RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE

CHANGER D'ÉCHELLE

CARTOGRAPHIE 3D
ATELIER CTG – IGN DÉC. 2023

Eric Cajoly – délégué régional IGN Ile-de-France et Outre-mer
eric.cajoly@ign.fr

LA DÉMARCHE IGN DES GÉOCOMMUNS

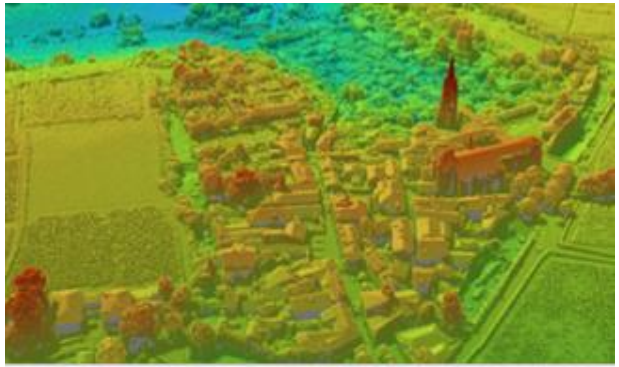
Les **géodonnées** sont partout…

Elles sont cruciales pour **piloter** l'adaptation au changement climatique des territoires, localiser précisément les risques…

L'ambition = **co-construire** les référentiels de données, les services et les outils d'une information géographique au service de l'intérêt général

Avec les citoyens et pour les citoyens, avec les territoires et pour les territoires,

Au travers des **géocommuns**…

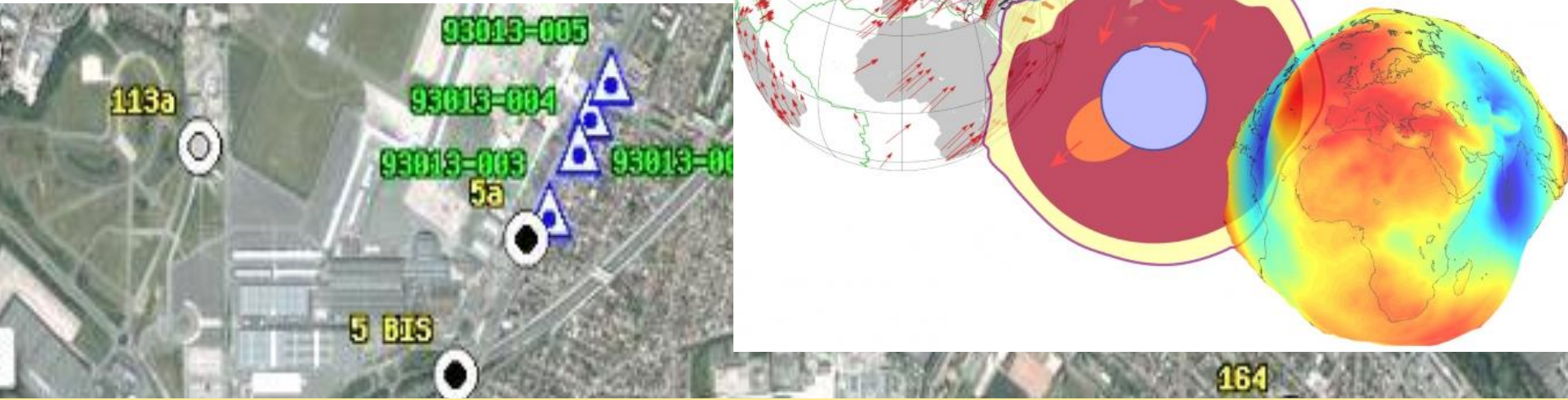


Géocommuns : le Sénat appelle à un renforcement des liens entre l'IGN et les collectivités locales

Un **commun**, c'est une **ressource produite collectivement par une communauté d'acteurs** hétérogènes et gouvernée par des règles qui assurent sa survie et garantissent son caractère **ouvert et partagé**.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

IGN CHANGER D'ÉCHELLE

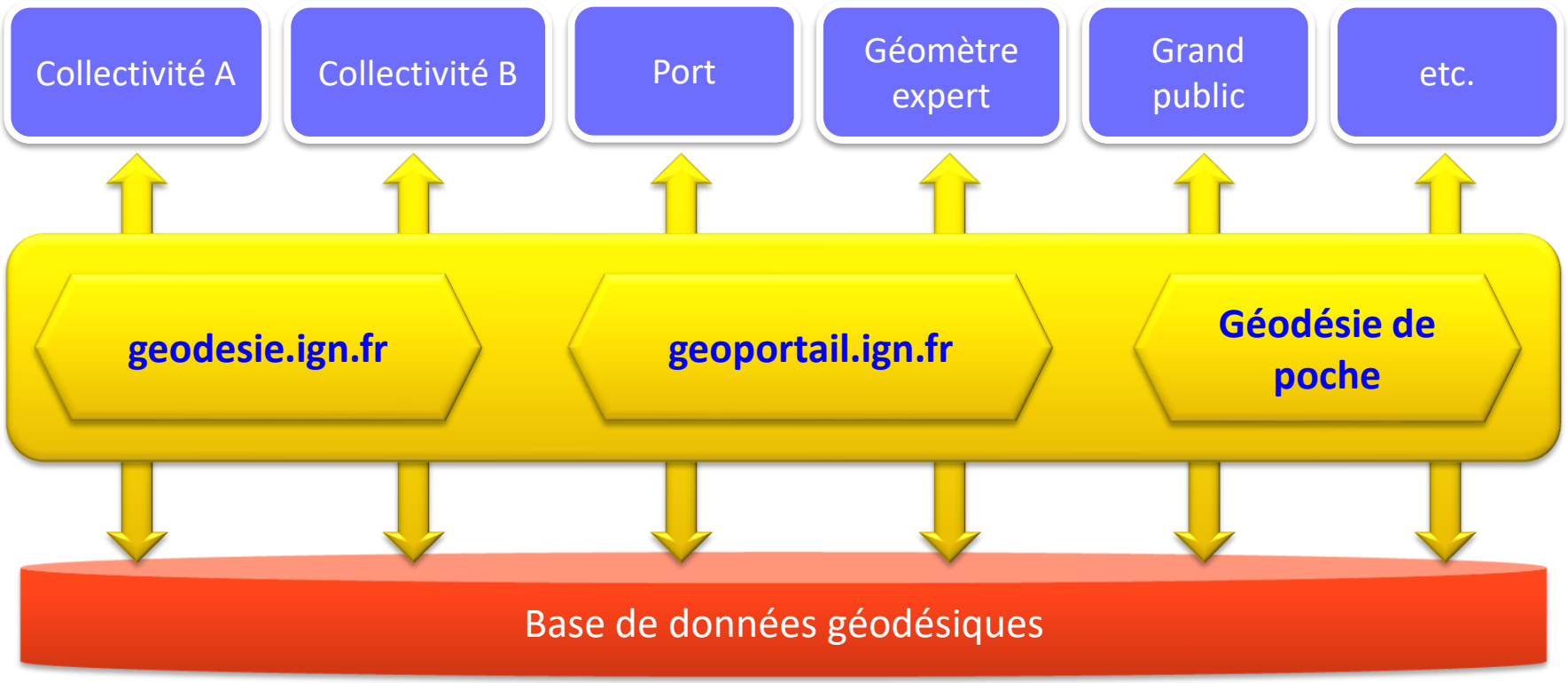


UN EXEMPLE : L'ENTRETIEN DES RÉSEAUX GÉODÉSIQUES

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

IGN CHANGER D'ÉCHELLE

LES RÉSEAUX DE POINTS DE RÉFÉRENCE



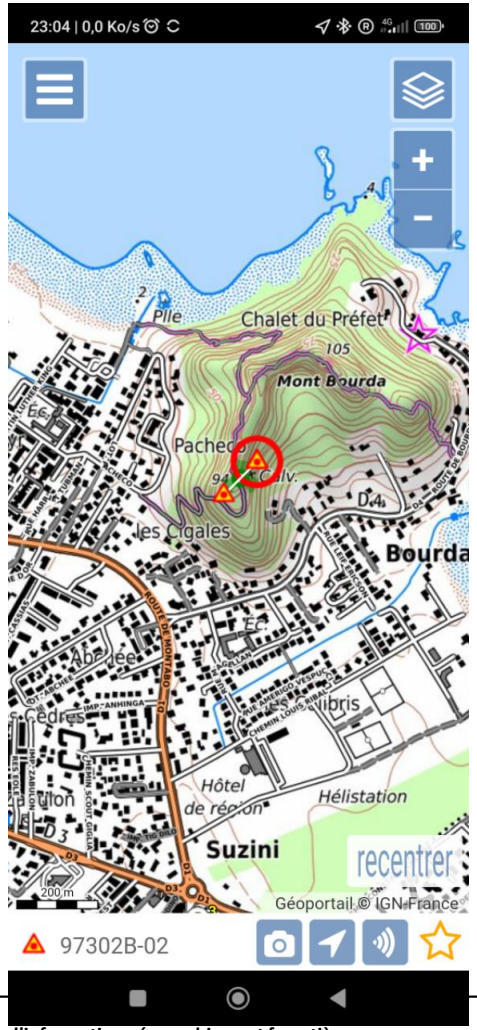
COLLABORATIF « GÉODÉSIE DE POCHE »

La bonne santé des réseaux est l'affaire de tous car d'intérêt général.

Géodésie de poche : une application donne accès aux données géodésiques des collectivités ou organismes partenaires.

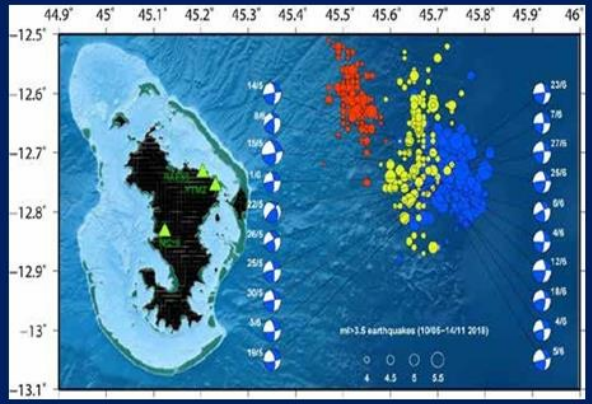
Tout un chacun, professionnel, randonneur ou simple amateur de géographie, peut contribuer…

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité



Le RGP pour la géophysique

•« Lorsque nous nous sommes rendu compte que les coordonnées changeaient à Mayotte, j'ai analysé les données de près, je les ai manipulées, modélisées. Les tremblements de terre ne pouvaient pas expliquer les déformations et j'en ai déduit qu'il s'agissait d'une éruption.
Selon mes calculs, la source de dégonflement se trouvait à 50 km de Mayotte. Et les volumes de l'éruption étaient très importants : de l'ordre 100 m^3 par seconde, soit, à titre de comparaison, le tiers du débit moyen de la Seine à Paris. Le GNSS a été un élément essentiel dans cette découverte. Il nous a donné des informations pertinentes sur les mouvements en cours



et nous a aidés à trouver une explication à cette crise.»

