



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Bâtiment 3D & jumeaux numériques urbains: l'approche Canadienne

Frédéric Leroux, Yves Moisan, Luca Romanini, Guillaume Légaré-Couture

Canada 



Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre

CCCOT, en quelques points clés:




- Plus de 100 ans de cartographie nationale
- 3 stations-relais pour satellites
- La plus grande archive Canadienne de données d'observation de la Terre
- 6 millions de photos aériennes historiques 1928-2012
- Abonnement à des services d'imagerie haute-résolution et haute fréquence accessible au Gouvernement du Canada
- Infrastructure de calcul de haute performance (CHP)
- Engagement au Gouvernement ouvert
- La contribution dévouée de notre personnel: **150 scientifiques et experts en observation de la Terre, photogrammétrie, ingénierie, science des données et IA**



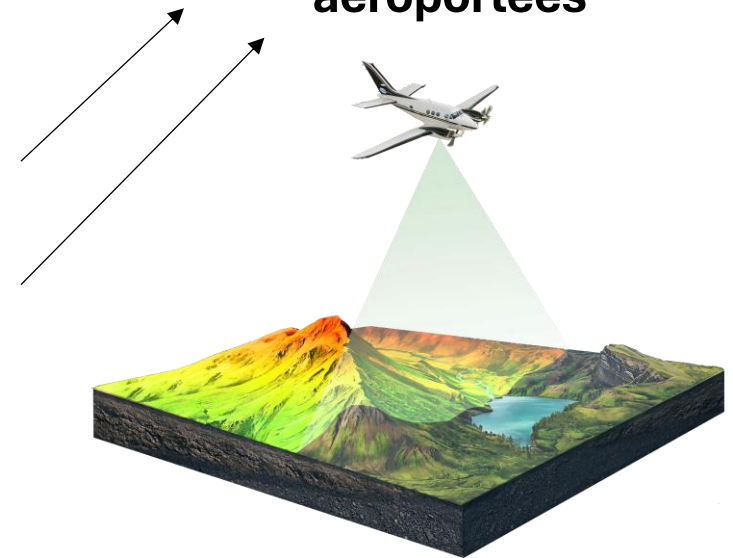


Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre

Principaux secteurs d'activité actuel du CCCOT

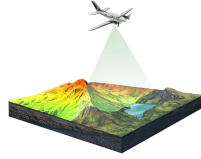
- **Identification et de cartographie des aléas d'inondation** 
 - Cartographie de la vulnérabilité aux inondations
 - Identification des facteurs d'inondation
- **Production de couches géospatiales fondamentales** 
 - Cartographie à haute résolution de la topographie, des bâtiments, des routes, des zones forestières et des arbres individuels
 - Extraction automatique à haute résolution des plans d'eau et intégration avec le réseau hydrographique
 - Support aux mises à jour cartographiques à la demande via la cartographie de photos historiques et la détection des changements à l'occupation du sol
- **Services géomatiques d'urgence** 
 - Cartographie automatique de l'étendue et de la profondeur des inondations
 - Produits géospatiaux destinés à faciliter les interventions d'urgence ainsi que la détection des dommages après une catastrophe

Acquisition de données lidar aéroportées





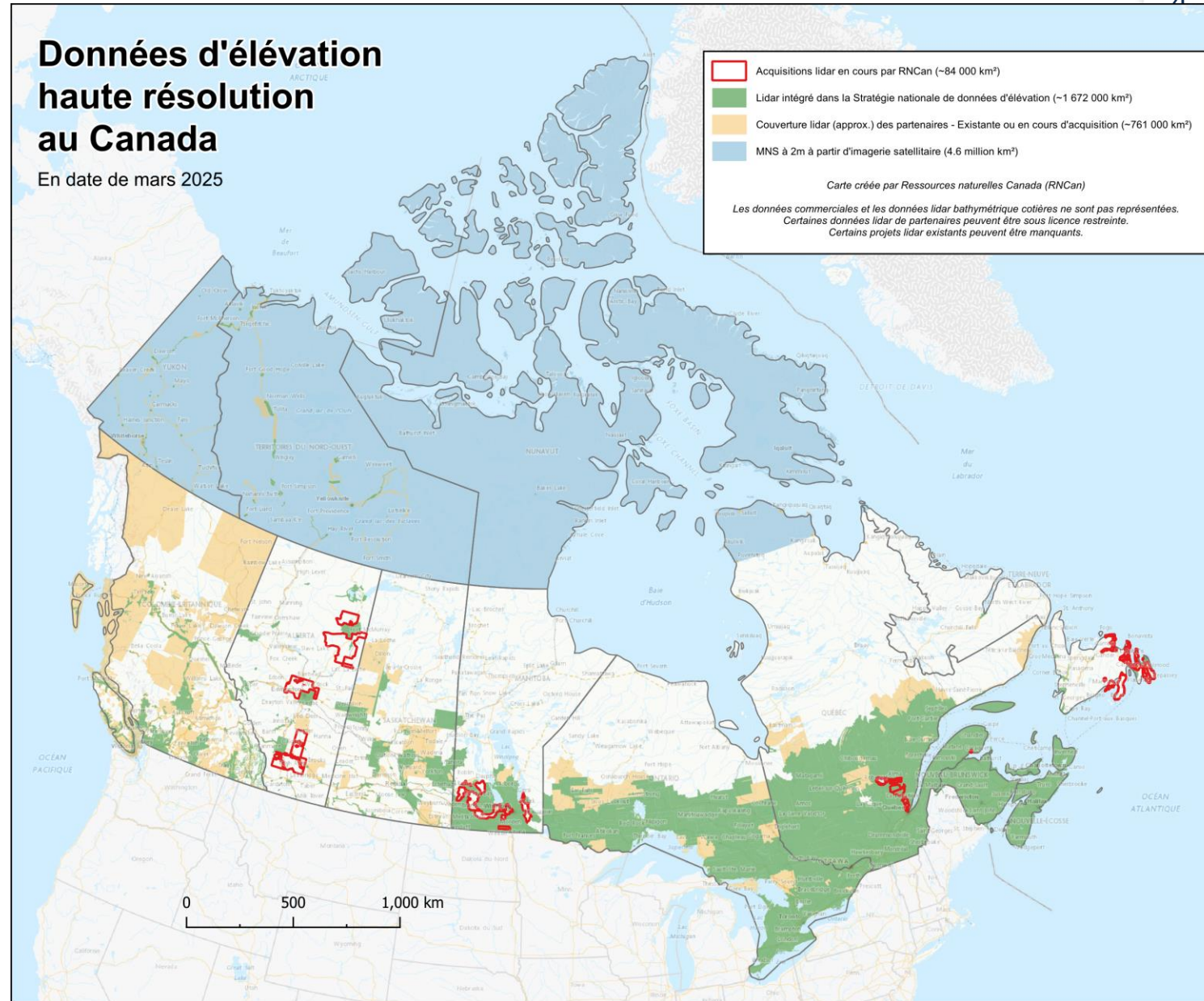
Stratégie nationale de données d'élévation



