



Avril
2019

LIVRABLE

1.2A

Acquisition de données lidar sur le
PNR du Massif des Bauges (74)

Version du 02/05/2019



Contexte

Dans le cadre du projet PROTEST (Prospective Territoriale Spatialisée), une acquisition de données LiDAR aéroporté a été réalisée sur l'emprise du PNR du Massif des Bauges (département 74), afin de compléter les données existantes sur le département 73. Ces données sont utilisées ensuite pour cartographier les forêts du PNR.

Les données ont été acquises sur appel d'offre par le PNR du Massif des Bauges, grâce au financement du projet PROTEST. L'ONF a apporté un appui technique pour la rédaction du cahier des charges, la sélection du prestataire et la réception des données. Le cahier des charges et le rapport de réception des données figurent en annexe. Les données Lidar sont disponibles sur demande auprès du PNR, en attente de mise en œuvre d'une solution de mise à disposition publique via des structures dédiées.

CAHIER DES CHARGES
POUR UNE PRESTATION D'ACQUISITION DE DONNÉES DE
TÉLÉDÉTECTION AÉRIENNE PAR LASER DITE « LIDAR »

PNR du Massif des Bauges

SOMMAIRE

1. OBJET - OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET	3
2. CARACTERISTIQUES DE LA PRESTATION DEMANDEE	3
2.1 EMPRISE CONCERNEE	3
2.2 CONDITIONS ET PERIODE D'ACQUISITION	3
2.3 CARACTERISTIQUES DU LEVE LIDAR	3
2.3.1 Densité d'émission	3
2.3.2 Densité de points sols	4
2.3.3 Taille de l'empreinte au sol	4
2.3.4 Précision	4
2.3.5 Angle de fauchée	4
2.4 TRAITEMENT DES DONNEES BRUTES	4
2.4.1 Nuage de points bruts	4
2.4.2 MNT, MNS, MNH	4
3. DONNEES ET DOCUMENTS A LIVRER	5
3.1 CARACTERISTIQUES GENERALES	5
3.1.2 Support de livraison	5
3.1.3 Système de projection	5
3.2 NUAGE DE POINTS BRUTS	5
3.2.1 Découpage des données	5
3.2.2 Format de données	5
3.2.3 Métadonnées et informations du nuage de points	5
3.2.4 Livraison complémentaire en hauteur / sol	6
3.3 MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT), MODELE NUMERIQUE DE SURFACE (MNS), MODELE NUMERIQUE DE HAUTEUR (MNH)	6
3.3.1 Découpage des données	6
3.3.2 Format de données	6
3.4 PLAN D'ASSEMBLAGE DES FICHIERS FOURNIS	6
3.5 PLAN DE VOL	6
3.6 TRAJECTOGRAPHIE	6
3.7 SURFACES DE CONTROLES	6
3.8 RAPPORT DE MISSION	7
4. RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES A FOURNIR AVEC L'OFFRE	7
5. CALENDRIER, CONTROLE ET PROPRIETE DES DONNEES	7
5.1 RECEPTION DES DONNEES, CONTROLE QUALITE PAR LE COMMANDITAIRE	7
5.2 DELAI DE REALISATION	8
5.3 CHRONOLOGIE – BALISES ET REUNIONS	8
5.4 PENALITES POUR RETARD	8
5.5. PROPRIETE DES DONNEES	8
5. MODALITES DE PAIEMENT	9
6.1. PRESENTATION DES DEMANDES DE PAIEMENTS	9
6.2. MODE DE REGLEMENT	9
6. REPOSE A LA CONSULTATION	9
7. RENSEIGNEMENTS POUR LE PROJET	10
7. ANNEXES	11

1. OBJET - OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET

Le présent marché porte sur l'acquisition de données LIDAR aéroporté multi-échocs (semis de points 3D), sur leurs post-traitements et leurs dérivations sous forme de modèle numérique de terrain (MNT), de modèle numérique de surface (MNS) et de modèle numérique de hauteur (MNH).

La mission de LiDAR aéroporté doit permettre l'acquisition de données topographiques et forestières, avec notamment l'estimation et la localisation de la ressource forestière, la cartographie des hauteurs des peuplements forestiers, la détection de la desserte forestière existante (routes et pistes forestières).

Le secteur concerné est situé sur le territoire du PNR du Massif des Bauges (dép. 73 et 74). Il s'agit d'une zone de montagne, avec un relief accidenté, et dont une partie est couverte de peuplements forestiers parfois denses risquant de limiter fortement la pénétration du signal laser jusqu'au sol.

Les propositions de prestation devront porter sur 2 options d'emprise et 3 options de densité d'émission.

2. CARACTERISTIQUES DE LA PRESTATION DEMANDEE

Mission aérienne avec prise de données LiDAR multi-échocs et restitution de données devant respecter au minimum les spécifications listées ci-après.

2.1 Emprise concernée

Deux options d'emprise pour les levés et la restitution des données sont demandées ici :

- Emprise option 1 : d'une surface d'environ 35 400 ha correspond à la zone décrite par la carte 1 en annexe et correspondant au fichier numérique emprise_option1 (shapefile Lambert 93) fourni avec le présent cahier des charges.
- Emprise option 2 : d'une surface d'environ 27 800 ha correspond à la zone décrite par la carte 2 en annexe et correspondant au fichier numérique emprise_option2 (shapefile Lambert 93) fourni avec le présent cahier des charges.

Les shapefile Lambert 93 des 2 options d'emprise sont à télécharger à l'adresse :

<http://pnr-bauges.dyndns.org:8180/pydio/public/8519f9>

2.2 Conditions et période d'acquisition

- Conditions météorologiques favorables avec sol sec, sans brouillard, vent faible et aucune couverture neigeuse sur l'ensemble de la zone levée.
- L'ensemble des peuplements forestiers feuillus (caducifoliés) de la zone devront être en feuille.
- Période d'acquisition située entre le 15/05/2018 et le 15/09/2018.

2.3 Caractéristiques du levé Lidar

2.3.1 Densité d'émission

- Trois options d'acquisition sont demandées concernant la densité minimale d'émission
 - Option 1 : la densité minimale d'émission devra être de 8 impulsions par mètre carré (recouvrement entre bandes de vol compris) ;
 - Option 2 : la densité minimale d'émission devra être de 6 impulsions par mètre carré (recouvrement entre bandes de vol compris).

- Option 3 : la densité minimale d'émission devra être de 4 impulsions par mètre carré (recouvrement entre bandes de vol compris).
- La validité de cette densité sera calculée par la moyenne des densités émises (premiers retours) sur chaque cellule élémentaire de 100 m² (soit 10 x 10 m).
- La surface cumulée des cellules élémentaires de 100 m² (10 x 10 m) sur lesquelles la densité émise est inférieure au minimum requis ne devra pas dépasser 5% de la surface de l'emprise levée.
- Le prestataire devra s'assurer d'une bonne isotropie de la répartition des points en XY – RECOUVREMENTS COMPRIS. Pour cela il devra notamment s'assurer d'un recouvrement suffisant entre les bandes de vol (d'au moins 50% entre 2 bandes de vol).

2.3.2 Densité de points sols

- La surface unitaire maximale sans point au sol est fixée à 100 m² (10 x 10 m).
- La surface cumulée des cellules élémentaires de 100 m² (10 x 10 m) sans points sols ne devra pas dépasser 5% de la surface de l'emprise levée.

2.3.3 Taille de l'empreinte au sol

La taille de l'empreinte au sol devra être inférieure à 50 cm.

2.3.4 Précision

La précision minimale des points (pour chaque échos du signal LiDAR) devra être de :

- 40 cm en planimétrie (XY)
- 20 cm en altimétrie (Z)

2.3.5 Angle de fauchée

L'angle de fauchée d'acquisition du nuage LiDAR ne devra pas excéder $\pm 30^\circ$ par rapport au nadir.

2.4 Traitement des données brutes

2.4.1 Nuage de points bruts

Différentes opérations techniques seront réalisées par le prestataire, afin d'aboutir à la mise en géométrie du nuage de points lidar, au recalage relatif des différentes bandes d'acquisition et à la classification du nuage de points bruts au minimum en quatre catégories : sol (classe 2), sursol (classe 4), eau (classe 9), pylônes et câbles (classe 10).

2.4.2 MNT, MNS, MNH

Calcul du modèle numérique de terrain (MNT), d'un modèle numérique de surface (MNS) et d'un modèle numérique de hauteur (MNH ou CHM : Canopy height model) au pas de 1 m (cellules ou pixels carrés de 1 x 1 m) :

- Le MNT correspond aux valeurs d'altitude du sol
- Le MNS correspond aux valeurs d'altitude des points les plus élevés (canopée, bâtiment ... ou du sol dans les zones dégagées)
- Le MNH correspond au MNS auquel on soustrait le MNT

Pour le calcul, il conviendra de tenir compte et de corriger les éventuels décalages des altitudes entre bandes de vols (soit en utilisant l'option TerraMatch de Terrascan ou une application similaire ; soit en réalisant une classification sol / sursol par bande de vol puis en ajustant l'ensemble du nuage de point).

3. DONNEES ET DOCUMENTS A LIVRER

3.1 Caractéristiques générales

3.1.2 Support de livraison

L'ensemble des données sera livré sur un disque dur externe (ou clef USB) fourni par le prestataire et conservé comme archive par le maître d'ouvrage.

3.1.3 Système de projection

Toutes les données géographiques seront fournies en système géodésique RGF 93 Lambert 93 métrique avec une altitude exprimée dans le système NGF/IGN69.

3.2 Nuage de points bruts

3.2.1 Découpage des données

Les données seront fournies découpées :

- en dalles carrées jointives de 500 x 500 m (cotés parallèles aux axes X et Y du référentiel géographique)
- et en dalles carrées de 500 x 500 m (cotés parallèles aux axes X et Y du référentiel géographique) avec un tampon supplémentaire (recouvrement entre dalles) de 25 m.