Pierre Briole, Directeur de recherche au CNRS, septembre 2019

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

FRANCE RELANCE

IGN
INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE

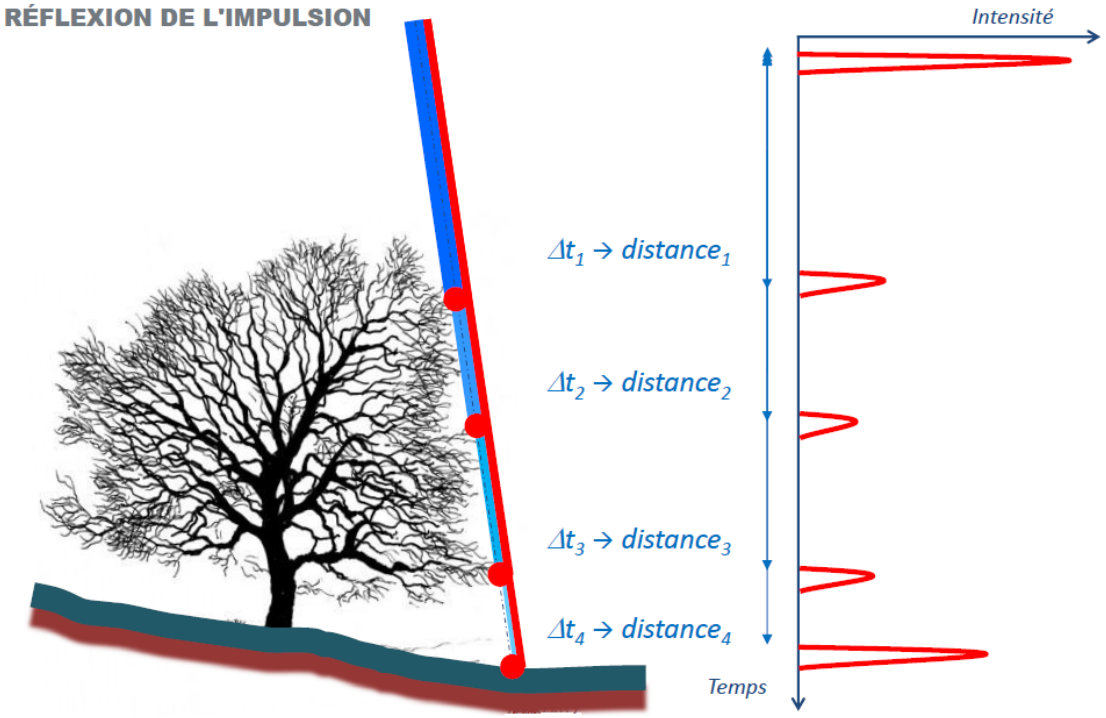
CHANGER D'ÉCHELLE

LE PROJET LIDAR HD FRANCE ENTIÈRE

VERS UNE NOUVELLE CARTOGRAPHIE 3D DU TERRITOIRE

La technologie Lidar

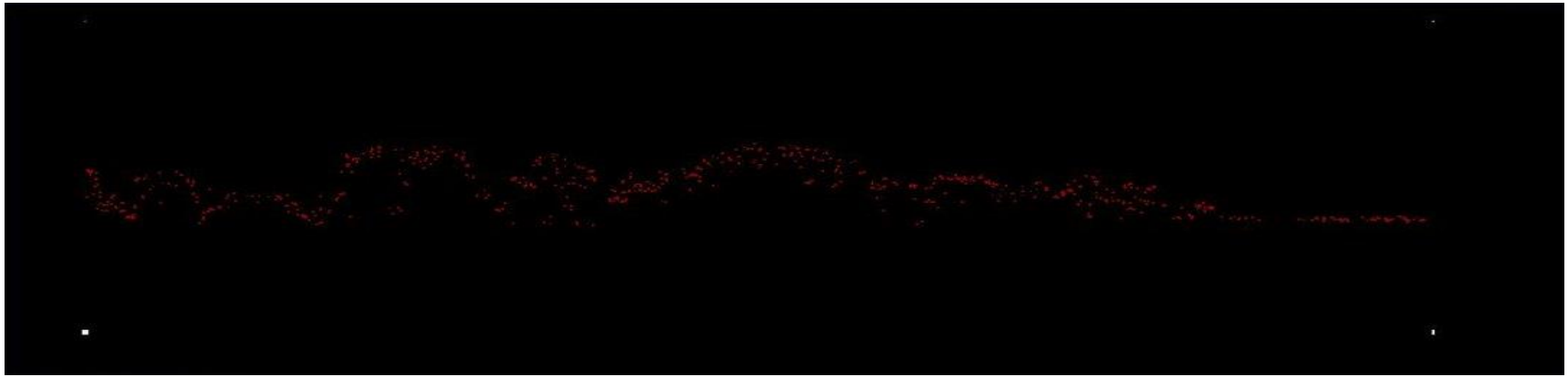
Retour d'onde complète échos multiples



5. Echos multiples: en forêt

Echos uniques
(1 impulsion = 1 retour)

5. Echos multiples: en forêt

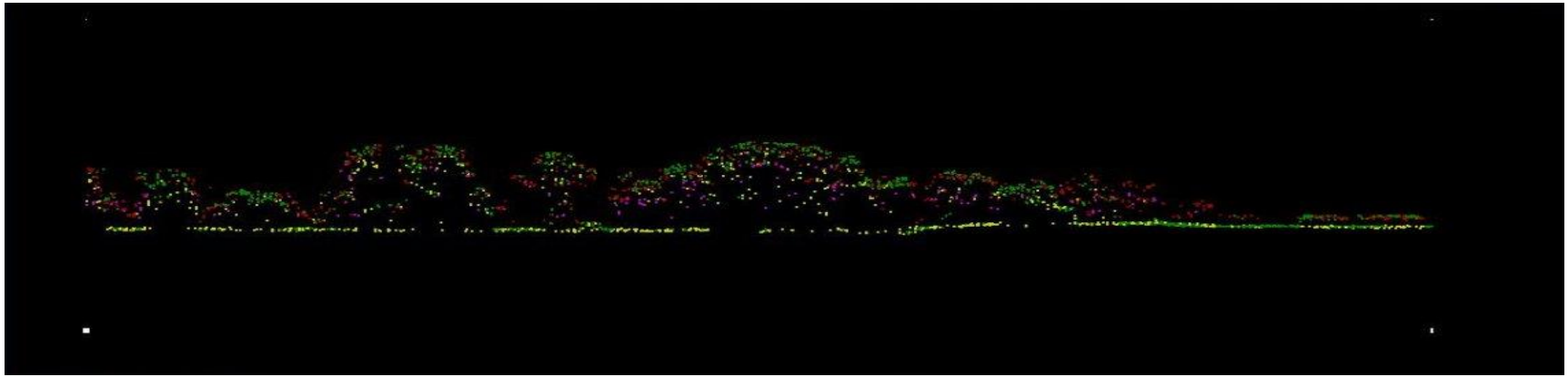


Premiers échos
(1ers retours d'une impulsions parmi plusieurs retours)

5. Echos multiples: en forêt

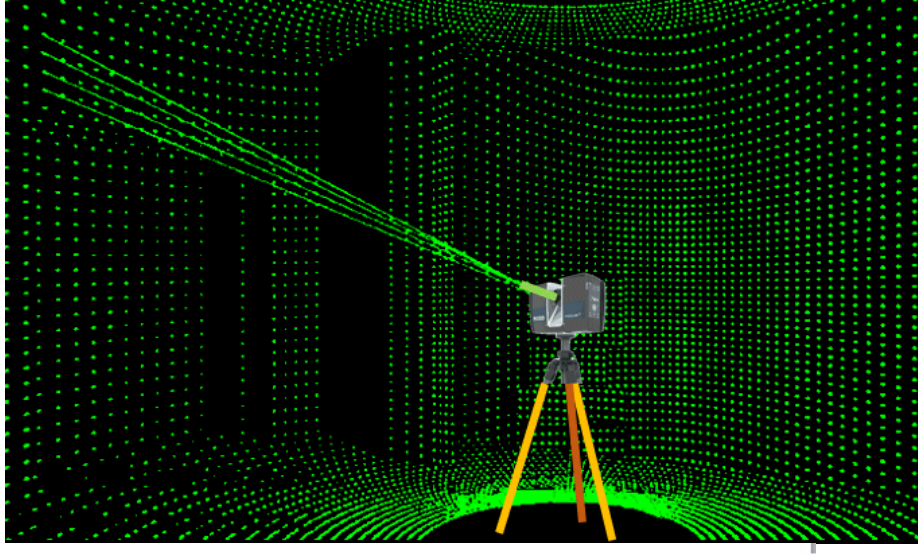
Echos intermédiaires
(Ni les 1ers ni les derniers)

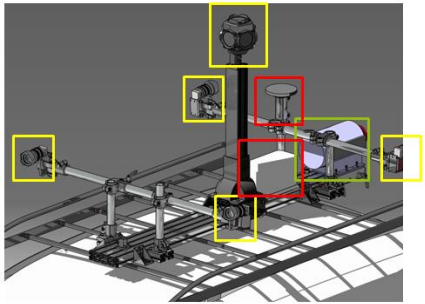
5. Echos multiples: en forêt



Tous les échos

Différents Lidar et vecteurs





Capteurs :

Images : tête panoramique + (bases stéréoscopiques avant et arrière)

+ laser 360°

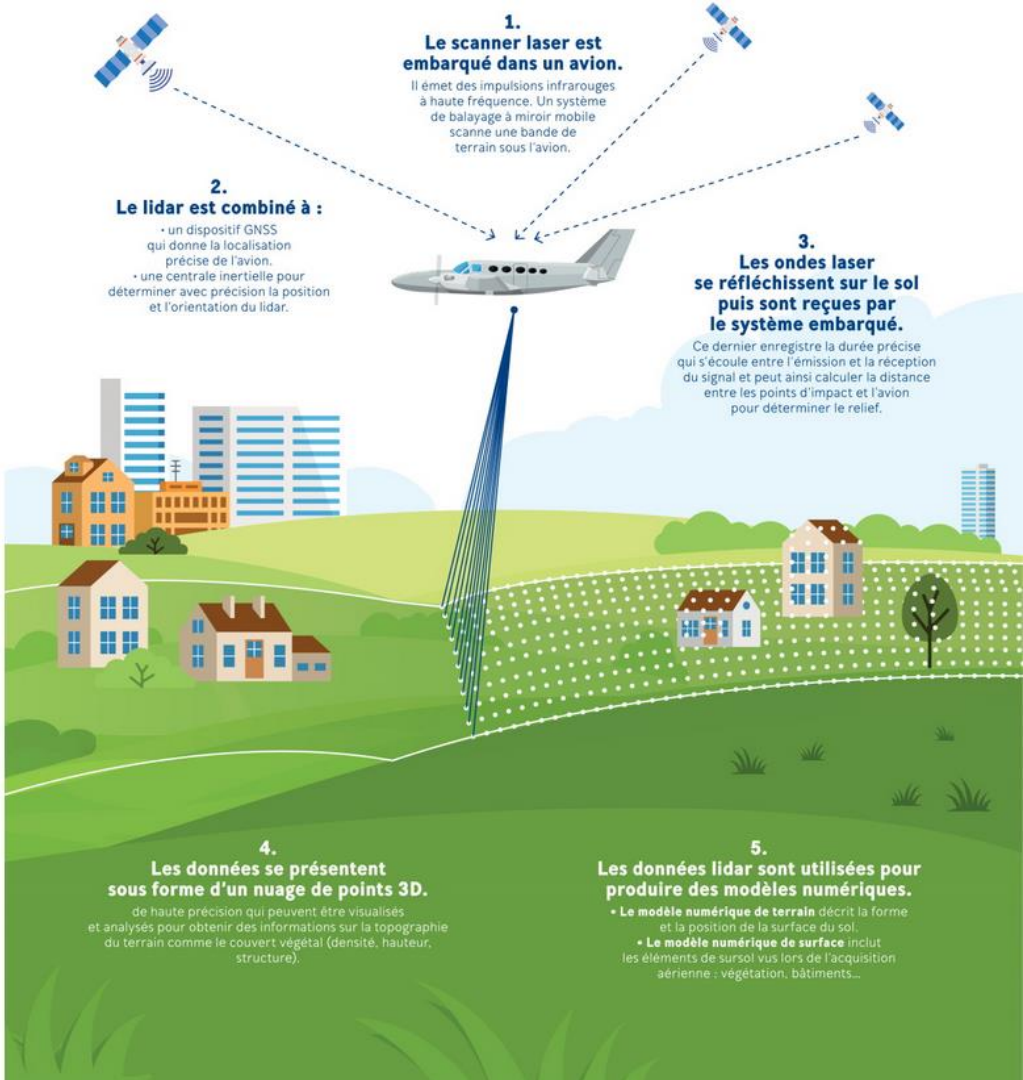
+ positionnement

(INS + GPS + odomètre

Le Lidar aérien

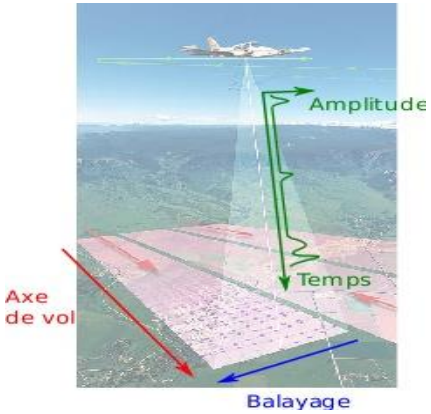
Composition de base :

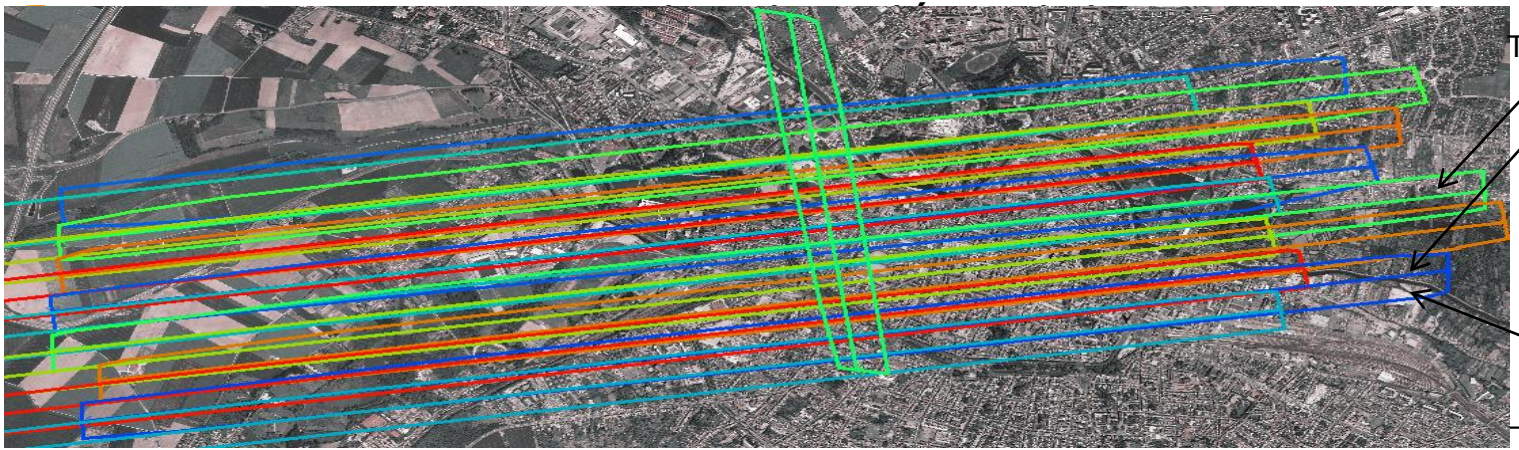
- Un distance-mètre laser
- Un vecteur aérien (avion, hélicoptère)
- Un mécanisme de déviation du faisceau laser, pour ne pas mesurer qu'un profil sous l'avion: spatialiser la mesure