- 1 672 000 km² de données lidar aéroporté ont été intégrées, couvrant 99 des 100 plus grandes villes du Canada
- 4,6 millions km² de données d'élévation sont dérivées de l'imagerie satellitaire. Ces données proviennent du [projet ArcticDEM](#)
- Plus de 12,9 millions [d'empreintes de bâtiments](#) ont été extraites automatiquement à partir de données lidar.
- Plus de 242 000 km² de données lidar ont été intégrées au produit [Nuages de points lidar](#).

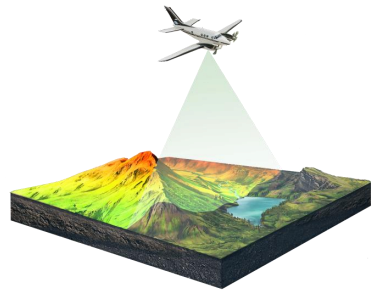
Données d'élévation haute résolution au Canada

En date de mars 2025



Comment peut-on extraire toute la valeur de nos données lidar?

Acquisition de données
LiDAR aéroportées



Équipes de production

HPC
CHP



Validation et traitement

Équipes en innovation

Classification des nuages de points LiDAR par IA



Imagerie satellite à haute résolution



Détection de changement



Îlots de chaleur urbain



Simulations d'inondations



Potentiel photovoltaïque sur les toits

Prototype de science appliquée

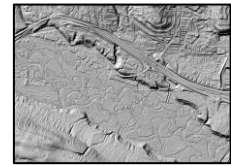
Standardisation



Produits dérivés du LiDAR



Empreintes de bâtiment



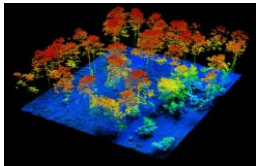
Produits MNT



Hydrographie



Cartes d'inondation



Nuages de points

Donnée brute

Valeur ajoutée

Information spectrale



Urban digital twin project



Ressources naturelles Canada

Natural Resources Canada

Canada

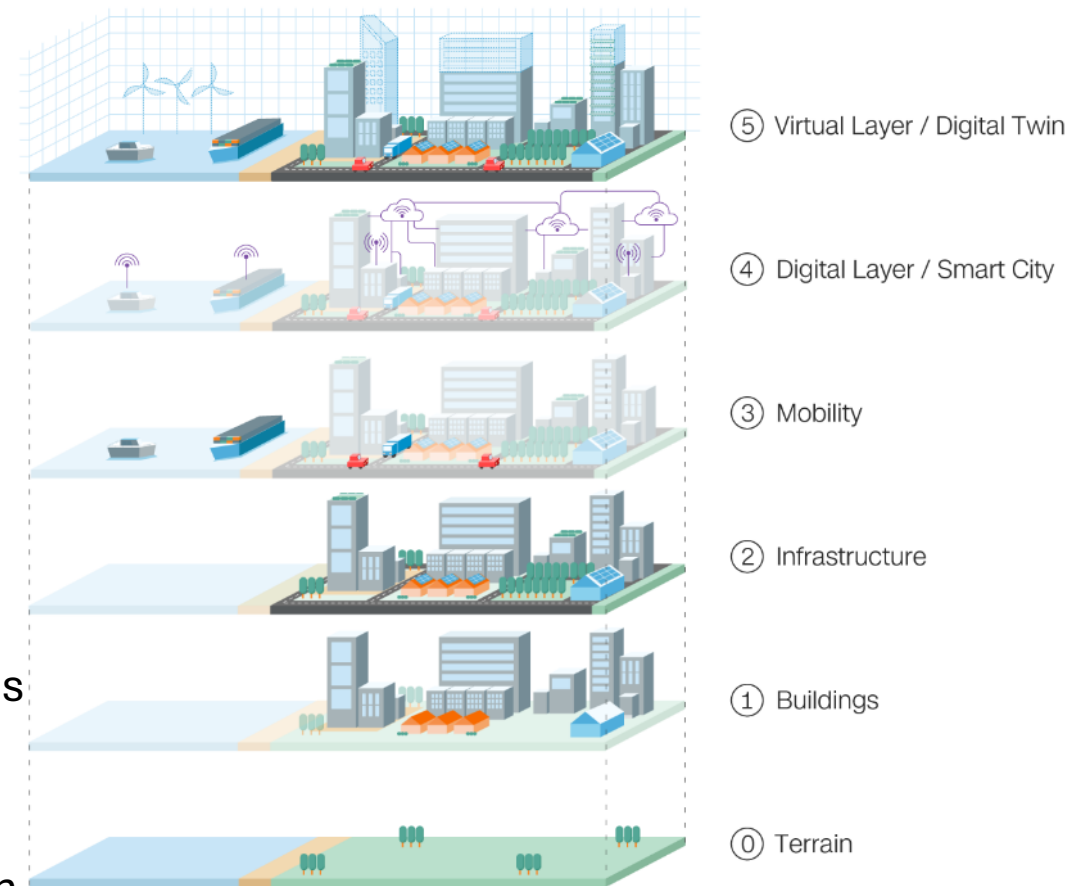
Projet de jumeau numérique urbain national

Jumeau numérique urbain (JNU): réplique virtuelle d'une ville.

- Il intègre de multiples couches telles que le terrain, les bâtiments, les infrastructures, les transports, etc.
- Il est visualisable et interrogeable dans une interface de visualisation 3D afin d'offrir un accès immersif au modèle physique
- Il possède une composante **connectée**/intelligente, où les changements dans le monde réel sont reflétés dans la réplique

Objectifs

- Évaluer comment nos données actuelles peuvent être exploitées pour soutenir les initiatives de l'UDT (formats, standards, etc.).
- Développer de nouvelles collaborations
- Créer un prototype de JNU présentant différents cas d'utilisation



Source: G. White et al. (2021)

