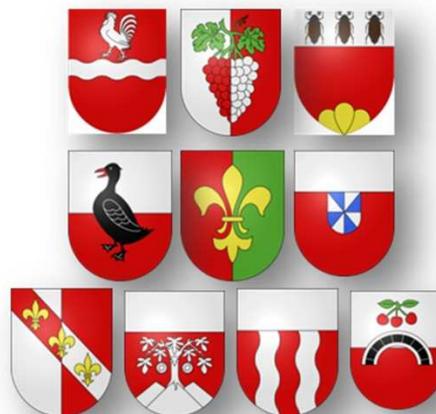


LIDAR LAUSANNE 2012

*Nouvelles données altimétriques sur l'agglomération
lausannoise par technologie laser aéroporté et ses
produits dérivés*

L a u s a n n e



INTRODUCTION

Afin de mettre à jour les modèles altimétriques datant de 2001, le service de la coordination et du cadastre de la Ville de Lausanne (SCC), en collaboration avec le canton de Vaud et les communes partenaires a réalisé en mars 2012 un relevé 3D par technologie LIDAR sur l'agglomération lausannoise (cf. Figure 1, cadre violet). Le mandat d'acquisition des données brutes par vol LIDAR a été effectué par la société suisse BSF Swissphoto, spécialisée et expérimentée dans ce domaine.

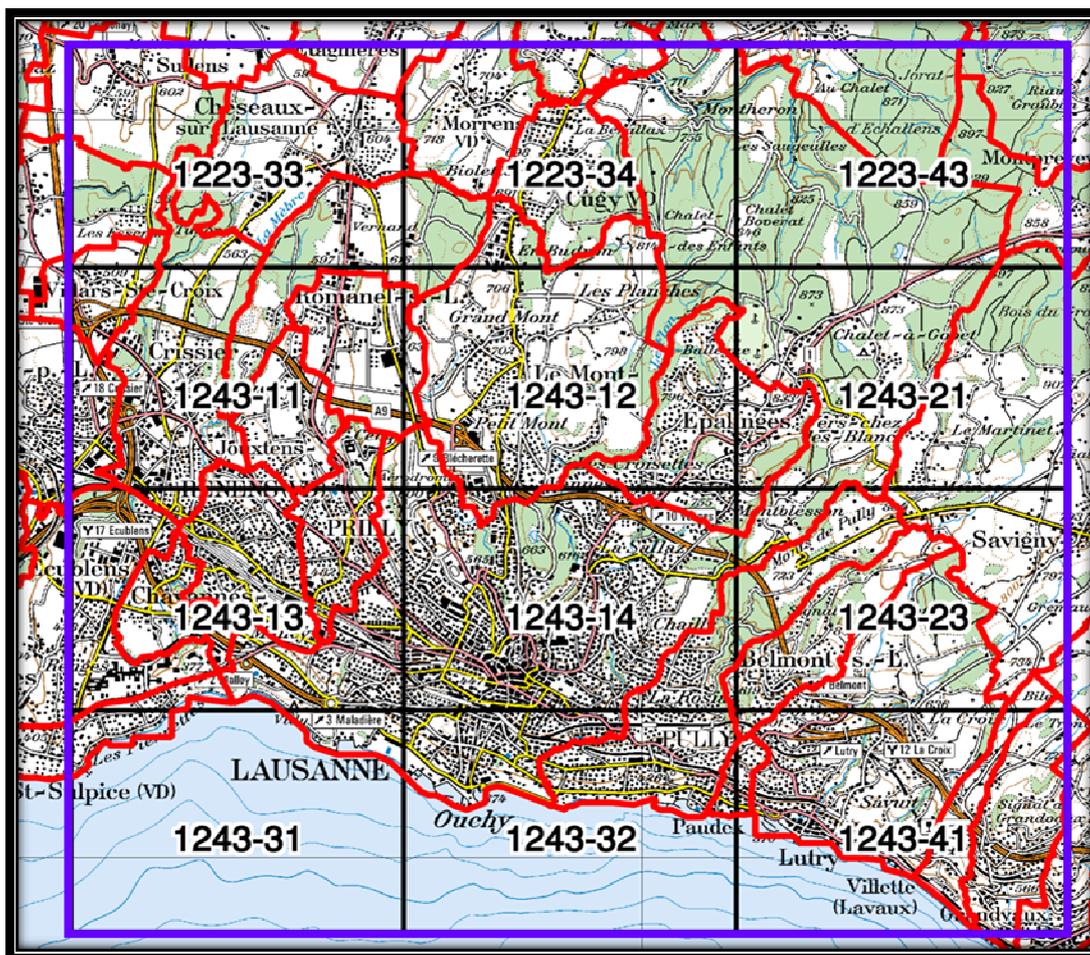


Figure 1 : Périmètres du projet LIDAR

LA TECHNOLOGIE LIDAR

Le LIDAR (Light Detection and Ranging) est une technologie récente et performante qui permet par un système de balayage laser aéroporté, de réaliser des modèles numériques d'altitude de haute précision, à des coûts relativement modestes, sur de grandes surfaces ($\sim 140\text{km}^2$) et en peu de temps (2 jours de vol).