Acquisition par bandes

- Systèmes capable d'acquérir jusqu'à 75° (des 2 côtés)
- Création de bandes de largeur 100m-1km (500m souvent) sur une longueur de 10-15km

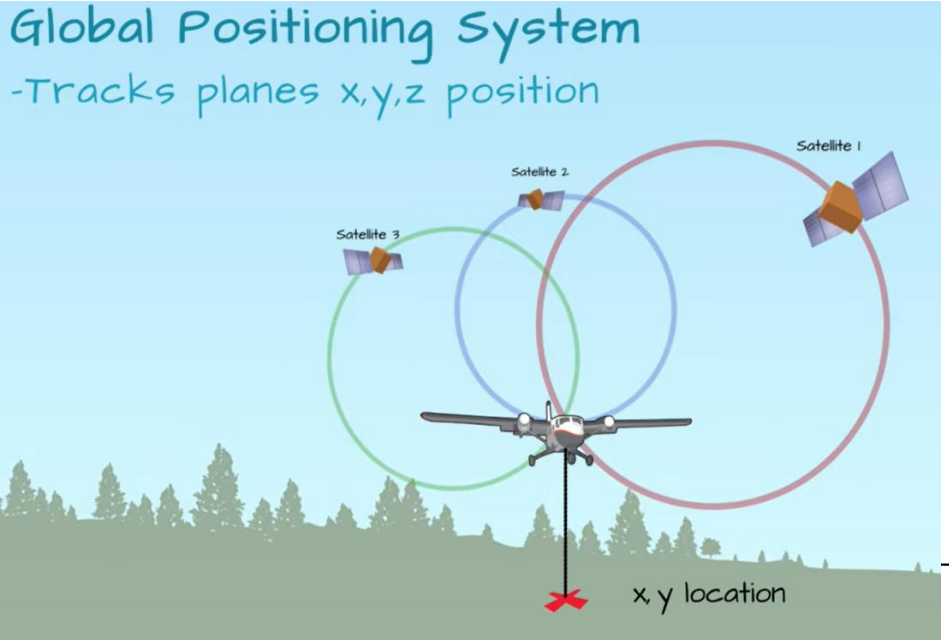




Exemple de chantier sur la ville d'Amiens

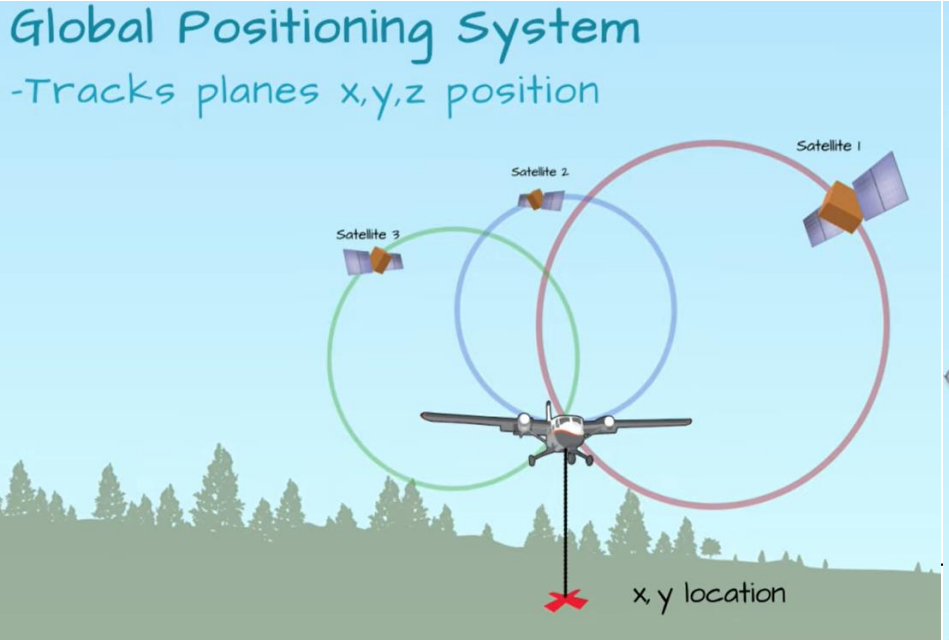
Positionnement du capteur

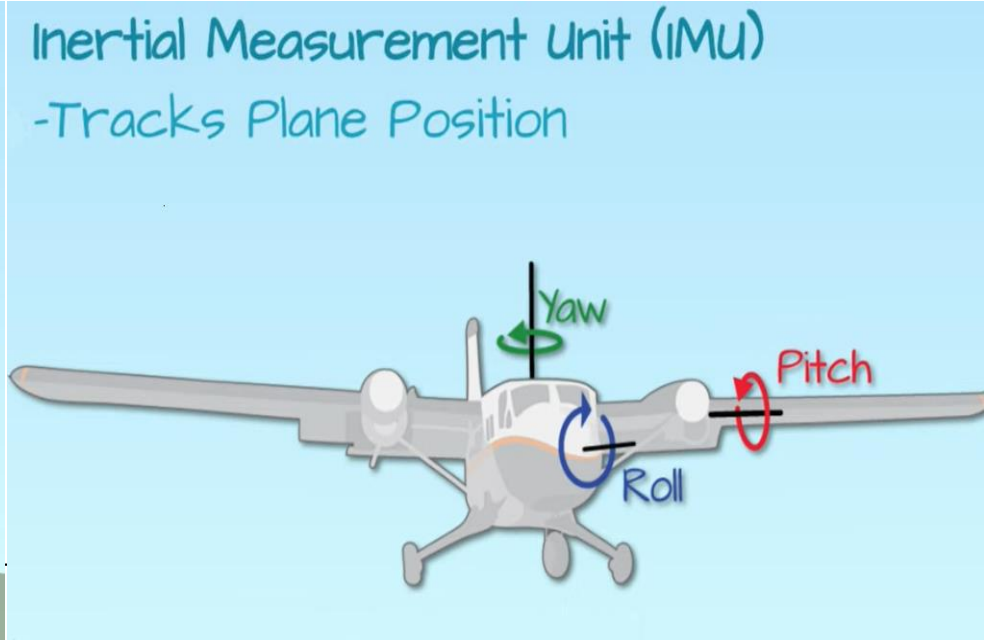
- Un GPS



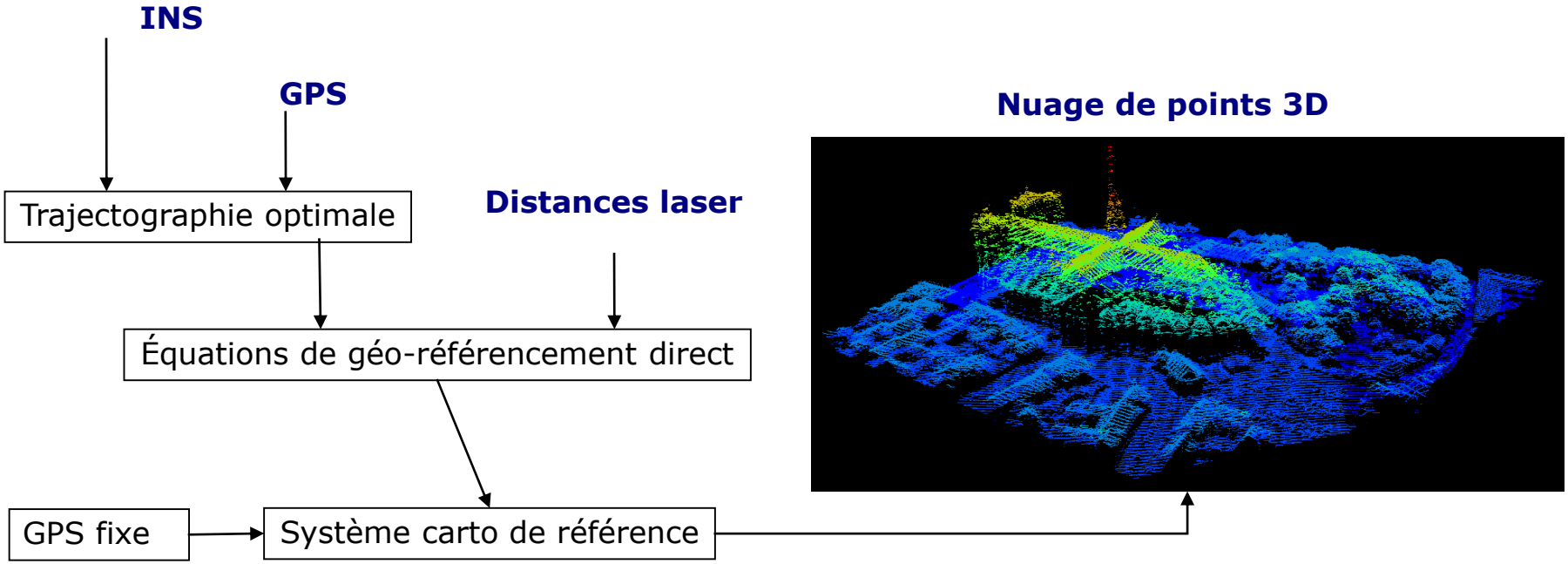
Positionnement du capteur

- Un GPS
- Une centrale inertielle





Géoréférencement d'un nuage de points (cas de Mayotte)



Précisions finales du nuage de points 3D: en altimétrie **< 10 cm**; en planimétrie: **< 40 cm**

Précisions & erreurs

La précision finale dépend:

- La précision de la mesure de distance
- La précision de positionnement du lidar
- **La précision d'orientation de la direction de visée**

… mais aussi de

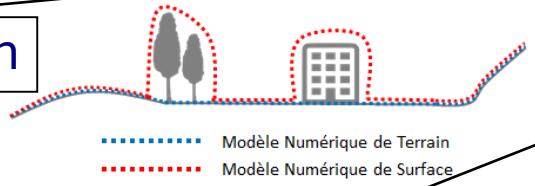
- La précision de transformation WGS84 → projection locale
- La précision du modèle de géoïde utilisé
- La dimension de la tâche au sol
- La connaissance des systématismes
- Les conditions de vol (température, pression): moins que les autres

Un nuage de points 3D n'est pas un produit final !

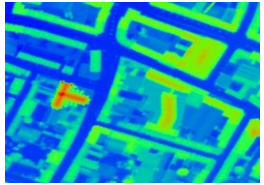
Nuage de points 3D Lidar

Interpolation

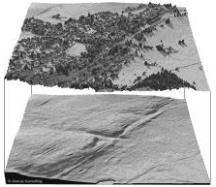
Filtrage



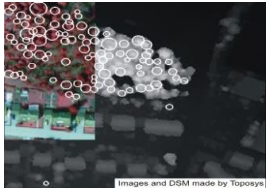
Surface (MNS)



Terrain (MNT)