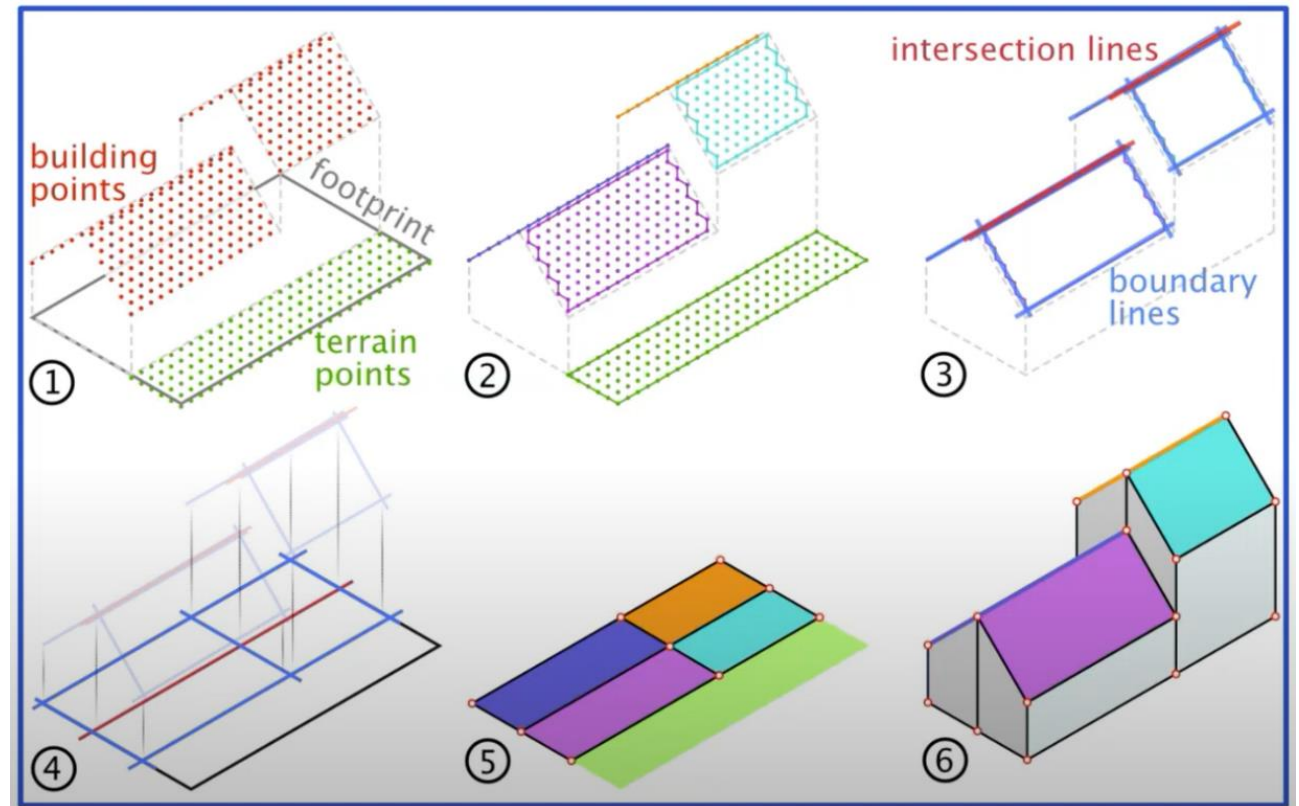


Workflow actuel – Reconstruction 3D de bâtiments

Geoflow est une application open-source permettant de reconstruire des bâtiments 3D à partir de **nuages de points** et **d'empreintes de bâtiments en 2D**. Elle avait été développée par le groupe 3D Geoinformation de la TU Delft.

L'application a été utilisée par le gouvernement néerlandais pour générer 10 millions de bâtiments 3D dans le cadre du projet 3D BAG.

Geoflow sera bientôt succédé par **roofer**



Fonctionnement de l'algorithme Source: Sticking Geonov, 2024



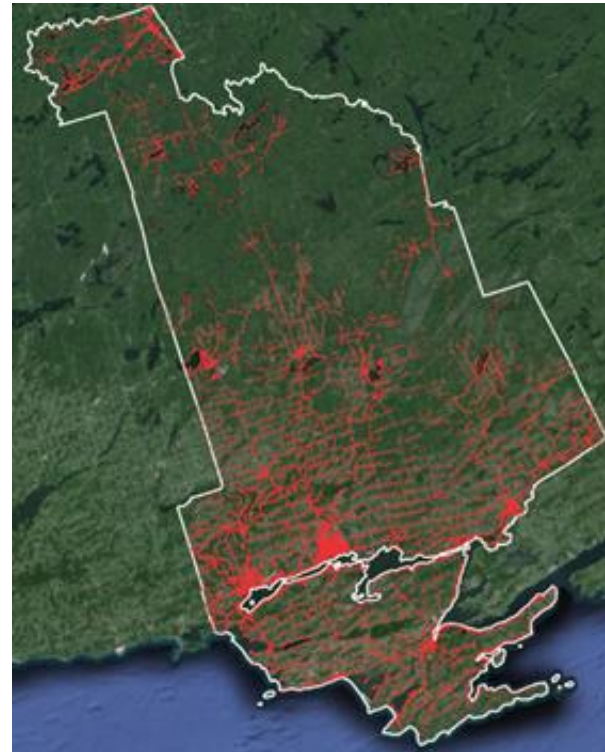
Workflow actuel – Reconstruction 3D de bâtiments

BAT3 est un workflow conçu pour la reconstruction 3D de bâtiments à grande échelle, utilisant **Geoflow**. Il a été développé par l'IGN pour être utilisé sur leurs propres jeux de données.

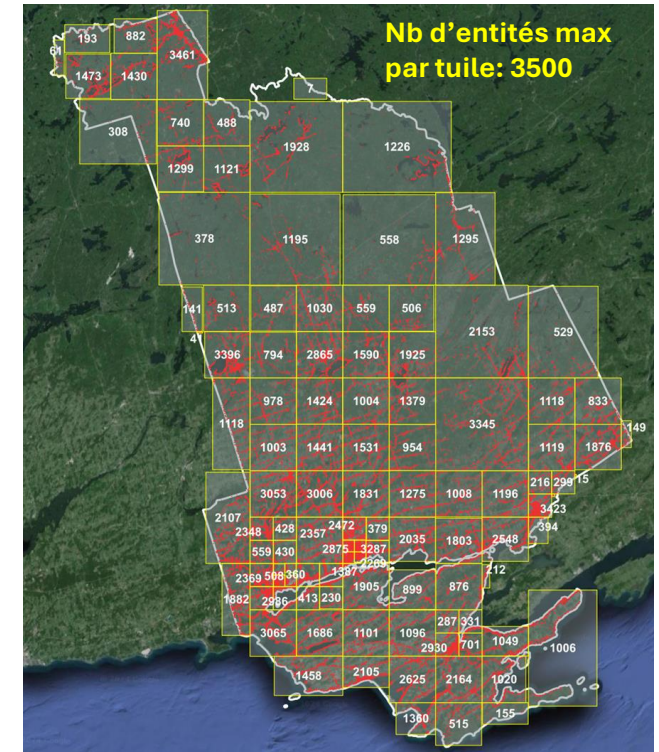
- Se sert d'un **quadtree** pour découper les empreintes de bâtiments et le LiDAR.

