

Projet ORACLE 2 - Développement de méthodes, de données et d'outils géomatiques pour la production d'un portrait du risque lié aux inondations et l'anticipation de ces dernières

Thierry Badard

Centre de Recherche en Données et Intelligence
Géospatiales (CRDIG), Centre de Recherche en Données
Massives (CRDM) et Institut Intelligence et Données (IID), Université Laval

Jonathan Hume

Ministère de la Sécurité publique du Québec

Mise en contexte

- Démarrage du projet en **mars 2019** :
 - Répond à l'**objectif 2.5** de la *Politique québécoise de sécurité civile 2014-2024* (PQSC),
 - vise à « développer l'expertise et les méthodes d'appréciation des risques »;
 - Financé par les **mesures 5 et 10** du *Plan d'action en matière de sécurité civile relatif aux inondations*, lancé en 2018 :
 - visent à améliorer la caractérisation des risques liés aux inondations pour mieux soutenir les initiatives locales en matière de gestion de risques liés à ces événements,
 - ces mesures sont terminées depuis le **1^{er} avril 2022**;
- Ce projet s'est terminé contractuellement en **mars 2022**;
- Investissement du MSP : **1 495 000 \$**.

Mise en contexte

- Une deuxième phase (ORACLE-2, phase 2) a démarré en **avril 2022** et se terminera en **mars 2025** :
 - Financé par le **Cadre pour la prévention de sinistres (CPS)**,
 - Investissement du MSP : **1 215 000 \$**;
- Cette deuxième phase vise à :
 - poursuivre et approfondir le développement des méthodes et outils mis en place dans la première phase du projet,
 - mettre davantage à profit les technologies d'intelligence artificielle (IA) pour la production d'informations soutenant la prise de décisions en matière de gestion des risques liés aux inondations;
- Collaboration avec le **projet BÂTIR** du **ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie (MERN)**, démarré en **février 2022** :
 - Cette collaboration répond notamment à la **mesure 15** du **Plan de protection du territoire face aux inondations (PPTFI)** visant à documenter la vulnérabilité du cadre bâti.

Objectifs du projet

- Par l'utilisation des plus récentes technologies géospatiales et le développement de nouvelles méthodes innovantes :
 - Supporter la production d'un portrait du risque lié aux inondations et sa mise à jour,
 - Mieux soutenir la prise de décisions dans tous les aspects de gestion du risque d'inondation;
- Pour cela, il faudra entre autres :
 - concevoir une base de données sur les bâtiments en zone inondable (BD SAPIENS) pour le Québec méridional et aider à peupler cette base de données :
 - Inventaire des bâtiments sensibles aux aléas d'inondation,
 - Caractérisation structurelle et occupationnelle des bâtiments (3D);
 - élaborer de nouvelles méthodes et de nouveaux outils pour visualiser/interagir/communiquer avec ces données massives et dynamiques (spatiales et temporelles) :
 - 3D + temps.

Équipe de recherche et ressources

- Projet dirigé par Thierry Badard;
- 6 professeurs/chercheurs CRDIG qui participent;
- 4 professionnels de recherche et 12 étudiants :
 - 2 étudiants de 1^{er} cycle, 7 M. Sc., 3 Ph. D., 1 post-doc,
 - Formation de PHQ importante et très en demande sur le marché,
 - 3 autres professionnels de recherche devraient compléter l'équipe;
- Utilisation des données gouvernementales et libres :
 - Imagerie haute résolution et LiDAR (aéroportés, terrestres et par drone), bases de données diverses, etc.,
 - Acquisition de données lorsque nécessaire;
- Utilisation de l'infrastructure Big data UL (Valéria)
 - Stockage et traitement de ces données massives,
 - Utilisation exclusivement de technologies à code source libre (*open source*),
 - GPU pour les méthodes développées et basées sur apprentissage machine (IA).

Considérations

- Projet exploratoire :
 - Plusieurs techniques/technologies possibles,
 - Plusieurs sources de données possibles,
 - Multiples combinaisons et place à l'élaboration de méthodes innovantes,
 - Exploiter le plein potentiel de ces données, technologies et méthodes au service de la problématique inondation;
- Mais avec l'idée de toujours être capable de mesurer/trouver un équilibre entre le gain (précision, exhaustivité, etc.) vs le coût/la complexité :
 - À la constitution initiale,
 - Mais aussi à la mise à jour de ce portrait!
 - Et importance de qualifier l'incertitude dans la mesure!
 - Quid de la valeur « juridique » de ces données?

Caractérisation structurelle et occupationnelle des bâtiments

- Constitution d'une base de données 3D des bâtiments sur le Québec méridional :
 - De bien meilleure qualité et complétude que l'existant :
 - Sans les problèmes de licences (données MS par exemple);
 - Élaboration de méthodes **multirésolutions** et **multisources** (imagerie, LiDAR, etc.) basées sur l'IA et les données massives pour l'extraction :
 - des empreintes de bâtiments,
 - la forme des toits,
 - la hauteur des premiers planchers (impact important sur dommages) :
 - Présence vs absence de sous-sol,
 - la hauteur des ouvertures les plus basses des bâtiments (portes, fenêtres, garage, etc.);
 - Élaboration de méthodes innovantes pour peupler différents attributs pertinents à partir de sources hétérogènes, notamment :
 - l'adresse, le nombre de ménages et de logements, l'année de construction, l'usage, la valeur du bâtiment, le nombre d'étages, etc.

Extraction de l'empreinte des bâtiments

- Moralité : C'est un long chemin semé d'embûches!
- Néanmoins, le projet ORACLE-2 a conçu et mis en place avec succès un pipeline de traitement des données :
 - Remplacer les données Microsoft et avoir de « vraies données bleues » de bien meilleure qualité (complétude, exactitude, précision, unicité)!
 - 7 bassins versants (BV) produits et livrés (~500 K bâtiments) sur les 21 identifiés dans le projet INFO-Crue du MELCC :
 - 14 autres bassins envoyés au MERN pour assurance qualité (projet BÂTIR),
 - MSP et MERN fournissent actuellement les données pour 32 autres BV (identifiés par le MELCC);
 - Le tout intégré en continu dans l'ensemble SAPIENS :
 - Gestion de versions et généalogie des données,
 - Intégration des données du cadastre, du rôle, du recensement, Adresses Québec, etc.;
 - Processus en amélioration continue :
 - Prévision de livrer plusieurs versions d'un même bassin versant,
 - Mais permet aussi d'inférer des pistes d'amélioration pour certaines données gouvernementales :
 - AQ, cadastre, rôle.

Extraction de l'empreinte des bâtiments – Exemples



Rouge : MS
Bleu : SAPIENS

Extraction de l'empreinte des bâtiments – Exemples



Rouge : MS
Bleu : SAPIENS

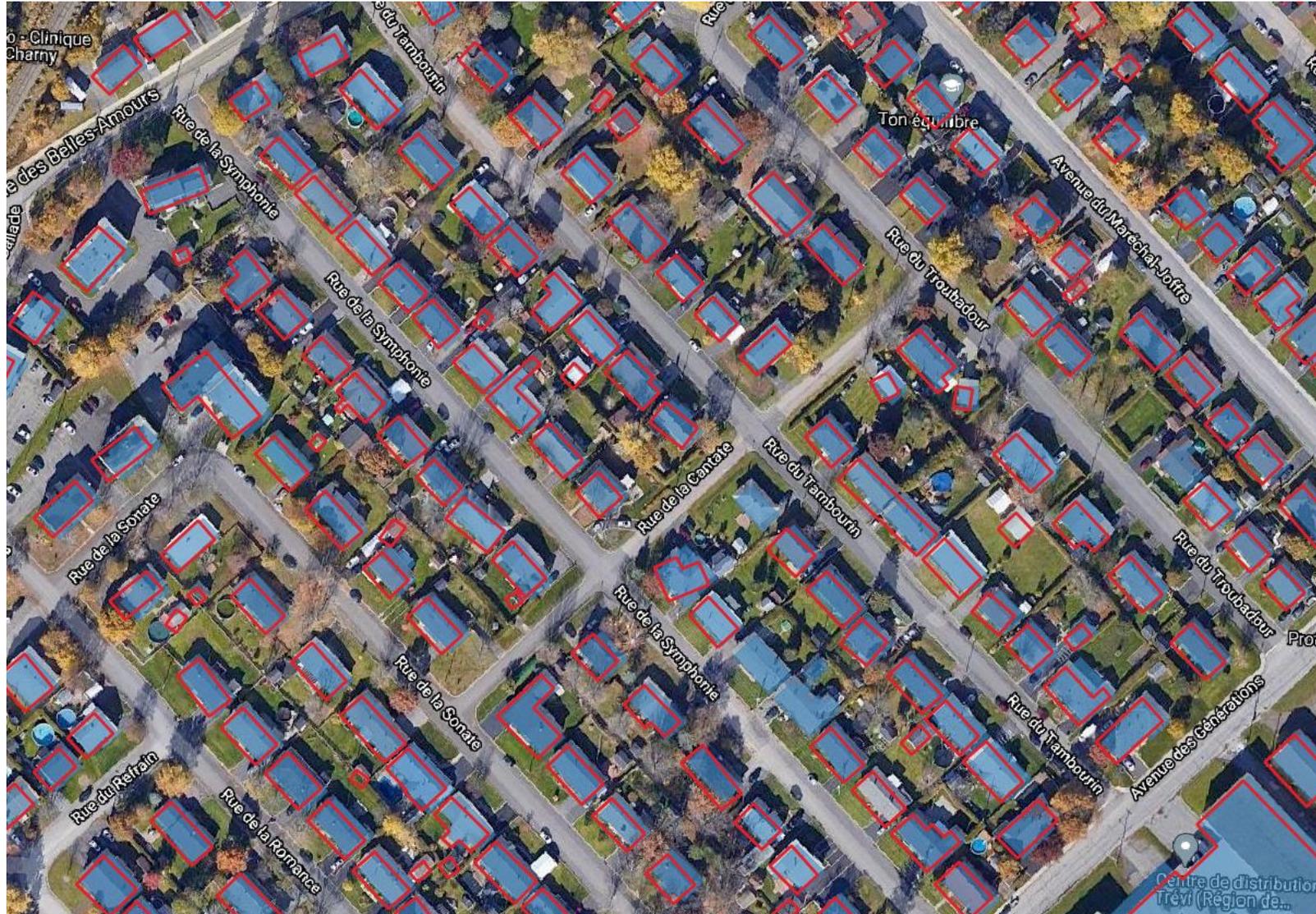
Extraction de l'empreinte des bâtiments – Exemples



Rouge : MS

Bleu : SAPIENS

Extraction de l'empreinte des bâtiments – Exemples

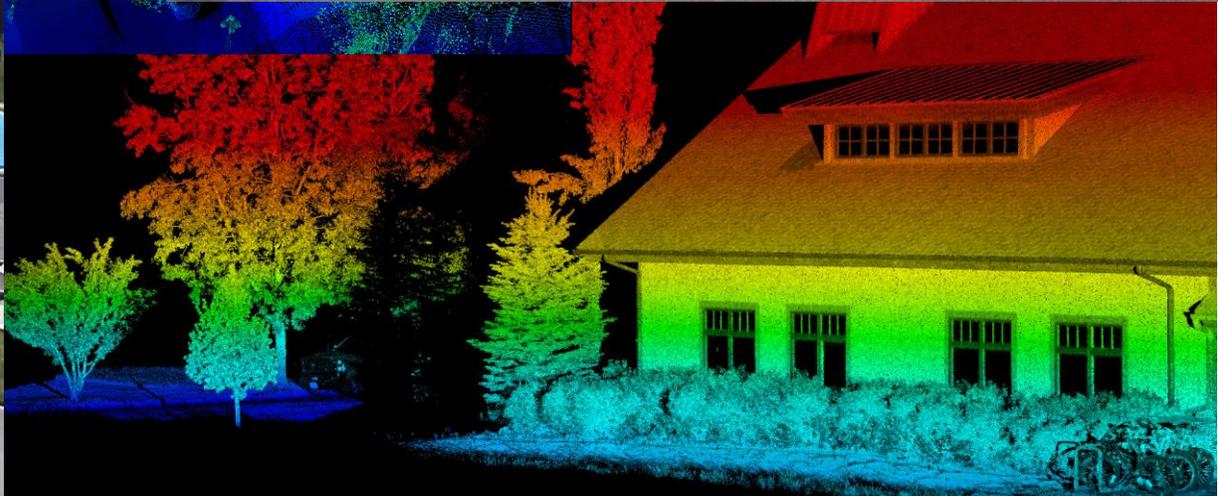
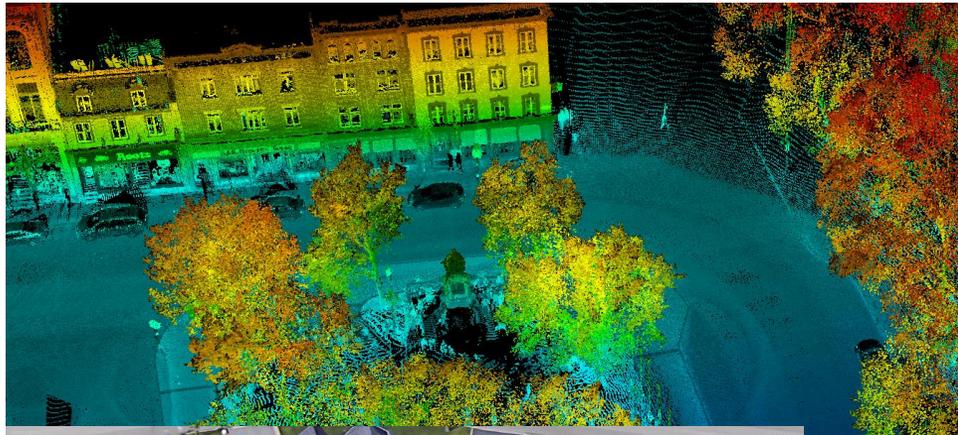


Rouge : MS
Bleu : SAPIENS

Effet bénéfique : amélioration notable d'Adresses Québec (AQ)

- AQ est déjà une bonne base de données d'adresses!
 - C'est la référence pour les adresses choisie dans le projet après étude d'autres données;
- Selon AQ :
 - 4,7 % des adresses sont positionnées dans un bâtiment,
 - 85,2 % des adresses sont géo-localisées approximativement (hors bâtiment),
 - 10,1 % des adresses sont situées de façon incertaine;
- En disposant des bâtiments avec le niveau de qualité atteint, on peut venir repositionner le point d'adresse au centroïde du bâtiment
 - Facile pour les bâtiments seuls sur leur lot (très grande majorité des cas),
 - Un peu plus délicat dans les autres cas, mais travail en cours pour élaborer des règles de gestion/affectation des adresses,
 - Disposer des ouvertures (portes) permettrait un positionnement encore plus précis requis pour les services d'urgence et les sociétés de livraison ;-),
 - Ça tombe bien, on cherche à les détecter/positionner dans le projet!
- En ne considérant que les bâtiments seuls dans leur lot, on multiplie déjà le nombre d'adresses positionnées dans leurs bâtiments par **15 environ**.

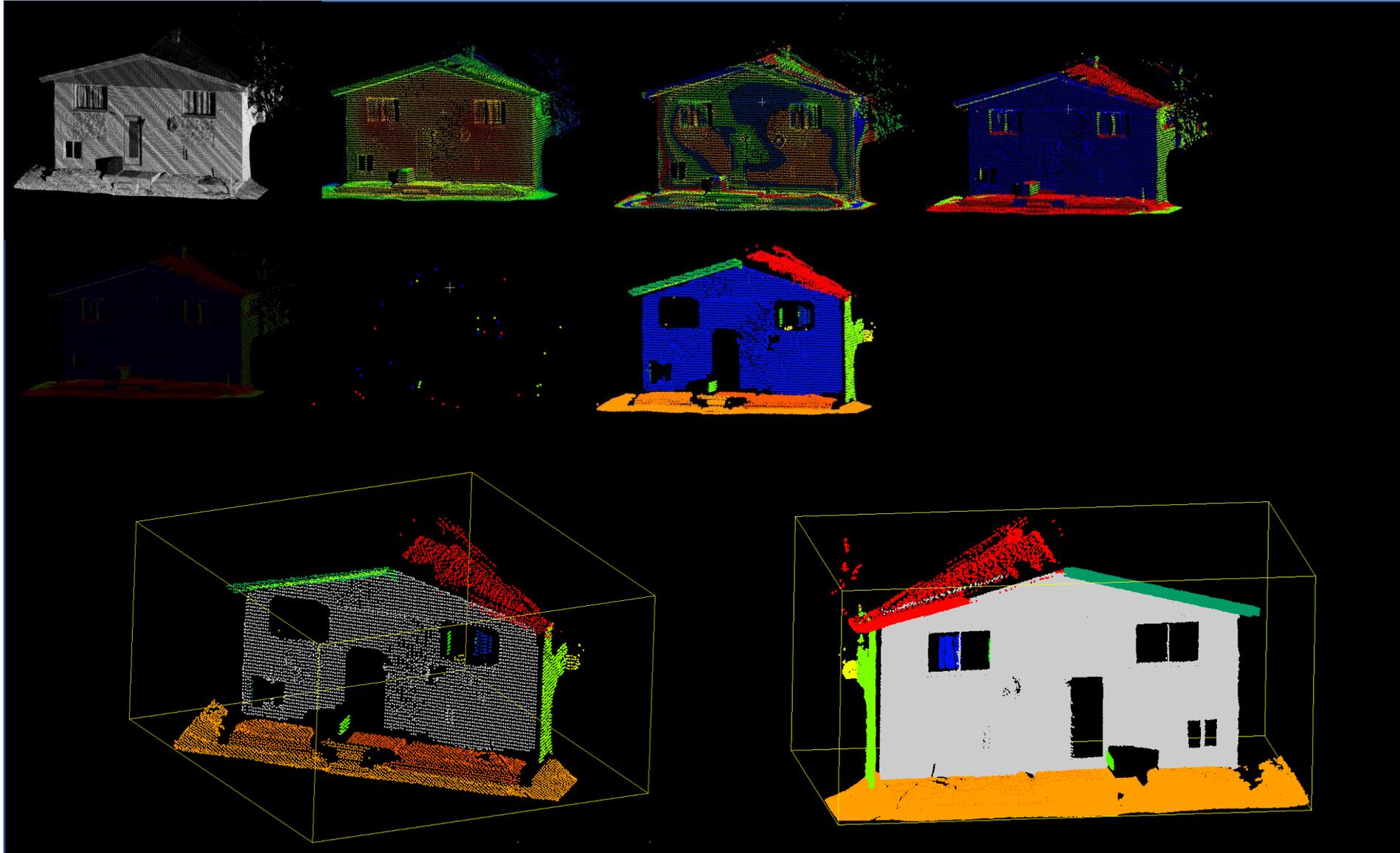
Détection hauteur de premier plancher et ouvertures basses



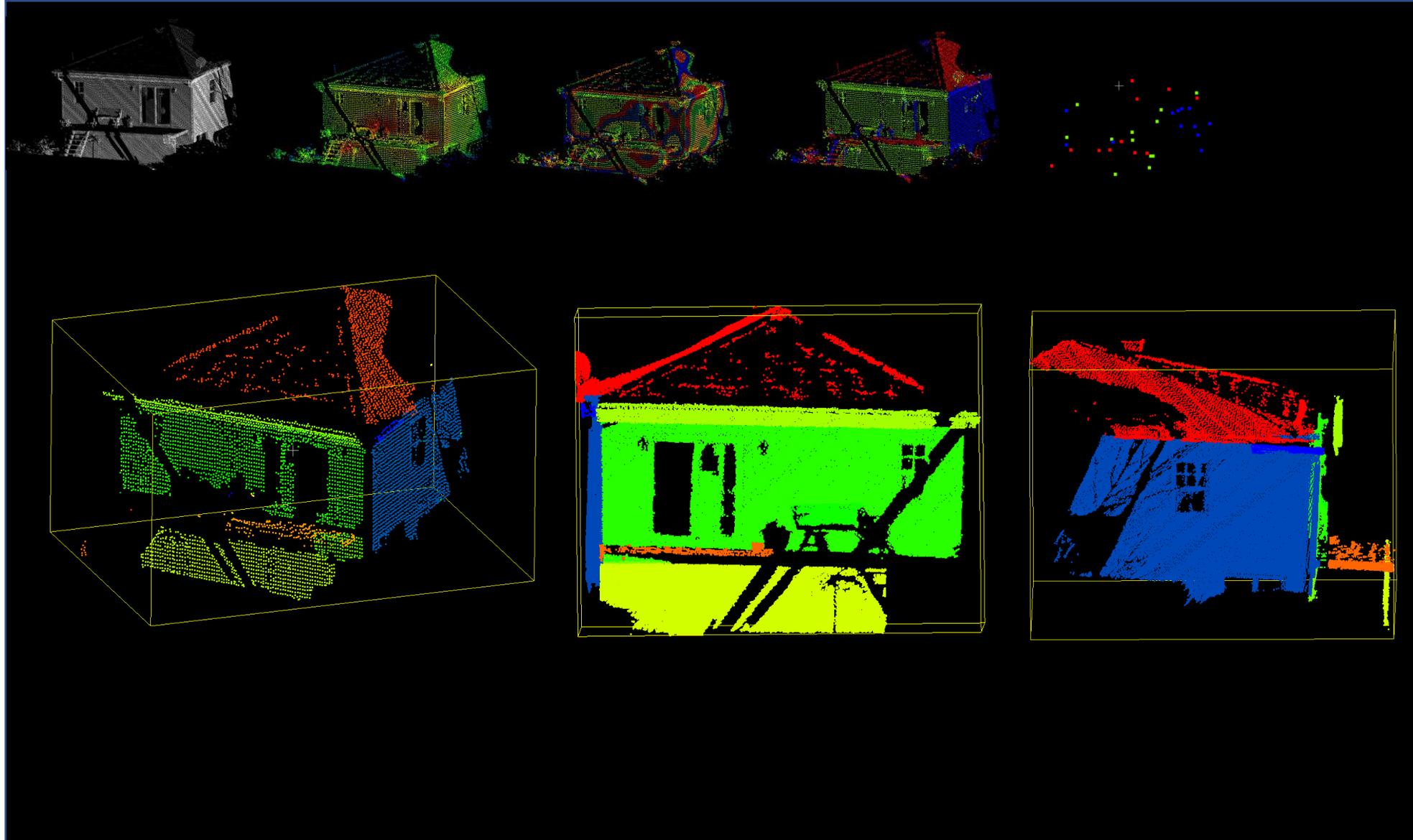
Détection hauteur de premier plancher et ouvertures basses

- Utilisation de plusieurs techniques/méthodes et sources de données variées et parfois combinées
 - Images de façade,
 - Imagerie oblique,
 - LiDAR terrestre et drone;
- Plusieurs défis, notamment avec la présence de végétation et autres obstructions;
- Soutien de différents partenaires pour la fourniture des données;
- Lien avec les modèles numériques de terrain (MNT) haute résolution pour meilleure estimation des hauteurs.
- Validation des résultats avec levés opérés par des arpenteurs-géomètres dans différentes villes
- Travail toujours en cours ...

Détection hauteur de premier plancher et ouvertures basses



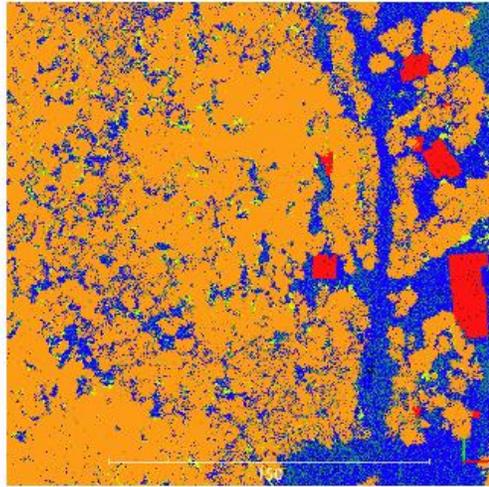
Détection hauteur de premier plancher et ouvertures basses



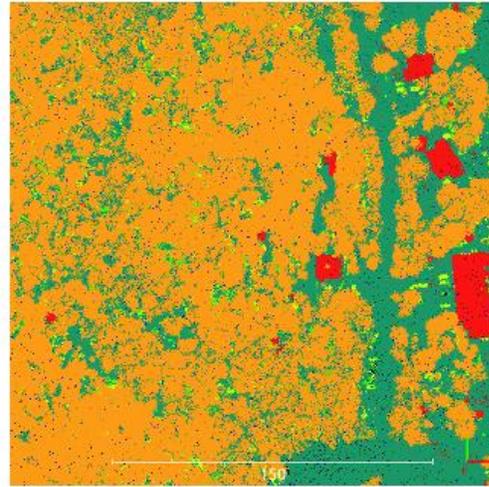
Extraction de la forme des toits

- À partir des données LiDAR gouvernementales;
- Adaptation de l'algorithme d'équerrification des bâtiments pour fonctionner avec les nuages de points;
- Développement d'une chaîne de classification automatique des nuages de points non classés
 - Pour maximiser l'usage des données disponibles,
 - Déjà de bons résultats, mais développement en cours d'une méthode basée sur les réseaux de neurones (IA) qui améliore encore les résultats;
- Conception d'une chaîne automatisée de traitement pour retrouver les pentes de toits et reconstruire la géométrie vecteur de ceux-ci
 - Premices pour une reconstruction du bâtiment en 3D selon LOD 2.

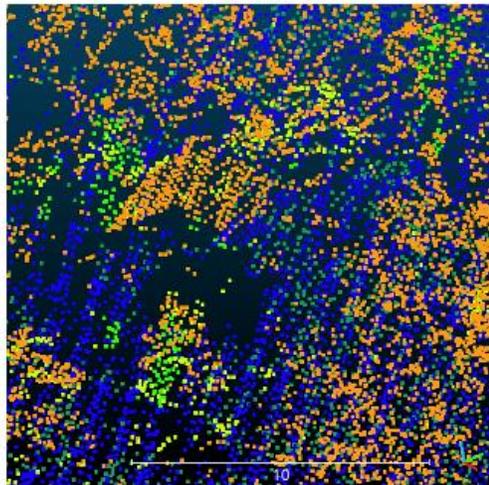
Classification automatique des nuages de points LiDAR



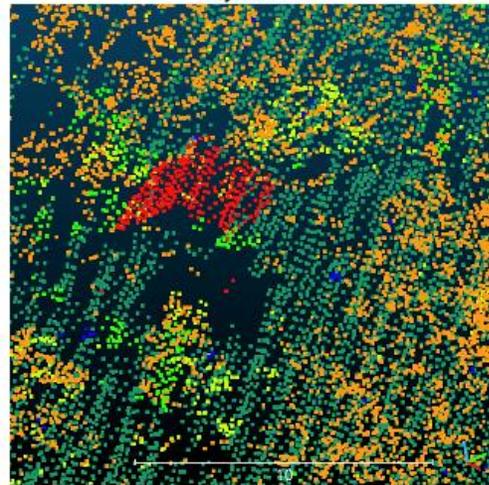
Vérité terrain



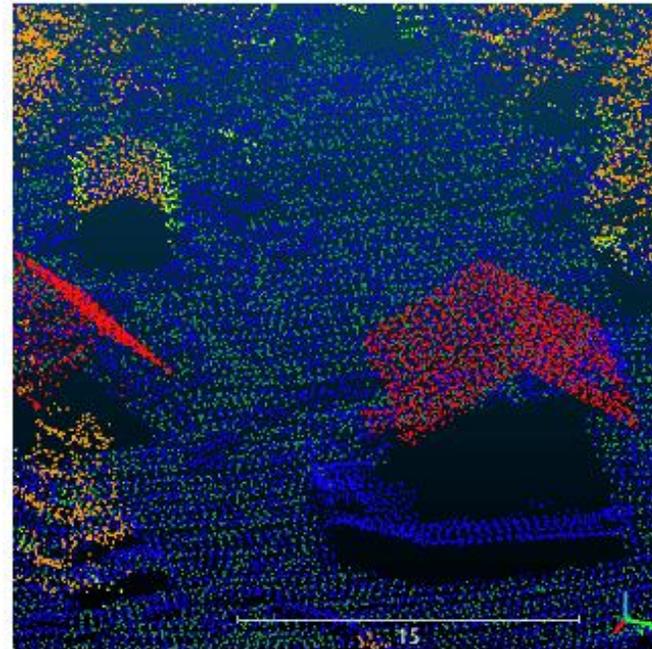
Inférence



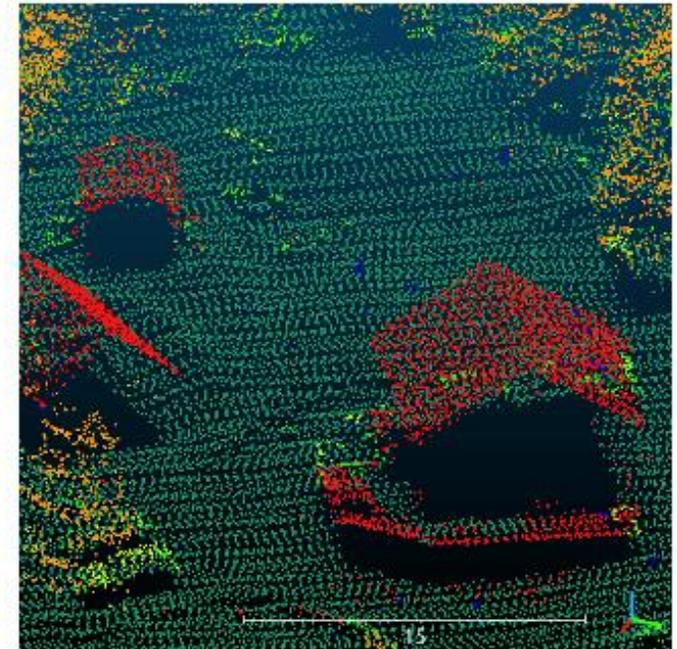
Vérité terrain



Inférence

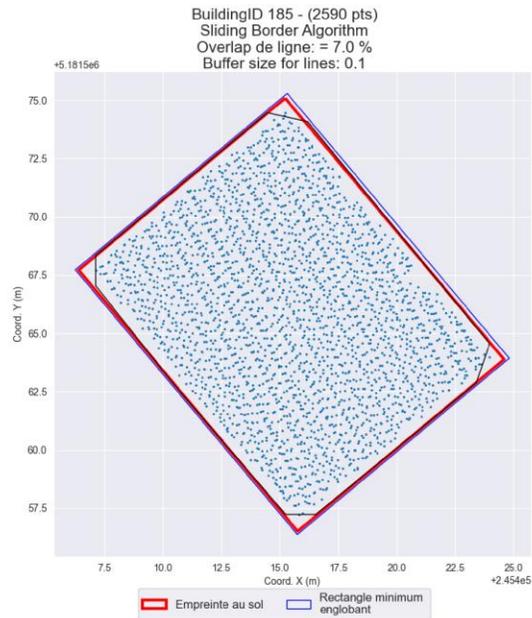


Vérité terrain

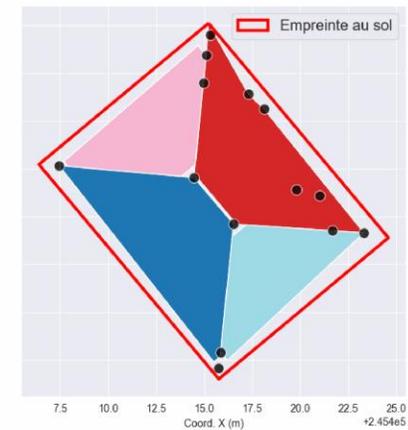
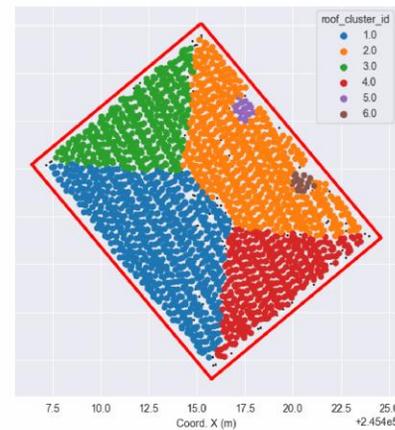
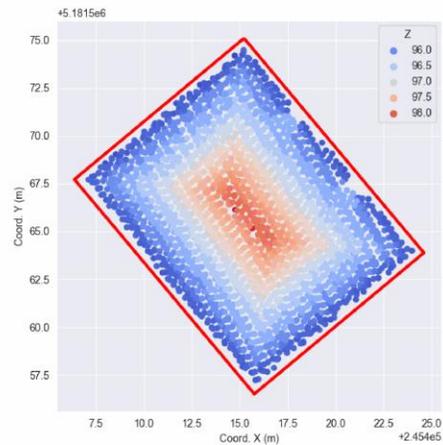


Inférence

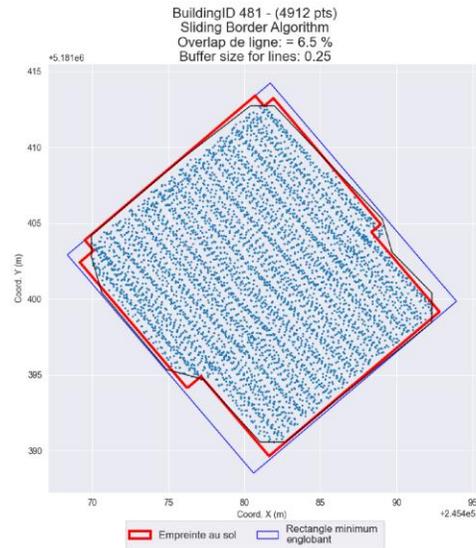
Extraction de la forme des toits



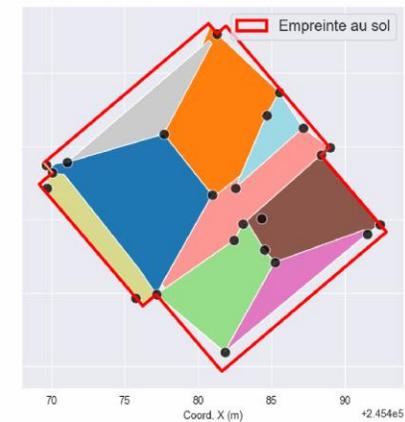
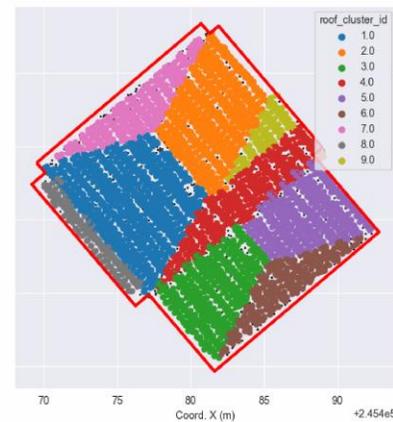
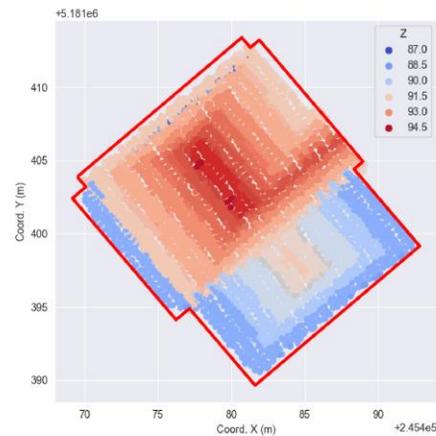
Batiment No 185 (2590 pts)



Extraction de la forme des toits

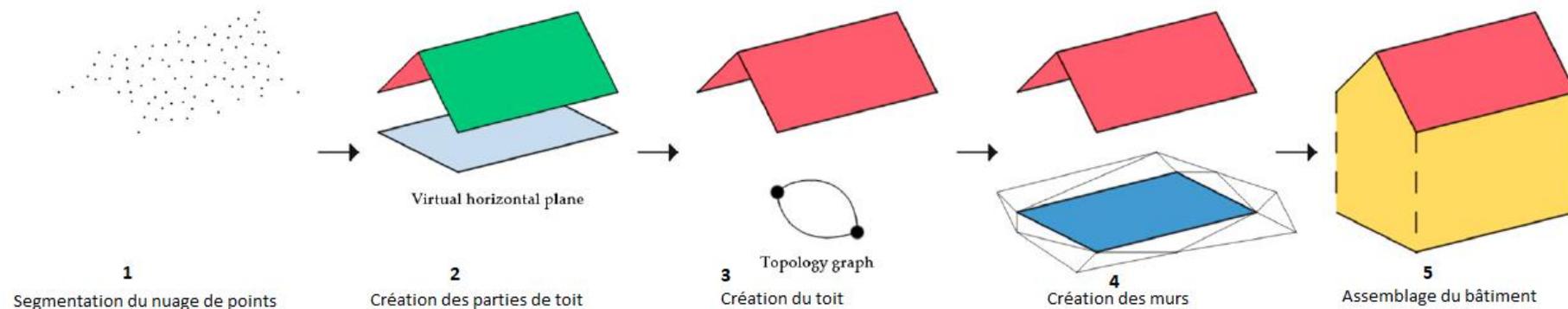


Batiment No 481 (4912 pts)



Reconstruction 3D des bâtiments

- Avec la forme des toits, il devient alors assez facile de reconstruire le bâtiment en 3D de façon cohérente avec le terrain



- Importance donc de disposer de MNT haute résolution
 - Travaux en cours pour définir une méthode rapide et efficace de création de tels MNT et en mesurer la qualité,
 - Ils permettront également d'améliorer la précision des mesures d'élévation et de mieux juger, en lien avec l'élévation du premier plancher et des ouvertures basses, de la submersion effective des bâtiments lors des épisodes d'inondation.

Reconstruction 3D des bâtiments

- Utilisation de différents niveaux de détail (LOD – « *Level Of Detail* »);
- Modélisation selon la norme de l'OGC;
- Autre exemple de modélisation des bâtiments en 3D.

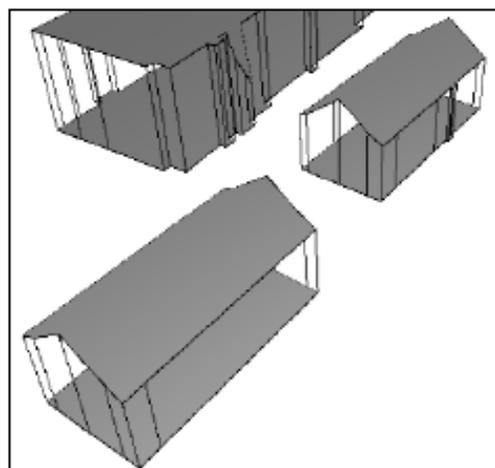


OGC, « OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard »,
Disponible sur: <https://www.ogc.org/standards/citygml>.

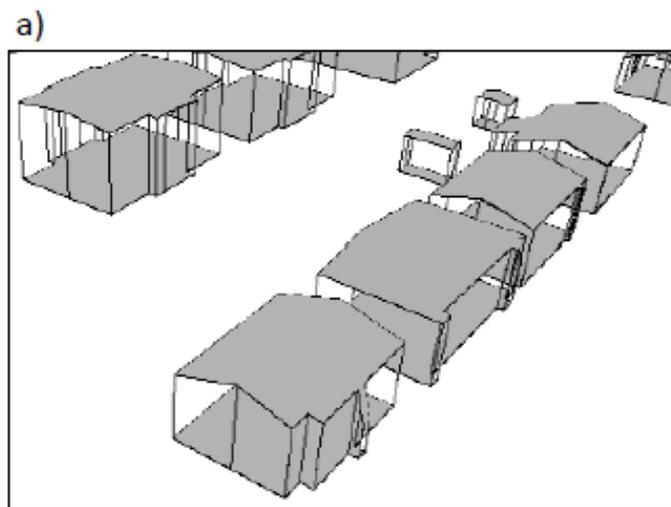
	LOD x.0	LOD x.1	LOD x.2	LOD x.3
LOD0				
LOD1				
LOD2				
LOD3				

F. Biljecki, H. Ledoux, et J. Stoter, « An improved LOD specification for 3D building models »,
doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005.

Reconstruction 3D des bâtiments

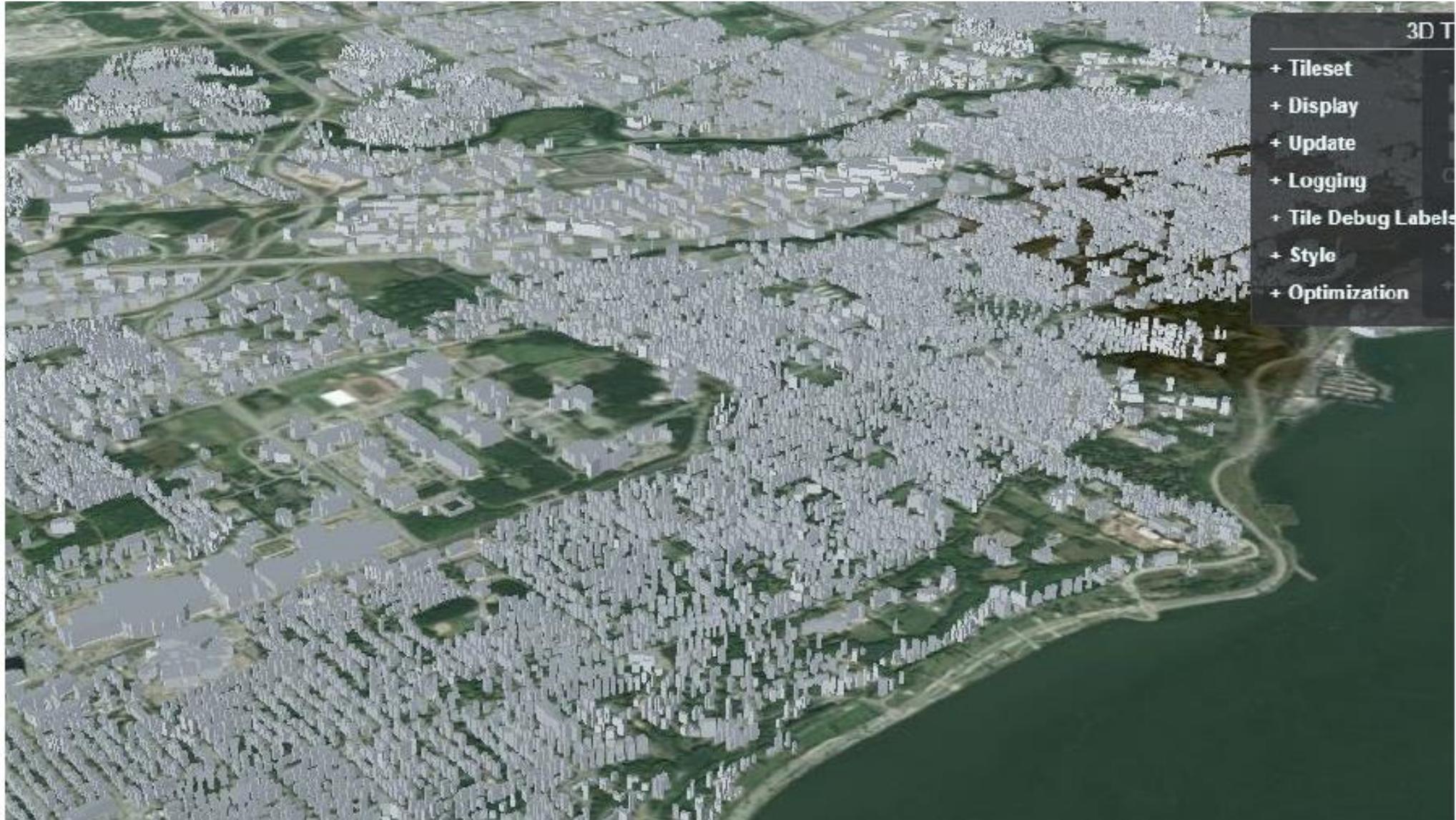


b)

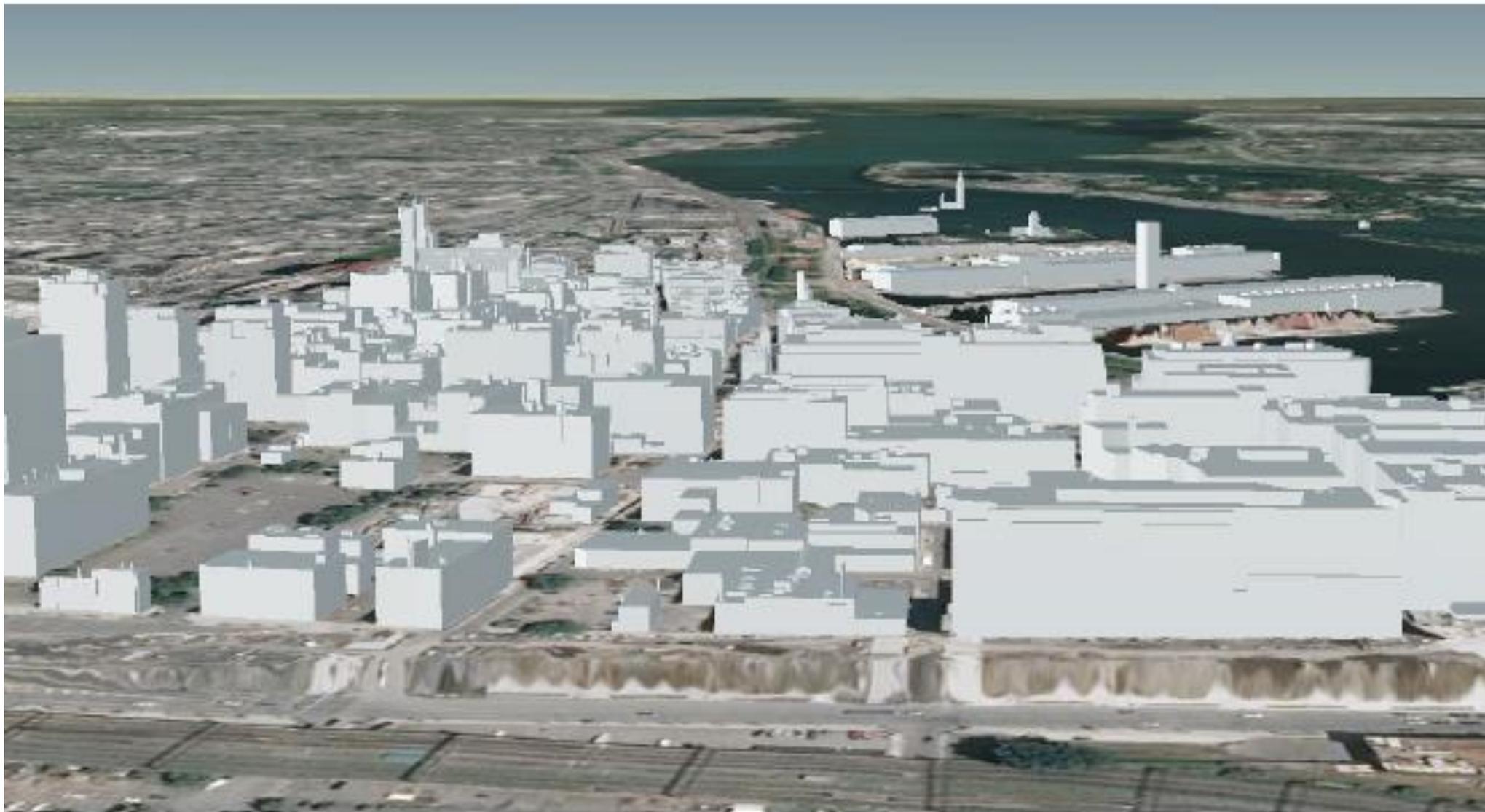


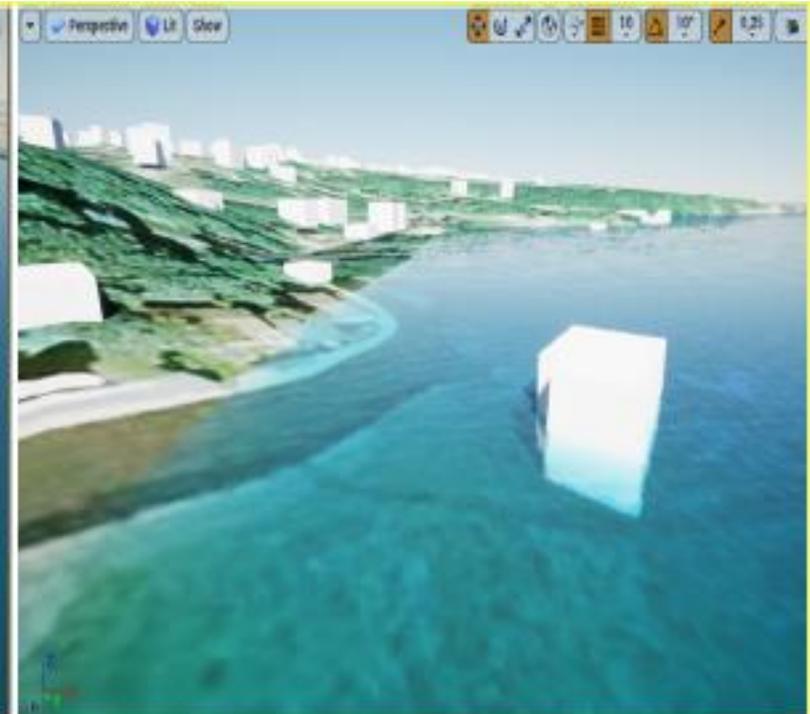
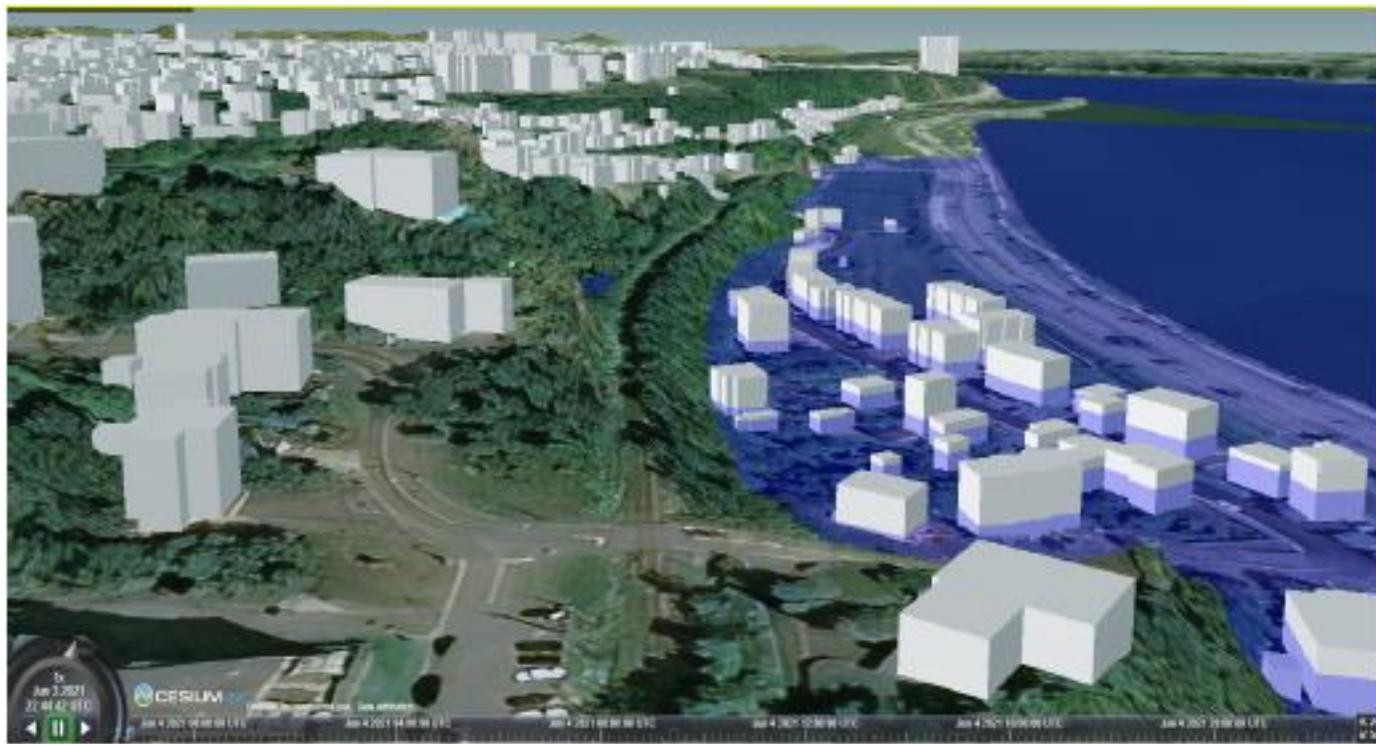
c)

Diffusion/Visualisation données massives 3D: Bâtiments et terrain

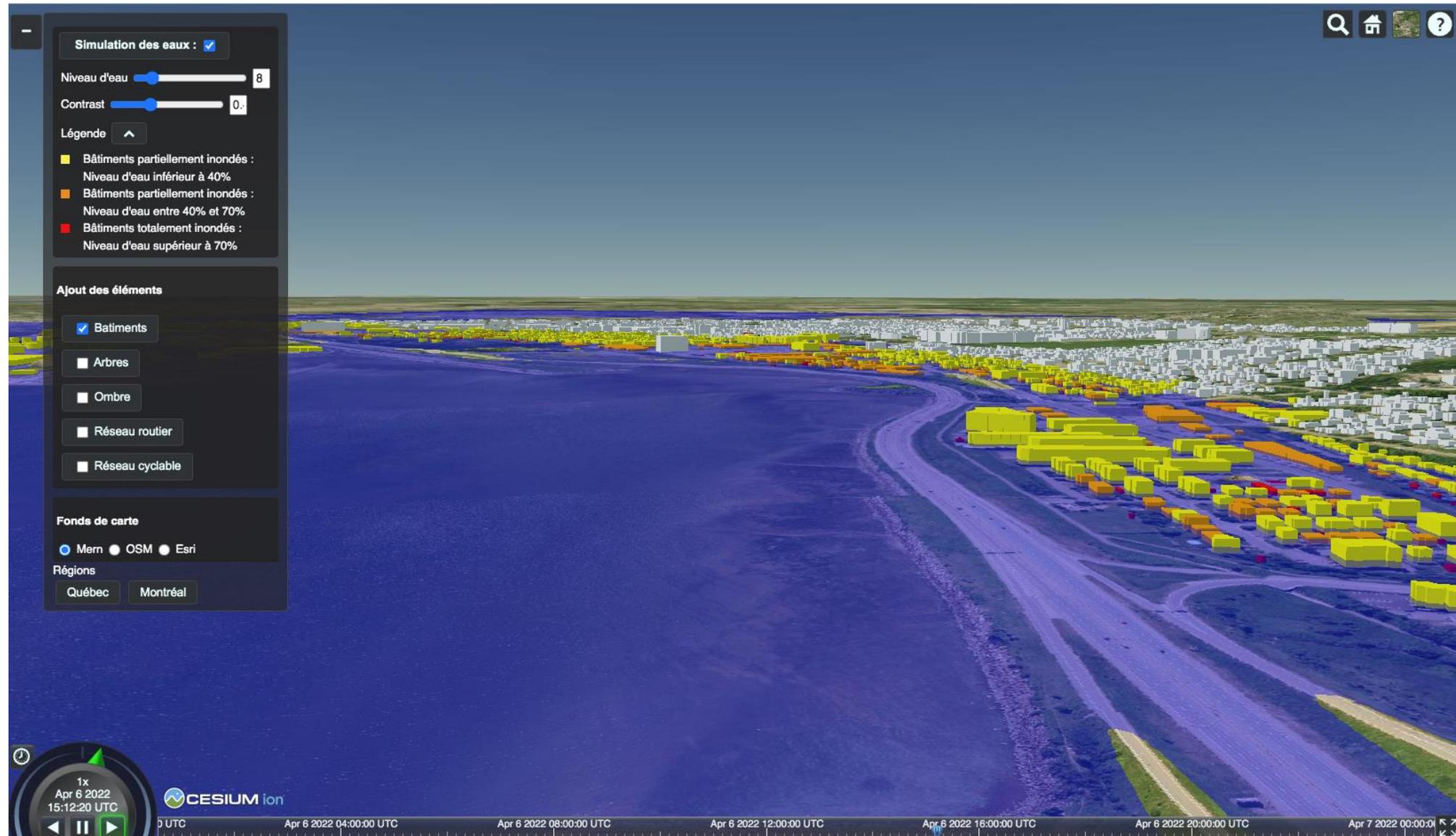


Diffusion/Visualisation données massives 3D: Bâtiments et terrain





Projet ORACLE-2 – Jumeau Innovitam



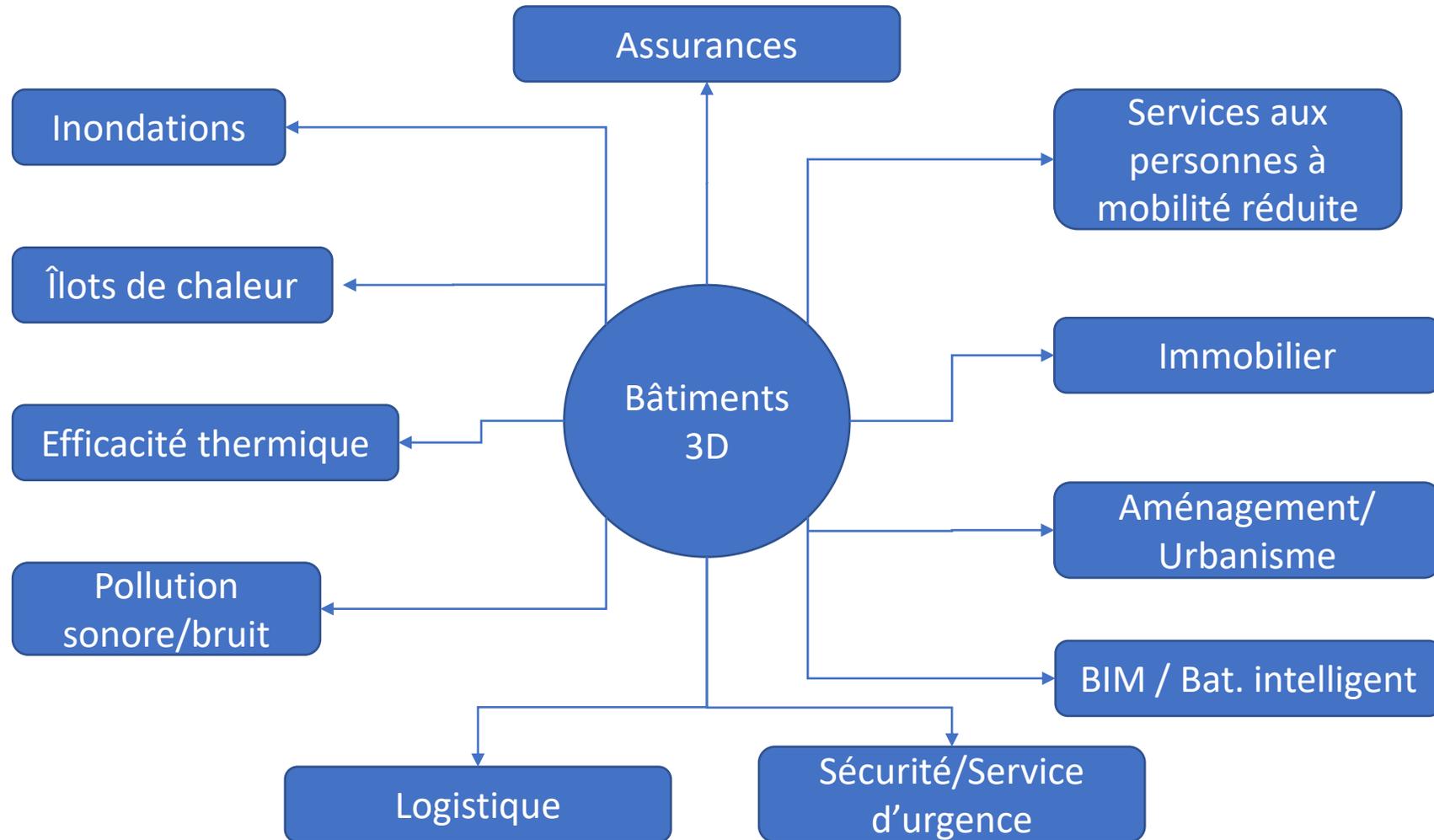
Projet ORACLE-2 – Jumeau Innovitam



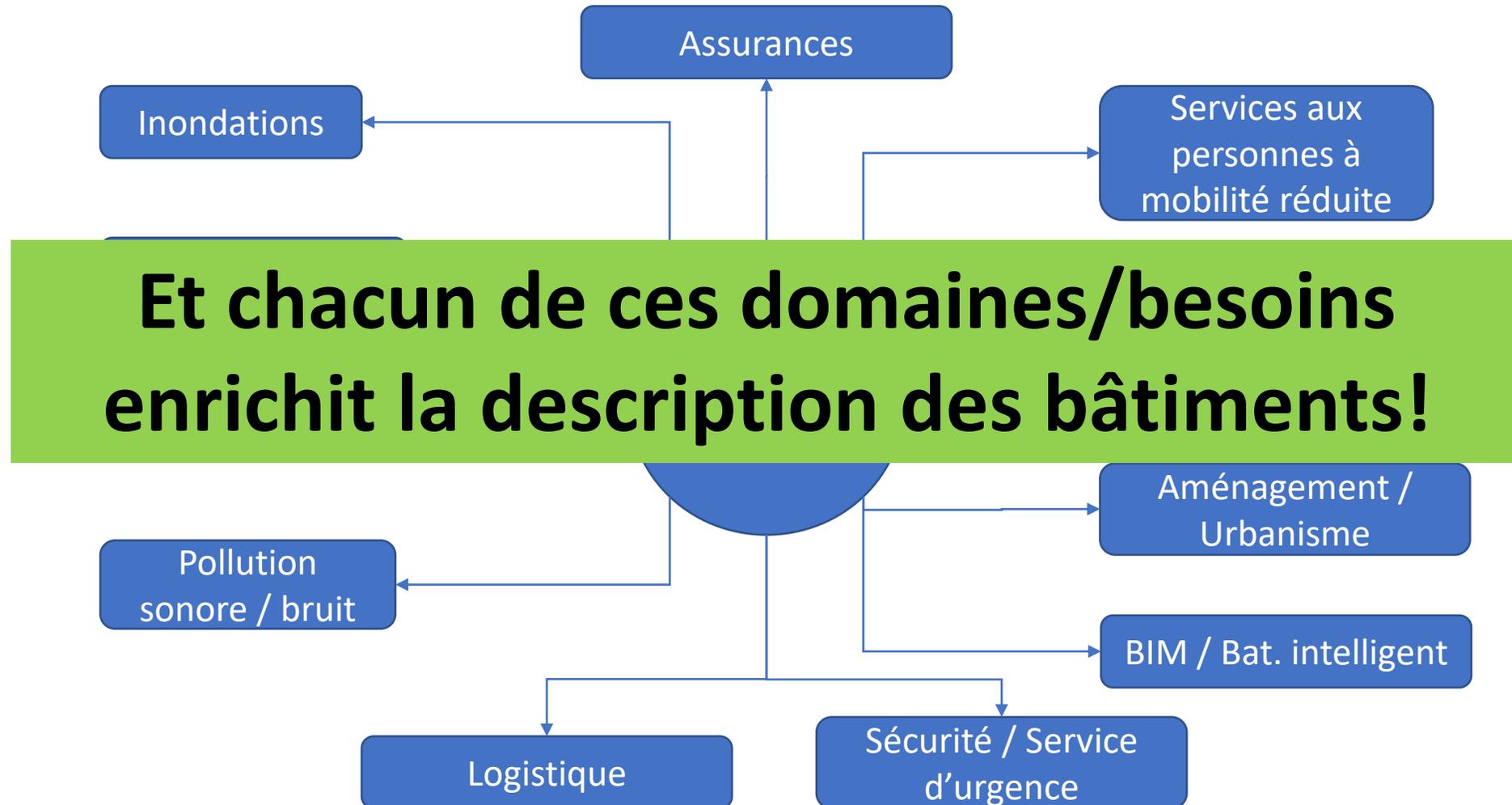
Projet ORACLE-2 – Jumeau Innovitam



La donnée Bâtiment au cœur de nombreuses préoccupations



La donnée Bâtiment au cœur de nombreuses préoccupations



Questions?

MERCI

Nous contacter :

Thierry.Badard@scg.ulaval.ca

<https://crdig.ulaval.ca>

Jonathan.Hume@misp.gouv.qc.ca