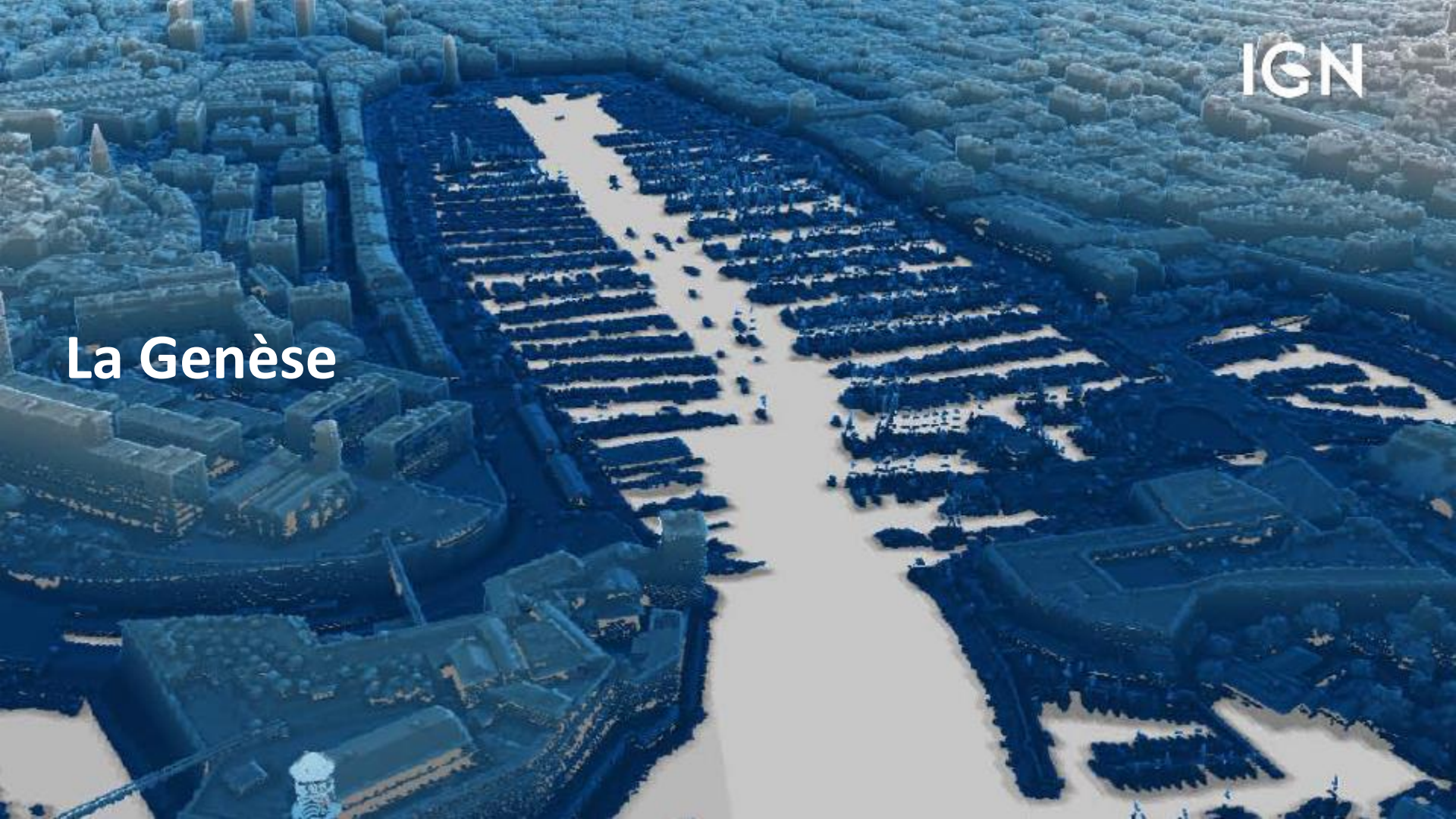


Végétation



Infrastructures

Le programme Lidar HD

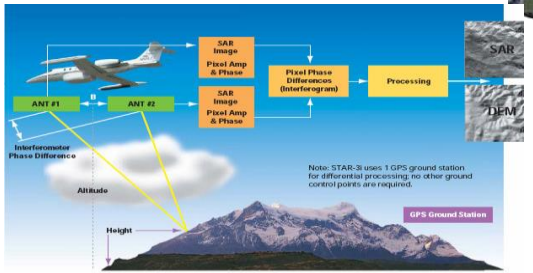


La Genèse

Mise en œuvre des technologies issues des laborat de l'IGN

Corrélation automatique

Radar

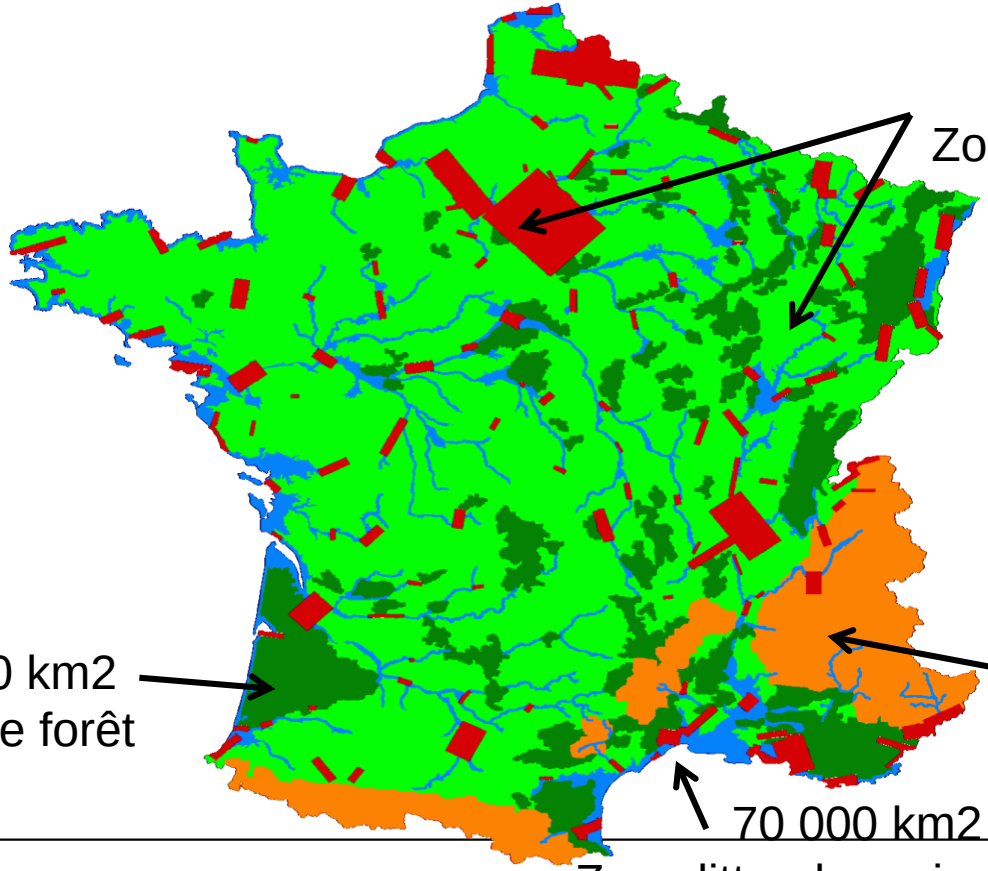


Lidar

Restitution photogrammétrique

Levers de terrain

Mise en œuvre des technologies jusqu'en 2019



Pourquoi un programme national ?

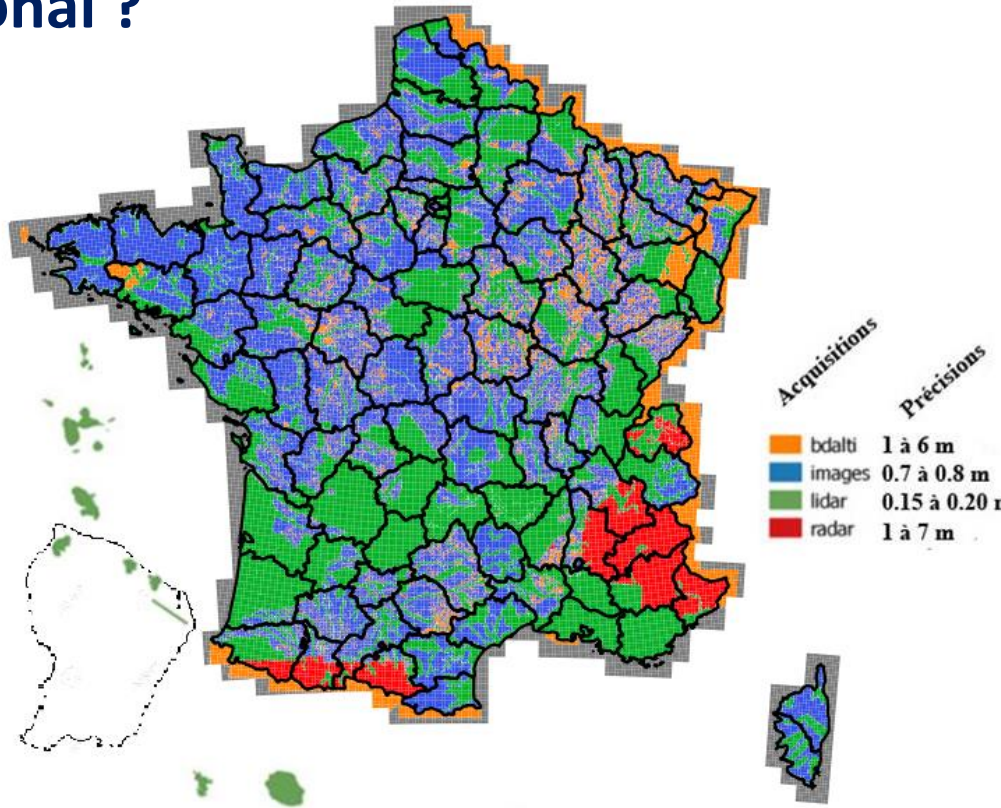
- La situation antérieure marquée par une **couverture lidar très partielle et morcelée** (1/3 de la France couvert en lidar à 2pts/m² en 10 ans) et non coordonnée

- Des besoins croissants :

  - Dans un contexte de **basculement climatique**, avec évènements plus réguliers et plus intenses

  - Pour apporter une **connaissance fine du territoire** et de ses ressources

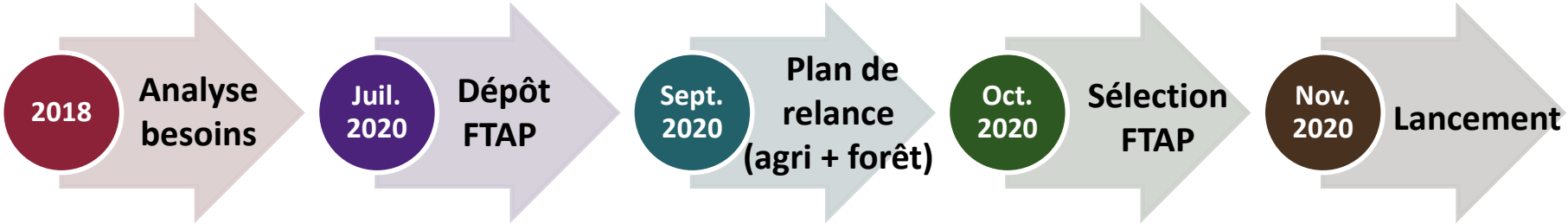
- **Objectif de disposer d'une couverture cohérente au niveau national et en open data**



DGPR	4 M€
Plan de relance /MAA (2021-2022)	22 M€
FTAP (2021-2023)	21,55 M€
Collectivités et IGN	~12,45 M€

Les partenaires

- Le programme bénéficie d'un soutien important de l'État
- Montage d'un dossier FTAP (Fonds pour la Transformation de l'Action Publique)
- Un 1er acteur à jouer le jeu collectif, la **DGPR** (Direction Générale de la Prévention des Risques), et des échanges nourris avec **l'ONF** (Office National des Forêts), le **MAA** (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation) et **quelques régions**



Pour quels usages ?

- **Prévention des risques naturels** (inondation, éboulements,…)
  - Élaborer des cartographies liées au risque inondation (potentiellement France entière)
  - Mieux connaître et diminuer la vulnérabilité des territoires exposés

- **Forêt : Amélioration de la connaissance des ressources forestières**
  - Contribuer efficacement aux opérations d'inventaire forestier
  - Évaluer le patrimoine boisé avec une précision maîtrisée, pour une gestion durable des forêts
  - Aide à la gestion des risques naturels en forêt (érosion du cordon dunaire, risques d'éboulement en montagne,…)

  → Les données lidar : un complément précieux au travail de terrain réalisé par les 3000 techniciens forestiers ONF

- **Agriculture : suivi de la Politique Agricole Commune**
  - Contrôle des surfaces pastorales et herbacées sous couvert végétal, Bocages …

Beaucoup d'autres usages…

- **Conservation de la biodiversité**
  - ✓Modélisation et cartographie des habitats naturels (dont espèces protégées)
- **Aménagements du territoire**
  - ✓Appui à la construction et à l'entretien de routes ou d'ouvrages d'art
  - ✓Réalisation de maquettes 3D (cadastre du bruit, gestion de la végétation urbaine, 5G)
- **Transition énergétique**
  - ✓Calcul du potentiel photovoltaïque des toitures
  - ✓Aide à la densification urbaine par l'identification de dents creuses
  - ✓Aide au contrôle des certificats d'économie d'énergie
  - ✓Appui à l'implantation des éoliennes…

Maquette urbaine pour cadastre solaire

- **Navigation aérienne**
  - ✓ Connaissance des obstacles
- **Sécurité intérieure**
  - ✓ Calcul de l'intervisibilité pour les sites à protéger
- **Archéologie**
  - ✓ Révélation de vestiges

→ Des améliorations attendues aussi à l'IGN : mise à jour de la BD TOPO, Inventaire Forestier, BD Forêt…

Le programme Lidar HD national c'est quoi ?

L'IGN propose de **mettre en place** et de **coordonner un programme national Lidar Haute Densité (HD) France entière** :

- **Acquérir** les données lidar aéroportées,
- **Traite**r les nuages de points Lidar
- **Héberger et diffuser** en **open data** les nuages de points et les résultats des traitements,
- **Accompagner** les utilisateurs.

Le programme Lidar HD national c'est quoi ?

5
ans de travail

7 000
heures de vol

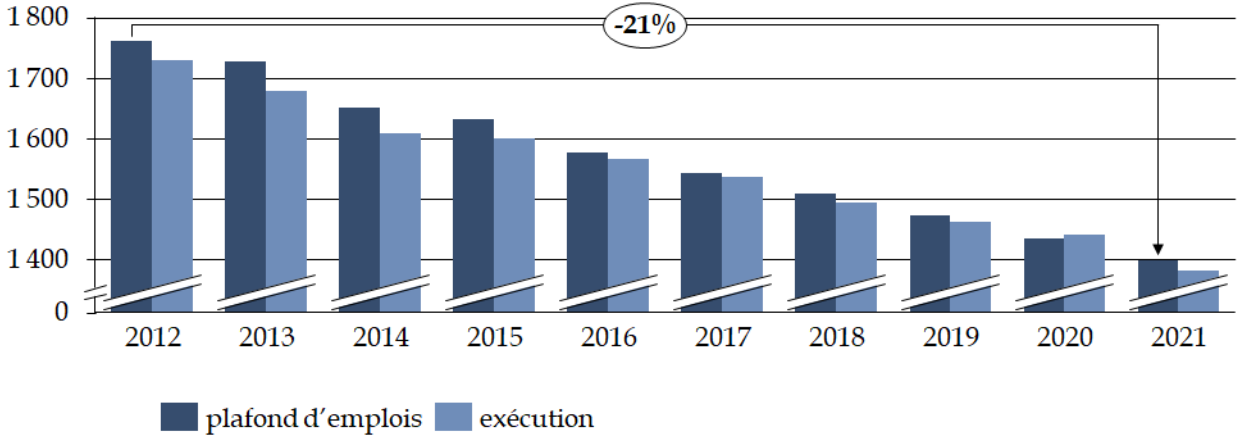
10
points par mètre carré en moyenne

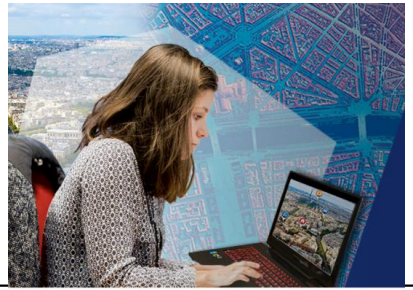
4
groupements de sous-traitants en appui

3
péta-octets de données

60
millions d'euros de budget estimé

Le programme Lidar HD national c'est quoi ?



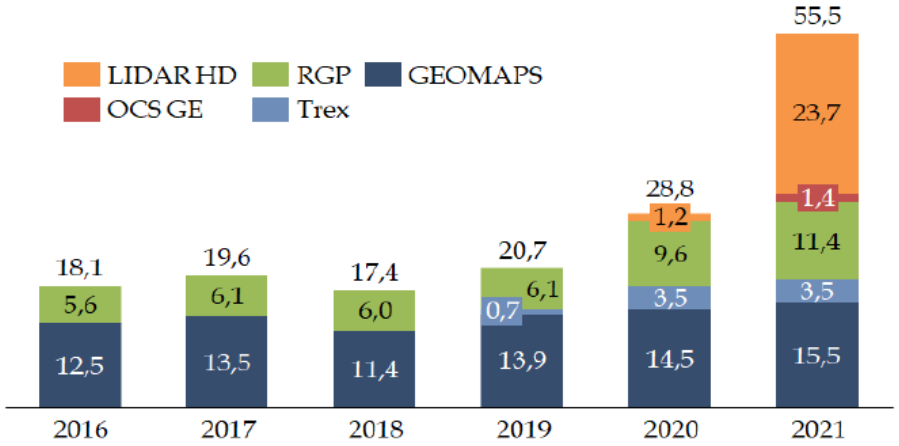


un plan de recrutement et de formation (IA, data science, altimétrie 3D, géovisualisation, développement agile...)

Le programme Lidar HD national c'est quoi ?

Ressources tirées des grands projets (2016-2021)

(en millions d'euros)



Source : commission des finances du Sénat d'après les documents financiers de l'IGN

Des compléments de financement encore à trouver

Précision attendue : 10 cm en altimétrie et 50 cm en planimétrie

Les productions

Nuage de points classifié LIDAR HD :

Code	Désignation
1	Non classé
2	Sol
3	Végétation basse
4	Végétation moyenne
5	Végétation haute
6	Bâtiment
9	Eau
17	Pont
64	Sursol pérenne
65	Artefact
66	Points virtuels (modélisation)

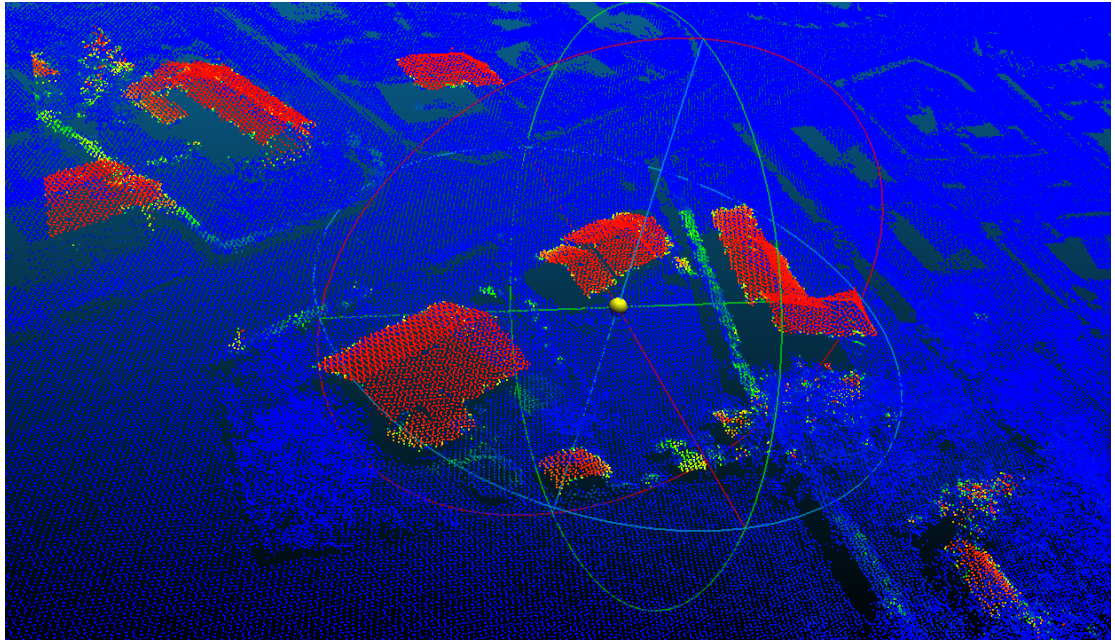
Couverture : France métropolitaine + DROM (sauf Guyane)

- **Les livrables prévus**
  - [Nuages de points bruts]
  - Nuages de points classés (notamment : sol, bâtiments, ponts, eau, végétation, obstacles à la navigation aérienne)
  - Modèles numériques (0,5m, 5m)
    - de terrain (MNT)
    - de surface (MNS)
    - de hauteur (MNH)
  - Donnée accompagnantes (cartes de densité de points sol, fichiers de trajectographie, bandes de vols…)

https://geoservices.ign.fr/documentation/donnees/alti/lidarhd

Traitement / Classification des nuages de points LIDAR HD

L'IA dans les Traitements des données LIDAR



- L'IA permet une extraction efficace d'information provenant du nuage de points.

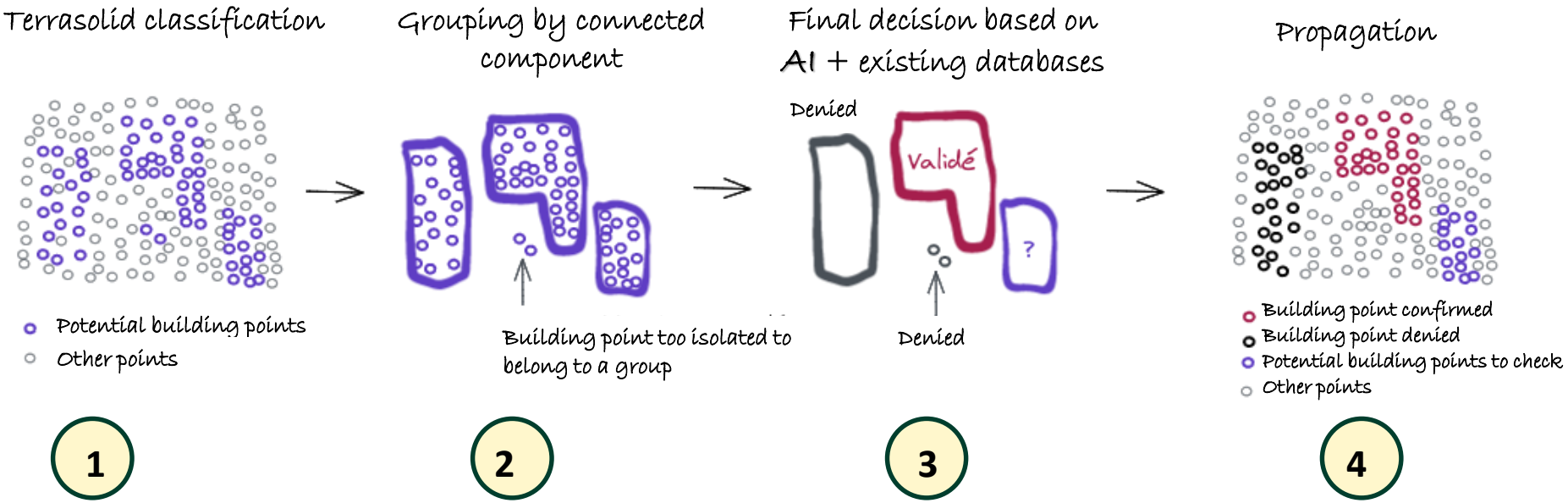
- Cela permet notamment une détection des bâtiments (voir ci-contre).

- La solution IA n'est toutefois, pas suffisante à elle-même et nécessite d'être croisée avec les traitements classiques.

Traitement des données LIDAR

Approche mixte: classification + bases de données existantes + **prédiction IA**

Vue d'ensemble :

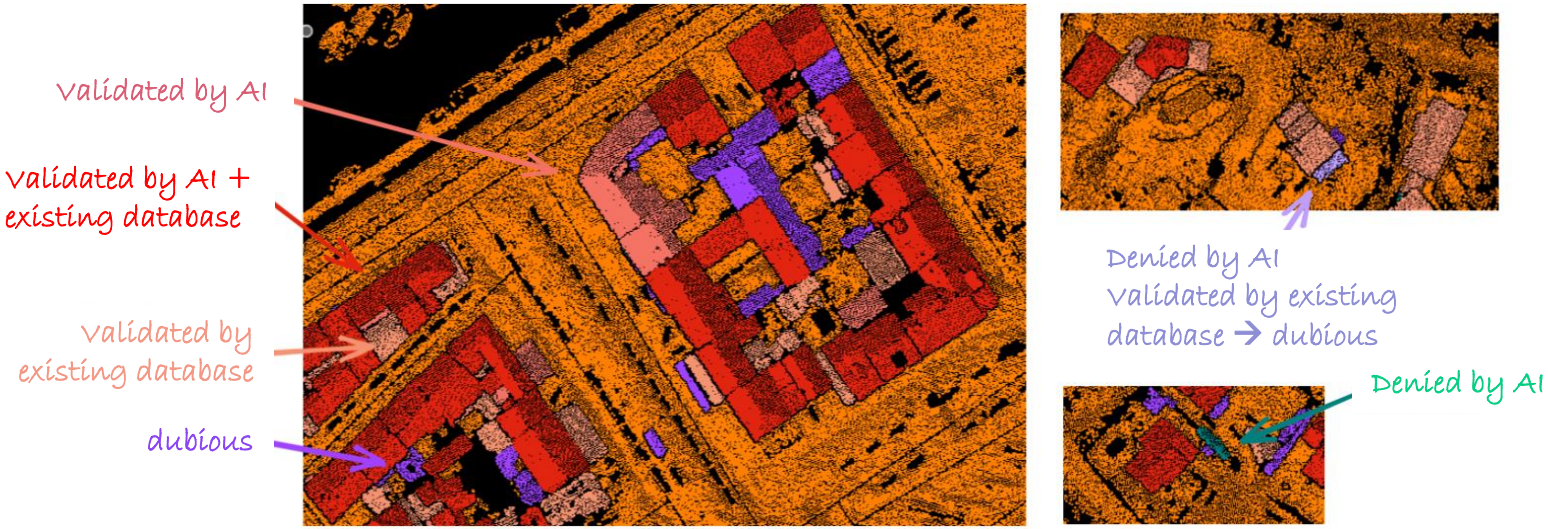


Traitement des données LIDAR

Approche mixte: classification + bases de données existantes + **prédiction IA**

→

- **Améliore la confiance sur la détection de bâtiments**
- **Réduit drastiquement la reprise manuelle de la classification**



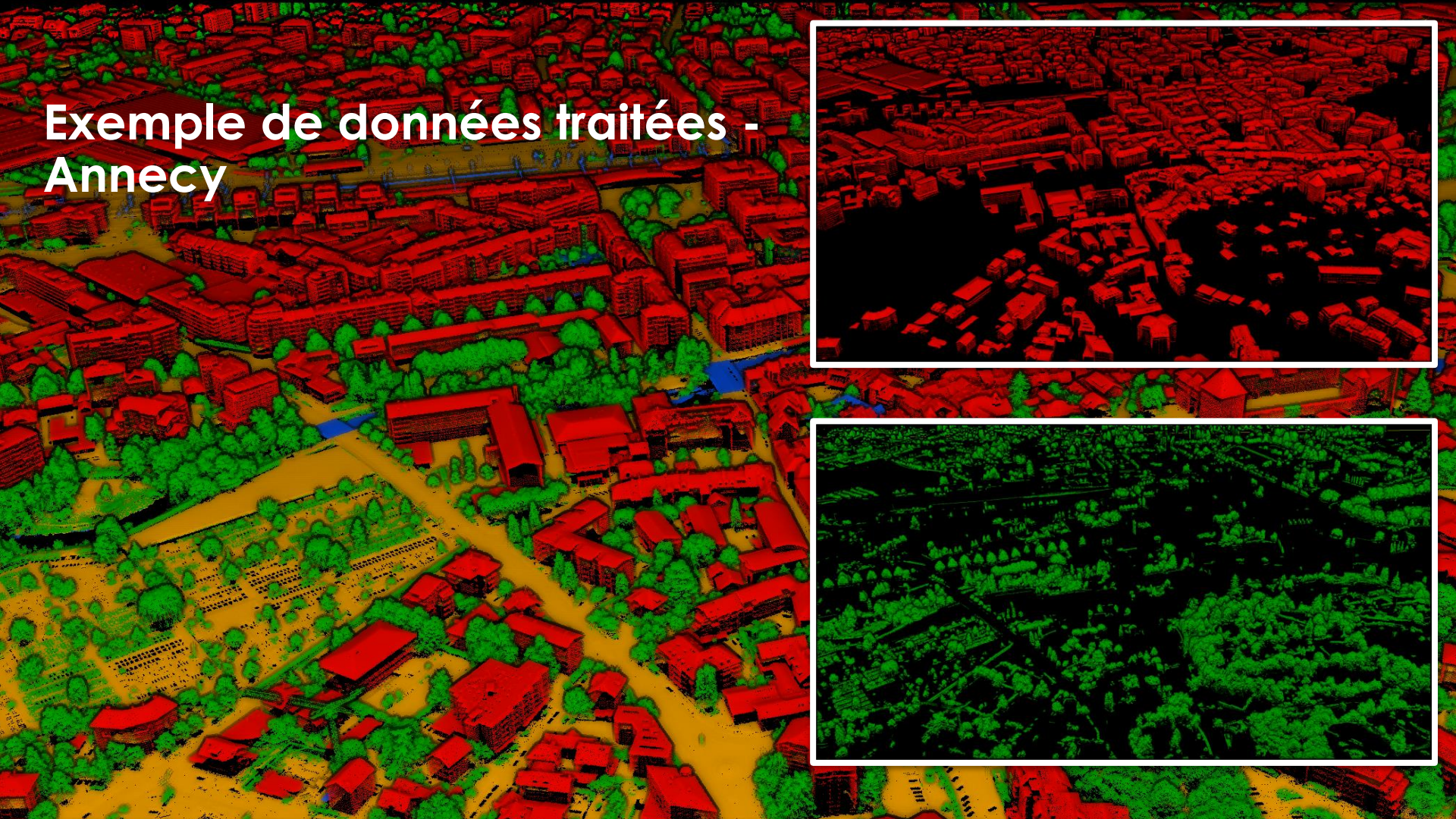
IA et Lidar HD

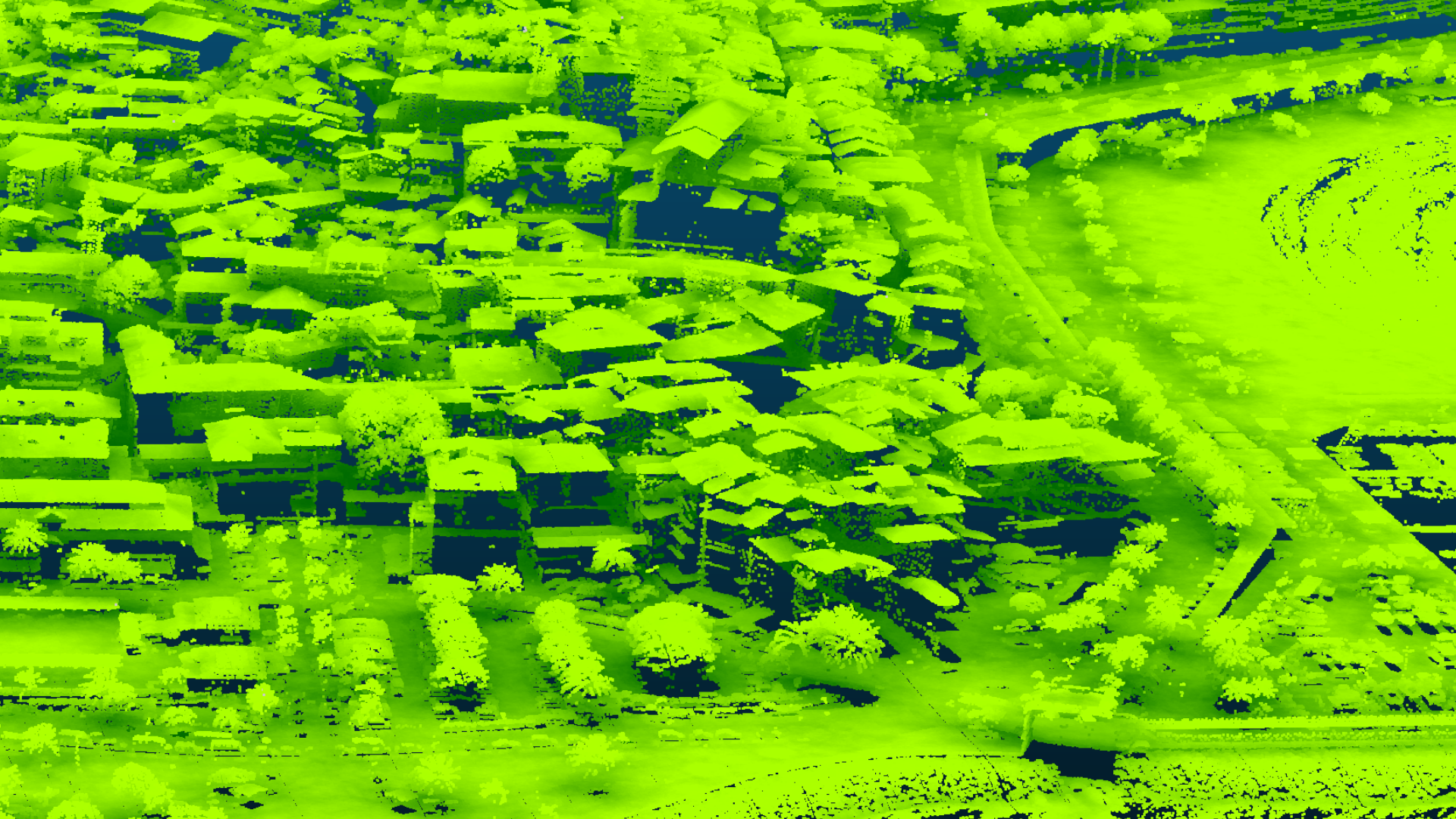
L'IGN mobilise son expertise en intelligence artificielle pour expérimenter autour de la classification et des contrôles des données LiDAR HD. A cette occasion est diffusée en open source une **librairie pour la classification des nuages de points LiDAR HD** :

https://github.com/IGNF/myria3d (avec un certain nombre de ressources pour prendre en main et entraîner de premiers modèles).

Exemple de nuage de point Lidar « brut » - Nîmes

Exemple de données traitées - Annecy

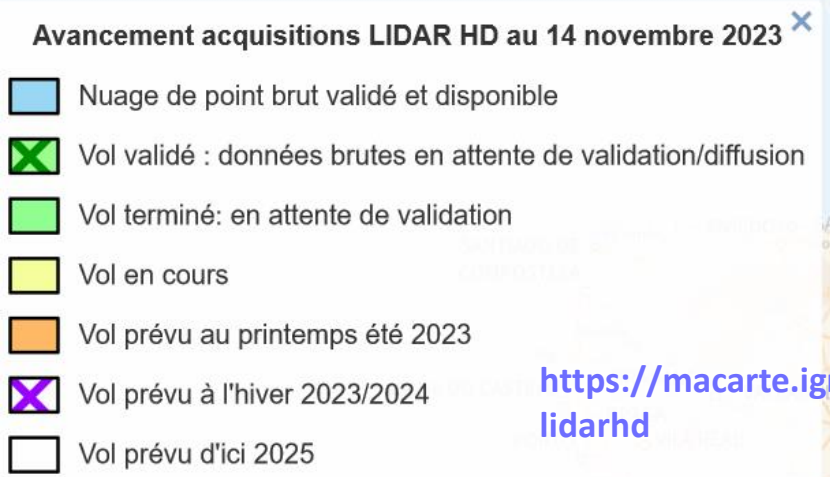




Avancement du programme LIDAR HD

En acquisition
340 000 km2 ~> 62%

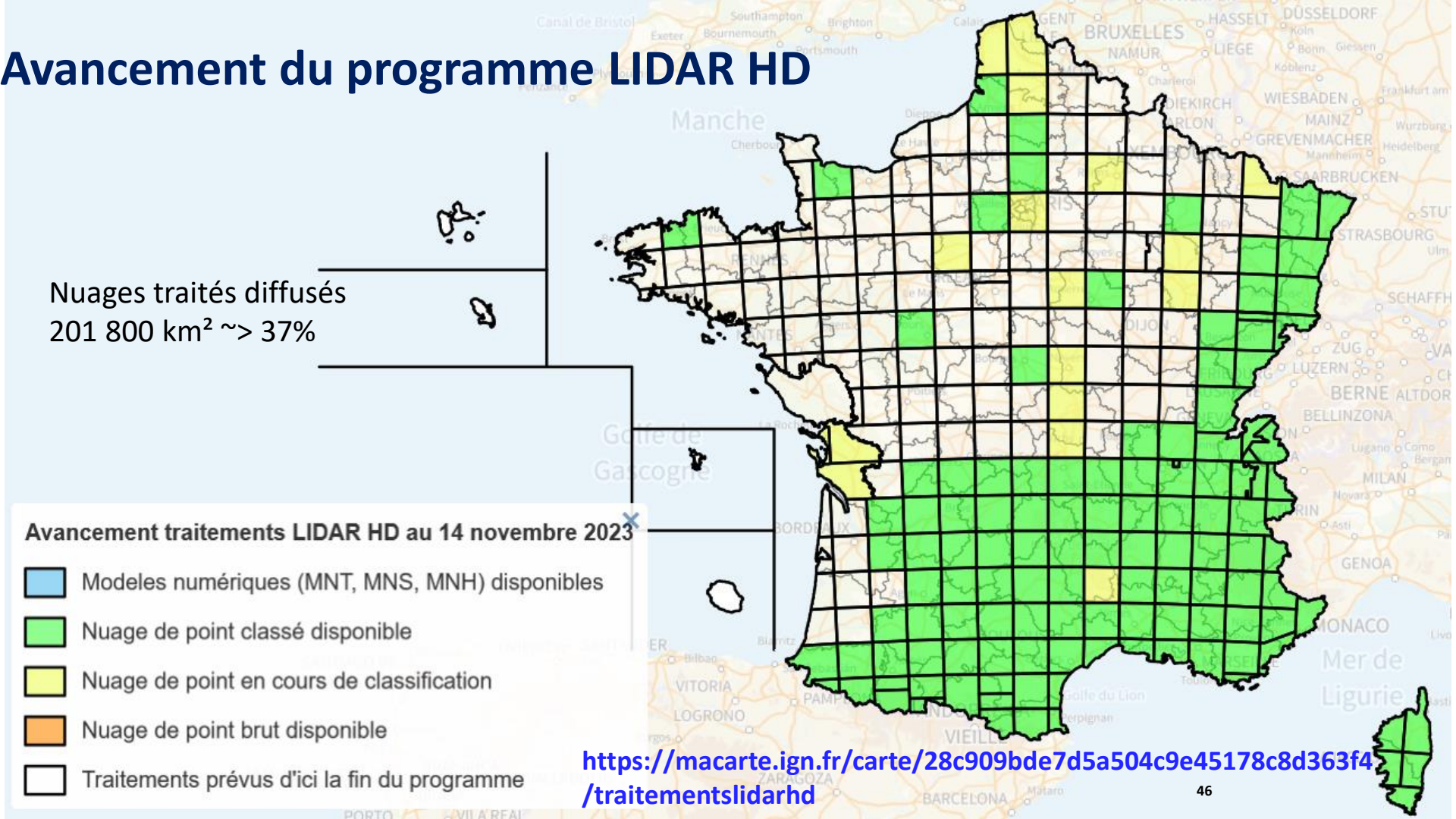
Données brutes validées
292 000 km2 ~> 53%



https://macarte.ign.fr/carte/322ea69dab4c7e5afabc6ec7043b5994/acquisitions lidarhd

Avancement du programme LIDAR HD

Nuages traités diffusés
201 800 km² ~> 37%



https://macarte.ign.fr/carte/28c909bde7d5a504c9e45178c8d363f4/traitementslidarhd

Services de diffusion et accès aux produits LiDAR HD

Les outils et infrastructures géomatiques

- **Viewer Potree libre (démo)**
- **SIG**
- **La Géoplateforme :**
  - **iTowns**
  - **infrastructure collaborative et mutualisée pour la production et la diffusion des géodonnées**
  - Démonstreur Lidar HD : https://demo-lidar.ign.fr/?dataset=lidarhd

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

IGN CHANGER D'ÉCHELLE

Intégrer Lidar HD dans son SIG préféré

https://geoservices.ign.fr/documentation/services/utilisation-sig/tutoriel-qgis/lidarhd

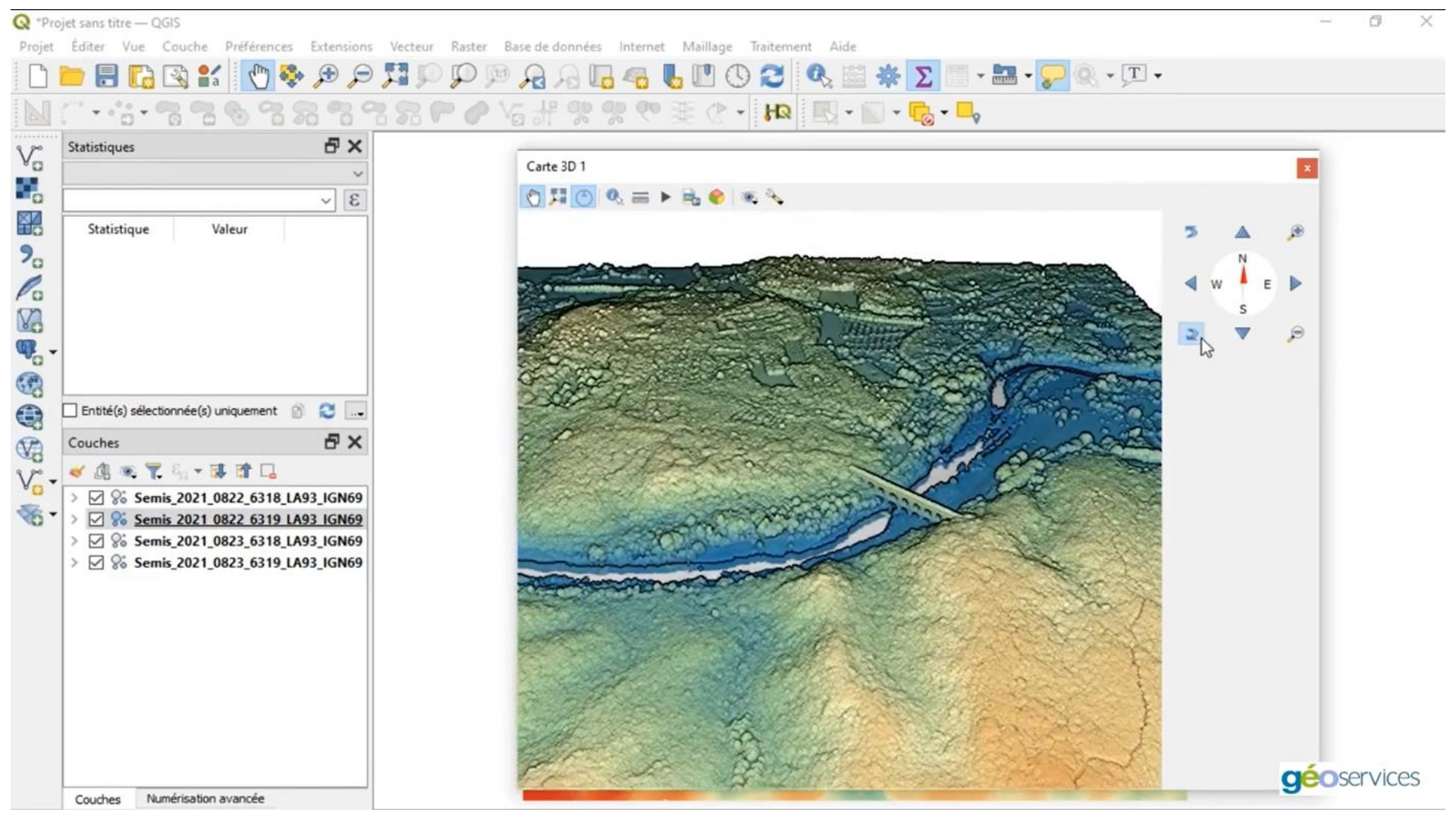
INTÉGRATION DU LIDAR HD

Dernière mise à jour : 2 novembre 2022

- Intégration de données LiDAR HD sous QGIS

Ajout d'une donnée LiDAR HD sous QGIS et paramétrage du système de coordonnées. La donnée se charge après cette seconde opération

- Comment visualiser un projet 2D et 3D sous QGIS


*Projet sans titre — QGIS
Projet Éditer Vue Couche Préférences Extensions Vecteur Raster Base de données Internet Maillage Traitement Aide
Statistiques
Statistique
Valeur
Entité(s) sélectionnée(s) uniquement
Couches
Semis_2021_0822_6318_LA93_IGN69
Semis_2021_0822_6319_LA93_IGN69
Semis_2021_0823_6318_LA93_IGN69
Semis_2021_0823_6319_LA93_IGN69
Couches
Numérisation avancée
Carte 3D 1
N
W
E
S
géoservices

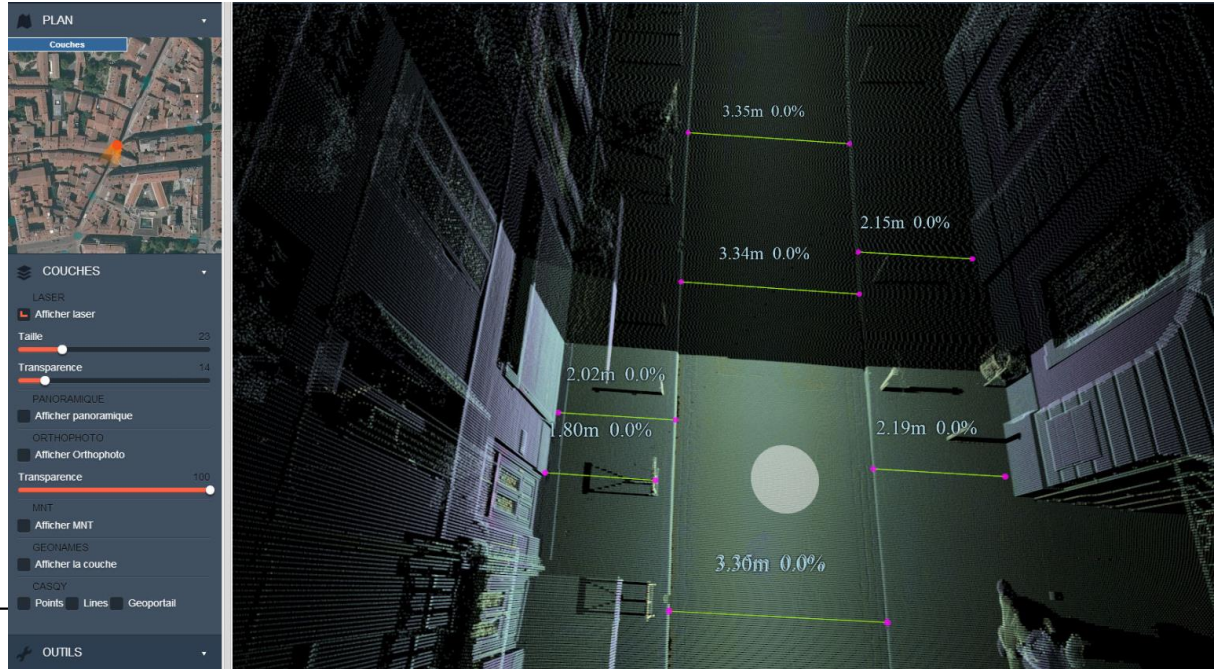
La Géoplateforme

Actuellement, les nuages de points du programme LIDAR HD sont diffusés dans un mode provisoire. La cible du programme est d'assurer une diffusion de ces données dans le format COPC (**Cloud Optimized Point Cloud Specification**) , qui répond aux besoins en matière de téléchargement ET de streaming. Vous est proposé ici un démonstrateur qui préfigure les modalités d'accès à ces services.

https://poc-flux-lidar.ign.fr/

iTowns : framework WebGL

http://www.itowns-project.org/itowns/examples/



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
IGN ESPACE COLLABORATIF

Les futures API de la Géoplateforme

Liste non exhaustive des API utilisées:

- API Validation
- API Entrepôt (alimentation et diffusion)
- API de style (pour les fichiers de style)

- API WFS / WMS / TMS.
- API Téléchargement

- API Catalogue
- API Rechercher
- API Extraction
- API Géocodage / Géocodage de masse
- API Calcul d'itinéraire / Isochrones
- API Altimétrie
- API Carto

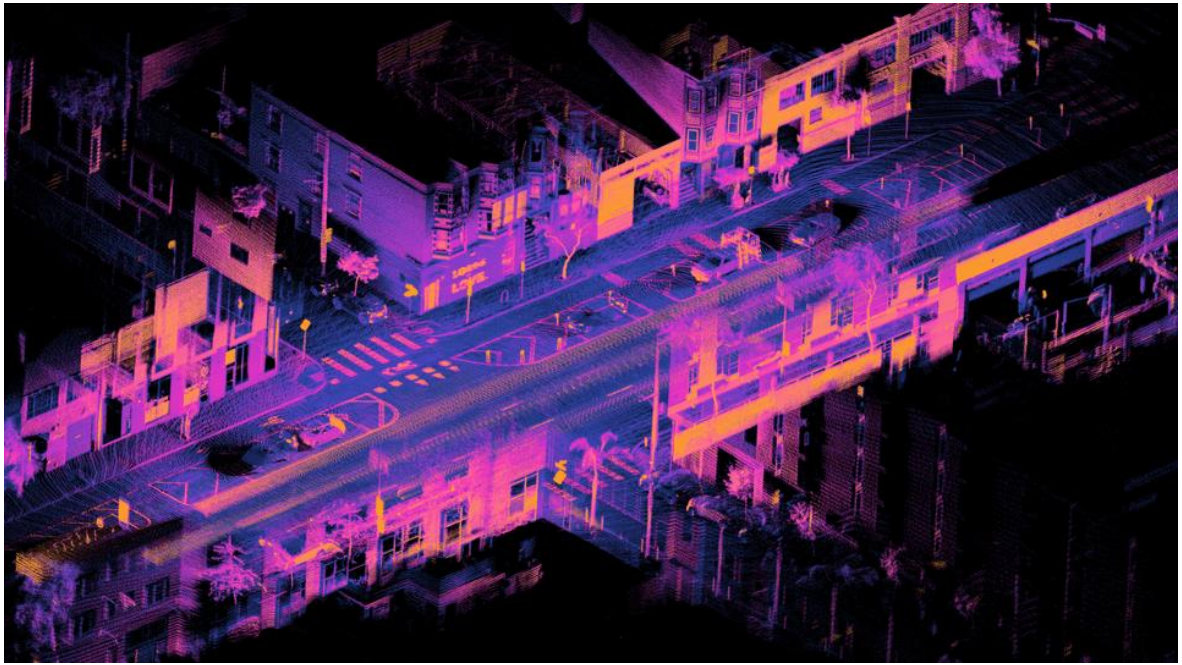
•••

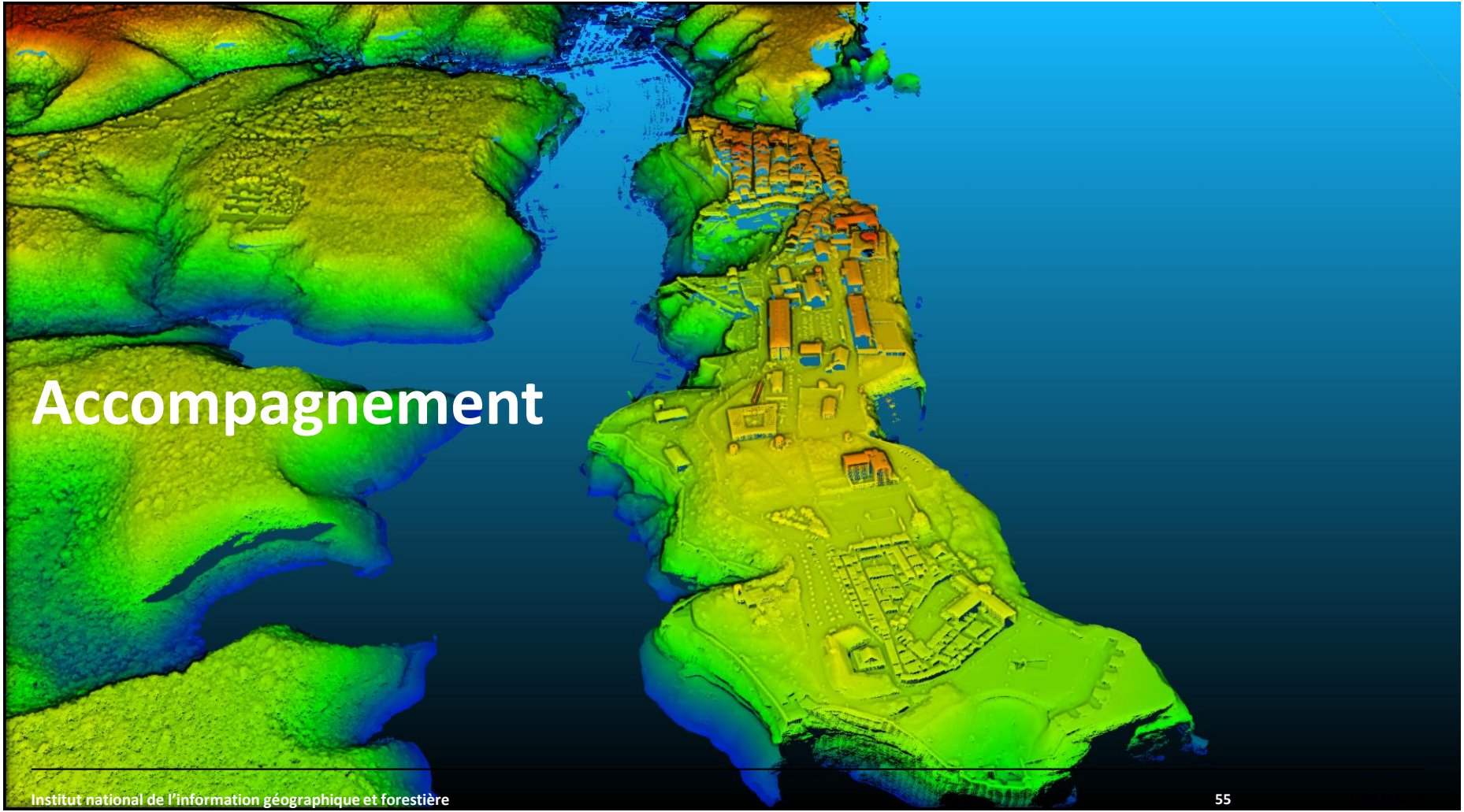
Autres API potentielles :

- API Itowns
- API Espace Collaboratif
- API Ma Carte
- API IGN Rando

La mise à jour

Intégration de Lidar exogènes

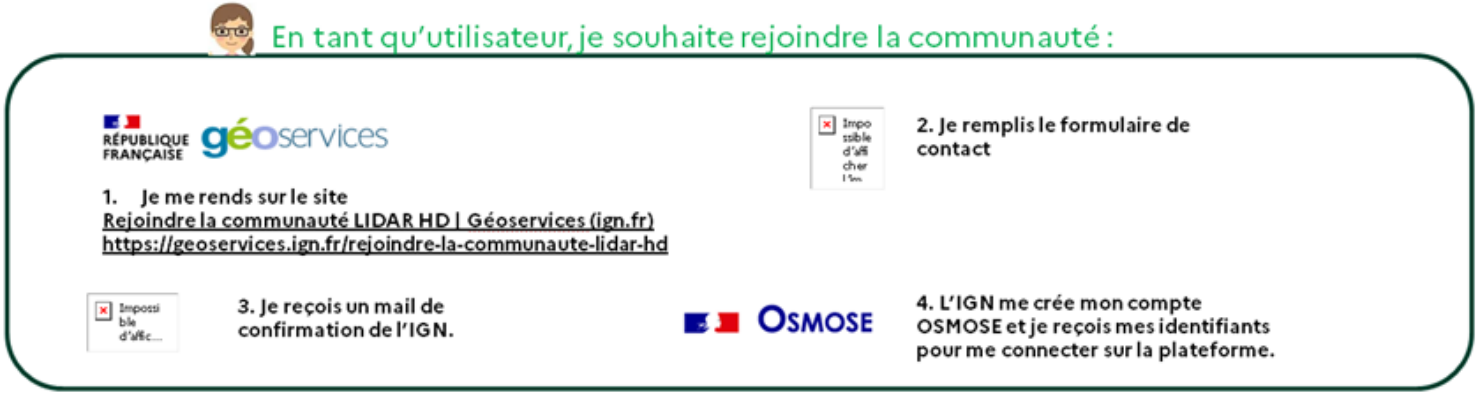




Accompagnement

Quel dispositif pour accompagner les utilisateurs ?

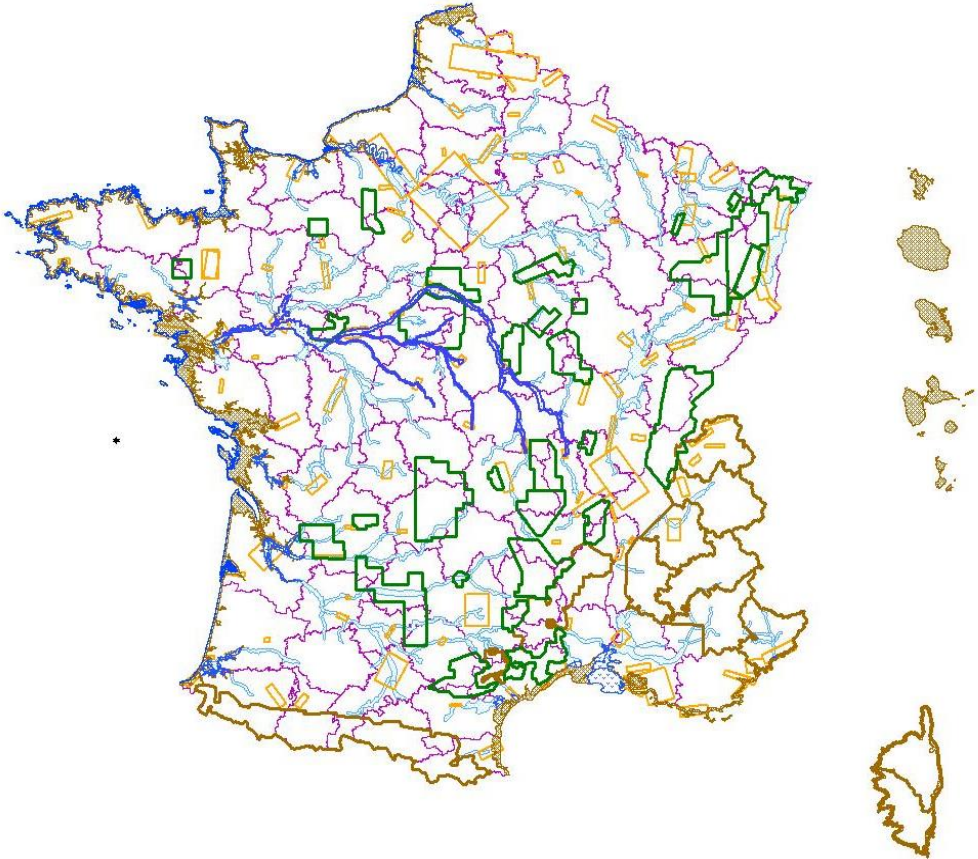
- Des webinaires
- Des ressources sur le site **geoservices** https://geoservices.ign.fr/lidarhd
- **Des journées utilisateurs en région**, en lien avec **les plateformes régionales** d'information géographique les différentes acteurs, pour échanger, s'informer, …
- **Une communauté sur OSMOSE :**

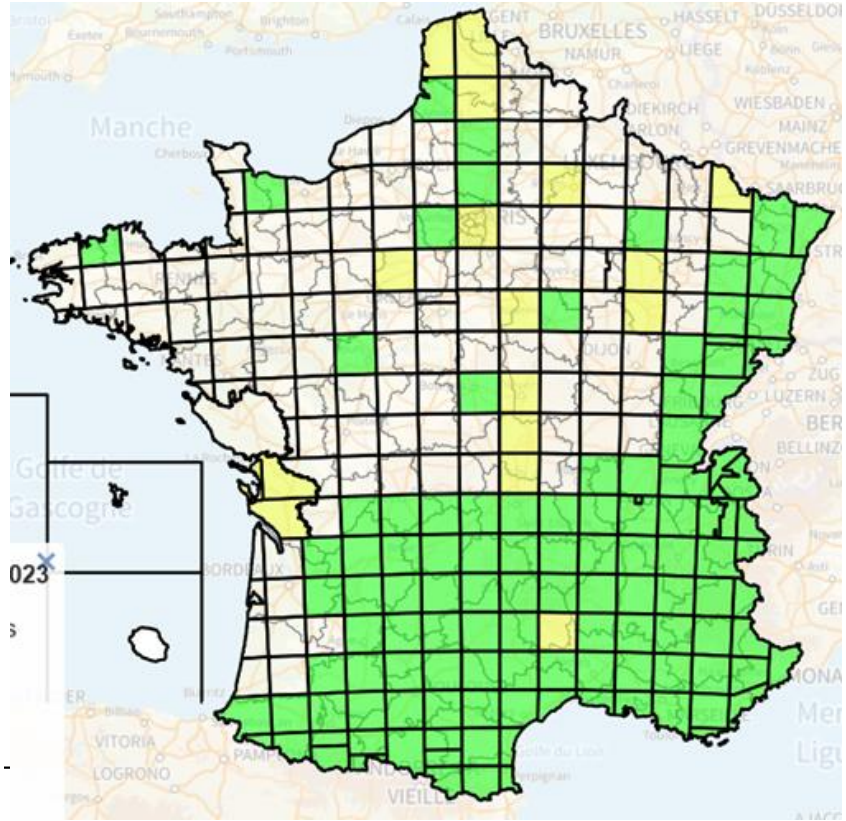


Vers un Lidar HD pour la Guyane…

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

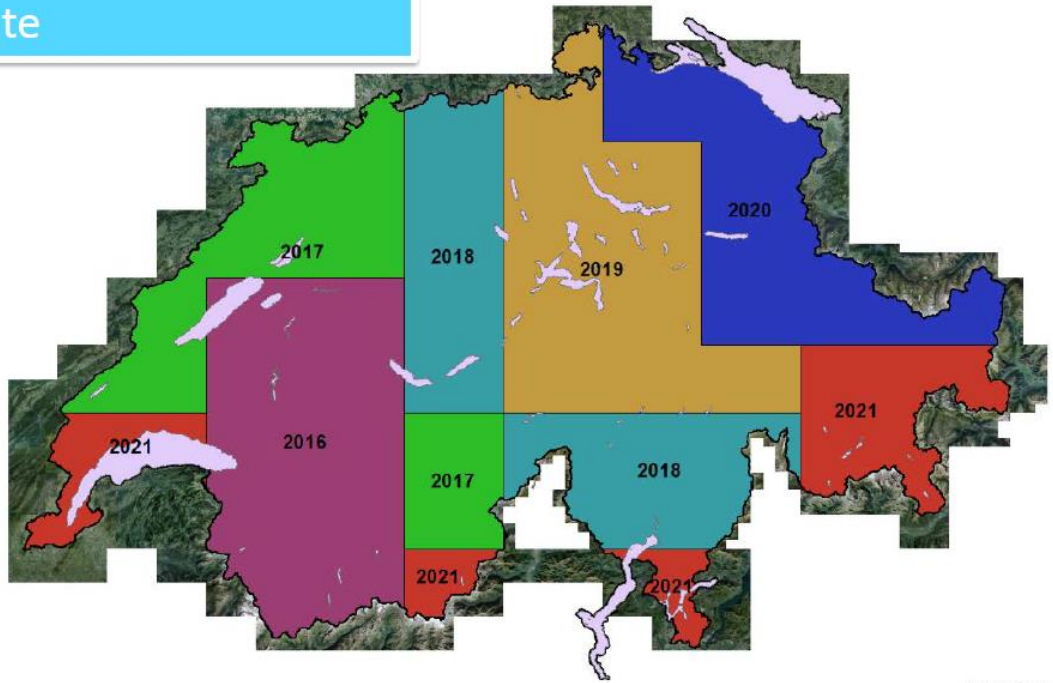
IGN CHANGER D'ÉCHELLE





Production of swissALTI^{3D} / Update

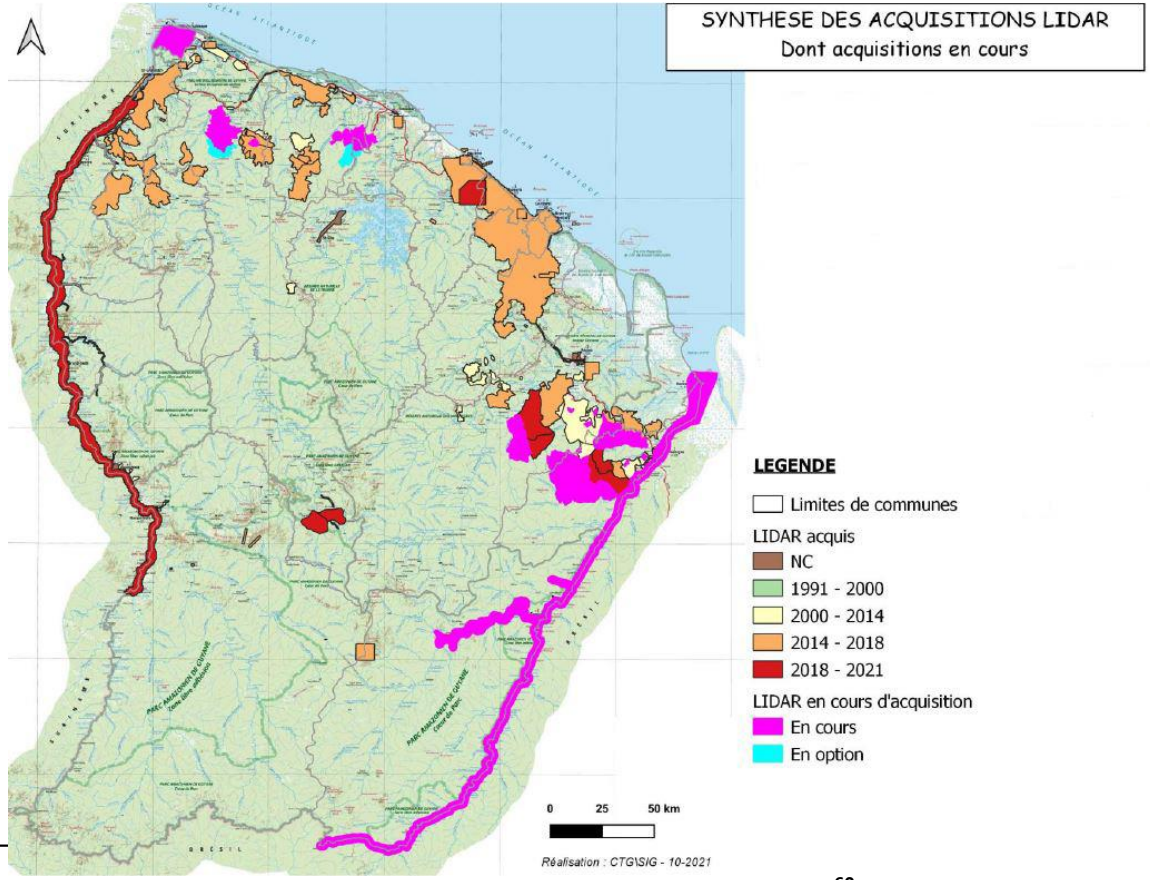
swisstopo flight blocks for DTM update



Bundesamt für Landestopografie Geodäsie

Vers une cartographie 3D (HD) de la Guyane ?

Pourquoi ?
Quoi ?
Comment ?
Avec qui ? Pour qui ?
Quand ?
Combien ?



Merci de votre attention !