Workflow en 3 étapes:

1. Préparer le quadtree et les tuiles vectorielles
2. Préparer les tuiles LiDAR
3. Reconstruction 3D à l'aide de Geoflow, avec des tâches exécutées en parallèle via GNU



Empreintes de bâtiments



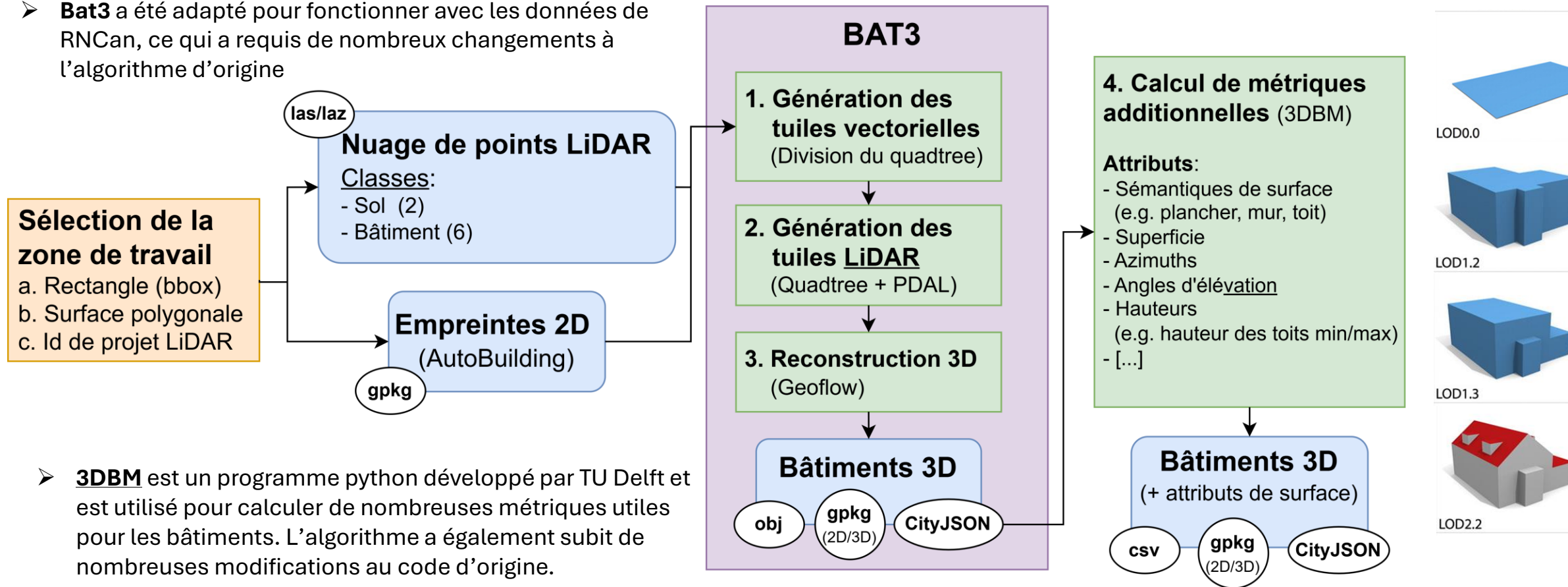
Processus de découpage quadtree



Workflow actuel – Reconstruction 3D de bâtiments

Le workflow actuel est **entièrement automatique**

- **Bat3** a été adapté pour fonctionner avec les données de RNCan, ce qui a requis de nombreux changements à l'algorithme d'origine



