

OBTENTION D'OBJETS SÉMANTIQUES 3D POUR LES APPLICATIONS URBAINES

SEM3D – Rapport d'activité



ULiège – Unité de Géomatique

Quartier Agora
Allée du Six-Août 19 (B5A), 4000 Liège
rbillen@uliege.be | +32 4 3663637 | <http://geomatics.ulg.ac.be>



1. Rappel de l'objectif du projet

L'objectif principal du projet SEM3D était d'extraire des objets du tissu urbain en utilisant des méthodes d'intelligence artificielle à partir des nouvelles données LIDAR aéroportées de la région wallonne et des photos aériennes correspondantes. La zone de travail envisagée pour la mise en place du POC (proof-of-concept) est le quartier d'Outremeuse. Les résultats de la segmentation sémantique ont été exploités afin de fournir une information géographique à un niveau de détail très élevé, comprenant les infrastructures, les arbres, les réseaux de transport et les bâtiments. La richesse sémantique et géométrique de ces informations devrait permettre d'améliorer les systèmes et les outils de simulation ainsi que l'analyse des principaux enjeux urbains.

2. Tâches réalisées

1. Prétraitement des nouvelles données LIDAR aéroporté de la région wallonne (WP1) ;
2. Segmentation sémantique des données LIDAR prétraitées par les techniques d'intelligence artificielle (WP2) ;
3. Validation des résultats (WP3) ;
4. Élaboration des cartes de segmentation sémantique 3D (WP4) ;
5. Génération des couches vectorielle 2D à partir des résultats de segmentation sémantique (WP4) ;
6. Élaboration de modèles 3D (WP4) ;
7. Intégration des résultats de segmentation sémantique dans le système d'information géographique de la Ville de Liège (WP4) ;
8. Étude sur la récurrence de la mise à jour des données (WP4) ;
9. Rédaction de rapport de projet (WP5) ;



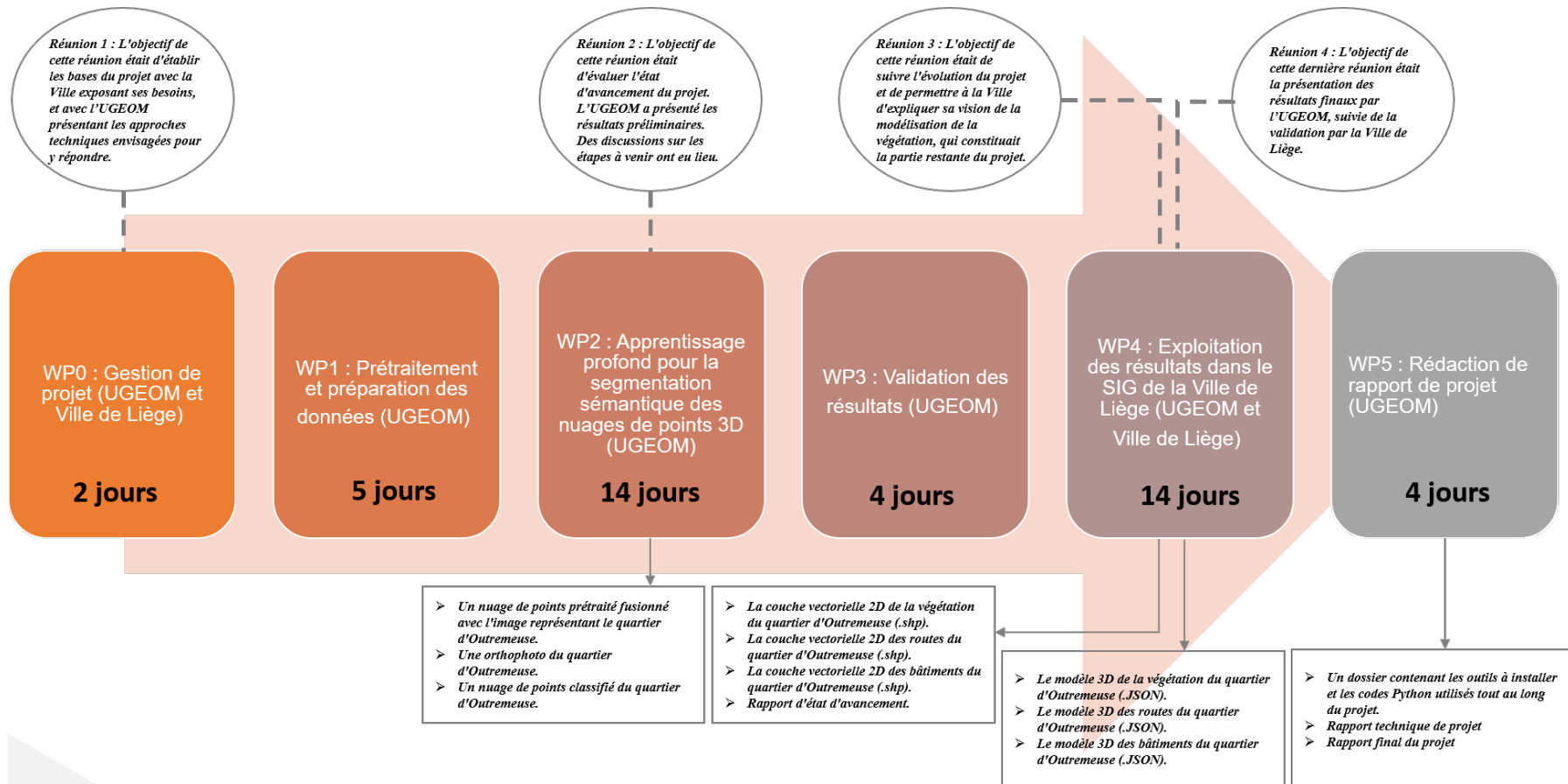
Le tableau ci-dessous présente une description détaillée des WorkPackages (WP) réalisés, ainsi que le nombre de jours (calculé sur une base de 8 heures par jour) attribué à chaque WorkPackage

WorkPackages (WP)	Description	Nombre de jours (8h par jour)
WP0 : Gestion de projet (UGEOM et Ville de Liège)	Lors de cette phase, les partenaires ont coordonné le projet. A cette fin, quatre réunions entre l'UGEOM et la Ville de Liège ont été tenues tout au long du projet afin de suivre et gérer les différentes étapes. La première réunion a été dédiée à la mise en place du projet, au cours de laquelle la Ville a exposé ses besoins. L'UGEOM y a présenté les méthodologies techniques pour répondre aux besoins de la Ville. La deuxième réunion a eu lieu pour évaluer l'état d'avancement du projet, où l'UGEOM a présenté les résultats préliminaires. Une discussion sur les futures étapes a également eu lieu. La troisième réunion a été organisée afin de suivre l'évolution du projet et permettre à la Ville d'expliquer sa vision de la modélisation de la végétation, qui constituait la partie restante du projet. Enfin, la dernière réunion a été consacrée à la présentation des résultats finaux par l'UGEOM, suivie de la validation par la Ville de Liège.	2 jours
WP1 : Prétraitement et préparation des données (UGEOM)	Lors de cette étape, trois ensembles de données ont été préparés pour entraîner, valider et tester le modèle de Deep Learning. Le premier, appelé SensatUrban, est accessible via le lien suivant (https://github.com/QingyongHu/SensatUrban). Le deuxième ensemble de données provient de (https://3d.bk.tudelft.nl/projects/meshannotation/), et le troisième est un jeu de données créé par l'UGEOM dans le contexte urbain de la ville de Liège. Ces ensembles de données ont été fusionnés et subdivisés en ensembles d'entraînement, de validation et de test. Par la suite, lors de la réception de nouvelles données LiDAR aéroportées de la région wallonne, une étape de prétraitement, comprenant le nettoyage, a été réalisée. Cette démarche est essentielle pour assurer la cohérence des données. Après avoir ajusté les systèmes de projections entre les données de nuages et d'images, ainsi que fusionné les nuages de points LiDAR avec les images correspondantes, les données résultantes ont été préparées pour la prédiction à l'aide du modèle entraîné. Les outils utilisés au cours de cette phase sont des logiciels open source tels que QGIS, CloudCompare, et Ubuntu.	5 jours
WP2 : Apprentissage profond pour la segmentation sémantique des nuages de points 3D (UGEOM)	Au cours de cette phase, après avoir adapté une approche scientifique d'intelligence artificielle développée au sein de l'UGEOM pour la segmentation sémantique des données LiDAR 3D aéroportées de la région wallonne, et après avoir réalisé l'implémentation du modèle RandLA-Net en utilisant des données multi-sources (telles que les données LiDAR 3D et les images), l'UGEOM a mis à la disposition de la Ville de Liège le modèle entraîné. Ce modèle a été entraîné sur trois ensembles de données distincts, comme décrit précédemment dans le WP1. Les paramètres et hyperparamètres du modèle ont été adaptés en fonction des besoins spécifiques du projet. Le modèle entraîné est prêt à être généralisé à d'autres acquisitions LiDAR ultérieures ou à être appliqué sur d'autres zones, sous réserve que ces données soient prétraitées et préparées au préalable. Les outils nécessaires comprennent Ubuntu et CloudCompare pour la visualisation des résultats.	14 jours

WP3 : Validation des résultats (UGEOM)	Durant cette étape, une analyse comparative entre les résultats prédits par le modèle et la réalité du terrain a été réalisée. Divers critères d'évaluation ont été établis, intégrant des mesures telles que la précision, l'intersection over union (IoU), le rappel, le F1-score et la matrice de confusion. En complément des résultats quantitatifs, l'évaluation de la qualité visuelle des résultats a également été effectuée.	4 jours
WP4 : Création des couches vectorielles 2D à partir de la classification des nuages de points et élaboration de modèles 3D (UGEOM)	<p>Pour l'extraction des couches vectorielles, une élaboration des cartes de segmentation sémantique 3D a été effectuée. Ensuite, une couche vectorielle 2D a été créée à partir des nuages de points sémantiquement segmentés pour chaque classe d'occupation du sol, en vue de leur intégration dans le système d'information géographique (SIG) de la Ville.</p> <p>Pour l'élaboration des modèles 3D, deux types de données ont été utilisés : le nuage de points classifié et les données PICC. La modélisation des bâtiments a été réalisée à l'aide de l'outil Geoflow, un logiciel open-source de reconstruction de modèles 3D. Pour les routes, deux chaînes de traitement ont été développées : l'une repose sur un schéma élaboré dans FME, et l'autre utilise l'outil 3dfier, un logiciel open-source permettant de créer des modèles 3D à partir de nuages de points et de couches vectorielles surfaciques. En ce qui concerne la modélisation des arbres, un processus en quatre étapes a été suivi, comprenant la classification, la segmentation, le nettoyage des données et la modélisation. L'utilisation combinée de ces étapes a permis de générer automatiquement des modèles 3D réalistes de bâtiments, de routes et de végétation à partir de données LiDAR aéroportées avec un niveau de détail de LOD2. Les outils utilisés dans cette étape comprennent FME, 3dfier, CloudCompare et Geoflow.</p>	14 jours
WP5 : Rédaction de rapport de projet (UGEOM)	Un rapport technique détaillant les différentes chaînes de traitement a été élaboré et transmis à la Ville de Liège. Un rapport d'activité et une présentation ont été réalisés.	4 jours



3. Chronologie du projet, réunions et livrables



4. Les illustrations des exemples de résultats obtenus dans le cadre du projet

La Figure 1 montre un exemple de la fusion du nuage de points avec l'image correspondante du quartier d'Outremeuse :



Figure 1 : Représentation 3D d'une partie du quartier d'Outremeuse

La Figure 2 présente un exemple de résultat de classification du nuage de points.



Figure 2 : Exemple des résultats de la segmentation sémantique 3D : Quartier d'Outremeuse.

La Figure 3 présente un exemple de résultat pour une couche vectorielle des bâtiments.

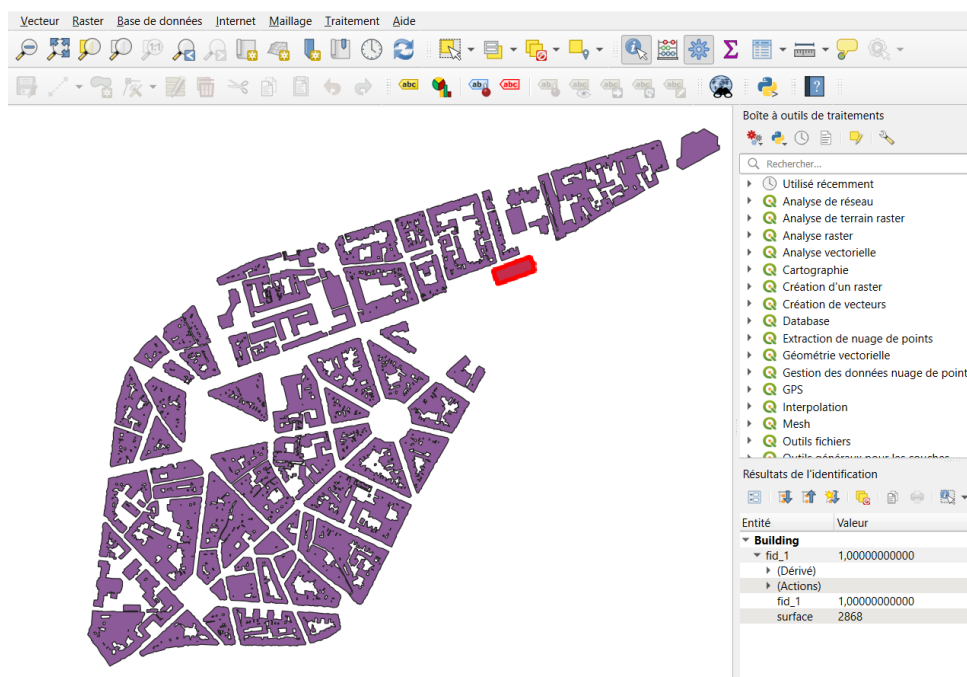


Figure 3 : Exemple d'une couche vectorielle des bâtiments obtenue dans le quartier d'Outremeuse.

La Figure 4 présente un exemple de résultat de la modélisation des bâtiments.

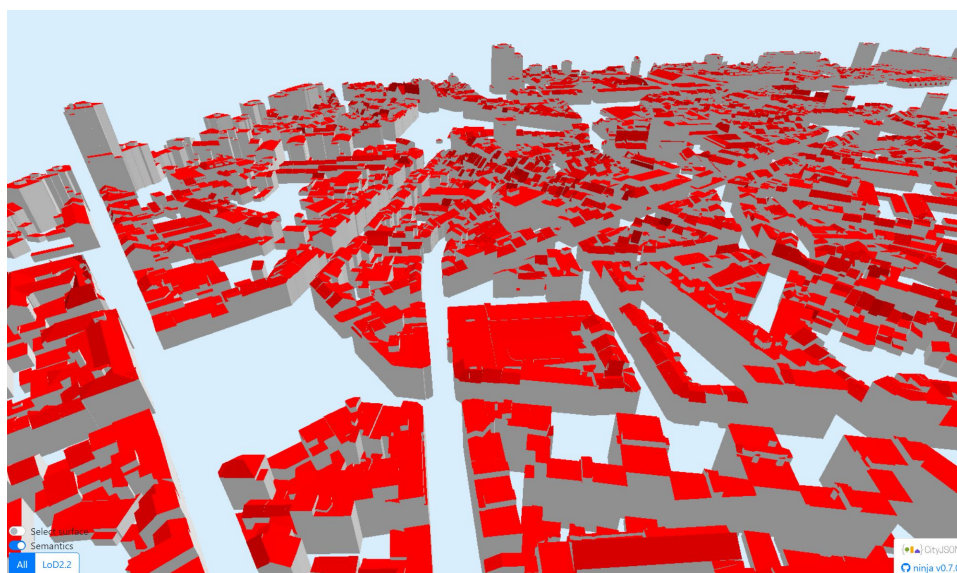


Figure 4 : Un exemple des résultats de modélisation LOD2 obtenus dans le quartier d'Outremeuse.

La Figure 5 présente un exemple de résultat de la modélisation des routes

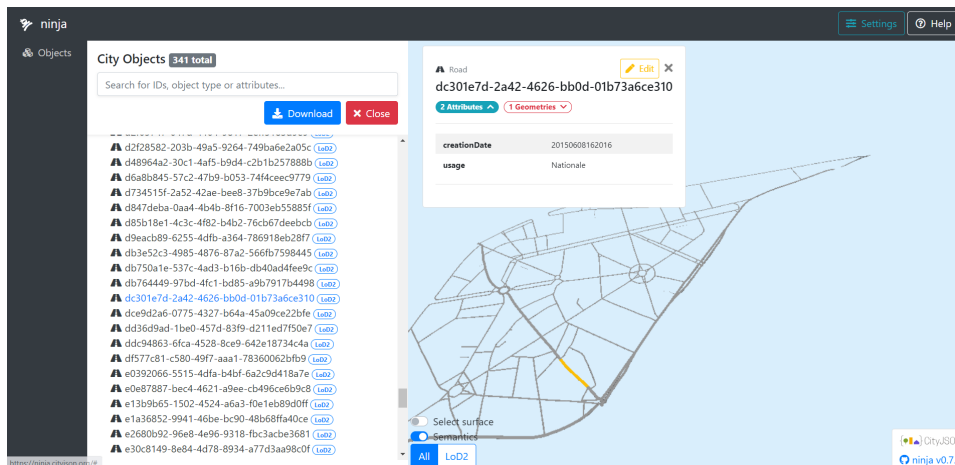


Figure 5 : Résultats de la modélisation LOD2 des routes dans le quartier d'Outremeuse.

La Figure 6 présente un exemple de résultat de la modélisation des arbres

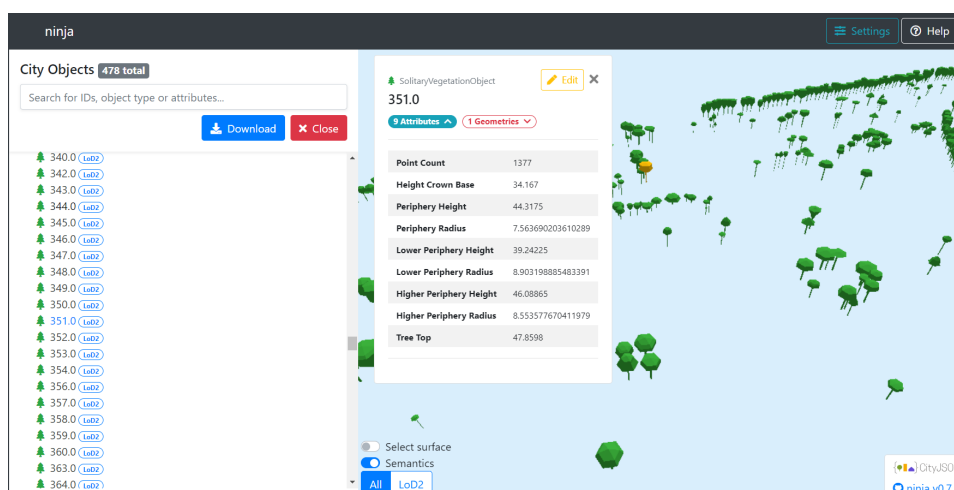


Figure 6 : Résultats de la modélisation LOD2 des arbres dans le quartier d'Outremeuse.

5. Conclusions et perspectives

À l'issue de ce projet, nous avons atteint avec succès les résultats escomptés, ce qui constitue une étape significative dans le cadre de notre collaboration avec la Ville de Liège. Les approches novatrices d'intelligence artificielle employées ont permis d'extraire efficacement des objets du tissu urbain, englobant divers éléments tels que les bâtiments, les routes et la végétation. Cette solution constitue désormais un outil de gestion et d'anticipation précieux, facilitant la prise de décision au sein de la Ville de Liège, que ce soit pour la planification urbaine ou la maîtrise du territoire.

L'intégration réussie de ces résultats dans le Système d'Information Géographique (SIG) de la Ville de Liège va au-delà de la simple collecte et du stockage d'informations. Elle ouvre la voie à de nombreuses perspectives d'exploitation, notamment en termes d'analyses multicritères et spatiales.

Le POC développé représente un processus reproductible, prêt à être utilisé, qui intègre aisément de nouvelles acquisitions LIDAR et les photos aériennes correspondantes. Cette caractéristique réutilisable revêt une importance particulière pour la Ville de Liège, étant donné que les situations sur le terrain évoluent constamment.

La mise en œuvre de ce POC offre la possibilité de futures adaptations, telles que l'extraction d'autres objets urbains ou l'intégration de nouvelles données (LIDAR de densité variable, imagerie multispectrale, etc.). De plus, sa transposabilité facile le rend accessible à d'autres villes et communes wallonnes disposant de données géospatiales similaires.

Enfin, le succès de ce projet confirme non seulement l'efficacité de notre chaîne de traitement, mais ouvre également la voie à des développements futurs et à des collaborations similaires avec d'autres communes. Nous sommes convaincus que les bénéfices obtenus par la Ville de Liège constituent le point de départ de nouvelles opportunités d'innovation dans le domaine de la gestion urbaine et de l'analyse géospatiale.

