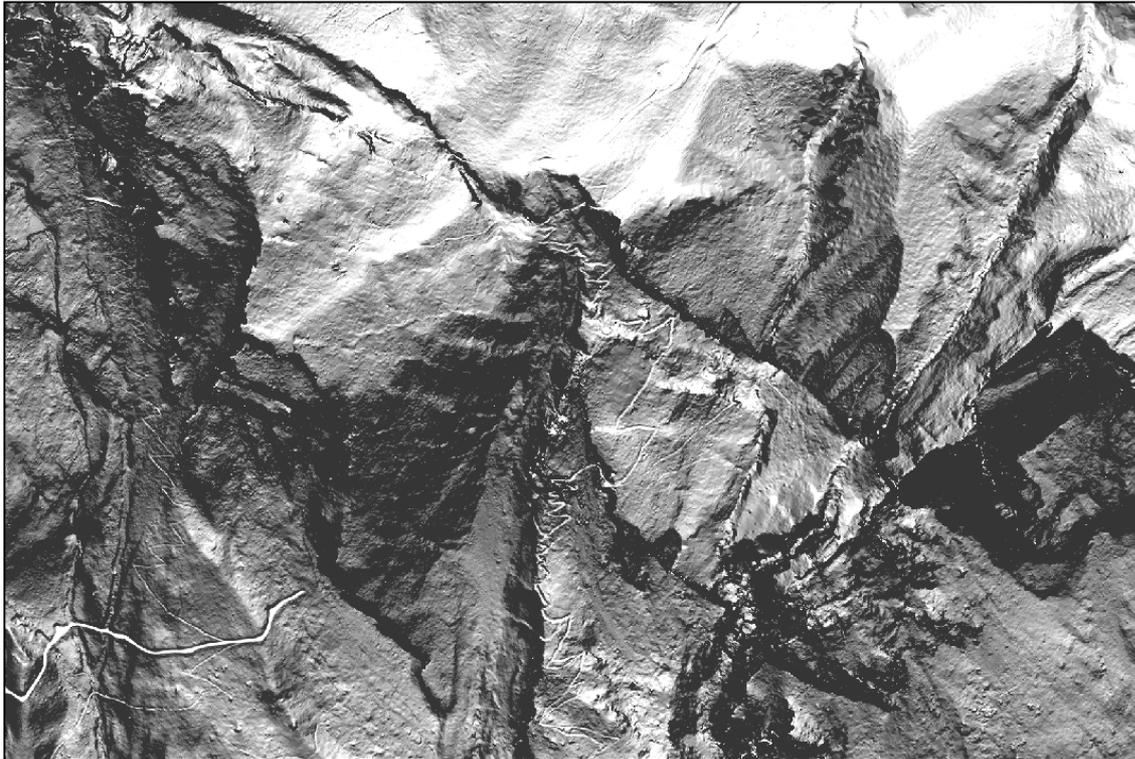


Image 6 : relief / ombrage : OFOR

## 3 Interprétations forestières de base

### 3.1 Carte des hauteurs d'arbre

#### Description :

La carte montre les classes de hauteur d'arbres calculées à partir de donnée LiDAR. Les surfaces indiquées correspondent à des groupes d'arbres ; elles représentent aussi, en partie, de grands arbres individuels et des baliveaux. Afin que les classes de hauteur d'arbres correspondent à l'altitude du lieu, une classification par régions de tarif a été opérée. (cf. chapitre 3.3)

#### Méthode utilisée :

En utilisant le MNSn et le nuage de points LiDAR, un procédé automatique a permis de définir les plus petits peuplements homogènes (groupes d'arbres, partiellement baliveaux). La représentation se réfère toujours à la couche dominante du peuplement. Dans une étape de travail ultérieure, les hauteurs à l'intérieur des différentes surfaces ont été réparties en portions de 10% (répartition quantile). Les hauteurs d'arbres sont classées en se référant au hdom du 9<sup>ème</sup> décile. En outre, les classes d'hauteurs d'arbres sont adaptées aux régions de tarif du lieu.

#### Utilisations principales prévues :

L'utilisation principale se situe dans la planification des mesures et l'interprétation visuelle par les cadres forestiers.

La quantité de petits détails reconnaissables rend de bons services pour différentes missions.

#### Restrictions :

Il n'est pas possible de déterminer des hauteurs moyennes d'arbres d'un peuplement intermédiaire ou d'un peuplement accessoire.

En raison du très grand nombre de surfaces / polygones (plus de 10 Mio), l'application met un certain temps pour être affichée. Il est recommandé d'utiliser une grand échelle (>1 :5000) lorsqu'on affiche la carte des hauteurs d'arbres.

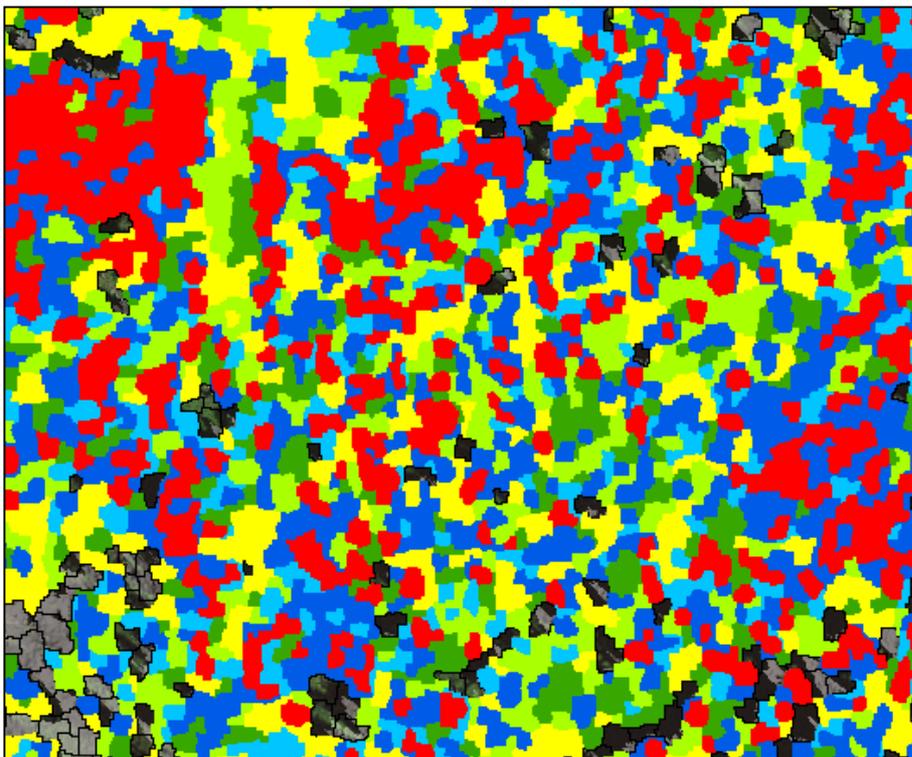


Image 6 : carte des hauteurs d'arbres, source: OFOR

### 3.2 Stades de développement

#### Description :

Afin de permettre la détermination automatique et cohérente de surfaces de peuplements d'une certaine étendue, les stades de développement ont été délimités à partir des hauteurs d'arbres. En appliquant les régions de tarif du lieu (cf. chapitre 3.3), les stades de développement sont adaptés à l'altitude locale.

#### Méthode utilisée :

Sur la base du MNSn et du nuage de points LiDAR, un procédé automatique a permis de déterminer des surfaces de peuplements aussi grandes que possible et raisonnablement homogènes.

Dans une étape ultérieure, les hauteurs à l'intérieur de chaque surface ont été réparties en portions de 10% (répartition quantile). Les stades de développement sont représentés en référence au hdom du 9<sup>ème</sup> décile. En outre, les classes de hauteurs d'arbres des stades de développement ont été adaptées à la région de tarif locale.

#### Utilisations principales prévues :

L'utilisation principale des informations sur les peuplements se trouve dans la planification de gestion et des tâches légales (gestion durable).

Elle représente la base pour la détermination de surfaces d'intervention.

#### Restrictions :

Il n'est pas possible de déterminer des hauteurs d'arbres d'un peuplement intermédiaire ou d'un peuplement accessoire.

Lors de peuplements étagés / très ouverts, le stade de développement est souvent surestimé. La carte des hauteurs d'arbres représente là un complément utile.

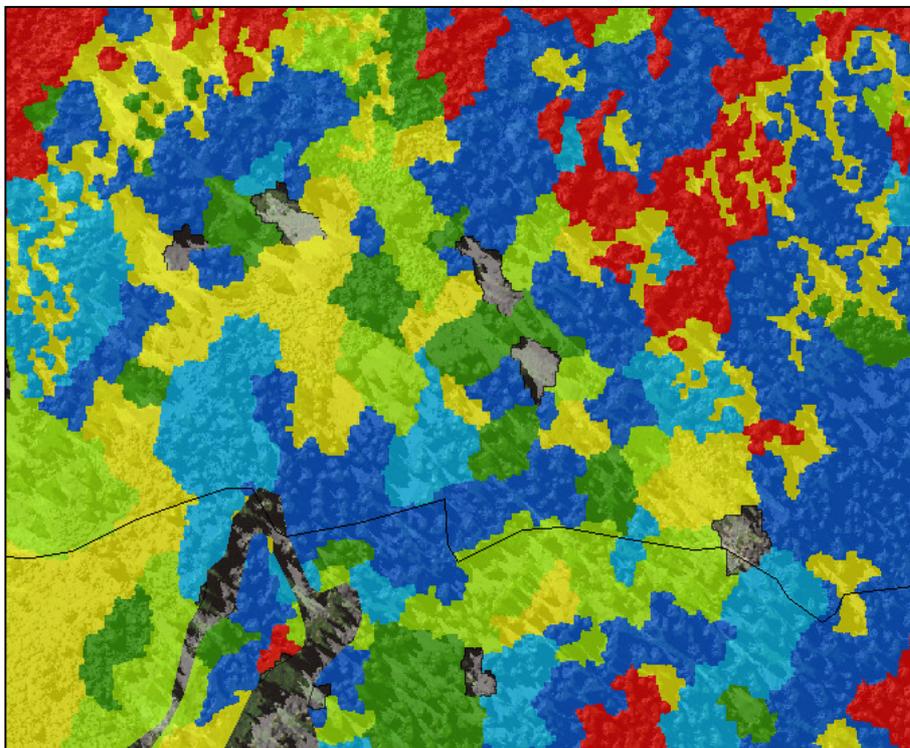


Image 7 : Stades de développement déterminés à partir de hauteurs d'arbres, source: OFOR

### 3.3 Régions de tarif

Afin d'adapter les classes de hauteurs d'arbres et les stades de développement aux différentes conditions de croissance, nous nous sommes référés à la clé des hauteurs d'arbres par stades de développement de l'EFD. Celle-ci a été élaborée dans le cadre de la cartographie des peuplements en 2007 et a fait ses preuves. La clé des hauteurs d'arbres est la seule base disponible pour tout le canton de Berne, utilisable comme région de tarif géo-référencée. Pour le Jura bernois, des régions de tarif adaptées à la clé des hauteurs d'arbres EFD ont été déterminées.

On différencie les régions de tarif suivantes :

- Clé 1 : „*région du Plateau*“ submontagnard à montagnard supérieur (env. 400 - 1100 m. s. mer)
- Clé 2 : „*région périphérique des Alpes*“ haut montagnard à subalpin (env. 1100 - 1500 m. s. mer)
- Clé 3 : „*région des Alpes*“ subalpin supérieur (env. > 1500 m. s. mer)

Les trois clés (1 à 3) se différencient par l'altitude de leur zone d'application et par les valeurs des hauteurs d'arbres (hauteurs d'arbres minimales et maximales) par stades de développement. Pour le projet „actualisation des informations sur les peuplements Forêt BE“, seul l'étage „vide / surface avec peuplement non défini“ a été rajouté. Le classement des stades de développement se réfère à l'IFN.

Stades de développement admis en référence aux hauteurs d'arbres	DHP (cm)	CODE	Clé 1	Clé 2	Clé 3
vide / surfaces avec peuplement non défini	aucun	0	< 1,3	< 1,3	< 1,3
Rajeunissement / fourrés	< 12	1	≥ 1,3 – 10 mètres	≥ 1,3 – 9 mètres	≥ 1,3 – 7 mètres
Bas perchis	12 – 20	2	≥ 10 – 16 mètres	≥ 9 – 15 mètres	≥ 7 – 11 mètres
Haut perchis	21 – 30	3	≥ 16 – 21 mètres	≥ 15 – 20 mètres	≥ 11 – 15 mètres
Jeune futaie	31 – 40	4	≥ 21 – 27 mètres	≥ 20 – 26 mètres	≥ 15 – 18 mètres
Moyenne futaie	41 – 50	5	≥ 27 – 34 mètres	≥ 26 – 33 mètres	≥ 18 – 25 mètres
Vieille futaie	> 50	6	≥ 34 mètres	≥ 33 mètres	≥ 25 mètres

Image 8 : Clés des stades de développement en fonction des hauteurs d'arbres, source : OFOR

### 3.4 Utilisation et interprétation des applications mises à disposition

Les applications mises à disposition ne remplacent pas les sciences forestières spécifiques et l'appréciation dans le terrain. Ces informations représentent néanmoins des bases de décision importantes lors des conseils et de l'exploitation de surfaces forestières.

Lors de l'élaboration d'une carte conventionnelle des types de peuplements, on interpole à partir d'un échantillonnage relevé dans le terrain sur l'ensemble de la surface. En utilisant les données LiDAR, on dispose au contraire d'informations sur l'ensemble de la surface du peuplement et on peut les interpréter. Cela entraîne un changement des grandeurs de référence, c'est-à-dire qu'à côté du DHP, la hauteur des arbres prend un rôle important lors de l'interprétation et de la classification.

Il y a lieu de souligner les indices / restrictions suivantes :

- Les interprétations se réfèrent à la couche dominante du peuplement.
- La classification de la végétation / arbres d'une hauteur inférieure à 1,3 m. est soumise – due à la technologie – à de grandes inexactitudes.
- Lors de peuplement étagés ou très ouverts, le stade de développement est souvent surestimé.
- Les informations sur le degré de mélange feuillu / résineux ne sont actuellement que disponibles pour le Jura bernois. Les données correspondantes sont acquises auprès du WSL et intégrées dans l'application. Il est prévu de mettre ces informations à disposition pour l'ensemble du canton.
- Actuellement la carte des hauteurs d'arbres comporte des chevauchements entre différents polygones dans les bords des tuiles d'origine. Cet effet sera éliminé dans le cadre des développements ultérieurs de l'application.