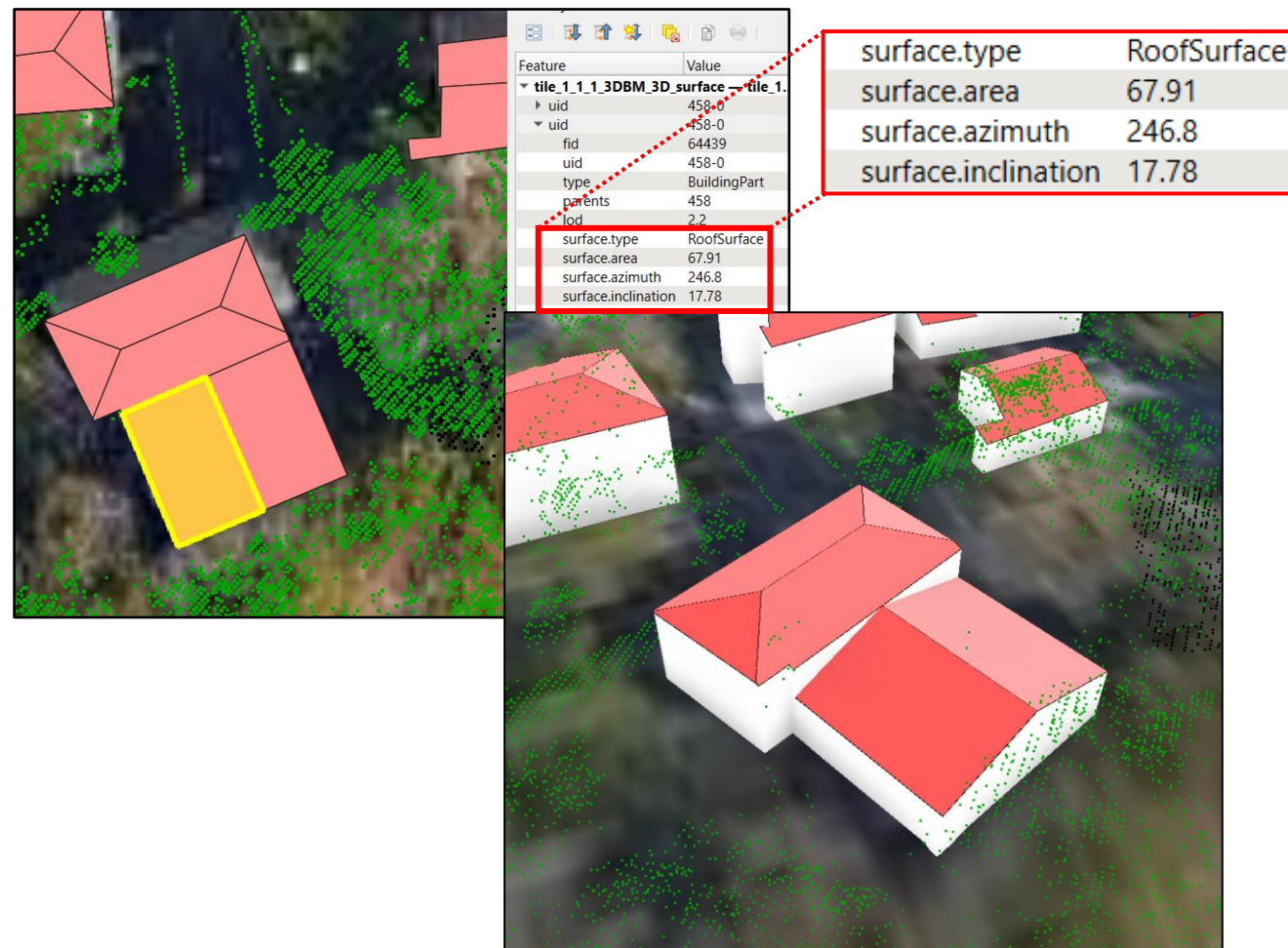
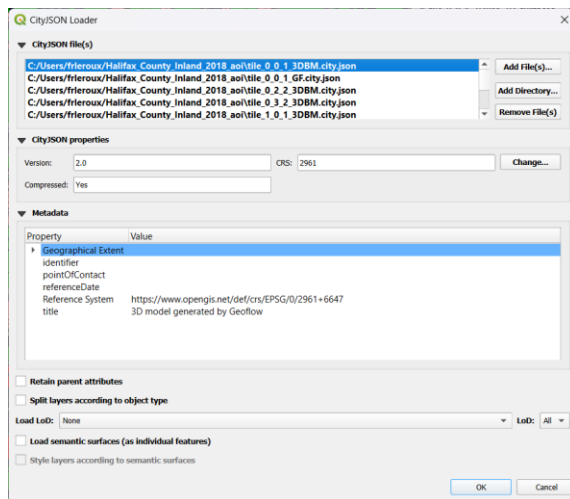
- **3DBM** est un programme python développé par TU Delft et est utilisé pour calculer de nombreuses métriques utiles pour