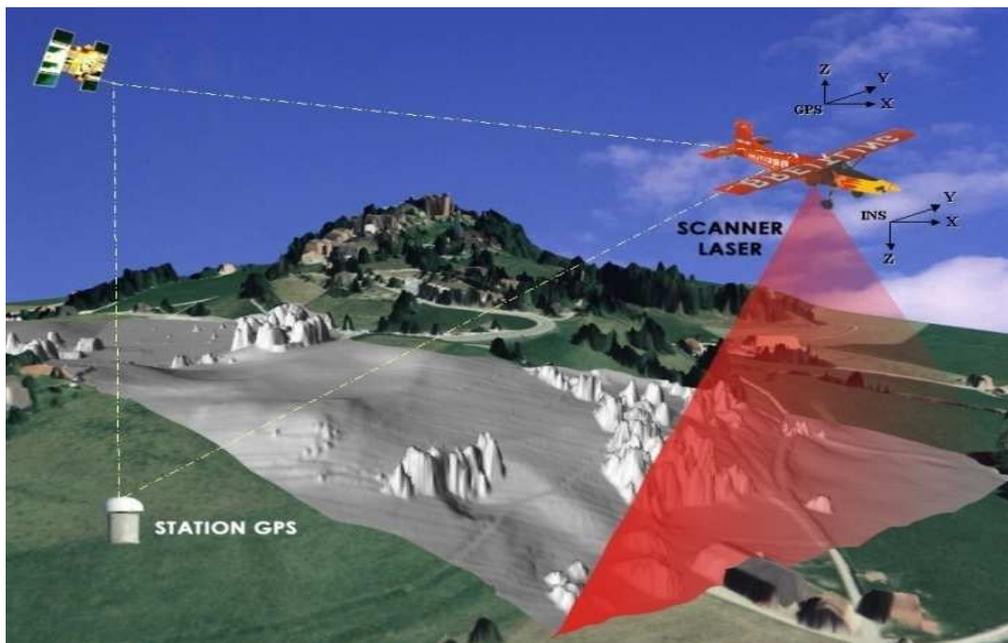


Figure 2 : Méthode d'acquisition par balayage laser (© SITN (www.ne.ch/sitn))

Le scanner ou télémètre laser fixé à bord d'une plateforme aérienne, émet des impulsions vers le sol ($\sim 200'000$ par sec) qui sont ensuite réfléchies ou partiellement absorbées selon la nature du point de contact. Déterminant la position du scanner laser grâce aux systèmes de positionnement par satellites (GPS), au capteur inertielle embarqué et aux références au sol, cette méthode permet de mesurer la distance vers le sol et d'attribuer de manière précise les coordonnées XYZ de chaque point laser. Cette technique d'acquisition génère comme résultat brut un nuage de plusieurs millions de points 3D de la surface au sol, de la végétation et des éléments construits, avec une densité moyenne de 12pts/m^2 . Selon la configuration au sol, la technologie LIDAR permet d'enregistrer plusieurs échos (voir Figure 3) afin de garantir une représentation détaillée des objets, notamment de la structure de la végétation en milieu forestier.

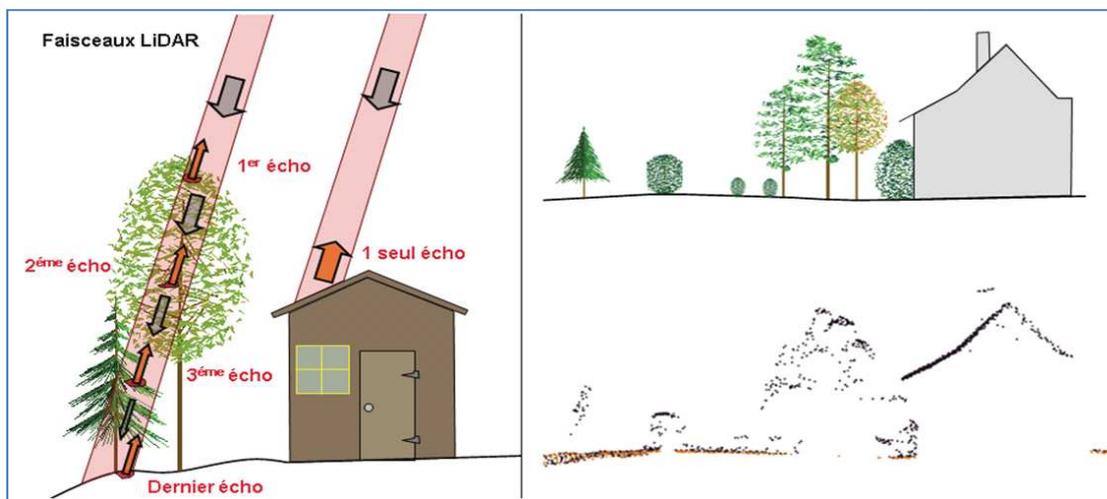


Figure 3 : Résultats du relevé: un nuage de points (© Thèse Gilles Gachet)