3.2.2 Format de données

Le nuage de points bruts sera fourni au format binaire LAS (version 1.1 à 1.3) et en respectant les spécifications de l'ASPRS, dans un fichier unique par dalle.

Le nom des dalles (et donc des fichiers correspondants) ne devra pas dépasser 12 caractères et excluant tous les espaces ou caractères spéciaux (« , », « . », « / », « \ », « - », etc).

3.2.3 Métadonnées et informations du nuage de points

Pour chaque fichier les métadonnées (blocs « PUBLIC HEADER BLOCK » et « VARIABLE LENGTH RECORDS ») seront renseignées.

Pour chaque point (écho du signal LiDAR) les informations suivantes devront être renseignées en concordance avec la spécification de l'ASPRS :

- X, et Y et Z (coordonnées planes Est, Nord et Altitude)
- Intensité (Intensity)
- Numéro de retour (Return Number) et Nombre de retours (Number of Returns (given pulse)) en respectant les normes de l'ASPRS et permettant d'identifier clairement le type de retour (premier, dernier, intermédiaire)
- Classification (Classification) :
 - le nuage de points sera classifié au minimum en 4 classes permettant de distinguer les points sol (classe 2), sursol (classe 4), eau (classe 9), pylônes et câbles (classe 10).
 - les points aberrants (tel que « Low Point » ou « noise ») seront classés en classe 7.
- Angle de scan (Scan Angle Rank)
- Temps GPS (GPS Time)
- Numéro de la bande de vol (dans le champ point_source_ID)

3.2.4 Livraison complémentaire en hauteur / sol

Une livraison complémentaire du nuage de points bruts sera réalisée, avec les mêmes spécifications, en remplaçant la valeur Z (altitude) de chaque point par sa hauteur par rapport au sol. Le calcul est réalisé par la différence d'altitude de chaque point LiDAR et du TIN (Réseau de Triangles Irréguliers) créé à partir des points classés sol.

Au final, le nuage de points est donc à fournir en 4 lots : dalles jointives avec altitude, dalles jointives avec hauteur, dalles avec tampon de 25 m et altitude, dalles avec tampon de 25 m et hauteur.

3.3 Modèle numérique de terrain (MNT), Modèle numérique de surface (MNS), Modèle numérique de hauteur (MNH)

3.3.1 Découpage des données

Les données seront fournies pour chaque modèle (MNT, MNS, MNH) découpées en dalles carrées (parallèles aux axes X et Y du référentiel géographique) jointives de 500 x 500 m identiques aux dalles du nuage LiDAR.

3.3.2 Format de données

Chaque modèle (MNT, MNS, MNH) sera fourni au pas de 1 m (cellules ou pixels carrés de 1 x 1 m) au format Géotif (.tif) dans un fichier unique par dalle.

Le nom des dalles (et donc des fichiers correspondants) ne devra pas dépasser 12 caractères et excluant tous les espaces ou caractères spéciaux (« , », « . », « / », « \ », « - », etc).

3.4 Plan d'assemblage des fichiers fournis

Les plans d'assemblage des données livrées (nuage de points bruts, MNT, MNS et MNH) seront fournis au format PDF et Shapefile (comportant un attribut spécifique indiquant le numéro de dalle).

3.5 Plan de vol

Le plan de vol ainsi que les axes (bandes ou lignes de vol) seront fournis sous forme de carte (au format PDF) et de fichiers géoréférencés (au format Shapefile contenant le numéro de la bande de vol).

3.6 Trajectographie

Afin de corriger l'atténuation géométrique pour les valeurs d'intensité, la trajectoire du vecteur (avion, hélicoptère, etc.) sera fournie sous forme de fichier texte contenant :

- La position X, Y, Z du vecteur
- Le temps GPS, compatible avec les informations contenues dans les fichiers Las du nuage de points brut (notamment avec un nombre de décimales compatible)
- Le Pitch (tangage), Yaw (lacet) et Roll (roulis)

3.7 Surfaces de contrôles

Des surfaces permettant de contrôler et valider la précision du nuage de points bruts (notamment en altimétrie) devront être mises en place.

Un rapport détaillé avec description du protocole de vérification, localisation des surfaces de contrôle, les résultats précis obtenus et le cas échéant mesures correctrices mises en œuvre sera fourni.

3.8 Rapport de mission

Le prestataire remettra lors de la livraison des données un rapport de mission (au format papier et numérique PDF) contenant au minimum les informations suivantes :

- Rapport et plan de vol : dates de vol, type d'aéronef, conditions météo lors de la mission et dans les heures précédant la mission, ...
- Spécifications techniques de l'acquisition : système LiDAR utilisé, paramétrages, altitude de vol, contrôles GPS sol éventuels, etc...
- Traitement des données : systèmes mis en œuvre (notamment logiciels) méthodes utilisées pour le prétraitement des données, l'ajustement entre bandes de vol, le calcul du MNT et du MNS (mode d'interpolation, traitement des « trous » sans données, etc...)
- Tous les éléments utilisés pour le contrôle qualité (en particulier le bilan des surfaces de contrôle dont la localisation et les mesures de terrain)

4. RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES A FOURNIR AVEC L'OFFRE

Le prestataire intégrera dans son offre une note technique et méthodologique, comprenant toutes les informations utiles à l'analyse de l'offre. **Au minimum :**

- Les moyens mis en œuvre pour arriver à obtenir les spécifications du présent cahier des charges.
 - Le type de vecteur retenu (avion, hélicoptère, ULM ...).
 - Le type de scanner et ses caractéristiques techniques (longueur d'onde, puissance d'émission, fréquence de scan, fréquences d'émission, nombre d'échos enregistré par impulsion).
 - Le plan de vol prévisionnel avec la hauteur par rapport au sol, la vitesse, l'angle de fauchée, la largeur des bandes de vol, le recouvrement latéral (entre 2 bandes), la distances inter-bandes, la cartographie des bandes de vols (ou lignes de vol) prévues.
 - Le nombre de points émis attendu par m² (par bande de vol et au total avec le recouvrement compris) ainsi que le nombre de points au sol attendus au m².
 - La précision altimétrique et planimétrique des points ainsi que la taille de l'empreinte au sol.
 - La méthode de classification du nuage de points utilisée (algorithme, logiciels, classes distinguées, vérification de la classification).
 - Les surfaces de contrôle et de calibration mises en œuvre (nombre de surfaces et nombre de points de contrôle).
 - La période d'intervention prévue
- Des références d'autres prestations réalisées sur ce type de mission : client, lieu des missions réalisées, objectif des missions, nombre de km² d'acquisition LIDAR réalisée sur zone forestière pour chaque mission, qualité des données, ...

5. CALENDRIER, CONTROLE ET PROPRIETE DES DONNEES

5.1 Réception des données, contrôle qualité par le commanditaire

Le maître d'ouvrage se réserve le droit d'effectuer un contrôle qualité après la livraison des travaux. En cas de non concordance avec les spécifications du présent cahier des charges, le maître d'ouvrage se réserve le droit de refuser les travaux. Le prestataire devra alors prévoir à sa charge la correction des erreurs relevées.

Une nouvelle acquisition LIDAR (de toute ou partie de la zone, selon la nature des problèmes rencontrés), à la charge du prestataire (sans frais supplémentaire pour l'acquéreur), pourra être demandée si l'une des conditions suivantes n'est pas respectée :

- données manquantes sur l'emprise demandée
- densité minimum de points requise non atteinte

5.2 Délai de réalisation

Le délai maximum pour la réalisation du vol est fixé au 15/09/2018

Le délai maximum pour la livraison des données traitées est fixé au 15/11/2018

Le délai maximum pour la vérification des données par le maître d'ouvrage est fixé au 30/11/2018

Le délai maximum pour la remise du dossier complet est fixé au 15/12/2018

5.3 Chronologie – balises et réunions

Date / période prévisionnelle	Evènement
Entre le 01/05/2018 et le 15/05/2018	Réunion pour valider le vol planifié
Entre le 15/05/2018 et le 15/09/2018	Acquisition (<i>bilan du vol et validation par l'ONF suite au rapport de vol</i>)
Entre le 15/09/2018 et le 15/11/2018	Traitement des données
Le 15/11/2018	Livraison données en concordance avec les spécifications du cahier des charges
Entre le 15/11/2018 et le 30/11/2018	Vérification des données par le maître d'ouvrage
Le 15/12/2018	Remise définitive du dossier complet (dossier technique et données corrigées)

5.4 Pénalités pour retard

Si pour quelque raison que ce soit, les livraisons n'étaient pas effectuées dans les délais prévus, le titulaire se verrait appliquer des pénalités de retard calculées suivant la formule suivante :

$$P = (V \times R) / 300$$

Dans laquelle : P = montant des pénalités

V = valeur de l'ensemble des plants non livrés dans les délais prévus

R = nombre de jours de retard

5.5. Propriété des données

Les données et documents produits dans le cadre du présent marché seront la propriété exclusive du maître d'ouvrage.

5. MODALITES DE PAIEMENT

6.1. Présentation des demandes de paiements

Le paiement s'effectuera suivant les règles de la comptabilité publique dans les conditions prévues aux articles 8 et 8bis du C.C.A.G.-F.C.S.

Les factures afférentes au paiement seront établies en un original et 2 copies.

6.2. Mode de règlement

Les prestations, objet du présent marché, seront rémunérées dans les conditions fixées par les règles de la comptabilité publique.

Les sommes dues seront mandatées dans un délai de 20 jours et payées dans un délai global de 30 jours à compter de la date de réception des factures ou des demandes de paiement équivalentes.

6. REPONSE A LA CONSULTATION

Date limite de dépôt des candidatures : 30/04/2018, à 17h.

A envoyer à :

Offre de prestation d'acquisition de données de télédétection aérienne par laser dite « lidar »

PNR du Massif des Bauges

Maison du Parc

73 630 LE CHATELARD

Constitution de la réponse :

- Note technique et méthodologique, comprenant toutes les informations utiles à l'analyse de l'offre (voir point 4. du présent cahier des charges) ;
- Des références d'autres prestations réalisées sur ce type de mission (voir point 4. du présent cahier des charges) ;
- Coût proposé pour la mission (voir modèle de décomposition de prix global et forfaitaire en annexe) ;

Les éléments qui interviendront dans le jugement, seront pondérés de la manière suivante :

- Note méthodologique et références des intervenants (60%) ;
- Prix de la proposition (40%).

Avant d'arrêter son choix final, la personne responsable du marché se réserve la possibilité d'entendre les candidats et éventuellement de discuter leurs propositions, dans le respect des principes d'égalité et de transparence édictés par le code des marchés publics.

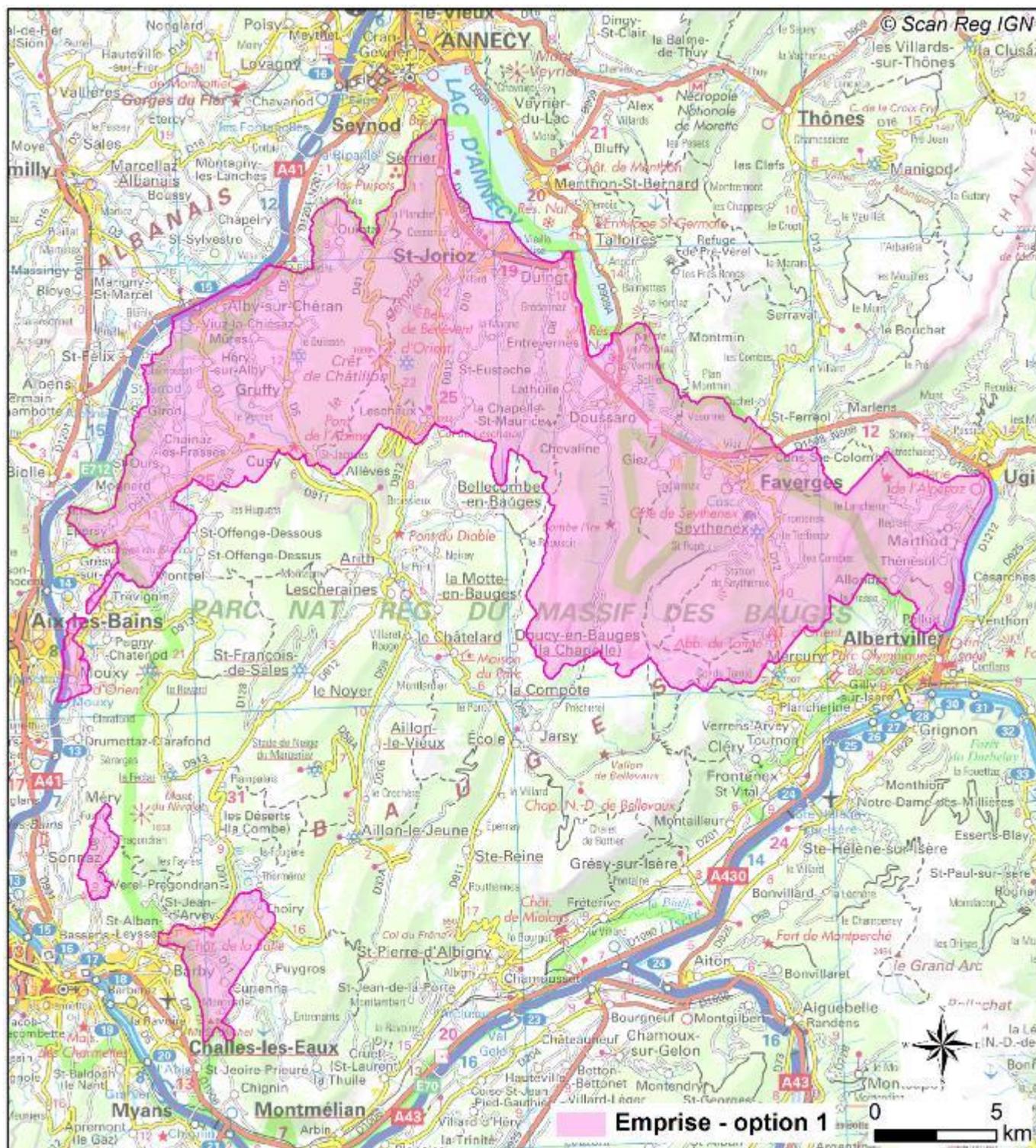
7. RENSEIGNEMENTS POUR LE PROJET

Pour toutes questions, le proposant peut prendre contact avec Pierre PACCARD, chargé de mission forêt-filière bois au PNR du Massif des Bauges :

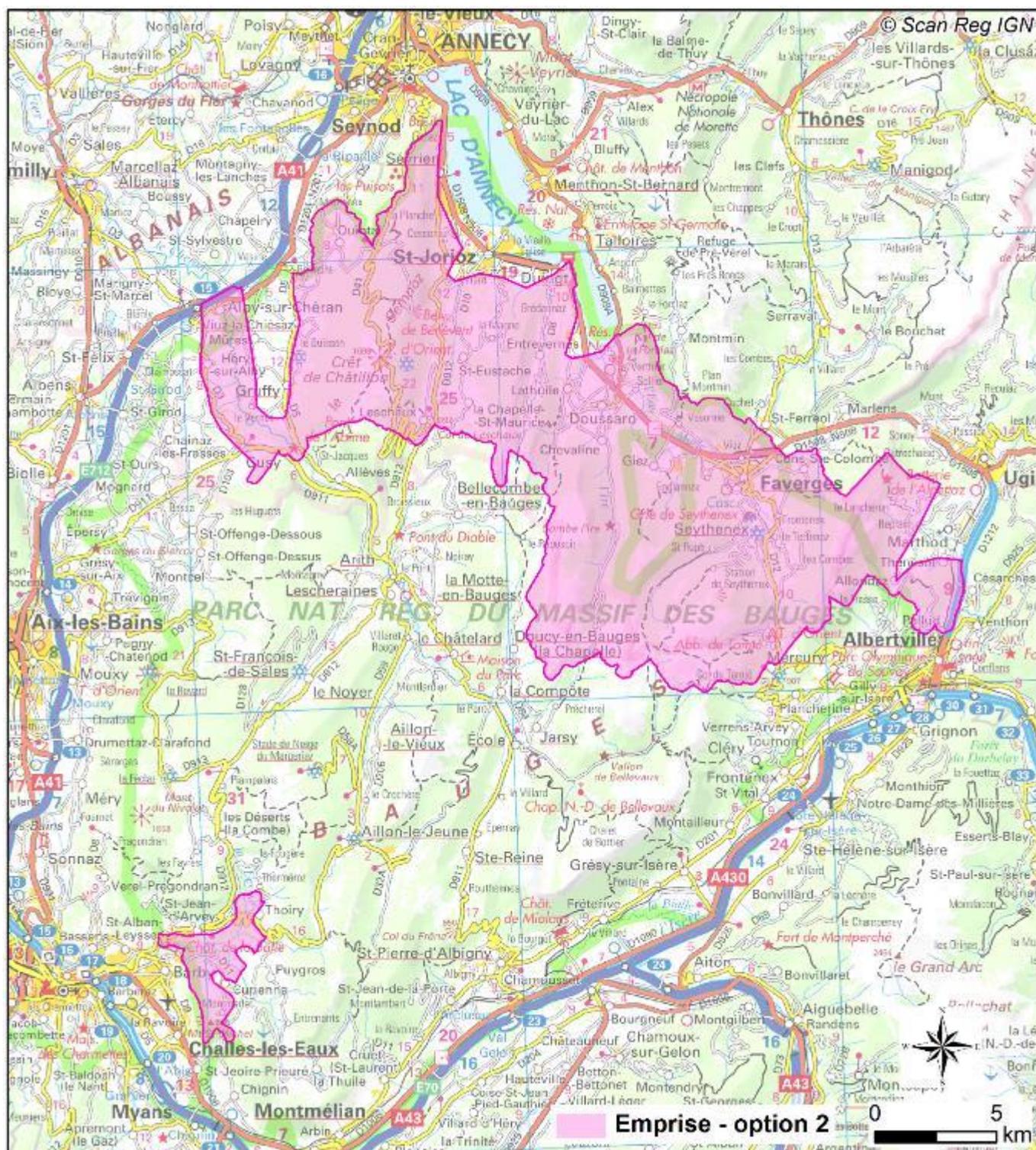
<p>Pierre PACCARD Chargé de mission forêt-filière bois PNR du Massif des Bauges Tél : 04 79 54 97 78 e-mail : p.paccard@parcdesbauges.com</p>

De façon préférentielle, l'ensemble des questions des proposant sera formulé par voie écrite (mail).

7. ANNEXES



Carte 1 : Emprise LIDAR – option 1



Carte 2 : Emprise LIDAR – option 2

DECOMPOSITION DE PRIX GLOBAL ET FORFAITAIRE

Offre : Emprise option 1 (≈ 35 400 ha) + Densité option 1 (émission min. 8 points/m²)	
Montant total H.T.	
T.V.A.	
Montant total T.T.C.	

Offre : Emprise option 1 (≈ 35 400 ha) + Densité option 2 (émission min. 6 points/m²)	
Montant total H.T.	
T.V.A.	
Montant total T.T.C.	

Offre : Emprise option 1 (≈ 35 400 ha) + Densité option 3 (émission min. 4 points/m²)	
Montant total H.T.	
T.V.A.	
Montant total T.T.C.	

Offre : Emprise option 2 (≈ 27 800 ha) + Densité option 1 (émission min. 8 points/m²)	
Montant total H.T.	
T.V.A.	
Montant total T.T.C.	

Offre : Emprise option 2 (≈ 27 800 ha) + Densité option 2 (émission min. 6 points/m²)	
Montant total H.T.	
T.V.A.	
Montant total T.T.C.	

Offre : Emprise option 2 (≈ 27 800 ha) + Densité option 3 (émission min. 4 points/m²)	
Montant total H.T.	
T.V.A.	
Montant total T.T.C.	



Réception des données LIDAR PNR des Bauges

*Version : 1.0
du 27/11/2018*

*Grillet JP.¹
1 : ONF, Pôle SIG Agence Haute-Savoie*

**Utilisation des données LiDAR aéroporté dans le cadre du
projet de recherche PROTEST**

Journal des versions

Date	Version	Evènement	Auteur
27/11/2018	V 1.0	Analyse de la qualité des données	JP GRILLET

Sommaire

1. ANALYSE DE LA QUALITE DES DONNEES DE LA LIVRAISON N°1	4
OBJET.....	5
LISTE DES DONNEES LIVREES	5
VERIFICATION DE LA QUALITE DES DONNEES	6
Période d'acquisition	6
Nuage de points.....	6
<i>Emprise et découpage du nuage de points.....</i>	<i>6</i>
<i>Informations du nuage de points</i>	<i>7</i>
<i>Densité émission du nuage de points</i>	<i>9</i>
<i>Densité de points sol</i>	<i>11</i>
Rasters MNT	15
Rasters MNS.....	16
Rasters MNH.....	17
SYNTHESE - CONCLUSION.....	17

1. ANALYSE DE LA QUALITE DES DONNEES DE LA LIVRAISON N°1

OBJET

Dans le cadre du projet de recherche « PROTEST » le PNR du massif des Bauges a réalisé l'acquisition de données LiDAR aéroportée.

L'objet du présent document est de réaliser la réception des données (analyse de la qualité et respect de la commande technique exposée dans le cahier des clauses techniques) livrées par la société Opsia (83) le 21/11/2018

LISTE DES DONNEES LIVREES

Données	Demande du CCTP			Livraison du prestataire	
	Découpage (dallage)	Format	Système de coordonnées	Livraison	Observation / problèmes
Nuage de points classifié avec Z	500 x 500 m jointif	LAS v1.1 à 1.3	RGF93 Lam.93 – IGN69	Oui	
Nuage de points classifié avec Z	500 x 500 m + tampon 25 m	LAS v1.1 à 1.3	RGF93 Lam.93 – IGN69	Oui	
Nuage de points classifié avec H	500 x 500 m jointif	LAS v1.1 à 1.3	RGF93 Lam.93 – IGN69	Oui	
Nuage de points classifié avec H	500 x 500 m + tampon 25 m	LAS v1.1 à 1.3	RGF93 Lam.93 – IGN69	Oui	
Modèle numérique de terrain (MNT) au pas de 1 m	1x1 km jointif	Grid ascii	RGF93 Lam.93 – IGN69	Oui	
Modèle numérique de surface (MNS) au pas de 1 m	1x1 km jointif	Grid ascii	RGF93 Lam.93 – IGN69	Oui	
Modèle numérique de hauteur (MNH) au pas de 1 m	1x1 km jointif	Grid ascii	RGF93 Lam.93 – Hauteur/sol	Oui	
Plans d'assemblages	500x500 m	PDF + shape	RGF93 Lam.93	Oui	
Plan de vol	<i>nc</i>	PDF + shape	RGF93 Lam.93 – IGN69	Partielle	Format shape uniquement.
Trajectographie	<i>nc</i>	texte	RGF93 Lam.93 – IGN69	Oui	
Surfaces de contrôles	<i>nc</i>	Rapport	<i>nc</i>	Oui	<i>Intégré au rapport de mission</i>
Rapport de mission	<i>nc</i>	PDF	<i>nc</i>	Oui	

Tableau 1 : Liste des données livrées.

L'ensemble des données commandées ont été livrées à l'exception du plan de vol au format PDF.

A noter que les fichiers livrés sont nommés de manière séquentielle du type (numériques, 6 caractères) .

Exemple : 000001.* 000002.* etc...

VERIFICATION DE LA QUALITE DES DONNEES

PERIODE D'ACQUISITION

Les données LIDAR ont été acquises par l'Opsia le 10 et 11 Septembre 2018.

NUAGE DE POINTS

Emprise et découpage du nuage de points

L'emprise des données LiDAR est d'une surface d'environ 37363 ha (figure 1).

Le découpage du nuage de points est fourni sous forme de dalles LAS jointives de 500 x 500m et aucune dalle n'est manquante.

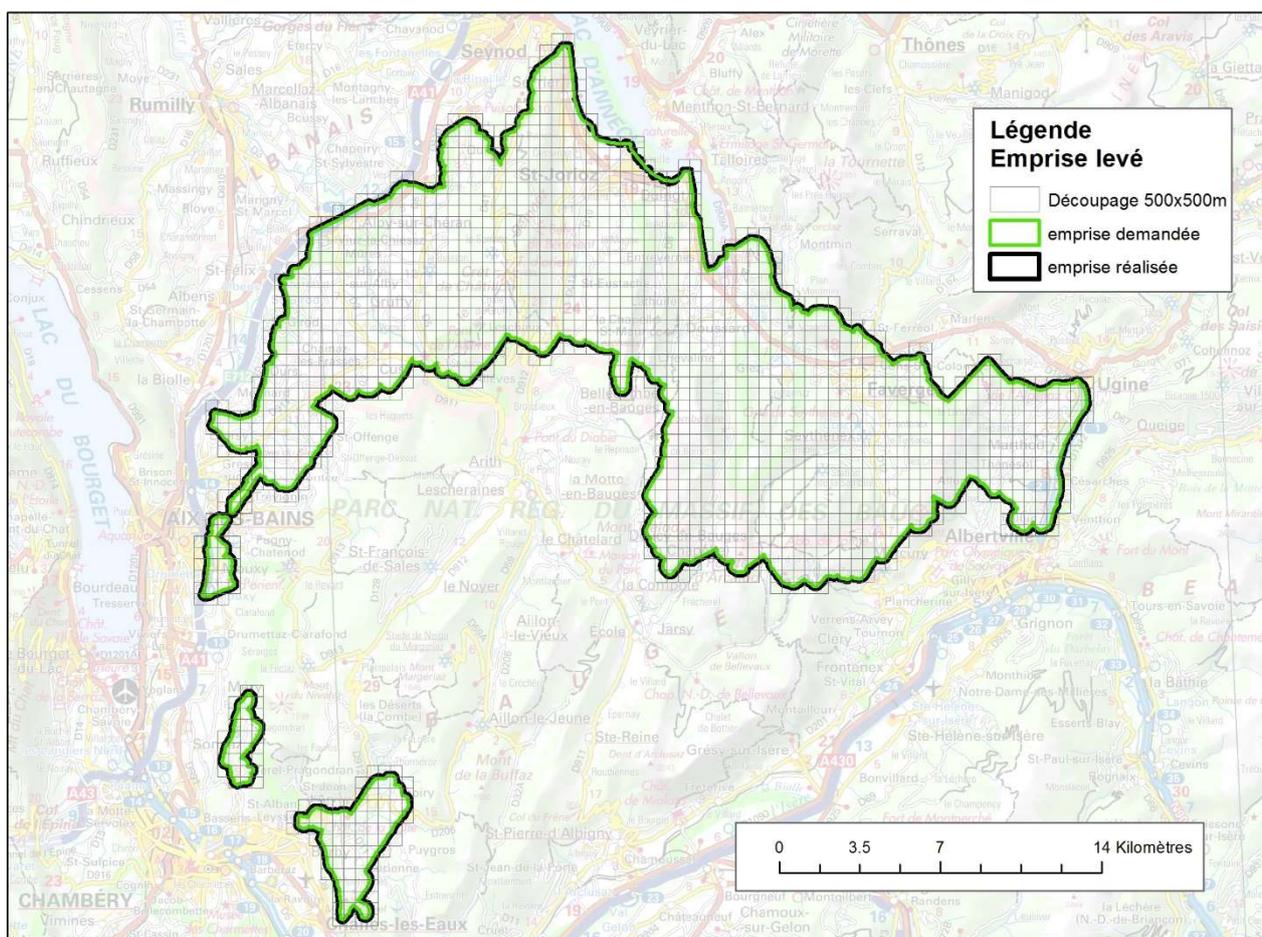


Figure 1 : Emprises des données LiDAR livrées.

L'emprise des données fournie correspond à l'emprise demandée.

Informations du nuage de points

Attributs du nuage de points

Les informations du nuage de points (tableau 2) sont renseignées en respectant les spécifications de l'ASPRS.

A noter tout de même que certains des angles de scan présentent parfois les valeurs élevées mais seulement sur un nombre restreint de points (en moyenne l'angle de scan est de ± 20 degrés).

Attribut (code)	Attribut (libellé)	Val min.	Val max.	Observation
intensity	Intensité	0	65535	/
return_number	Numéro de retour	0	7	
number_of_returns	Nombre de retour	0	7	
edge of flight line	/	0	0	/
scan direction flag	/	0	1	/
scan angle rank	Angle de scan	-71	55	Dépassement sur un nombre de point limités (1.8%)
classification	Classification	1	10	
user data	/	0	0	/
point source ID	Identifiant source	0	306	/
gps time	Temps GPS	0	224647.108011	/
Zrange	/	0.27	1865.32	

Tableau 2 : Récapitulatif des informations du nuage LiDAR.

Classification du nuage

La classification du nuage de points est présentée dans le tableau 3.

Les points hors-sol sont tous regroupés en une seule classe : classe 1 (non classé). Il est donc impossible de distinguer les points correspondant à la végétation, au bâti, câbles, ... Lors des modélisations forestières, il sera nécessaire d'être vigilant à la présence éventuelles élévations ne correspondant pas à des d'arbres (correspondant éventuellement à un pylône, un bâtiment ...). Un filtre a posteriori pourra éventuellement être envisagé à partir de la BDTopo (© IGN), ou de classes de hauteur ?

Classe	Libellé	nombre de points	% de points	observation
1	non classé	6130172	0.06%	
2	sol	2360747041	25%	
4	végétation	7064104047	74.83%	
9	eau	7476993	0.079%	
10	Pylône et câble	1666944	0.017%	
		9 440 125 197	100%	

Tableau 3 : Détail de la classification du nuage LiDAR.

Identification du type de retour

L'identification des types de retours (tableau 4) permet de bien distinguer les premiers retours, derniers retours ...

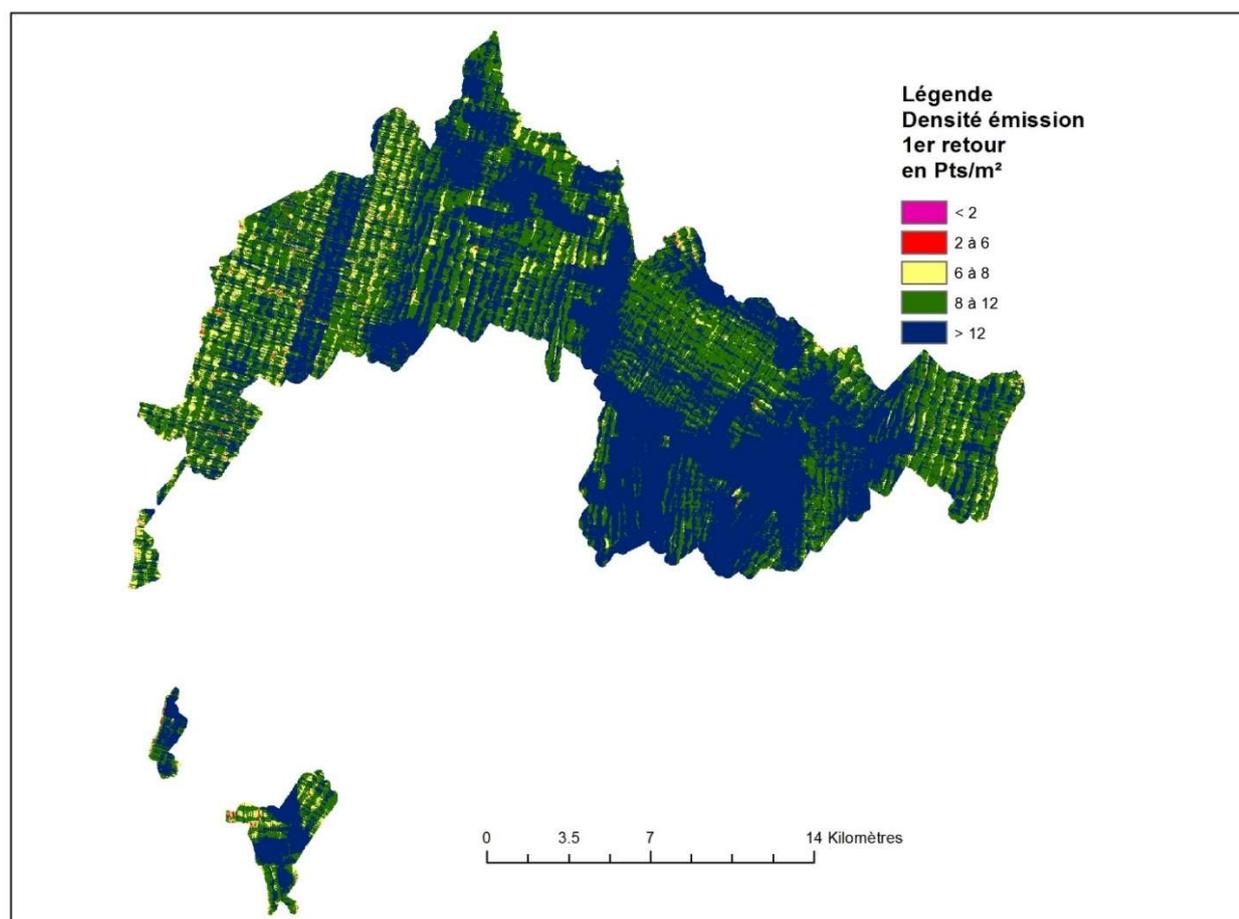
		N : Nombre de retour							
		0	1	2	3	4	5	6	7
R : Numéro de retour	1	0	2603816957	1027313005	771477896	387303436	133365159	33193620	7346670
	2	0	0	1027152143	771468530	387299469	133362792	33192810	7346369
	3	0	0	0	771303423	387282590	133358183	33191639	7345971
	4	0	0	0	0	387194302	133353456	33190819	7345723
	5	0	0	0	0	0	133326802	33190619	7345831
	6	0	0	0	0	0	0	33185828	7346146
	7	0	0	0	0	0	0	0	8525004

Type de retour : Unique Premier Dernier Intermédiaire Erreur !

Tableau 4 : Détail de l'identification du type de retour.

Attention le nombre de retour n'est pas toujours croissant, même si les ordres de grandeur sont respectés.

Densité émission du nuage de points



Figures 2 : Carte de répartition de la densité d'émission

La densité moyenne des points émis (figure 2), correspondant aux premiers retours des impulsions LiDAR, est d'environ 13,5 points/m².

La répartition géographique très hétérogène de la densité émise (variant de 4 à plus de 25 point/m²) risque de poser des problèmes lors modélisation forestière (hétérogénéité de résolution des MNH ...).

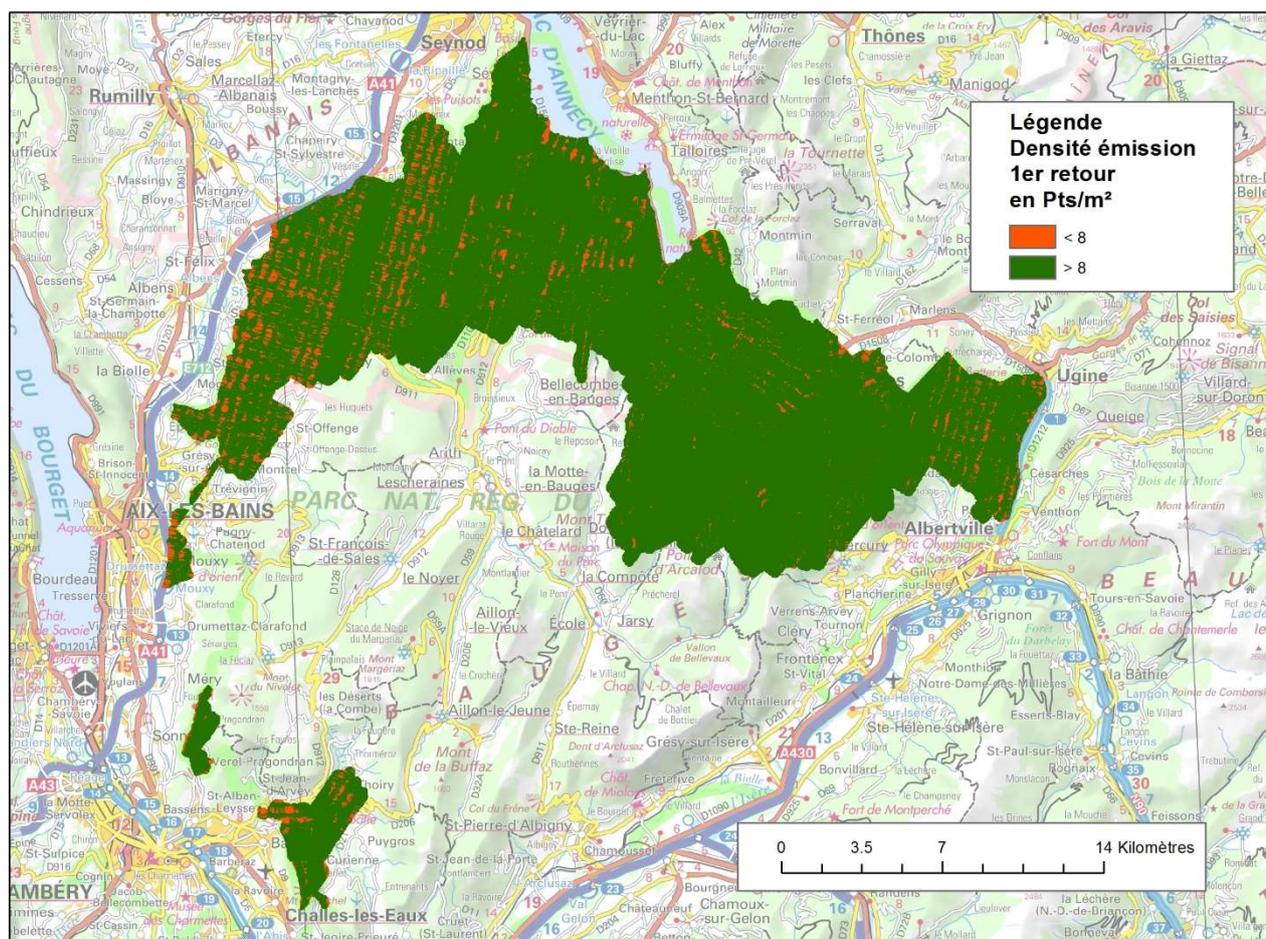


Figure 2 B : Carte de la densité d'émission (1^{er} retour) seuil 8 pts/m²

Les surfaces de 10x10 m (100 m²) inférieures au seuil défini dans le CCTP (« la densité minimale d'émission devra être de 8 impulsions par m² ») représentent 6.3 % de la surface couverte et **dépasse** donc la limite fixée de « 5% de la zone levée ».

Densité de points sol

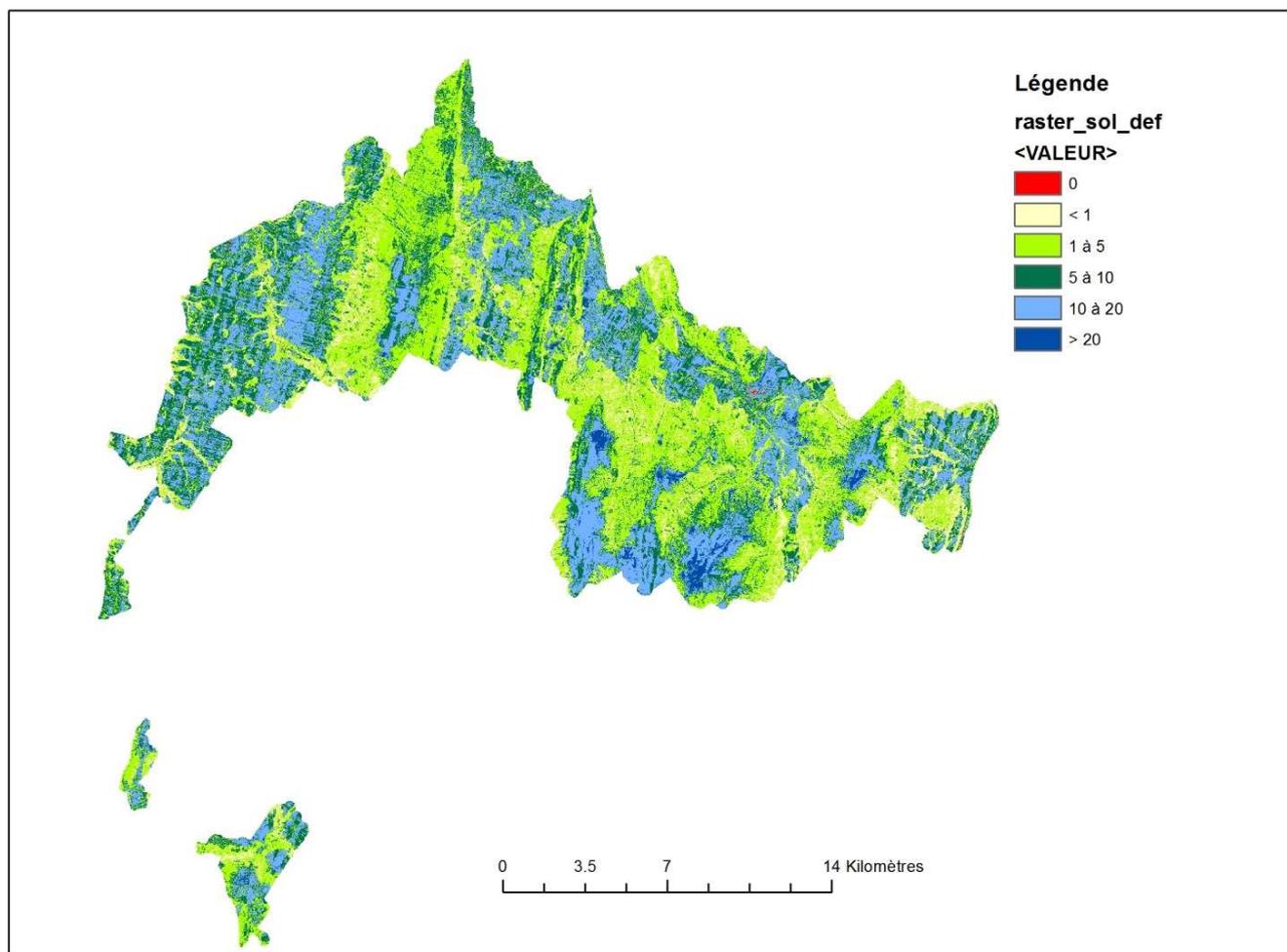


Figure 3 : Carte de répartition de la densité de points classés sol.

La densité moyenne des points classés sol (figure 3) est d'environ 6.4 point/m².

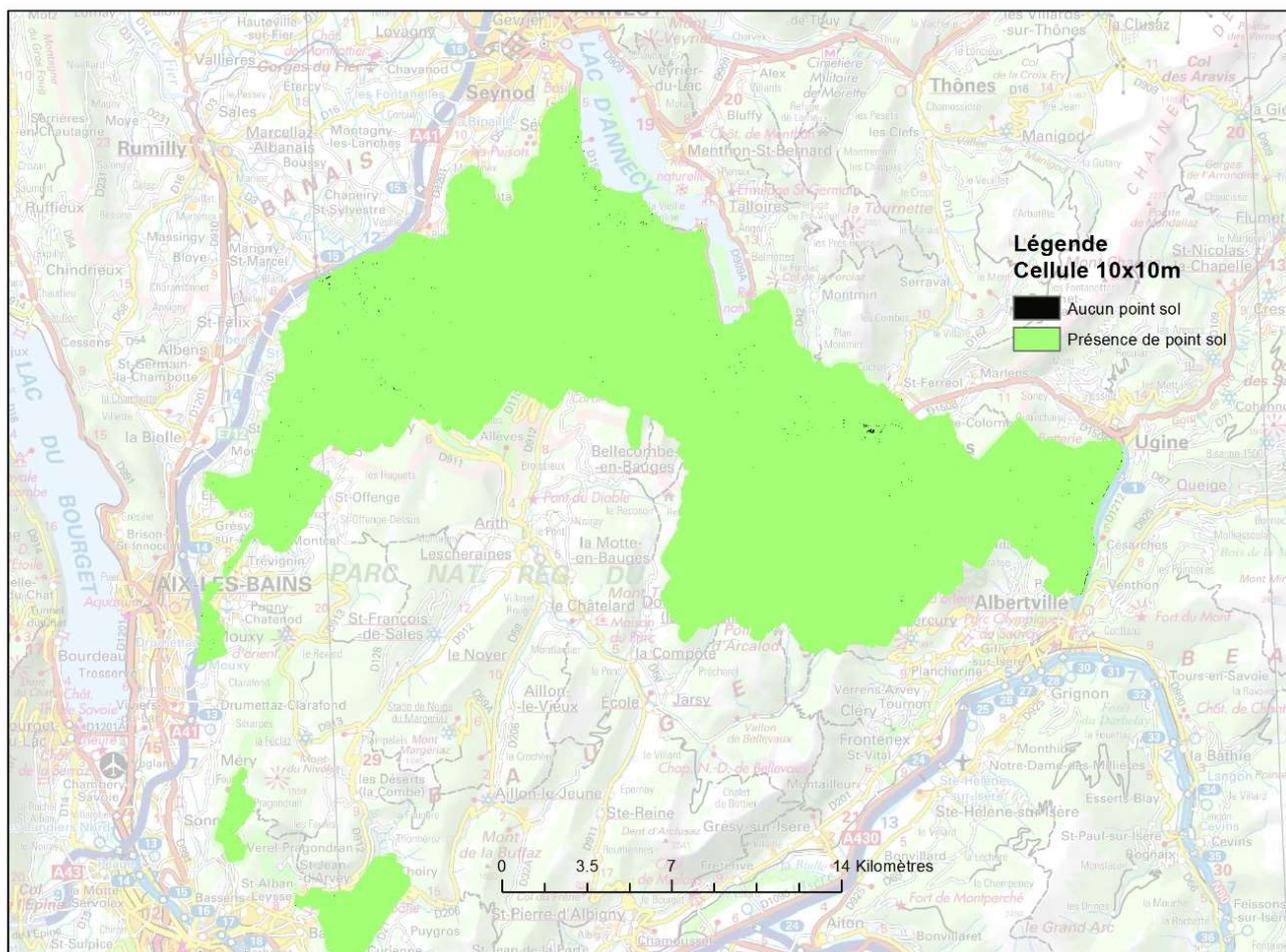


Figure 4b : Carte de présence de points classés sol.

On note la présence de quelques zones de superficie >100m² sans point sol. (hors zone bâti, eau...etc)
Ces zones sont majoritairement avec un fort couvert végétal, et ou en zone de forte pente.
Cela reste marginal.

Densité de points sol	Surface en ha	%
0 pt/m ²	339.0	0.95%
> 0 pt/m ²	35168.0	99.05%
	35507.0	100%

Les zones n'ayant aucun point sol représentent moins de 1% du levé total, ce qui est conforme au CCTP.

Points d'altitude (hauteur) aberrante

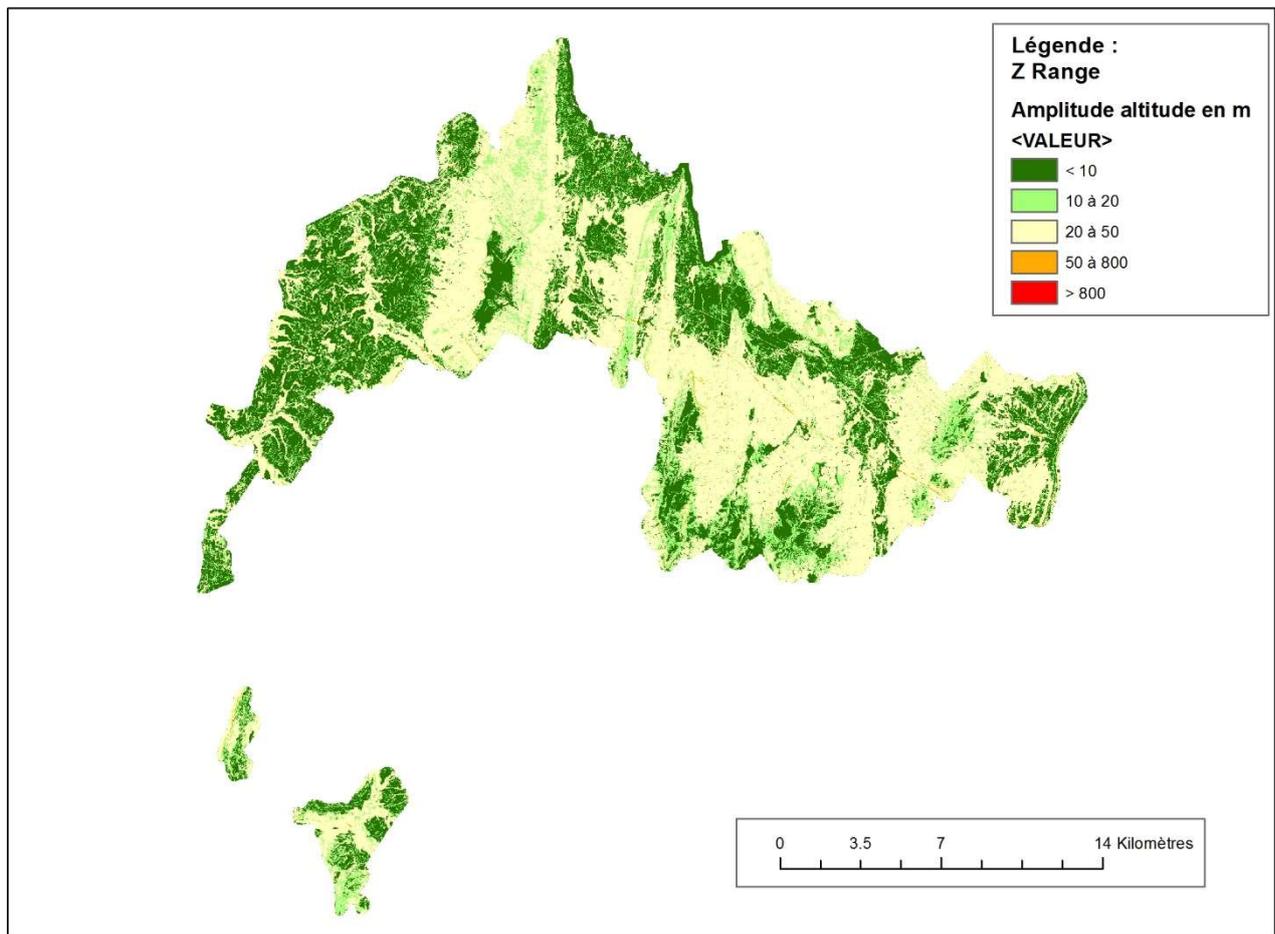


Figure 4C : Carte d'amplitude d'altitude (Z Range).

Le raster des écarts d'altitude minimum et maximum des points LIDAR fait apparaître des écarts importants supérieurs à 50 m.

Pour certains ne sont pas des points aberrants mais correspondent à des falaises (Fig 4^D)

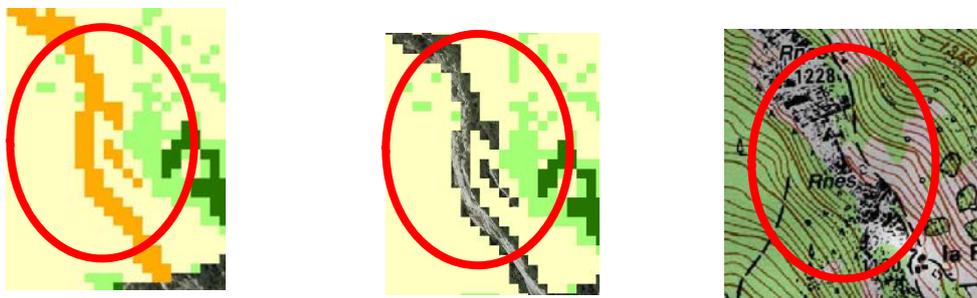


Figure 4D : Ecarts d'altitudes importants dus aux falaises.

Pour d'autres il s'agit de points bien au-dessus de la canopée ou en dessous du sol (figure 4E).
Ces points correspondant à du bruit devront être filtrés du nuage (supprimés) avant traitements.

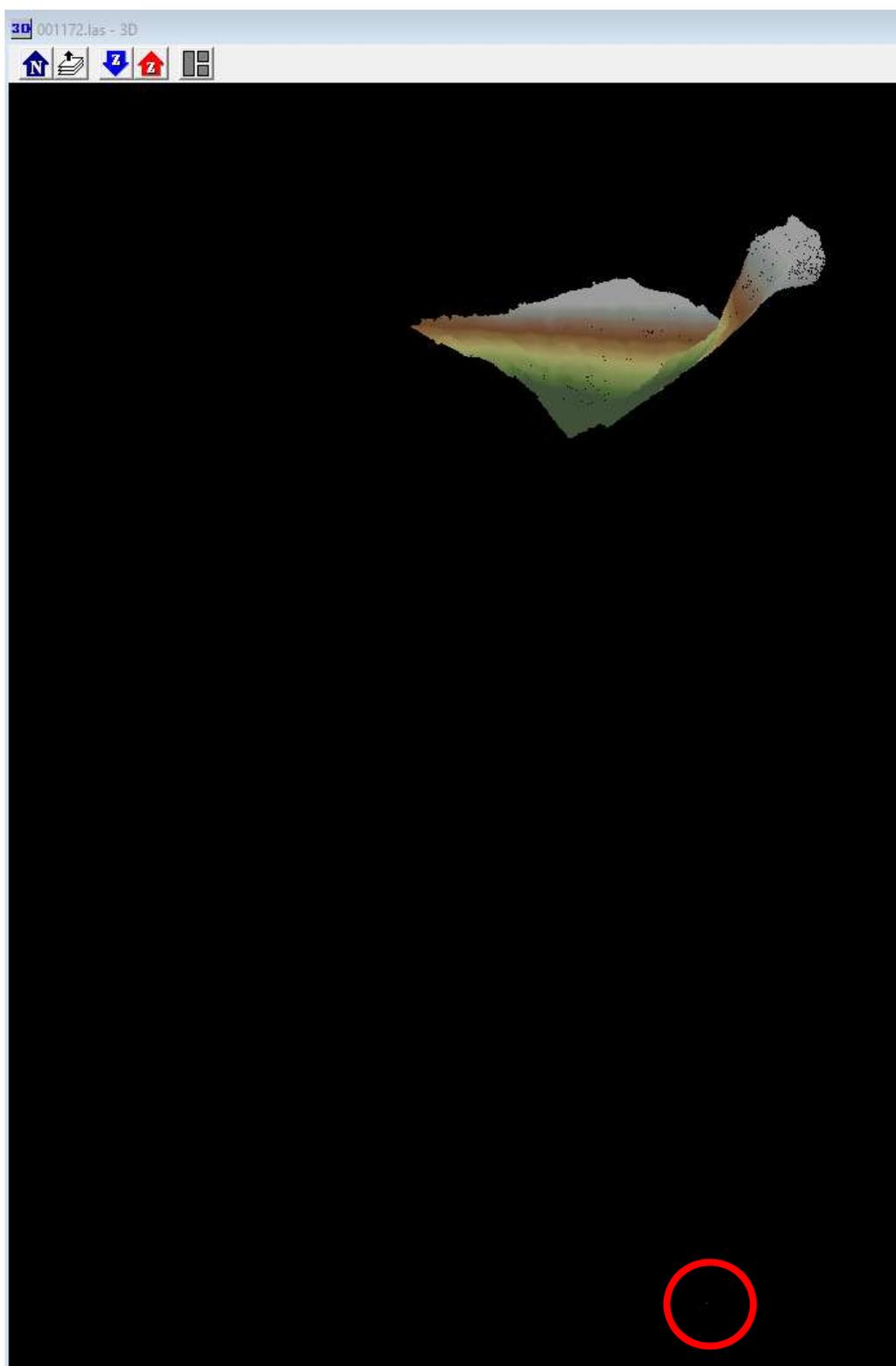


Figure 5E : Points d'altitude aberrante du nuage 3D LIDAR.

RASTERS MNT

Le MNT livré (figure 6) ne présente pas de dalles manquantes.

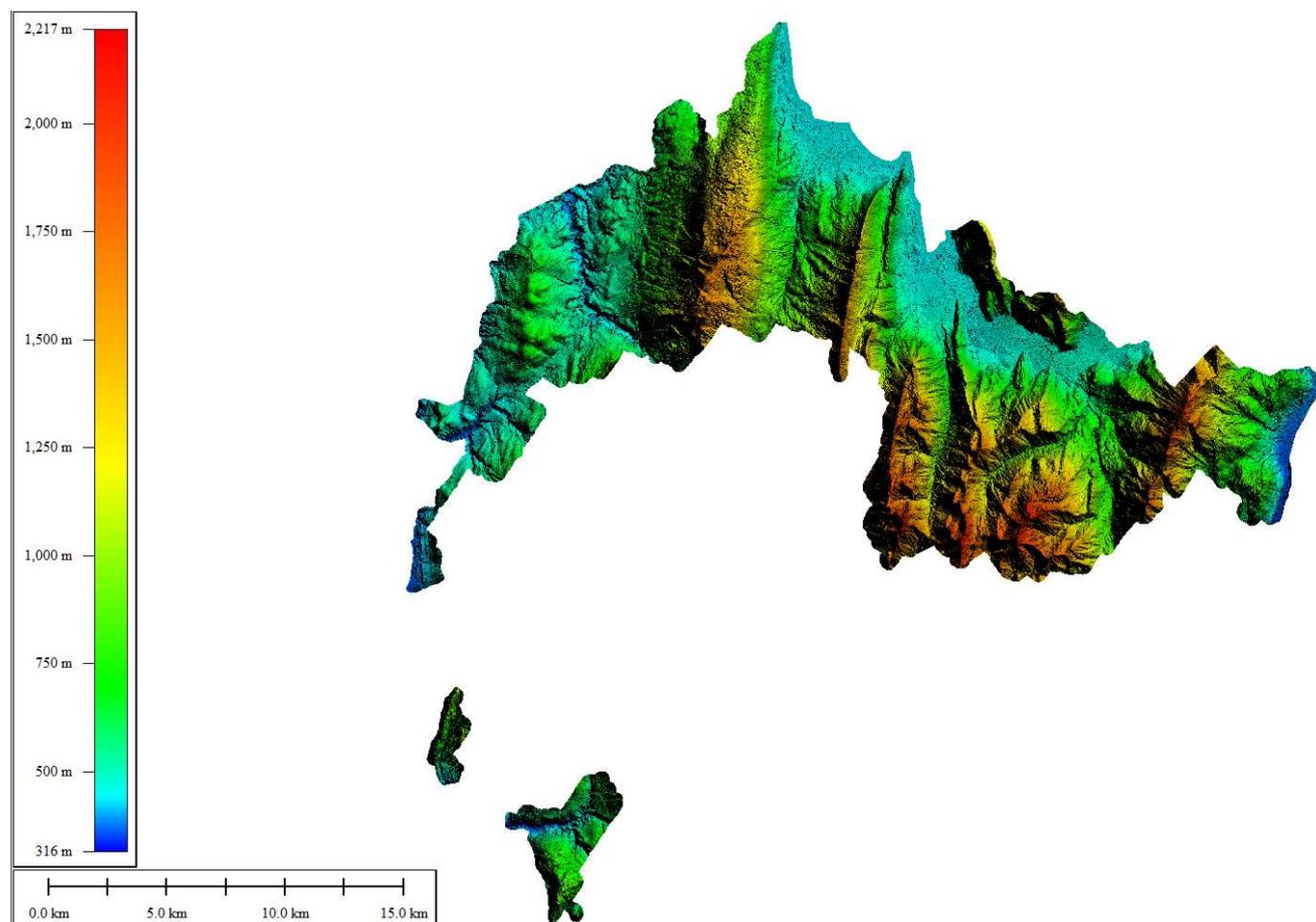
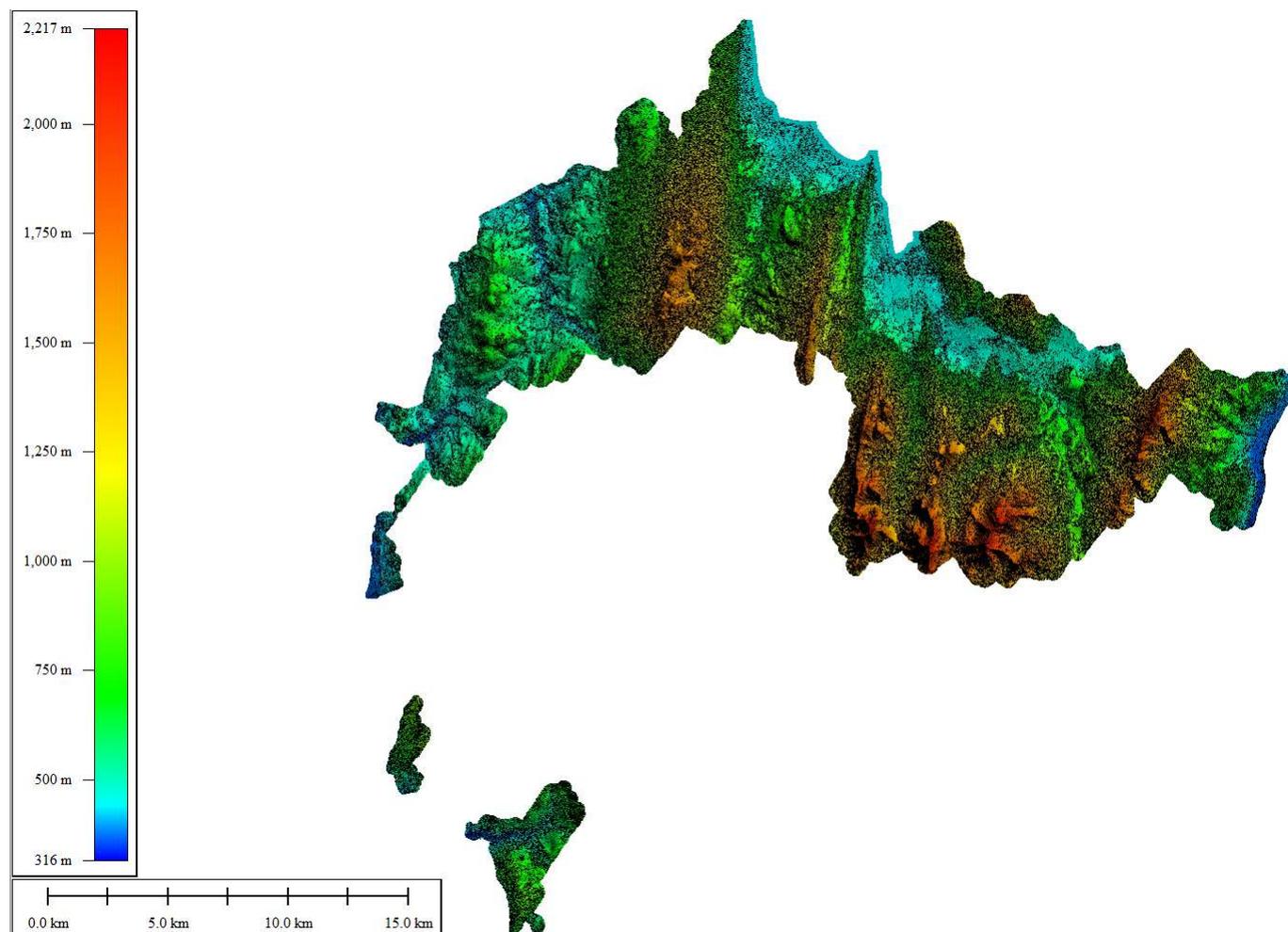


Figure 6 : Emprise du MNT.

Le MNT est composé de 1721 dalles format GEOTIF non compressé 32 Bits Floating point, taille du pixel 1mx1m.
Il ne comporte pas d'altitude hors repère.

RASTERS MNS

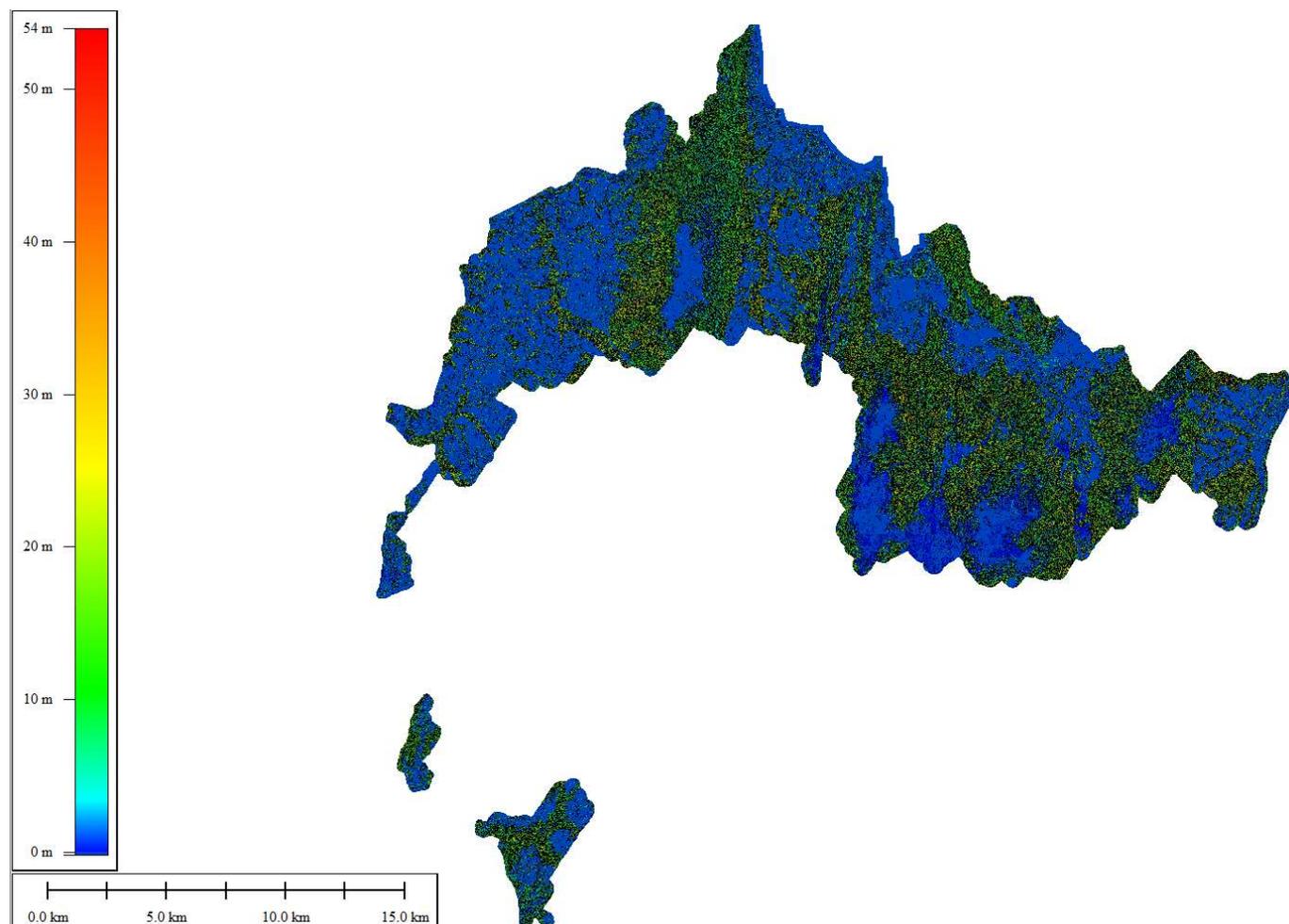
Le MNS livré (figure 7) ne présente pas de dalles manquantes.



Le MNS est composé de 1721 dalles format GEOTIF non compressé 32 Bits Floating point, taille du pixel 1mx1m. Il ne comporte pas d'altitude hors repère.

RASTERS MNH

Le MNH livré (figure 7) ne présente pas de dalles manquantes.

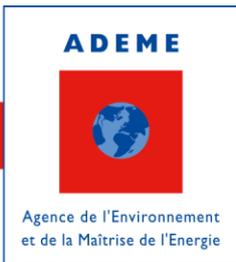


Le MNH est composé de 1711 dalles format GEOTIF non compressé 32 Bits Floating point, taille du pixel 1mx1m.

SYNTHESE - CONCLUSION

L'analyse des données livrées par la société Opsia montre que même si le format et les informations du nuage de points 3D sont conformes à la commande, **la densité minimum d'émission de 8 points/m² en toute zone n'a pas été respectée !**

En effet près de 6.5% de la surface à couvrir ont une densité émise < 8 points/m² (figure 2B).



www.ademe.fr