les bâtiments. L'algorithme a également subi de nombreuses modifications au code d'origine.



Gestion des bâtiments 3D dans QGIS

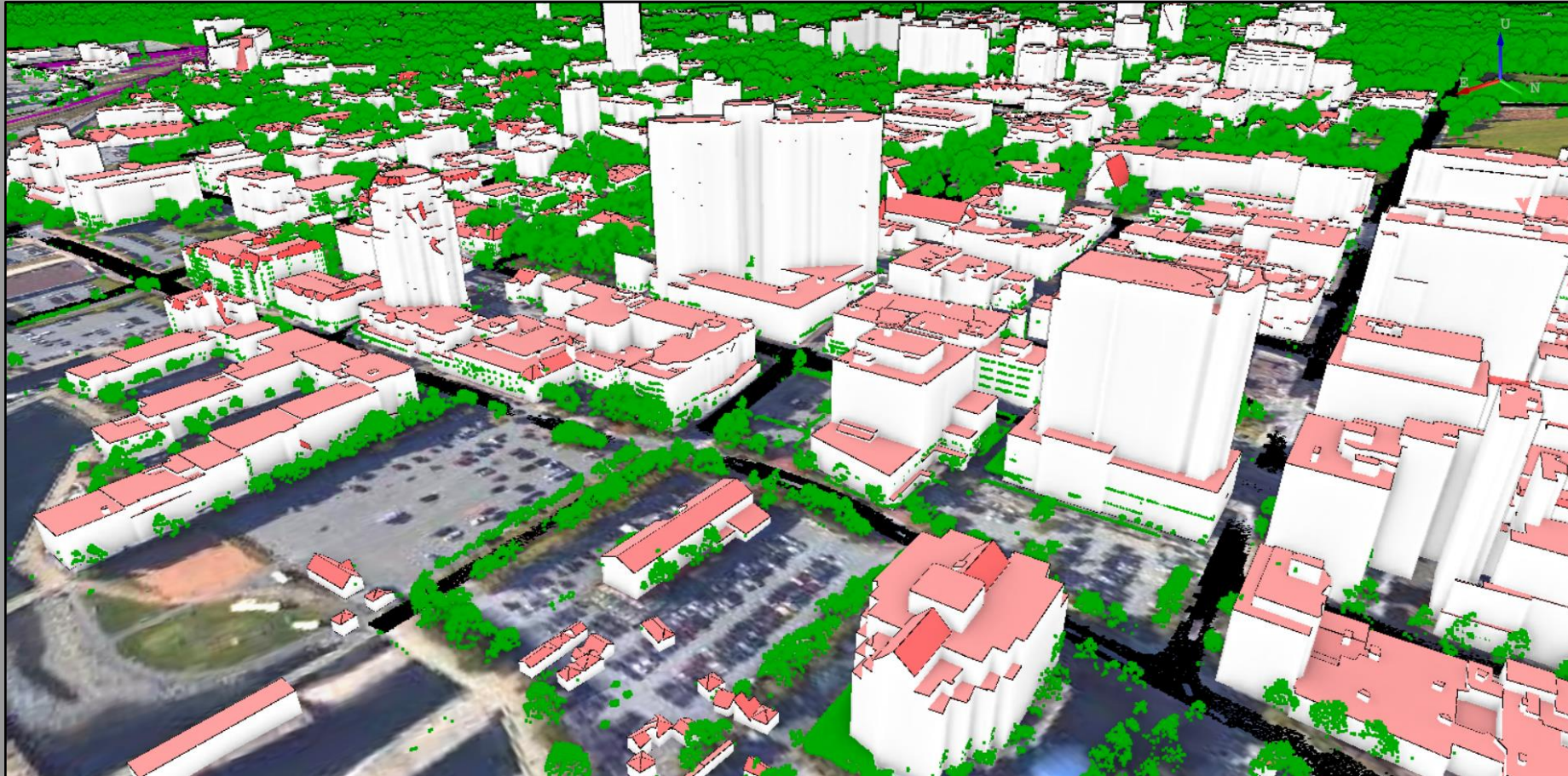
Plugin **CityJSON Loader** de QGIS:

