



HAL
open science

Mobiliser simplement les données du LiDAR HD de l'IGN

Gabriel Melun, Paul Passy

► **To cite this version:**

Gabriel Melun, Paul Passy. Mobiliser simplement les données du LiDAR HD de l'IGN. Office français de la Biodiversité; Université Paris Cité. 2024, pp.14. hal-04702345v2

HAL Id: hal-04702345

<https://hal.science/hal-04702345v2>

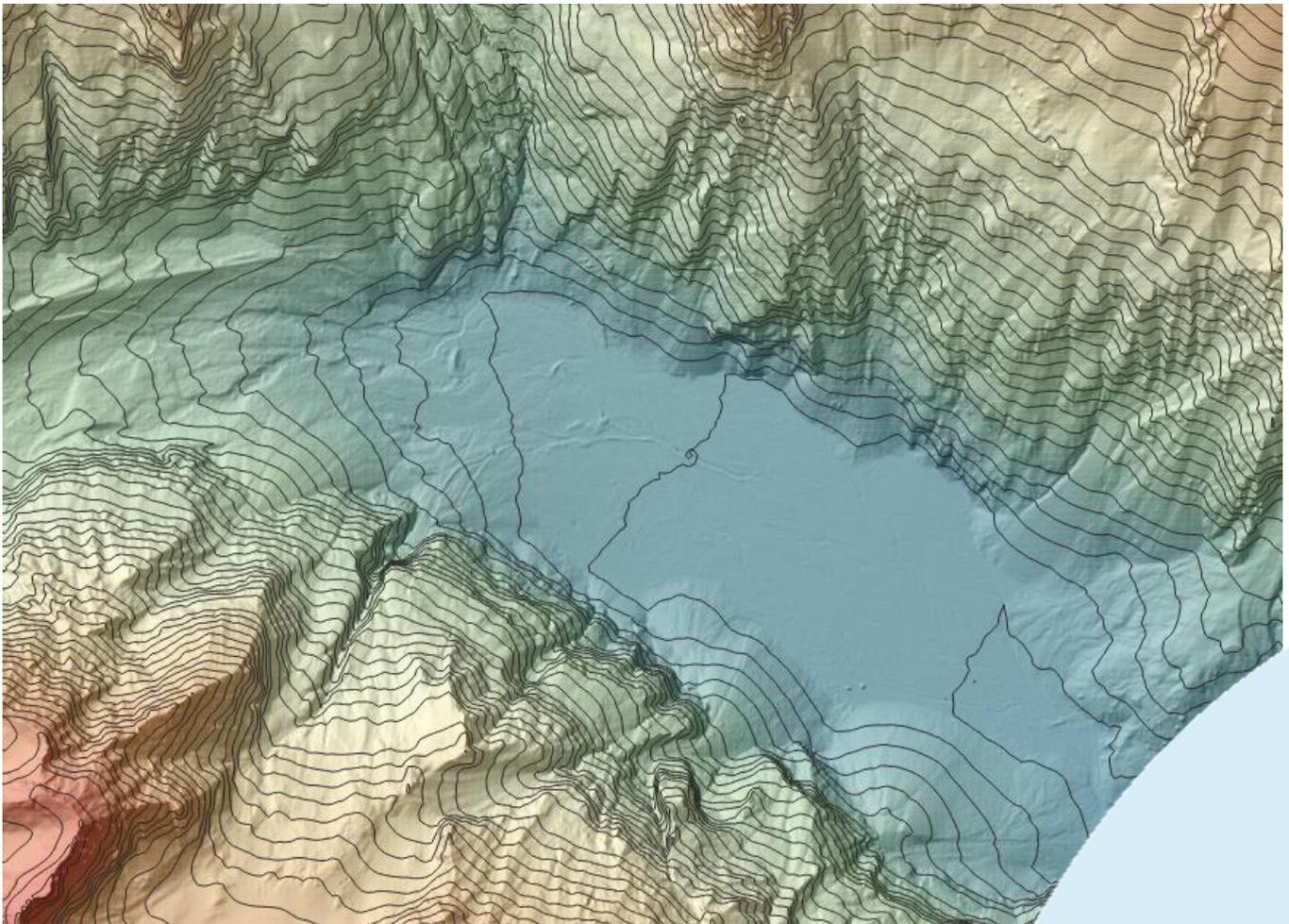
Submitted on 20 Sep 2024 (v2), last revised 23 Sep 2024 (v3)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MOBILISER SIMPLEMENT LES DONNÉES DU LIDAR HD DE L'IGN

Note technique



Auteurs : Gabriel MELUN (OFB) & Paul PASSY (Université Paris Cité / Géotéca)

Couverture géographique : France hexagonale, DOM (hors Guyane)

Version : 2.1 (septembre 2024)

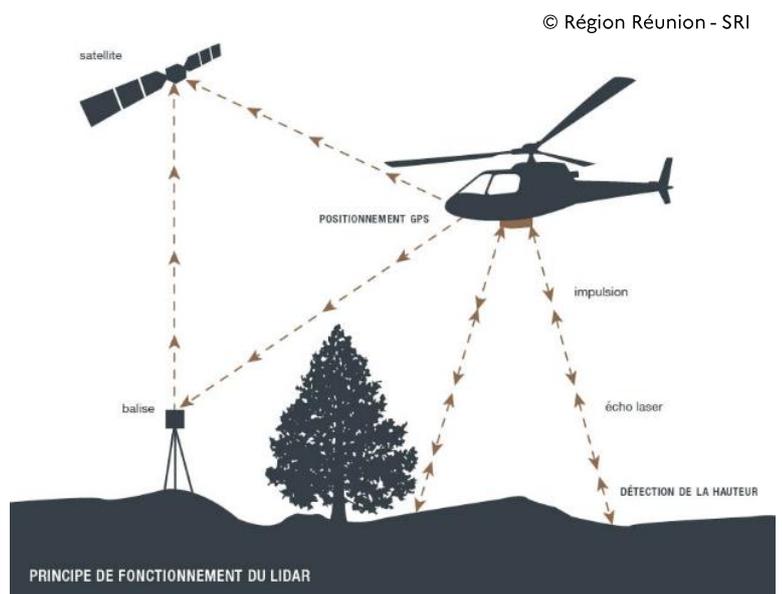
1. Objectif

Cette note a pour objectif de permettre aux services territoriaux de l'OFB et à l'ensemble de leurs partenaires de pouvoir comprendre et mobiliser les données LiDAR gratuites et accessibles (licence ouverte Etalab 2.0) issues du programme **LiDAR HD** de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Ces données d'élévation sont extrêmement riches et pourront être pertinemment mobilisées dans le cadre de nombreuses études orientées « connaissance », de rapports ou d'avis techniques. Elles permettent notamment la réalisation et l'analyse de modèles numériques de terrain (MNT) ou d'élévation (MNE). La méthodologie présentée ici (cf. 4. Mobiliser les données LiDAR pour générer un MNT / MNE) n'est, bien entendu, pas exclusive et d'autres solutions peuvent également être mobilisées à ces fins. De la même manière, la méthodologie présentée permet de traiter l'ensemble des données de nuages de points « .las » (*LiDAR Aerial Survey*) ou « .laz » (*LASzip*, version compressée du .las) à condition que les points soient préalablement classés selon leur nature (sol, sursol).

Le LiDAR, c'est quoi ?

Le LiDAR (*Light Detection And Ranging*) est une technique de mesure de distance (téléométrie) qui exploite les propriétés d'un faisceau de lumière - généralement sous forme d'un laser. Un LiDAR est en fait un appareil doté d'un émetteur laser et d'un récepteur laser. L'émetteur émet une série d'impulsions lasers vers la surface (plusieurs centaines de milliers d'impulsions par seconde), qui sont ensuite réfléchies par les différents éléments de la surface, puis ces impulsions réfléchies sont finalement détectées par le récepteur. D'une part, la position (et particulièrement l'altitude) de l'appareil émetteur-récepteur est parfaitement connue grâce à un GPS embarqué, et d'autre part la vitesse de propagation des impulsions lasers est également connue. Disposant de ces deux informations, il est alors possible de précisément calculer la distance entre l'appareil LiDAR et le point de réflexion à la surface. À partir de cette distance, une élévation est calculée. La technologie LiDAR peut s'apparenter à la technologie radar (ondes électromagnétiques) ou sonar (ondes acoustiques) pour les milieux aquatiques.

Les points ainsi détectés forment ce qu'on appelle un « **nuage de points** », qui peut être constitué de centaines de millions de points bruts, première esquisse du futur modèle 3D. À ce niveau, les points correspondent à la fois à des réflexions du laser ayant eu lieu à la surface topographique (donc au niveau du sol) ; mais aussi à des réflexions sur ce qu'on appelle du "sursol" ; c'est-à-dire l'ensemble des objets présents à la surface du sol. Ce sursol peut être "naturel", comme la canopée de la végétation, ou anthropique comme le haut d'un bâtiment, un remblai routier ou un tablier de pont.



Il est possible de dériver trois grands produits à partir d'un nuage de points : une occupation du sol, un modèle numérique de surface (ou d'élévation MNS/MNE) et un modèle numérique de terrain (MNT). **Le MNT décrit l'élévation du sol "nu" uniquement ; un MNE correspond quant à lui à l'altimétrie du sol et du sursol.**

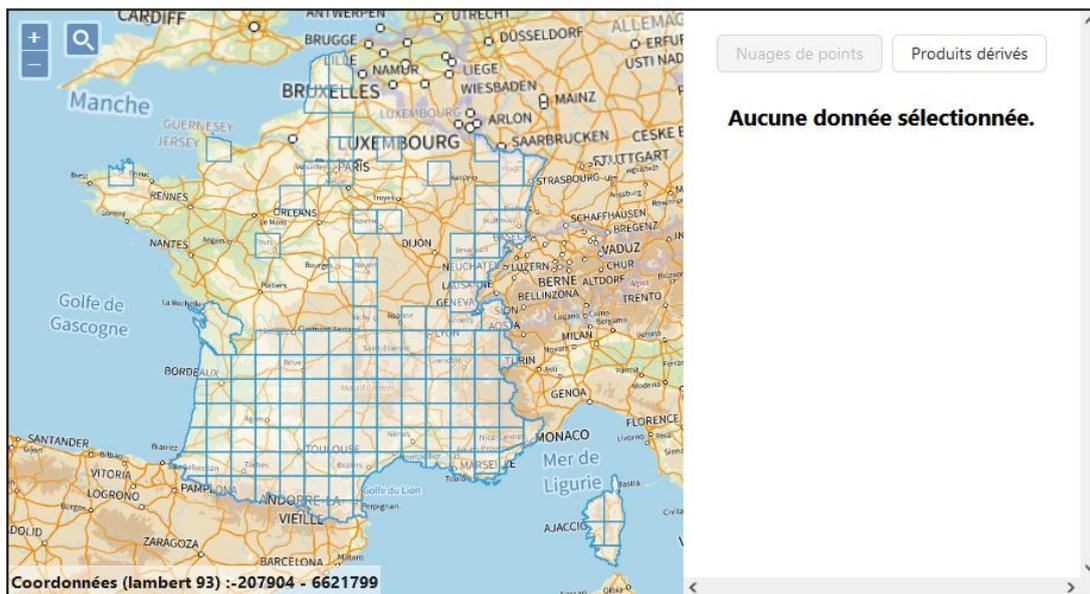
En topographie, on utilise les données acquises par LiDAR en raison de leur grande précision (centimétrique) de localisation et de leur capacité à décrire finement le sol et ce qui s'y trouve. **L'IGN a initié en 2020 un projet d'acquisition LiDAR à haute densité** (densité moyenne de 10 impulsions par m² et de 5 impulsions au m² au-dessus de 3 200 m d'altitude) sur l'intégralité du territoire hexagonal et des DOM (hors Guyane). Les acquisitions sont échelonnées entre 2021 et 2026 suivant une progression régulièrement actualisée¹. Les blocs d'acquisition LiDAR HD forment généralement des carrés de 50 km x 50 km, eux-mêmes redécoupés en dalles (.laz) de 1 km x 1 km. Ce sont ces données qui peuvent être téléchargées et mobilisées.

2. Trouver et visionner les données issues du LiDAR HD

Deux type de produits issus des acquisitions LiDAR de l'IGN sont proposés : les « **nuages de points classés** »² d'une part, et les « **produits dérivés** » (modèles numériques de terrain, de surface ou de hauteur³, à une résolution de 50 cm) d'autre part. À l'heure actuelle, il n'y a encore que peu de « produits dérivés » directement disponibles. L'ensemble des produits sont accessibles suivant ce lien : <https://geoservices.ign.fr/lidarhd>.

- **Descendre jusqu'à l'interface de consultation :**

*Cliquez ici pour consulter la carte **en plein écran**.*



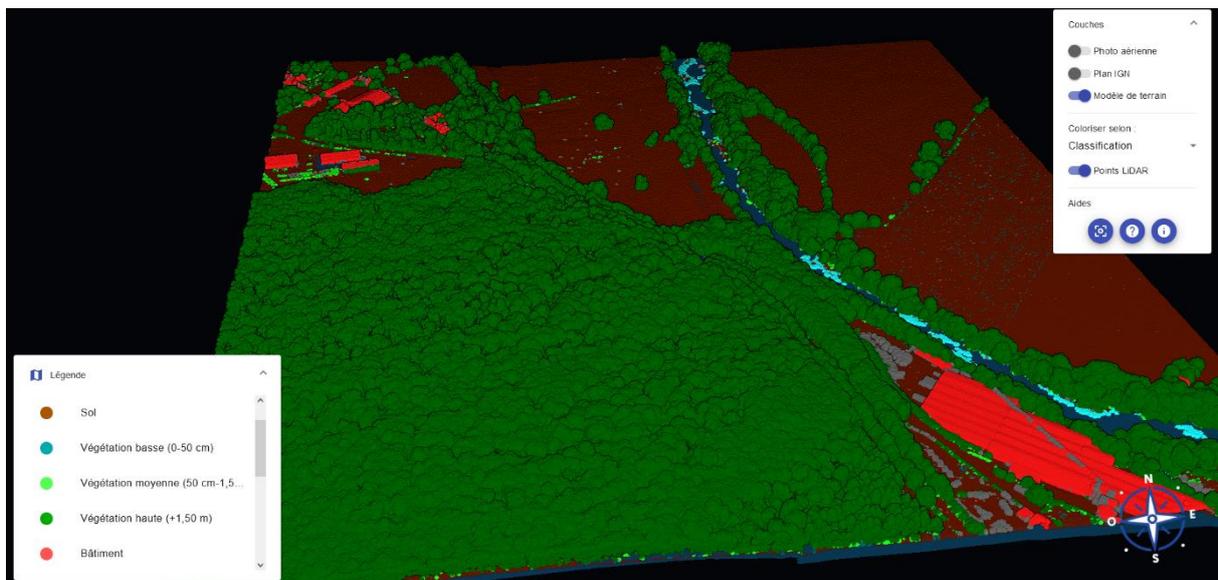
¹ <https://macarte.ign.fr/carte/322ea69dab4c7e5afabc6ec7043b5994/acquisitionslidarhd>

² La classification des points est issue d'un processus automatisé mêlant algorithmes classiques et IA, mis au point par l'IGN. Elle distingue notamment 7 classes de valeurs prédéfinies : sol, végétation basse (0-50 cm), végétation moyenne (50 cm-1,50 m, végétation haute (+1,50 m), bâtiment, eau, tablier de pont (plus d'informations : https://geoservices.ign.fr/sites/default/files/2023-10/DC_LiDAR_HD_1-0_PTS.pdf).

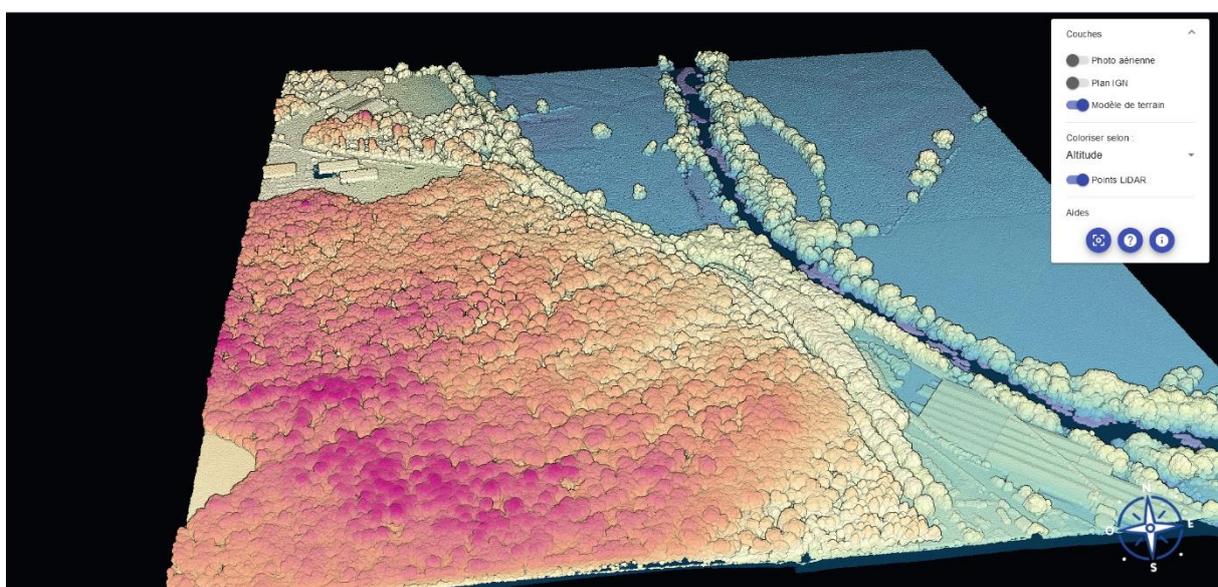
³ Les modèles numériques de hauteur (MNH) correspondent à la différence entre MNS et MNT. Ils permettent d'appréhender spécifiquement la hauteur des éléments du « sursol », par exemple la végétation.

- **Cliquer sur « en plein écran » pour faciliter la consultation** (un onglet dédié s'ouvre). On peut alors zoomer progressivement vers la zone d'intérêt jusqu'à rendre visible la mosaïque de dalles kilométriques (1 km²). **Dans notre exemple, on travaillera sur la dynamique hydromorphologique de la rivière Cher à Bigny (Cher).**
- **Les nuages de points classés peuvent être directement visionnés** : en cliquant sur une dalle, son nom apparaît dans le bloc « *Liste des nuages de points classés* », à droite de la fenêtre. Pour visionner un nuage de points (cet affichage ne se fait que dalle par dalle), il suffit de cliquer sur l'icône «  » situé immédiatement à droite du nom de la dalle. La visionneuse s'ouvre alors dans un nouvel onglet. La visualisation peut se faire par nature de point (les différentes classes) ou par altitude :

 - o Nuage de points classés par **nature** :

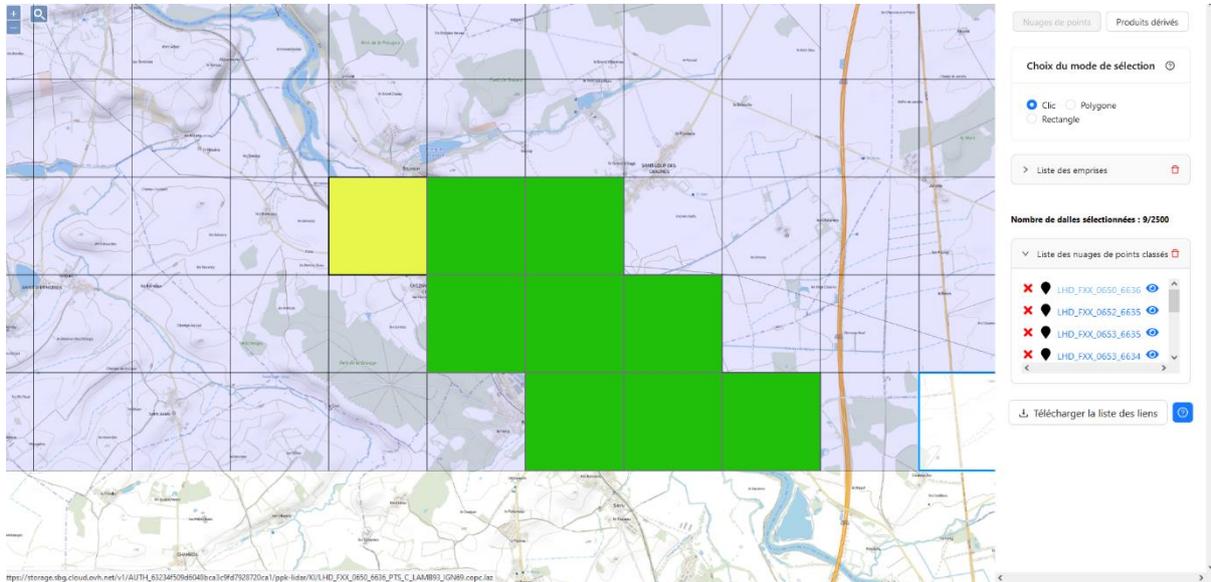


 - o Nuage de points classés par **altitude** :

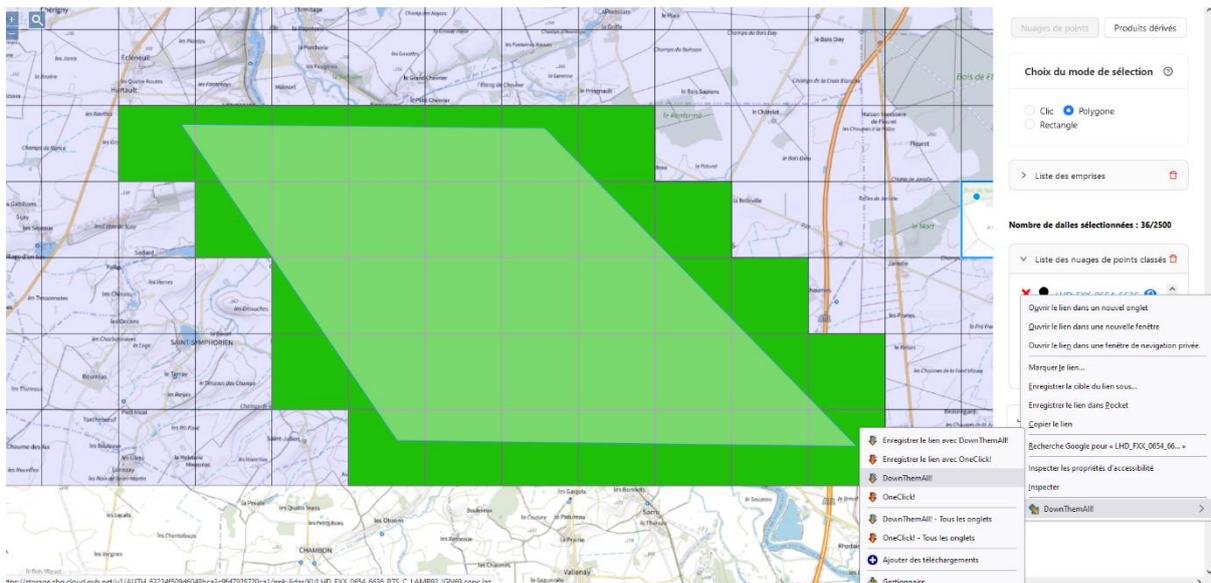


3. Télécharger les données LIDAR HD

- Les dalles sélectionnées (outil de sélection « *Clic* ») apparaissent en vert sur la carte ainsi que dans la « *Liste des nuages de points classés* » dans la partie droite de la fenêtre. **Si la zone d'intérêt ne contient que peu de dalles, vous pouvez les télécharger une à une en cliquant directement sur leur nom dans la liste.**



- Si la zone d'intérêt s'étend sur une grande surface vous pouvez sélectionner l'outil de sélection « *Polygone* » ou « *Rectangle* ». Si le nombre de dalles à télécharger est conséquent, vous pouvez télécharger et installer le plugin *Downthemall* (<https://www.downthemall.net/>). **Clic droit sur une dalle du package à télécharger > « *Downthemall!* » > « *Downthemall!* » > « *Télécharger* »** dans la boîte de dialogue qui s'est ouverte. Les fichiers sont assez lourds (en moyenne entre 100 et 300 Mo), le téléchargement peut ainsi s'avérer assez long.



4. Mobiliser les données LIDAR pour générer un MNT / MNE

5.1. Aspects théoriques

La génération d'un MNT à partir d'un nuage de points LiDAR se fait en deux étapes. La première étape, dite de « filtrage », consiste à ne conserver que les points « sol » et donc à enlever les points du « sursol ». La seconde étape consiste à interpoler ces points « sol » entre eux selon leur altitude afin de créer un raster (image matricielle) correspondant au MNT. Il existe plusieurs méthodes, mais celle par « *Pondération Inverse de la Distance* » (IDW) est couramment employée.

Pour générer un MNT, le filtrage des points « sol » peut se faire simplement en se basant sur la classification déjà fournie par l'IGN. Il suffit pour cela d'extraire les points des classes « 2 » et « 9 », qui sont respectivement les identifiants numériques standard des classes « sol » et « eau ». La fonction « *rasterize_terrain* » de la librairie R utilisée dans cette note, sélectionne par défaut les points « sol » (2) et « eau » (9) avant de procéder à l'interpolation.

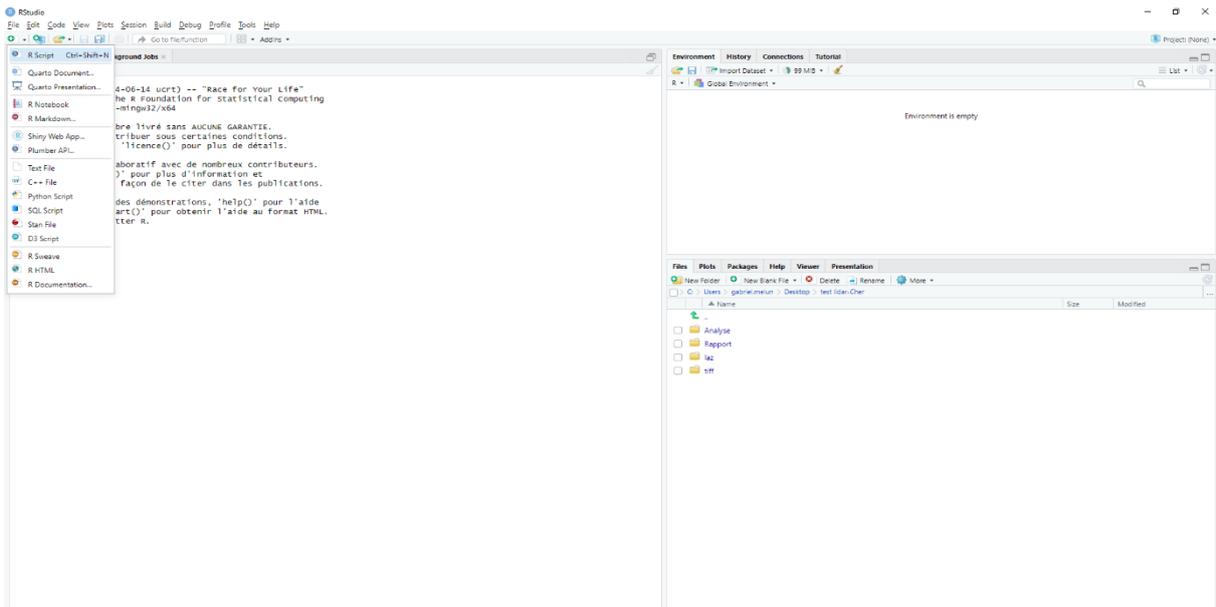
Nota : Dans le cas où le nuage de points n'est pas préalablement classifié en points « sol » et « sursol », il est possible d'appliquer des filtres proposés par la librairie « LidR » de R. Ces filtres extraient automatiquement les points correspondant au sol en se basant sur leurs élévations relatives. Il existe plusieurs filtres différents s'appuyant sur des algorithmes différents, avec chacun des jeux de paramètres réglables (<https://r-lidar.github.io/lidRbook/gnd.html>). Cette manipulation demande donc déjà une plus grande expertise.

La génération d'un MNE nécessite, pour sa part, d'interpoler l'ensemble des points du nuage de points (toutes les classes du « sol » et du « sursol ») issu du levé LiDAR_HD de l'IGN.

5.2. Aspects pratiques

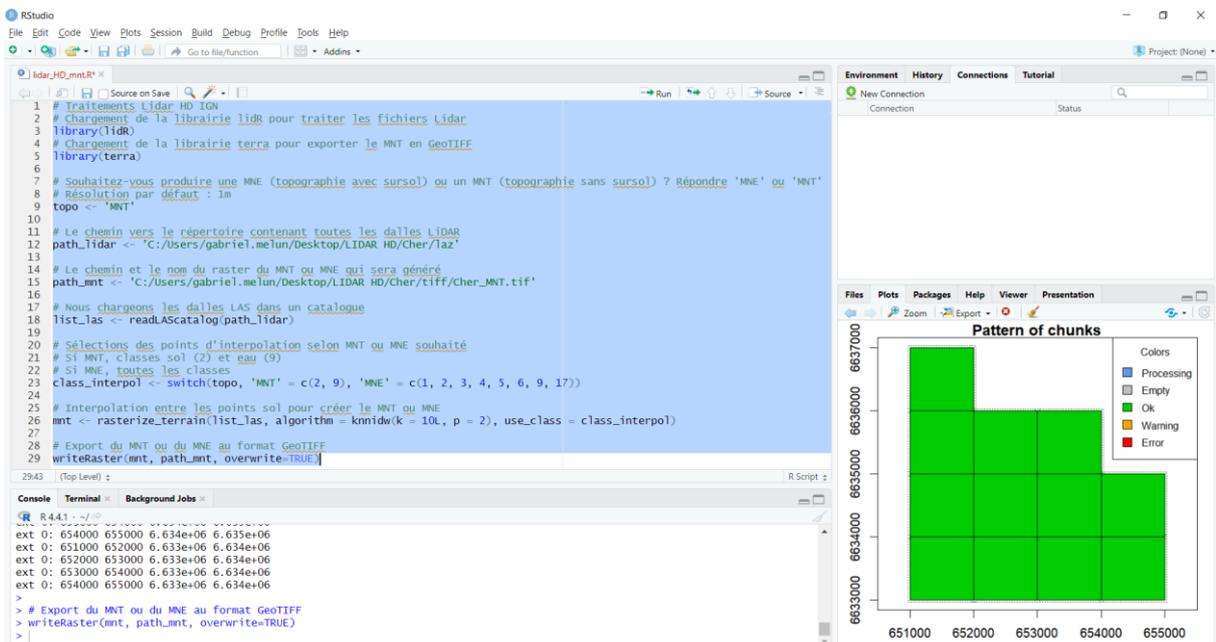
Installer le logiciel R puis de R-studio. Dans R, installer les packages « terra » (<https://github.com/rspatial/terra>) et « LidR » (<https://r-lidar.github.io/lidRbook/>).

- **Créer un dossier pour votre projet** (par exemple « *Lidar_HD_Cher* ») qui vous servira à entreposer et traiter à chaque fois que vous le souhaitez les dalles précédemment téléchargées. Vous pouvez, dans ce dossier, créer 2 sous-dossiers: un dossier « dalles_laz » (dans lequel vous pouvez insérer les dalles issues de votre téléchargement) et un dossier « export_tiff » (ou viendront se stocker les MNT).
- **Télécharger le script R** élaboré spécifiquement, nommé « *Lidar_HD_IGN_mnt.R* », que vous trouverez ici : https://gitlab.huma-num.fr/ppassy/lidar_hd_mnt.
- **Ouvrir R-Studio puis ouvrir le script téléchargé à l'étape précédente :** « Files » > « Open files » > « *Lidar_HD_IGN_mnt.R* ».



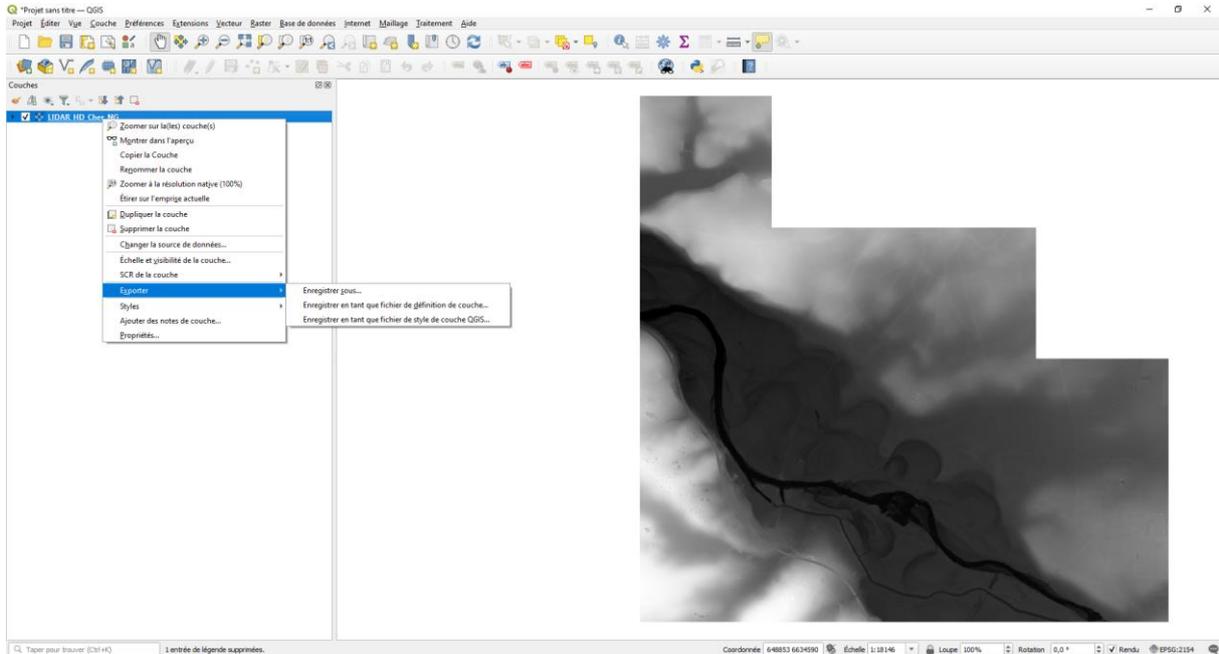
Nota : Dans R-Studio, il est également possible de créer un nouveau script (« *New file* » > « *R Script* »), puis de copier / coller le script présenté en annexe de la note.

- **Ajuster les liens** vers vos dossiers et sous-dossiers (concernant ceux-ci, si vous êtes sous Windows, pensez à segmenter avec des « slashes » « / » et non des antislashes « \ »), et précisez si vous souhaitez générer un MNT ou un MNE.
- **Appuyer « CTRL + A » puis « CTRL + Entrer » pour exécuter le script.** Dans notre exemple, on obtient la fenêtre suivante (figure *infra*). L'onglet « *plots* » permet de visualiser l'état d'avancement pendant le traitement (qui peut prendre plusieurs minutes selon le nombre de dalles à traiter) puis l'état général du traitement réalisé. Une fois le traitement réalisé, R-Studio produit un fichier raster .tif correspondant au MNT dans le répertoire *ad hoc* indiqué (dans notre exemple, un fichier « *Cher_MNT* » dans le répertoire « *export_tiff* »).

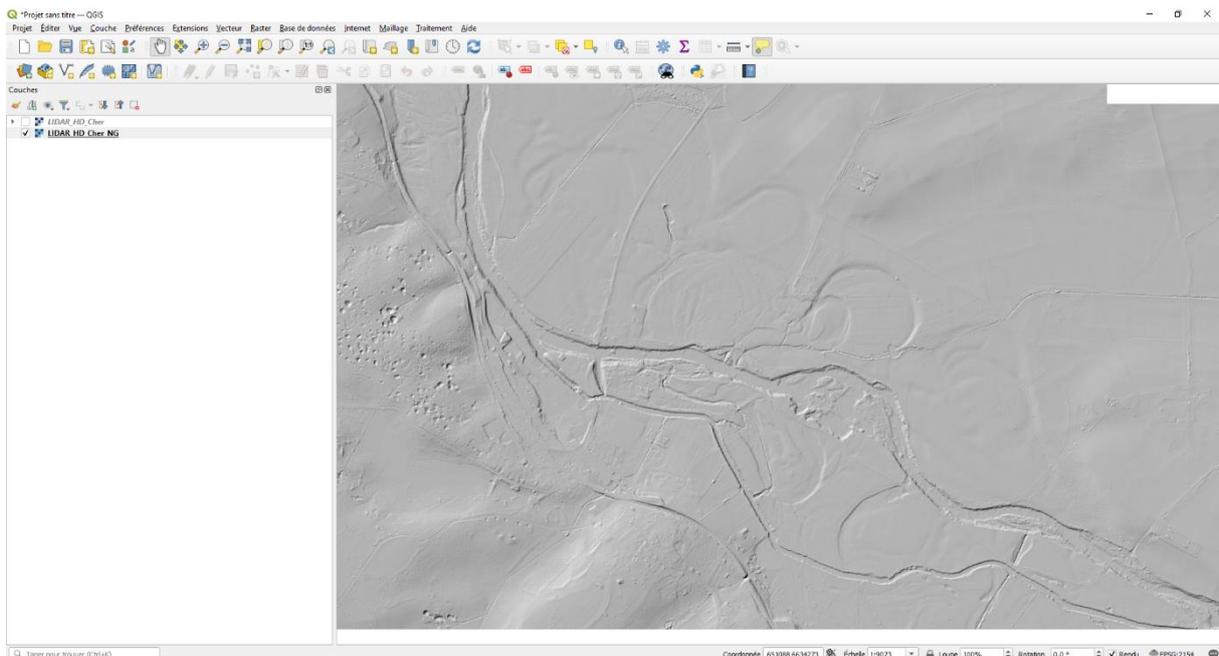


5. Traiter rapidement un MNT / MNE dans QGIS

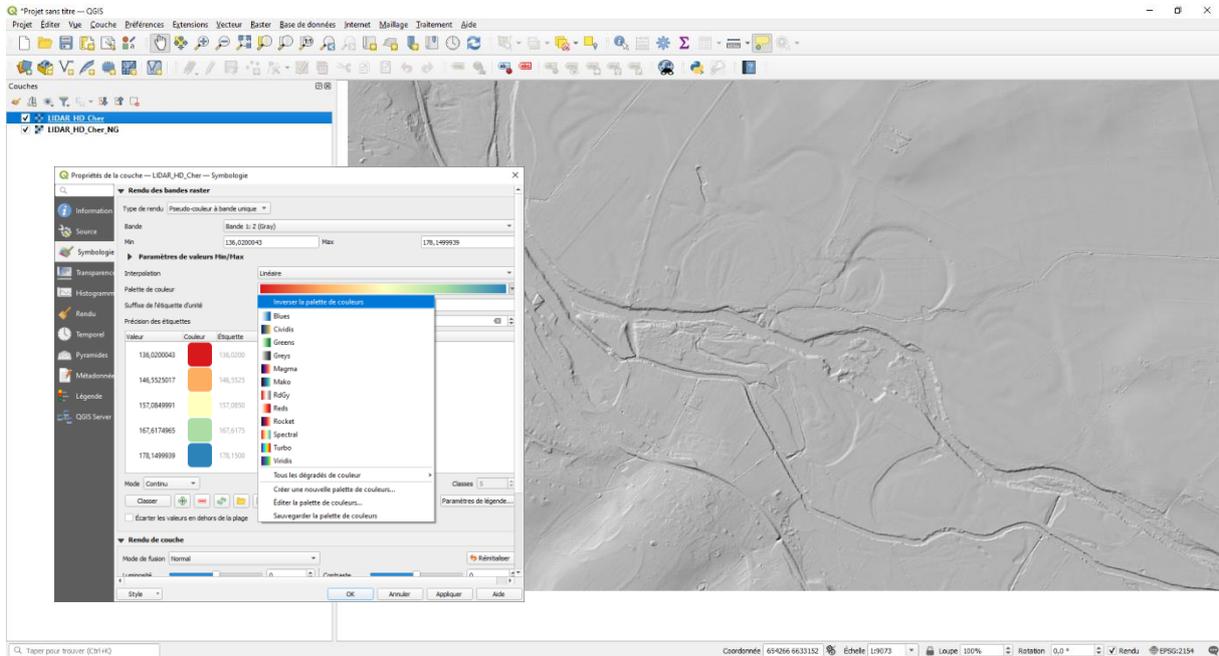
- Le fichier .tif créé peut être ouvert avec QGIS, en faisant simplement glisser le fichier sous QGIS. Le .tif s'ouvre normalement en nuances de gris. On conseille de rapidement enregistrer le projet : clic droit sur la couche > « Exporter » > « Enregistrer sous... ». Dans la boîte de dialogue, indiquer le nom et la localisation du fichier (dans notre exemple : Cher_MNT_NG dans notre répertoire « tiff »).



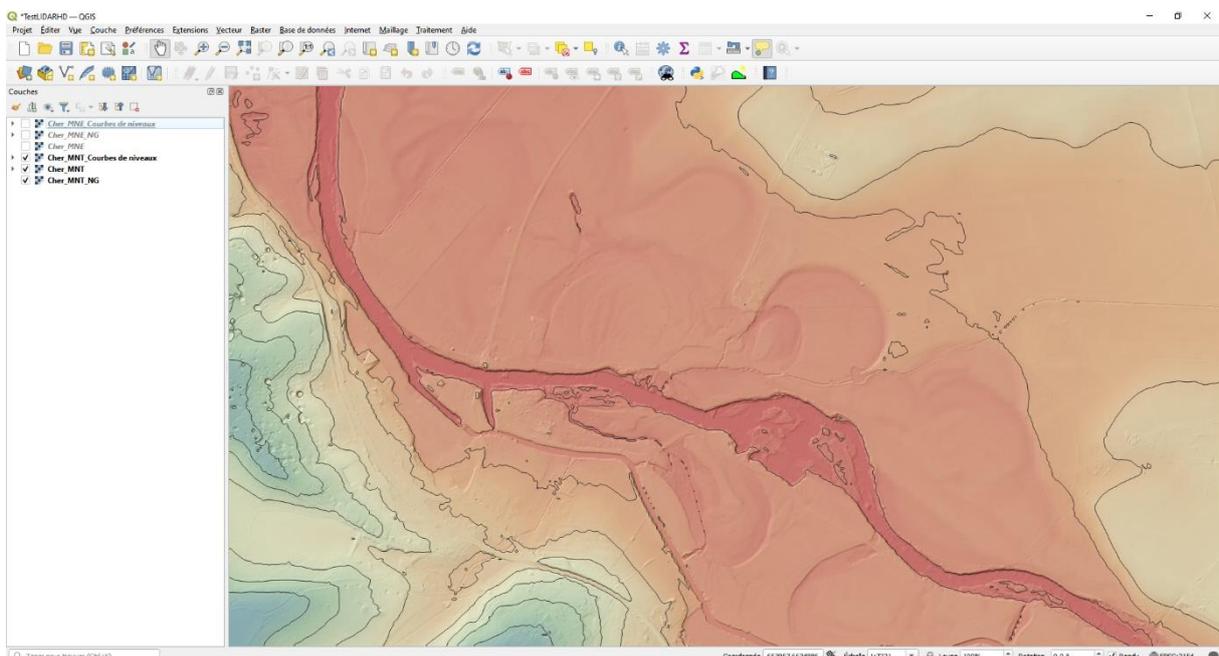
- **Pour la mise en forme :** sous QGIS, clic droit sur la couche du .tif en niveaux de gris (Cher_MNT_NG) > « Propriétés ». Dans « Symbologie », indiquer « Ombrage » dans le « Type de rendu », puis « Appliquer » > « OK ».



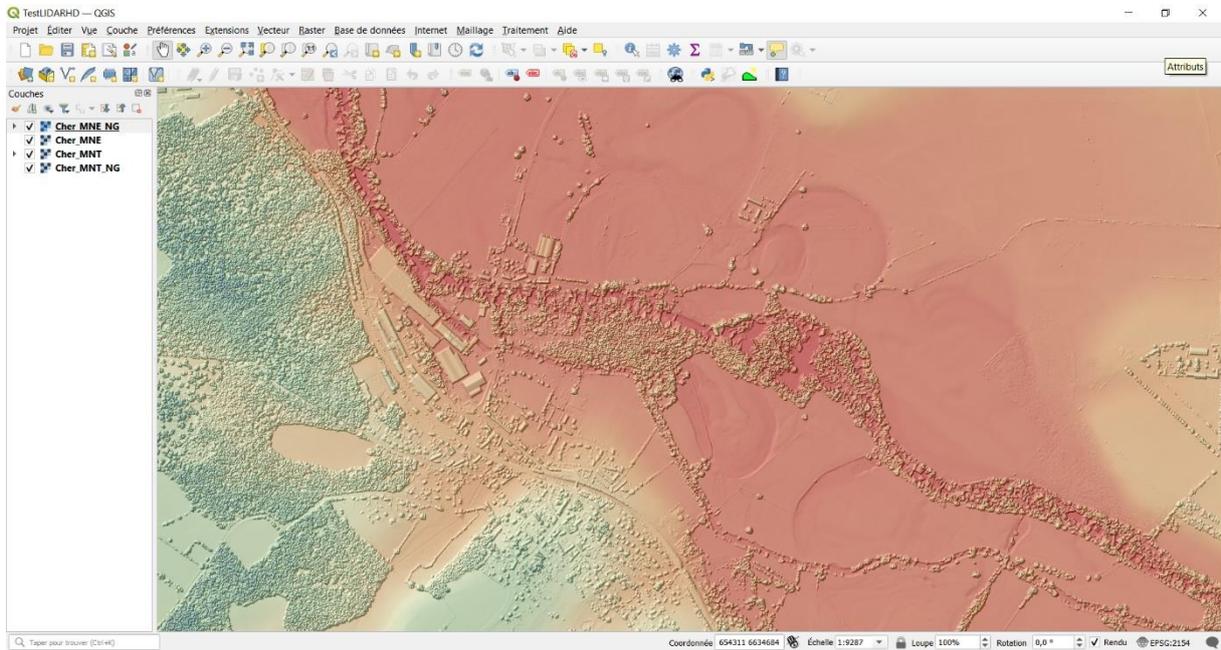
- Pour la couche initiale, vous pouvez également **ajuster la symbologie** : clic droit sur la couche > « *Propriétés* ». Dans « *Symbologie* », on recommande « *Pseudo-couleur à bande unique* » en « *Type de rendu* ». Dans « *Palette de couleur* », vous pouvez sélectionner le thème « *Spectral* » qui est assez efficace (à partir de la petite flèche en bout de ligne ; éventuellement penser à inverser les couleurs pour que ceci soit conforme à votre sémiologie graphique).



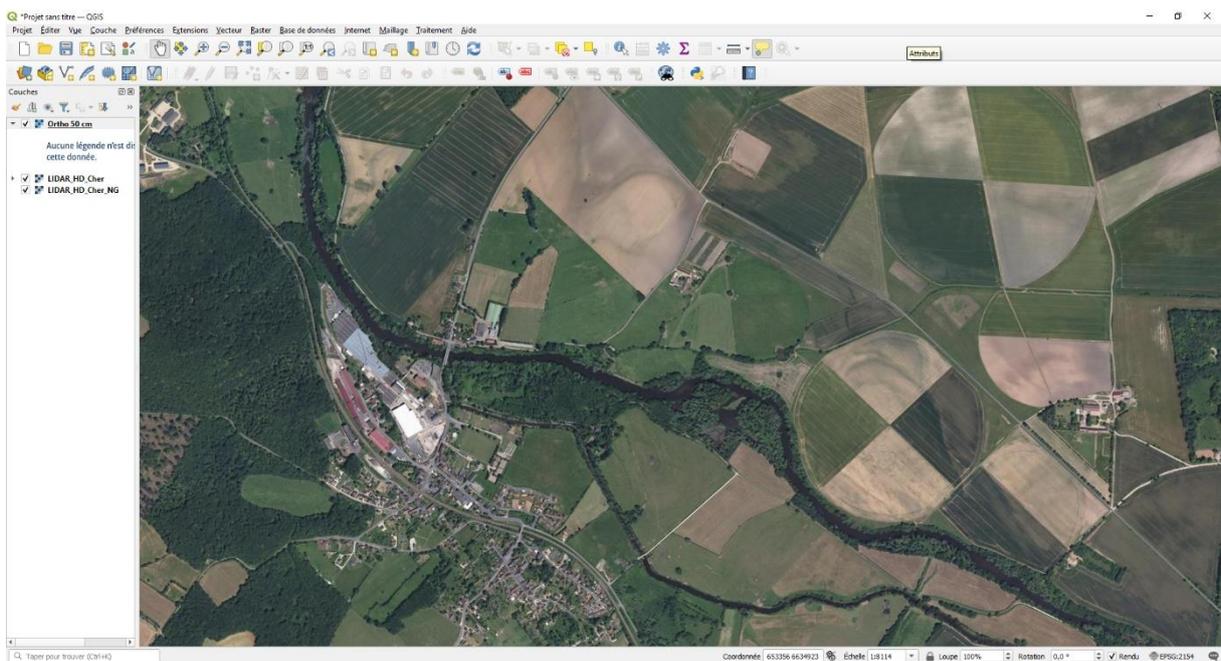
- Rendez la couche légèrement transparente en allant dans « *Transparence* » (sous-menu sous « *Symbologie* ») > « *Opacité globale* » (indiquer une valeur de l'ordre de 40 à 60 %). Enfin, faites glisser cette couche par-dessus la couche ombrée (*Cher_MNT_NG*). Il est également possible de figurer des courbes de niveaux selon un espacement défini par l'opérateur : « *Propriétés* » > « *Symbologie* » > « *Type de rendu* » > « *Contours* » (ici, l'espacement des isolignes est fixé à 5 m). Ceci permet de produire le rendu suivant :



- Il peut être intéressant, suivant le même procédé, de générer le MNE sur le secteur. Ceci permet de figurer la topographie et le sursol, afin d'appréhender les principales caractéristiques et les influences potentielles du sursol, et notamment de la végétation ligneuse, des grandes infrastructures et du bâti.

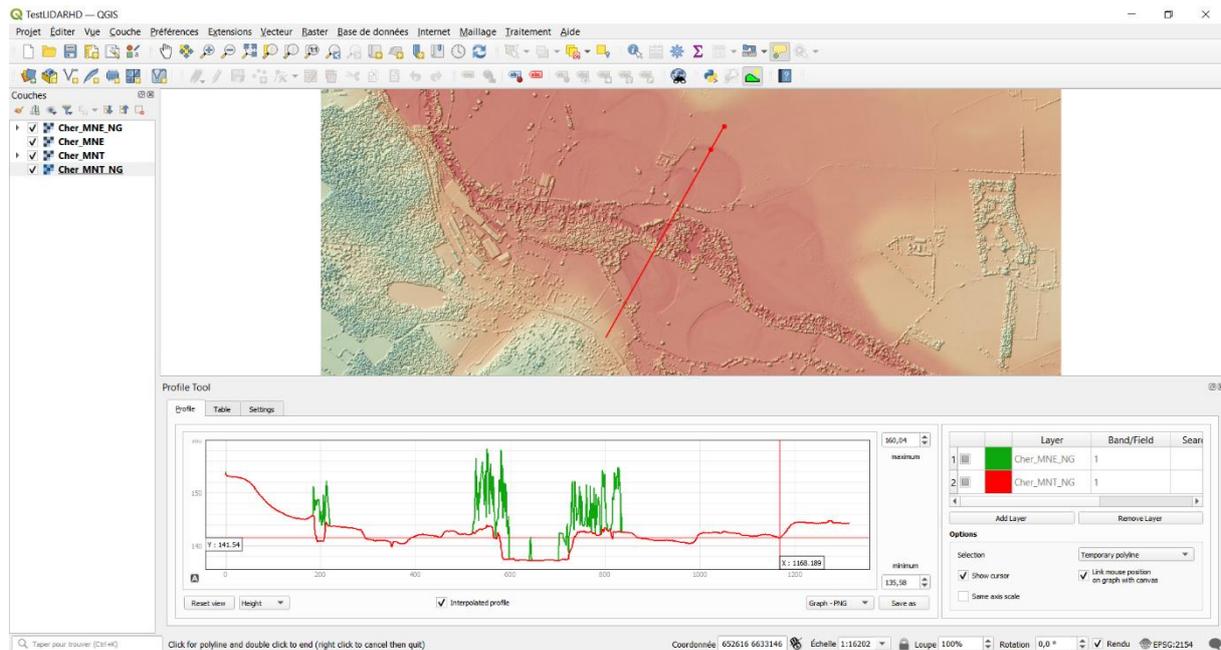


- Il est également possible de draper les orthophotographies à partir des flux WMS de l'IGN (<https://data.geopf.fr/wms-r?VERSION=1.3.0>). Ceci permet ici de mettre en évidence l'emprise des paléo-méandres du Cher que la situation anthropisée actuelle ne laisse que peu transparaître.



De nombreux traitements (profils en long de la ligne d'eau, du lit ou des berges, profils en travers, calcul de pente, MNE, différentiel de MNT) peuvent bien entendu être réalisés ultérieurement (pour les analyses géomorphologiques / hydromorphologiques, une liste de plugins QGIS de base peut vous être communiquée).

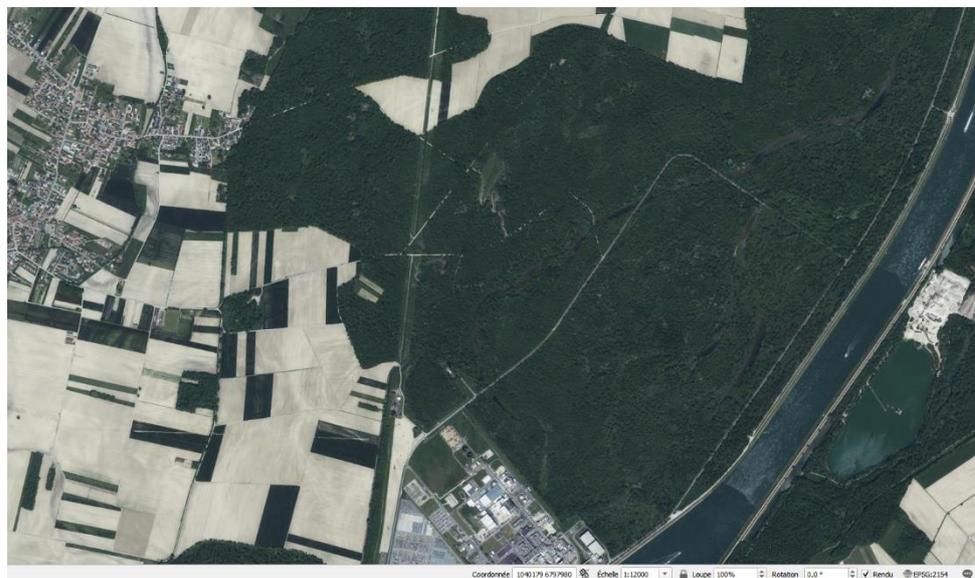
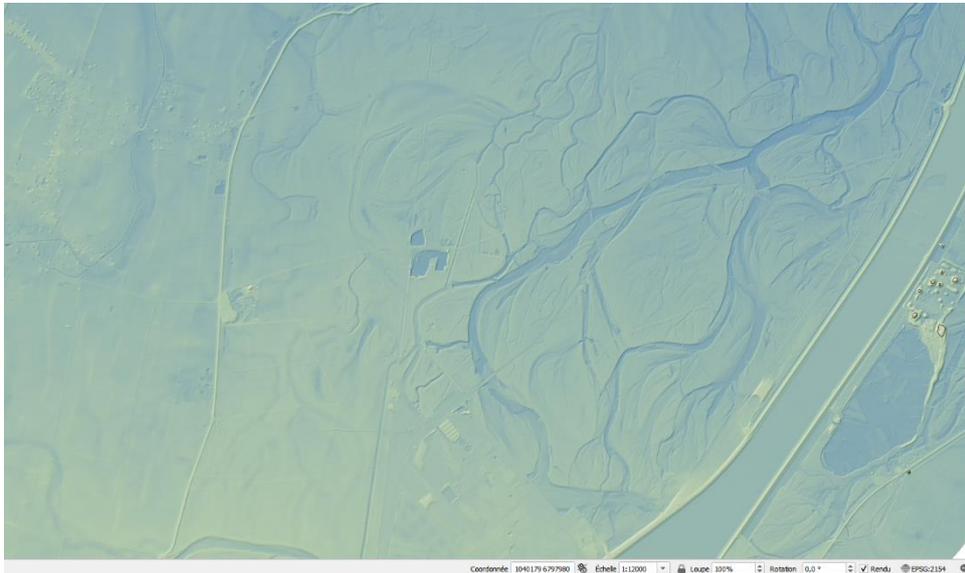
Ci-dessous, la mise en parallèle du MNT et du MNE sur ce secteur permet de mettre en évidence l'enfoncement relatif des anciens méandres du Cher, les niveaux topographiques des terrasses alluviales mais également les principales caractéristiques spatiales de la végétation rivulaire. Ces divers éléments permettent également de caractériser dans une certaine mesure l'espace de liberté du Cher sur ce secteur.



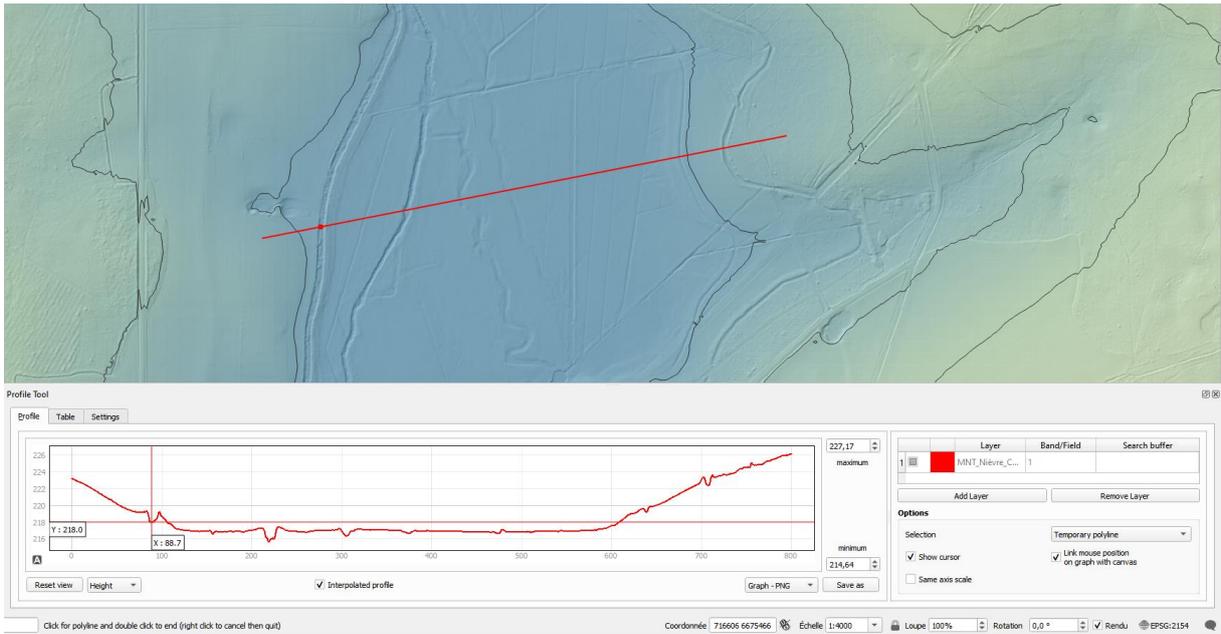
6. Quelques exemples

La mobilisation et l'analyse des MNT et des MNE produits à partir de données LiDAR sont extrêmement utiles pour aborder de nombreuses thématiques environnementales. Ces données peuvent par exemple être mobilisées **pour appréhender le risque inondation**, et notamment la vulnérabilité au regard des différentiels d'altitude, de la proximité aux cours d'eau et de la localisation dans le fond de vallée alluviale (lit majeur) des différents enjeux. Les traitements proposés permettent également **de déterminer finement la nature ou la topographie des milieux, la présence de cours d'eau sous couvert forestier ou d'anciens chenaux**, ainsi que leurs caractéristiques morphologiques (largeur, pente, sinuosité, etc.), ce qui peut s'avérer extrêmement utile dans une perspective de restauration hydromorphologique de cours d'eau modifiés et altérés. Il est également possible d'appréhender l'influence des grandes infrastructures linéaires sur la fragmentation des milieux; ou l'effet d'événements particuliers (cyclones, crues, incendies, glissements de terrain, etc.) sur la morphologie du paysage et des écosystèmes (par ex.: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X23004282>).

- Sur le Rhin, au niveau de la forêt communale de Mackenheim (67), en aval immédiat du retour du Grand Canal d'Alsace vers le Vieux Rhin. L'analyse du MNT permet de mettre en évidence la présence de nombreux anciens méandres du Rhin sur ce secteur et l'importante étendue du lit majeur. Malgré l'endiguement du fleuve, cet espace forestier rivulaire reste fortement connecté à l'hydrosystème par la nappe alluviale du Rhin, et présente à ce titre un fort intérêt écologique.



- Sur la Nièvre en aval de Beaumont-la-Ferrière (58), le MNT permet de mettre en lumière un ancien tracé méandrique de la rivière. Il permet également de souligner la localisation des différents réseaux de drainage de la plaine alluviale et le caractère « perché » des cours d'eau actuels. Sur ce secteur, la Nièvre s'écoule ainsi désormais sur la partie basse du versant, à environ 2,5 m au-dessus du thalweg (point rouge de la carte correspondant au repère rouge sur le graphique). Le MNT permet également souligner le caractère relativement incisé des chenaux rectifiés et subrectilignes.



- Sur la Bléone en aval de la Javie (04), le MNT met en évidence la largeur « réelle » du fond de vallée (lit majeur), c'est-à-dire de la bande de tressage datant probablement du Petit Âge Glaciaire, dont une partie est aujourd'hui « masquée » sous la forêt alluviale.



ANNEXE : SCRIPT R « Lidar_HD_IGN_mnt.R » (version du 20/09/2024)

```
# chargement de la librairie lidR pour traiter les fichiers Lidar
library(lidR)
# chargement de la librairie terra pour exporter le MNT en GeoTIFF
library(terra)

# souhaitez-vous produire une MNE (topographie avec sursol) ou un MNT
# (topographie sans sursol) ? Répondre 'MNE' ou 'MNT'
# Résolution par défaut : 1m
topo <- 'MNT'

# le chemin vers le répertoire contenant toutes les dalles LiDAR
path_lidar <- './dalles_laz/'

# le chemin et le nom du raster du MNT qui sera généré
path_mnt <- './export_tiff/MNT.tif'

# nous chargeons les dalles LAS dans un catalogue
list_las <- readLAScatalog(path_lidar)

# sélection des points d'interpolation selon MNT ou MNE souhaité
# Si MNT, classes sol (2) et eau (9)
# Si MNE, toutes les classes
class_interpol <- switch(topo, 'MNT' = c(2, 9), 'MNE' = c(1, 2, 3, 4, 5, 6,
9, 17))

# interpolation entre les points sol pour créer le MNT
mnt <- rasterize_terrain(list_las, algorithm = knnidw(k = 10L, p = 2),
use_class = class_interpol)

# export du MNT au format GeoTIFF
writeRaster(mnt, path_mnt, overwrite=TRUE)
```

Citation du document :

Melun G. & Passy P. (2024). Mobiliser simplement les données du LiDAR HD de l'IGN - Note technique. Office français de la biodiversité - Université Paris Cité - Géotéca. 14 p.

Contacts :

- Gabriel Melun (gabriel.melun@ofb.gouv.fr)
- Paul Passy (paul.passy@u-paris.fr)