TRAITEMENT DES DONNÉES

Afin de permettre une exploitation optimale des données acquises, plusieurs traitements sont appliqués directement sur le nuage de points bruts :

- **Classification des points** : méthodes semi-automatiques qui permet de filtrer les points aberrants et d'attribuer une classe à chaque point selon la couverture du sol qu'il représente. La classification s'est faite selon 13 classes principales, nommées dans le tableau ci-dessous :

Code	Description	MNT	MNS
2	Sol - surfaces imperméables	x	x
3	Sol - surfaces perméables	x	x
4	Basse végétation		x
5	Haute végétation		x
6	Bâtiments		x
7	Points erronés		
9	Eau	x	x
10	Ponts		x
12	Overlap/bords des bandes		
13	Objets temporaires (véhicules etc.)		
14	Grues		
15	Mats, lignes aériennes		
16	«bruit»		

Figure 4 : Liste des classes définies

- **Coloration des points** : méthode qui attribue à chaque point un code couleur RGB provenant de l'orthophoto superposée.
- **Calcul du modèle numérique de terrain MNT** : création d'une grille régulière de résolution 0.5m où l'altitude de chaque pixel est déterminé par les classes représentant le terrain (sol perméable, imperméable et l'eau).
- **Calcul du modèle numérique de surface MNS** : création d'une grille régulière de résolution 0.5m où l'altitude de chaque pixel correspond aux sommets (max.) des objets à la surface du sol (toits, arbres, ponts, etc.).

Suite à ces traitements, on obtient donc les fichiers suivants :

- Nuages de points de type vectoriel où pour chaque point laser mesuré, les attributs suivants sont connus : coordonnées XYZ, l'intensité, l'écho, la classe, la couleur RGB.
- Modèles numériques d'altitude MNT et MNS de type raster où chaque pixel possède une altitude.

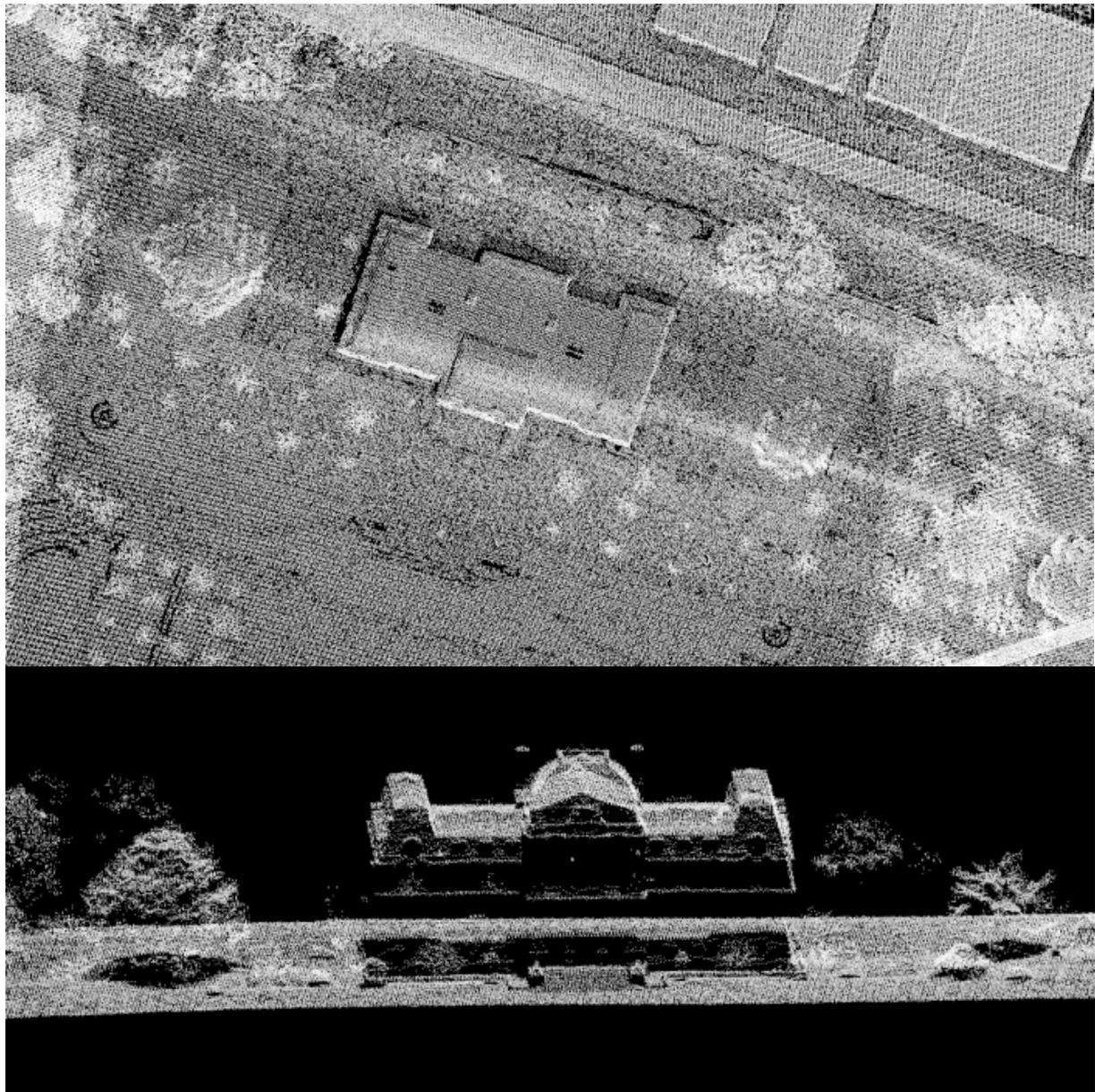


Figure 5 : Nuages de points bruts (Palais de Justice de Montbenon)

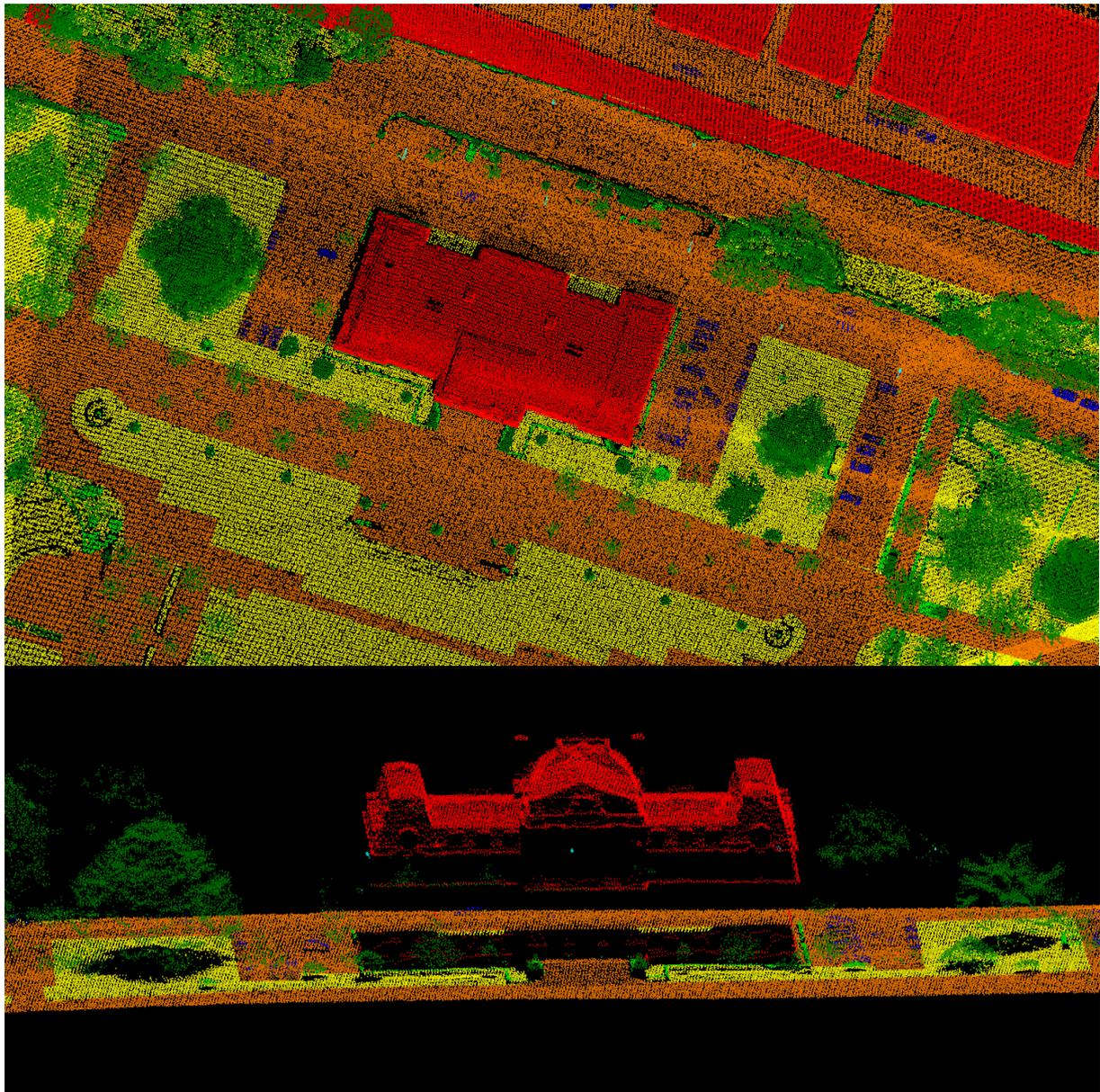


Figure 6 : Nuages de points classifiés (Palais de Justice de Montbenon)

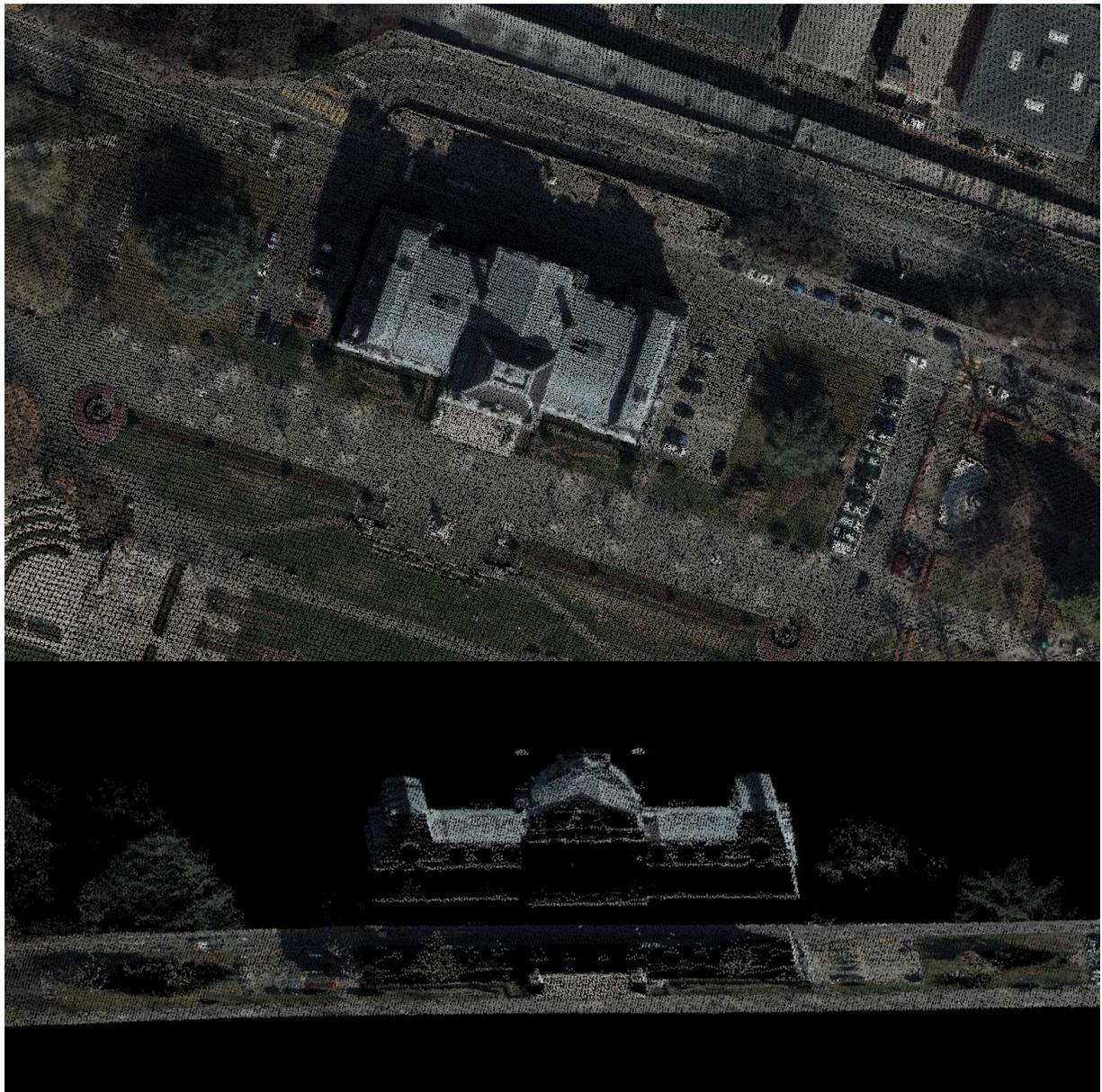


Figure 7 : Nuages de points colorés (Palais de Justice de Montbenon)

CARACTÉRISTIQUES ET PARAMÈTRES DES DONNÉES LIDAR

Paramètres de vol	
Nom du système LIDAR	Optech ALTM Gemini
Altitude de vol	650m
Type de vol	vol croisée
Recouvrement latéral	40% en zone urbaine et 20% en zone rural
Angle de fauchée	± 19degrés
Distance entre les points long. / lat.	0.45m / 0.37m
Divergence du rayon	0.25 mrad
Tâche au sol du laser	16cm
Longueur d'onde	1064nm
Nombre de retours	4
Longueur totale des lignes de vol	984 km
Durée du vol	2 jours : 10 et 11 mars 2012
Superficie du projet	~140 km ²

Caractéristiques des données LIDAR	
Densité moyenne des points	12 pts / m ² (2 x 6)
Nombre de classes	13
Qualité de la classification	95%
Précision (dépend de la nature du sol)	±20cm en XY / ±15cm en Z (1σ)
Nbre de points stockés	3.5 milliards de points
Volume des données	~300 Giga
Découpage du périmètre	108 quadrilles

ORTHOPHOTOS TECHNIQUES 2012

Afin de contrôler et valider les données LIDAR (classification et précision), il a été décidé de réaliser une orthophoto technique de qualité dans le même intervalle de temps que le vol LIDAR. Pour des raisons de qualité, la prise des photos aériennes n'a pas été réalisée de manière simultanée au vol LIDAR, mais 2 semaines après en date du 27.03.2012. A cette période, la végétation n'ayant pas encore les feuilles, la visibilité du sol est nettement améliorée à l'emplacement des couverts végétaux en comparaison à une orthophoto standard d'été.

Caractéristiques des orthophotos 2012	
Type de caméra	Vexcel UltraCam XP
Résolution	10cm
Précision (dépend de la nature du sol)	$\pm 5\text{cm}$ en XY / $\pm 20\text{cm}$ en Z (1σ)
Recouvrement longitudinal et latéral	80% / 60%
Spécificité	Vol sans feuilles
Date du vol	27.03.2012
Découpage du périmètre	108 quadrilles

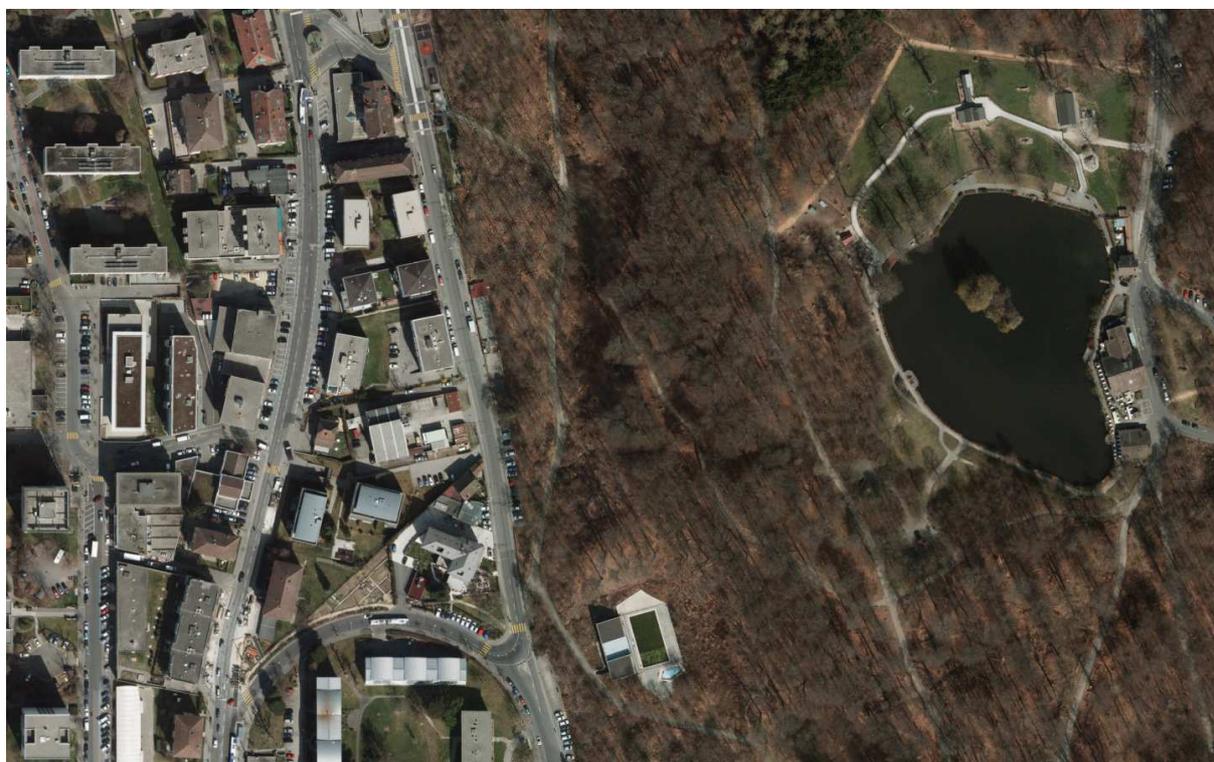


Figure 8 : exemple d'orthophoto 2012 (sans feuilles)

PRODUITS DÉRIVÉS DISPONIBLES ET À VENIR

A partir des modèles numériques d'altitude (MNT/MNS) et des nuages de points bruts classifiés, il est possible de générer grâce à divers logiciels SIG de multiples produits dérivés utiles dans plusieurs domaines d'utilisation. Ci-dessous quelques exemples de produits dérivés déjà disponibles et à venir :

- Nuages de points colorés et classifiés selon la couverture du sol (bâtiments, végétations, etc.)
- Différentes grilles interpolées:
 - Modèle numérique de surface (MNS) à différentes résolutions
 - Modèle numérique de terrain (MNT) à différentes résolutions
 - Modèle numérique de hauteur des bâtiments (MNHB)
 - Modèle numérique de canopée (MNC pour la hauteur de la végétation)
- Courbe de niveau selon plusieurs intervalles (0.5m, 1m, 5m, 10m, 50m)
- Ombrage du MNT et MNS
- Carte d'orientation et de pente du terrain et des toits
- Carte d'écoulement des eaux et détection des bassins versants
- Modèle 3D du terrain et de la surface (maillage automatique)
- Modèle 3D NDR1 des bâtiments – blocs des bâtiments sans structure de toits
- Modèle 3D NDR2 des bâtiments par secteur – bâtiments avec des structures de toits
- Calcul d'ombre portée et carte d'analyse de visibilité
- Profils altimétriques (via AutoCAD ou une interface web)
- Etc.

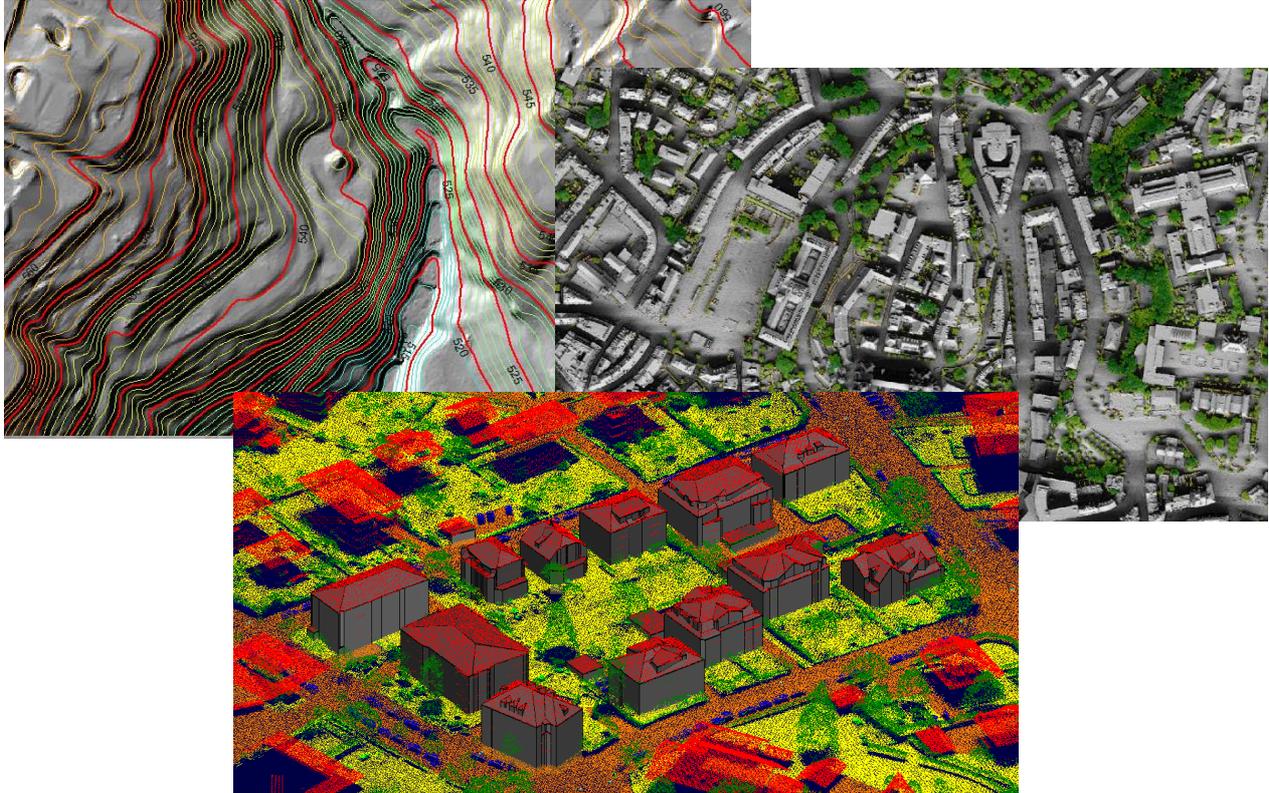


Figure 9 : Exemples de produits dérivés

Bien entendu, une partie de ces produits dérivés peuvent être directement commandés auprès du service de la coordination et du cadastre de Lausanne, en remplissant le formulaire de commande disponible sous ce lien :

<http://www.lausanne.ch/lausanne-officielle/administration/travaux/coordination-cadastre/formulaires-de-commande-de-plans.html>

UTILISATION DES DONNÉES

Des données altimétriques récentes et précises sont indispensables dans de nombreuses applications et domaines d'activités, qui concernent la gestion et l'aménagement du territoire. On peut citer quelques exemples :

1. Urbanisme et architecture :

- Détermination de la hauteur des bâtiments
- Analyse des ombres portées
- Etude d'impact visuel de nouvelles constructions
- Etablissement de maquettes virtuelles 3D

2. Routes, réseaux et dangers naturels

- Etablissement de profils en long et en travers
- Planification des réseaux routiers et des axes forts de transports publics urbains
- Cadastre du bruit
- Cartographie des inondations, laves torrentielles et érosion
- Cartographie des glissements de terrain et chutes de blocs

3. Environnement et énergie :

- Analyse du potentiel en énergie solaire
- Potentiel bois-énergie
- Détermination de tracés du réseau hydrographique (bassins versant)
- Simulation d'écoulement ou carte de ruissellement

4. Forêts et agriculture :

- Modèle numérique de la canopée
- Cartographie des peuplements
- Localisation de grands arbres
- Visualisation et détermination des structures forestières verticales
- Détection des chemins forestiers

Enfin, les produits dérivés altimétriques proposés seront progressivement accompagnés d'applications interactives au travers de logiciels ou d'interfaces web afin d'améliorer leur diffusion et utilisation.

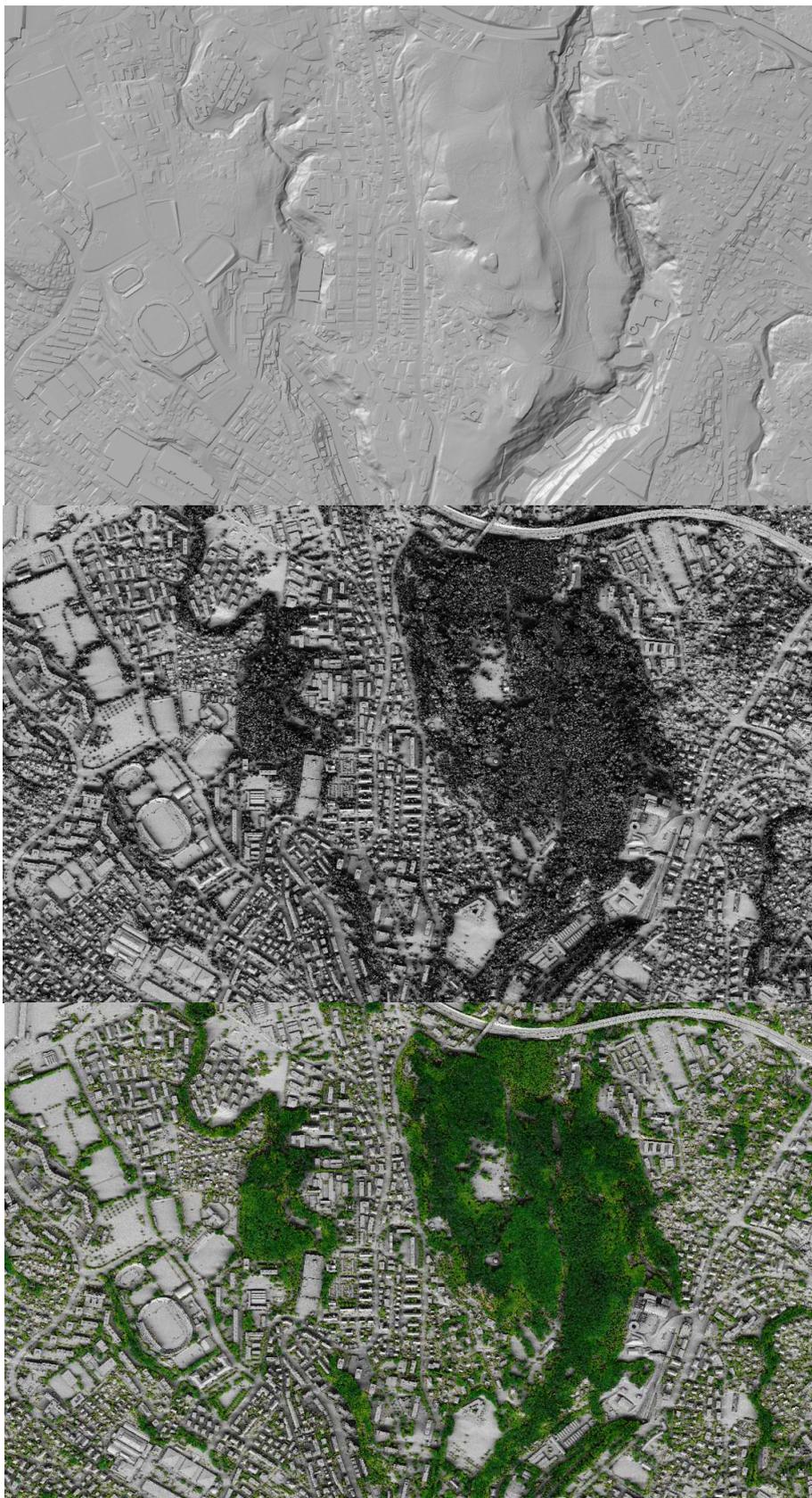


Figure 10 : MNT / MNS / MNC