- Façon simple et conviviale d'interagir avec les objets 3D au format CityJSON
- Possibilité d'importer les objets entier ou les **surfaces individuelles**
- Possibilité d'exporter les bâtiments 3D au format **GPKG**



Gestion des bâtiments 3D dans QGIS

Centre-ville d'Halifax, Nouvelle-Écosse



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Bénéfices additionnels de Geoflow

Les nouvelles empreintes de bâtiment améliorent nos empreintes de bâtiment 2D initiales

- Citadelle d'Halifax



Google Satellite

Nuage de points LiDAR

Empreinte 2D initiale



Bénéfices additionnels de Geoflow

Les nouvelles empreintes de bâtiment améliorent nos empreintes de bâtiment 2D initiales

- Citadelle d'Halifax



Google Satellite

Bâtiment 3D

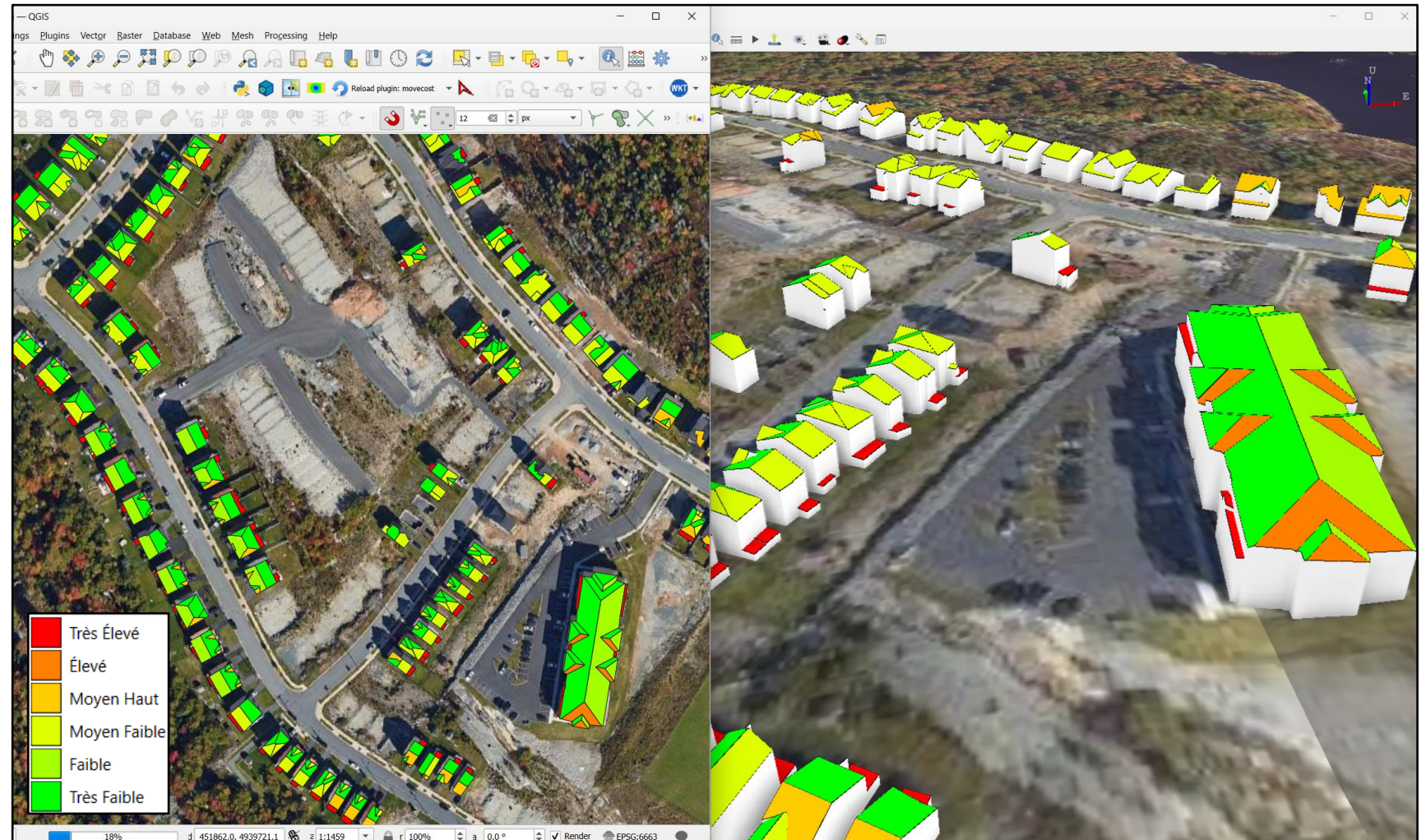
Empreinte 2D Finale



Application #1 – Potentiel solaire

Estimation du **potentiel solaire** sur les toits de bâtiments, en fonction de la direction d'inclinaison des surfaces

Dans cet exemple, les toits présentant les potentiels solaires les plus élevés sont ceux orientés vers le sud ou les toits plats



Application #2 – Catastrophes naturelles

Quantifier et visualiser l'impact de désastres naturels – Cas de la ville de Jasper, Alberta



Avant le feu



Après le feu



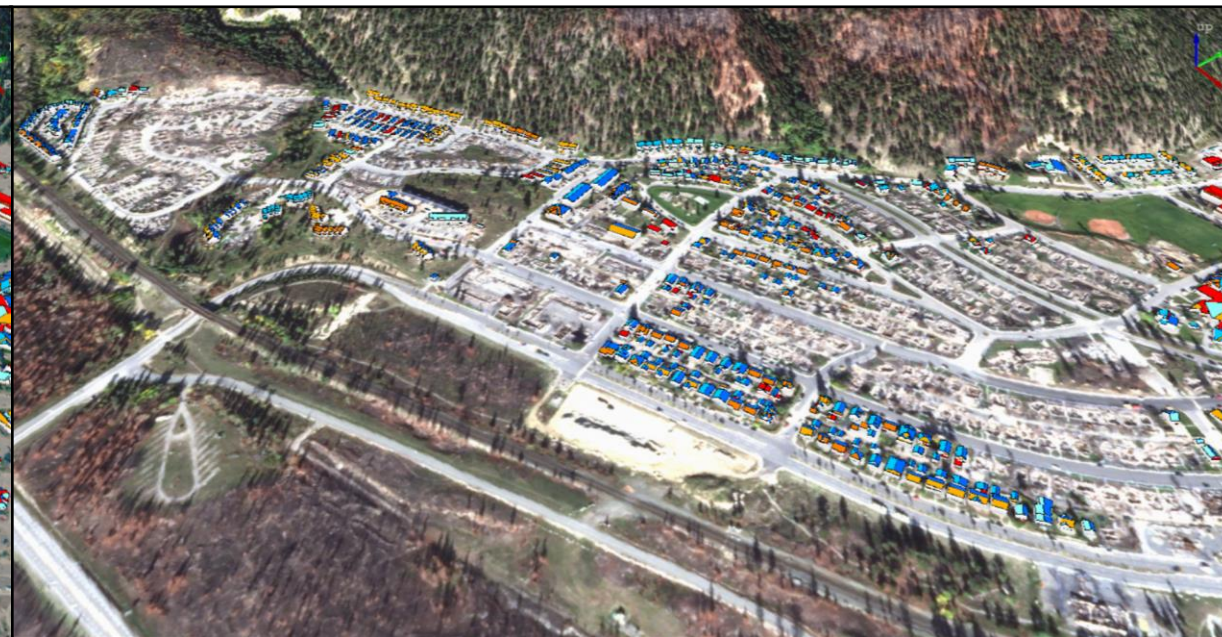
Application #2 – Catastrophes naturelles

Quantifier et visualiser l'impact de désastres naturels – Cas de la ville de Jasper, Alberta

- Environ 450 bâtiments ont été détruits par le feu de forêt



Avant le feu



Après le feu



Conclusion

Limites des solutions actuelles

- Surfaces coplanaires des murs ne sont pas fusionnées après avoir été générées, ce qui entraîne un nombre excessif de surfaces de murs.
- Le visualisateur 3D de QGIS permet l'intégration de plusieurs types de données différentes, mais atteint rapidement ses limites

Prochaines étapes

- Reconstruction 3D d'arbres individuels
- Tester le successeur de Geoflow, nommé **Roofers**, est en développement actif et a été conçu avec un aspect production en tête.
- Tester des plateformes de visualisation 3D: Cesium, Piero/Giro, Omniverse, etc.
- Collaborations potentielles avec d'autres organisations



Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre des Ressources naturelles, 2025



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada