

INVENTAIRE AUTOMATISÉ DES ARBRES ISOLÉS EN UTILISANT DES DONNÉES LiDAR

FORUM SITG
29 MARS 2022

Team STDL

Alessandro Cerioni (Data scientist – DIT, Etat de Genève)

Flann Chambers (Doctorant – CUI, UNIGE)

Gilles Gay des Combes (Assistant scientifique – ISE, UNIGE)

Adrian Meyer (Data Scientist – IGEO, FHNW)

Roxane Pott (Cheffe de projet – swisstopo)



VISIT US
stdl.ch

CONTACT US
info@stdl.ch

READ US
tech.stdl.ch

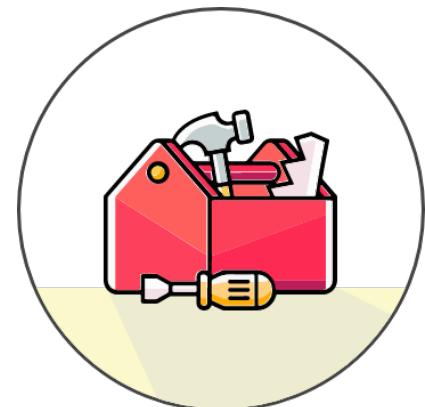
Le Swiss Territorial Data Lab - *STDL*

Une problématique d'une administration publique



Comment inventorier tous les arbres urbains du canton ?

Beaucoup d'outils pour la résoudre...



... mais difficile de trouver le bon ou la bonne manière de l'utiliser.

Le Swiss Territorial Data Lab - *STDL*



Swiss Territorial
Data Lab

Un bac à sable pour expérimenter

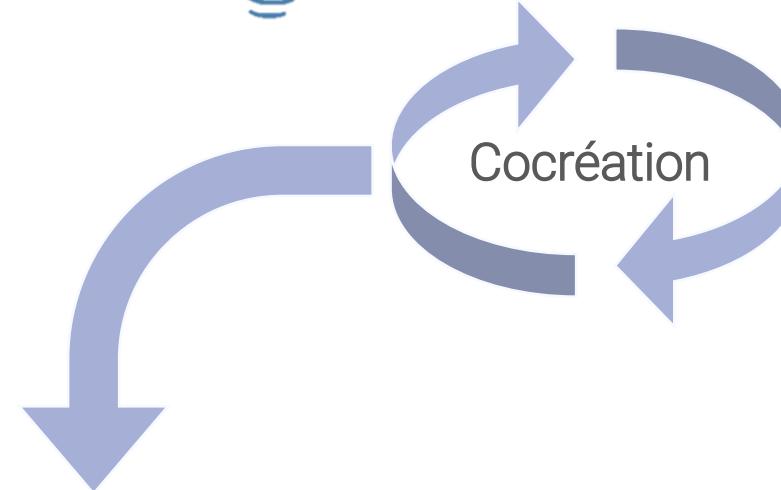
Un groupe d'experts technique

Des méthodologies de data science

Des idées innovantes...



Cocréation



Transfert de la connaissance acquise
dans d'autres administrations publiques



... et les experts métier des
administrations pour
évaluer les résultats



Le projet ARBRES ISOLÉS

Une collaboration étroite

Expertise métier

- Canton de Genève – OCAN
- Canton de Neuchâtel – SITN
- Ville de Genève – CJBG

Expertise Data Science et gestion de projet

- Swiss Territorial Data Lab
 - swisstopo
 - Canton de Genève – SITG
 - Canton de Neuchâtel – SITN
 - Université de Genève
 - Fachhochschule Nordwestschweiz

Données : relevés LiDAR et de terrain

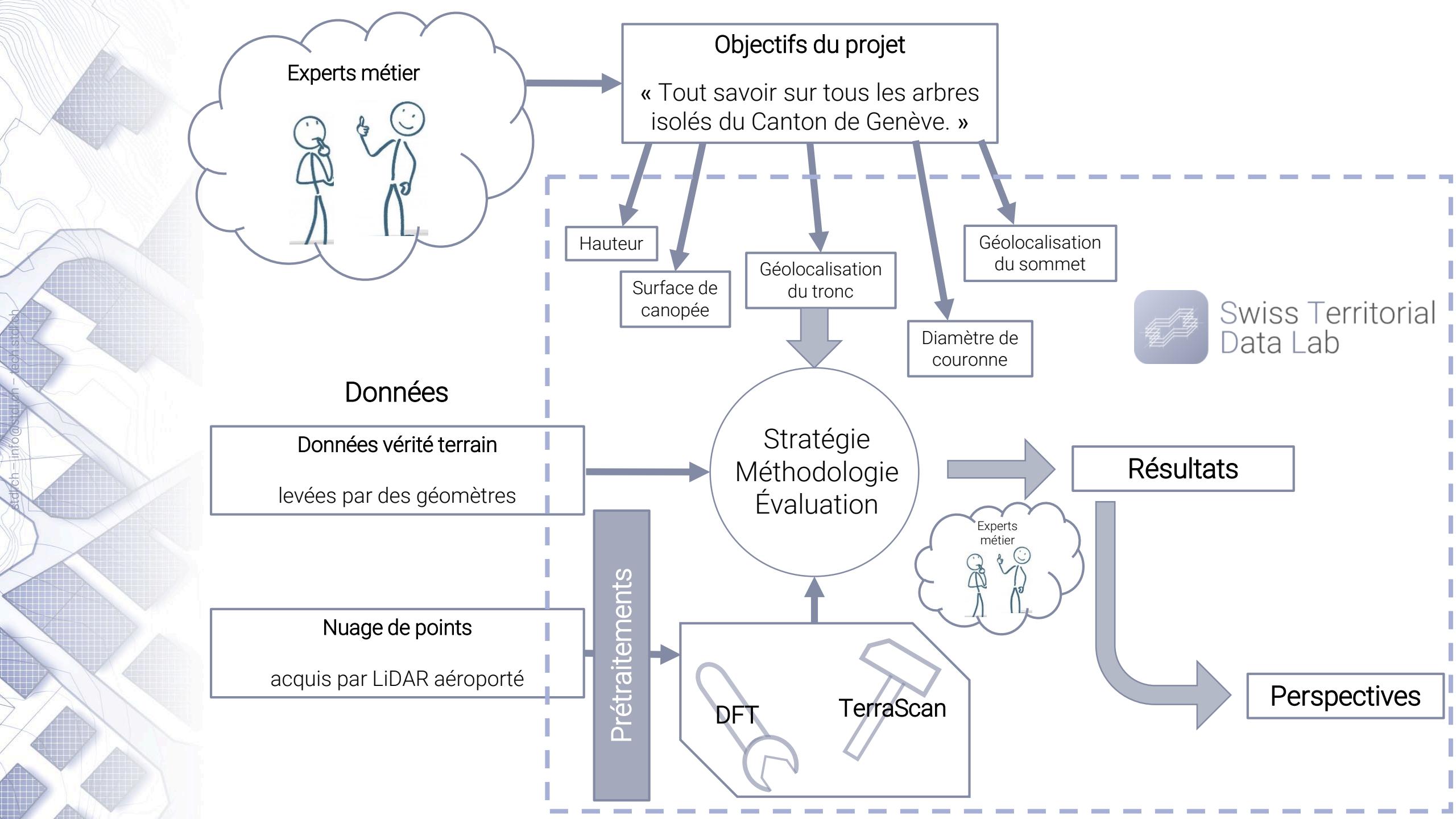
- Canton de Genève – SITG

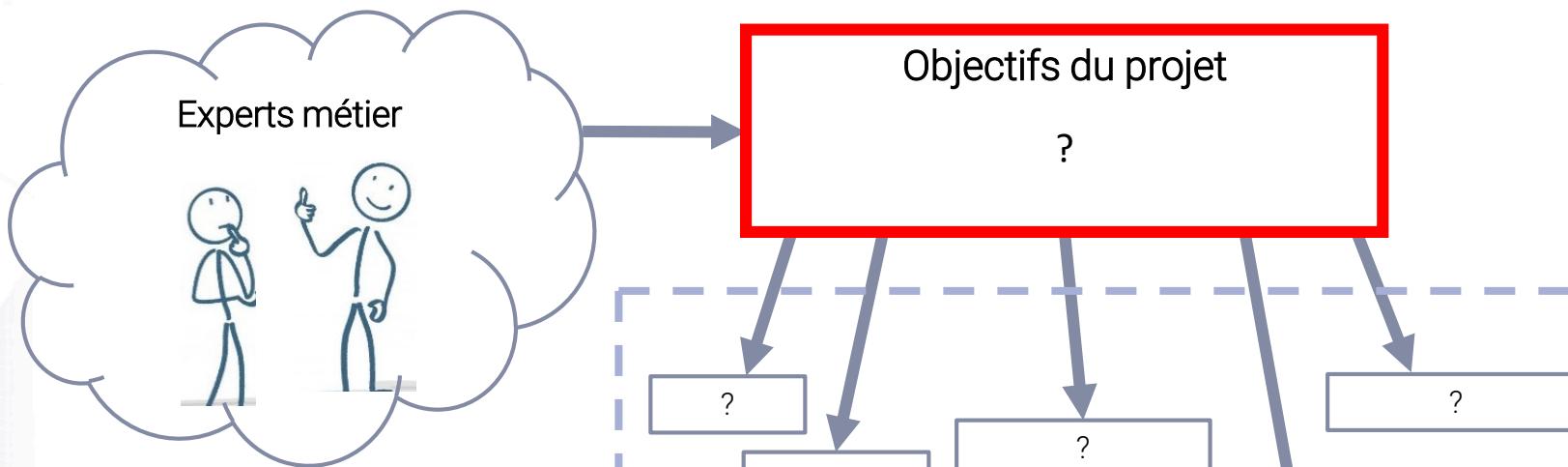
Introduction

Contexte

- Volonté du Canton de Genève de développer son patrimoine arboré
 - Objectif de 30% de surface de canopée d'ici 2050
- Besoin de **données** et **d'outils** pour le caractériser et monitorer son développement
- Inventaire Cantonal des Arbres (ICA)
 - plus de 230'000 arbres isolés* recensés
 - Incomplet
 - Difficile à mettre à jour

**Arbres isolés* : tous les arbres hors du cadastre forestier





Introduction

Objectifs

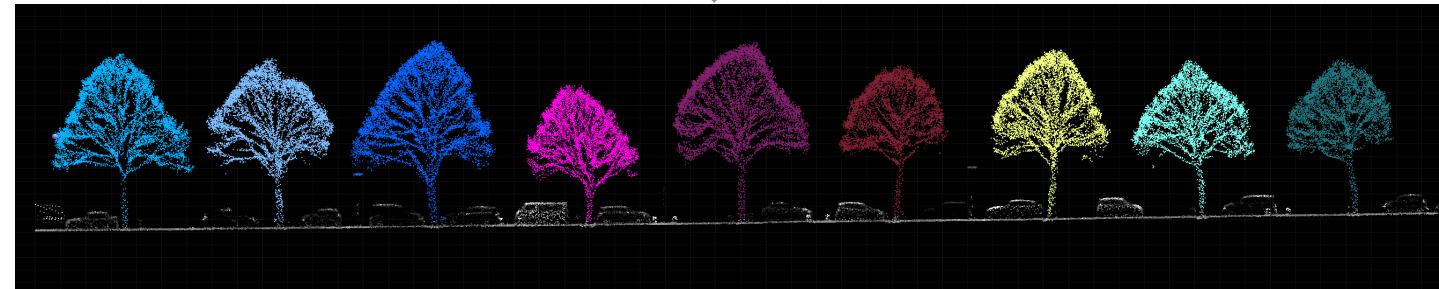
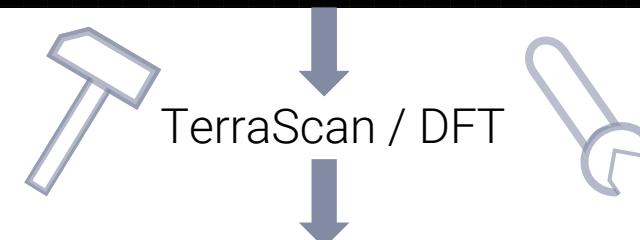
1. Tester et développer des méthodologie et des outils permettant de **déetecter les arbres isolés de manière semi-automatisée** à partir de relevé LiDAR aérien à très haute densité.
2. Extraction de divers paramètres à partir du nuage de point segmenté:

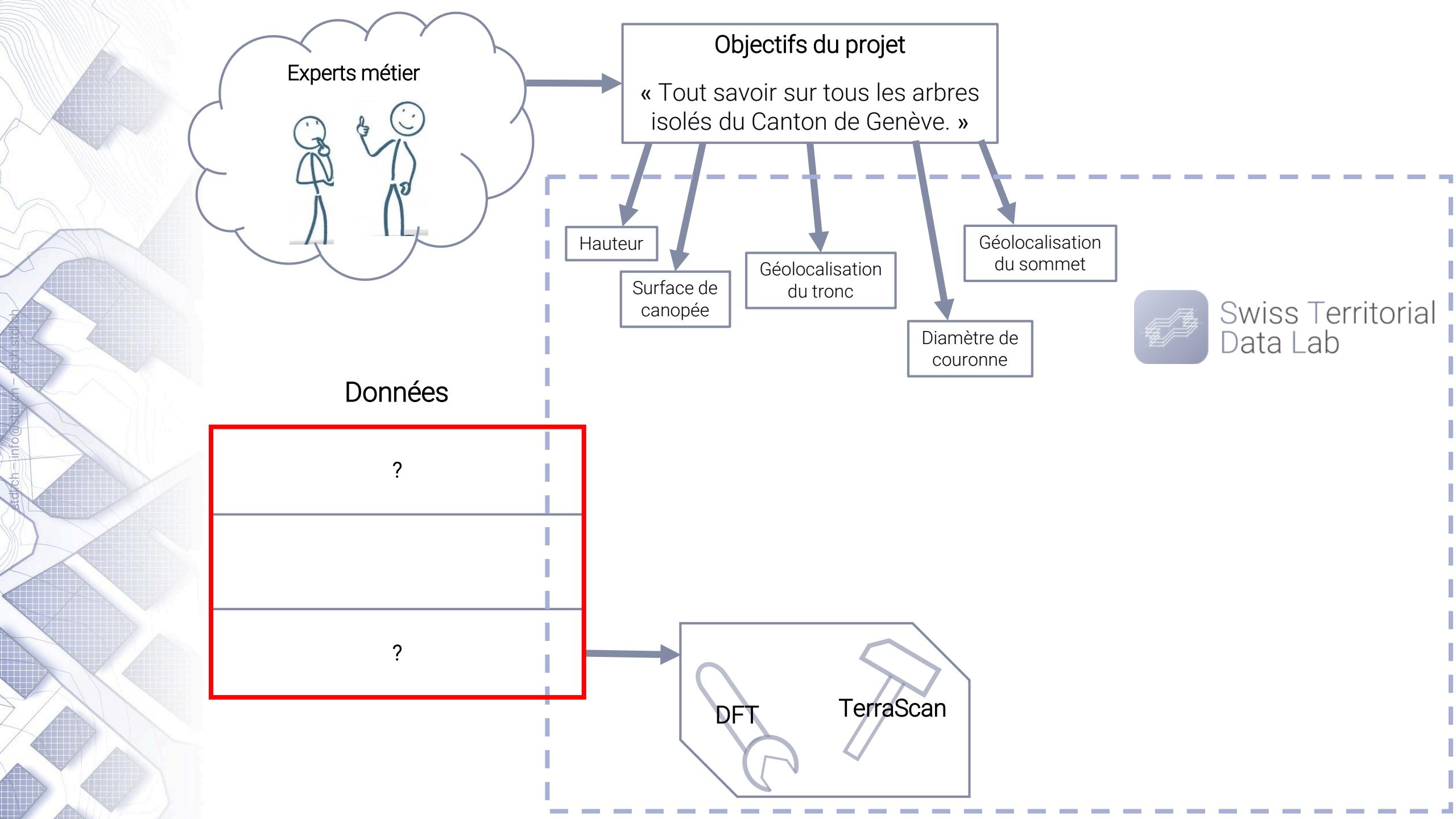
Paramètre	Précision
Géolocalisation du tronc	1 m
Géolocalisation du sommet	1 m
Hauteur	2 m
Diamètre du tronc à 1m	10 cm
Diamètre de couronne	1 m
Surface de canopée	1 m ²
Volume de canopée	1 m ³

Détection d'arbres par segmentation d'un nuage de points

Challenge : Utiliser des outils adaptés pour le secteur de la foresterie à un contexte urbain

- Structure arborée très hétérogène
- Grande diversité de formes et d'espèces





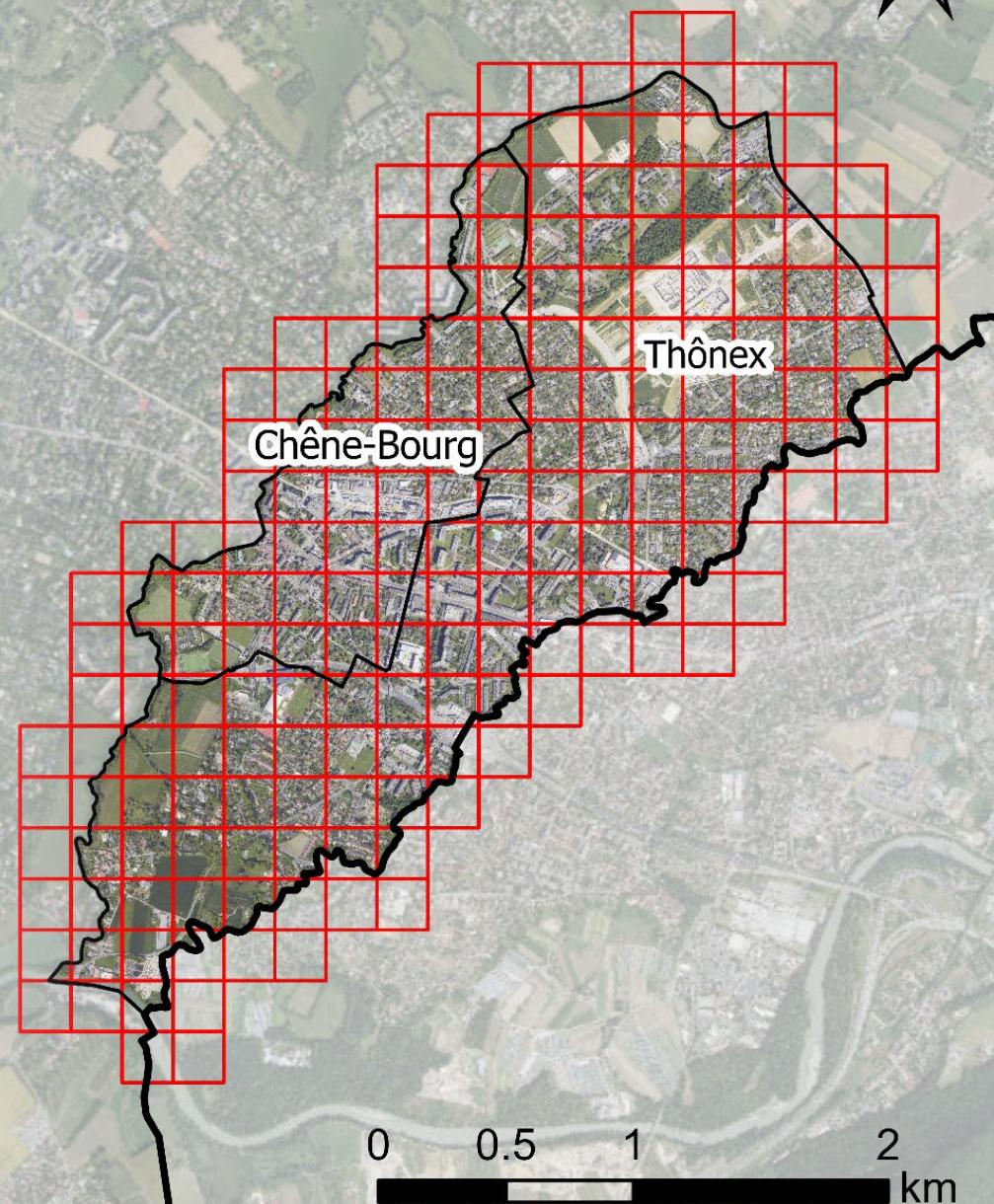
Données LiDAR

Densité : > 200 pts / m²

Date : 10 mars 2021

Classification (Végétation)

- **Classe 4**
Végétation moyenne < 3m
- **Class 5**
Végétation haute > 3m



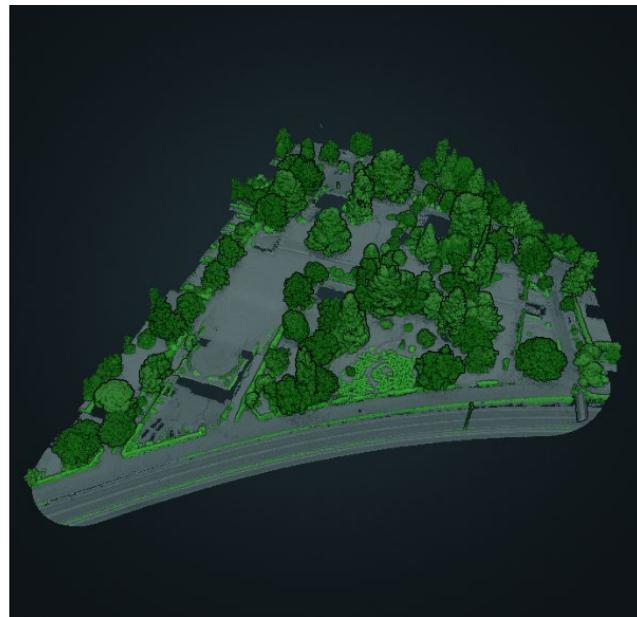
Données

Secteurs tests & Relevé géomètre

Avenue Bel-Air



Parc Floraire



Adrien Jeandin



Type :

Alignment d'arbre

Structure :

Arbres bien isolés, de
forme/d'espèce identique

Parc arboré

Grande diversité d'espèces et de
formes

Mixte

Alignements / Parc / Haies d'arbres
/ etc

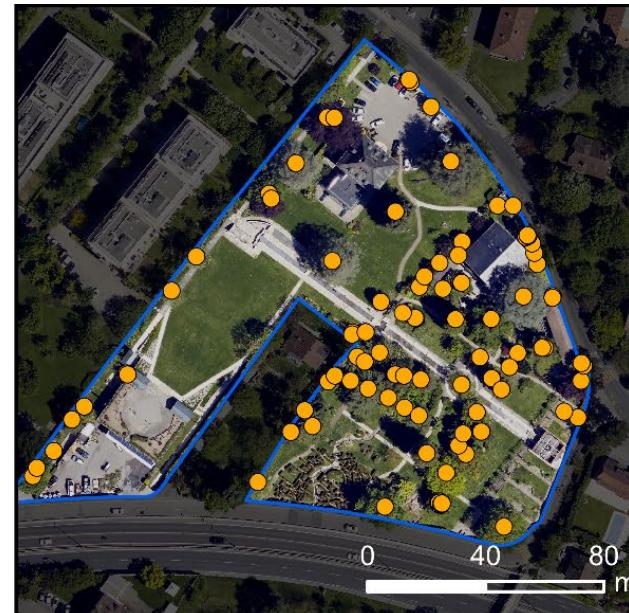
Données

Secteurs tests & Relevé géomètre

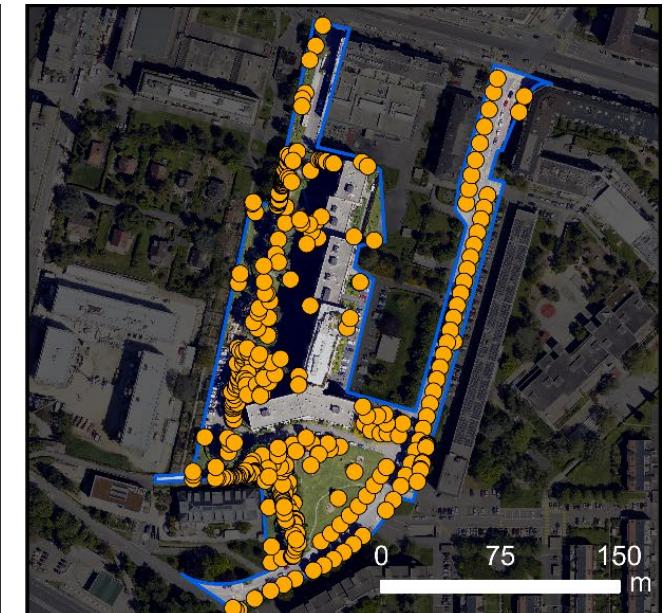
Avenue Bel-Air



Parc Floraire

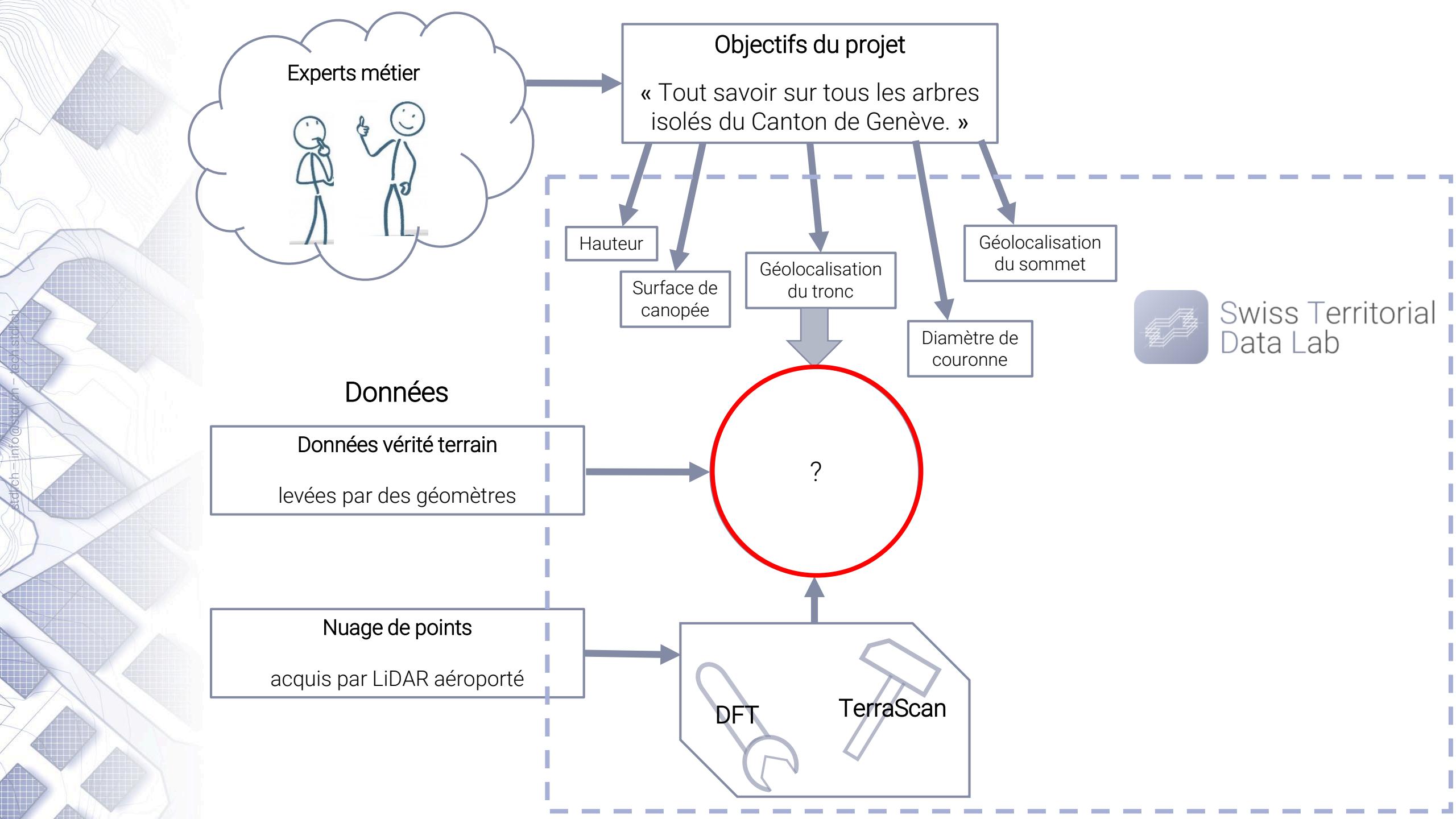


Adrien Jeandin

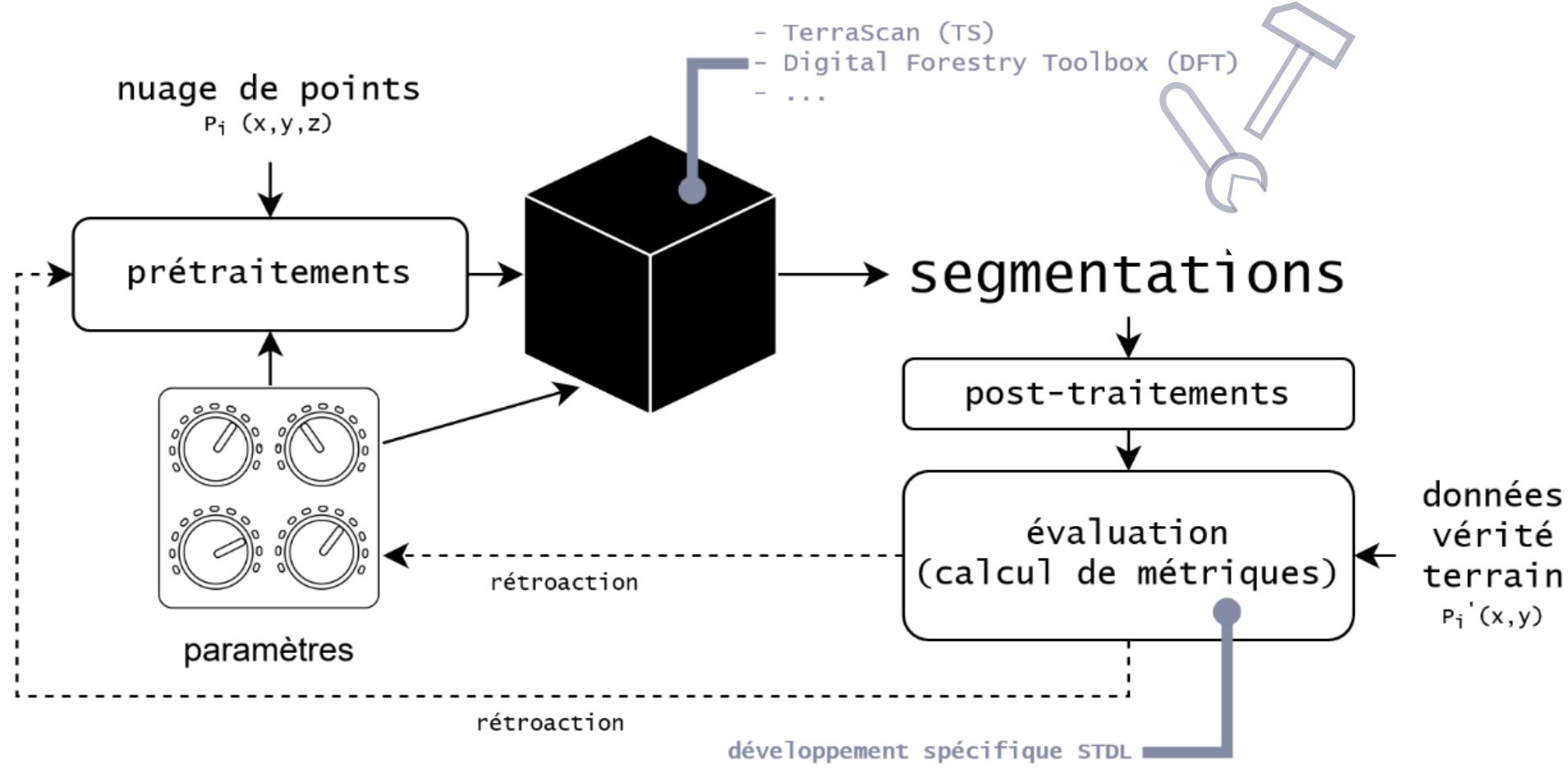


Relevé géomètre

- Arbres avec un tronc de plus de 10 cm de diamètre
- Cordonnées GPS du tronc à 1m de hauteur
- Diamètre du tronc à 1m de hauteur



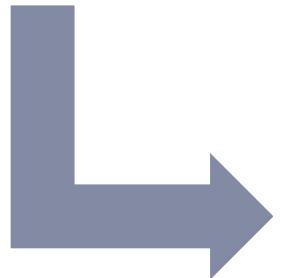
Framework



- Ce framework permet de valider la pertinence des prétraitements et d'identifier les **meilleurs paramètres**.
- Les choix de l'outil (TS, DFT) et de l'algorithme de segmentation peuvent être vus comme des paramètres parmi d'autres.

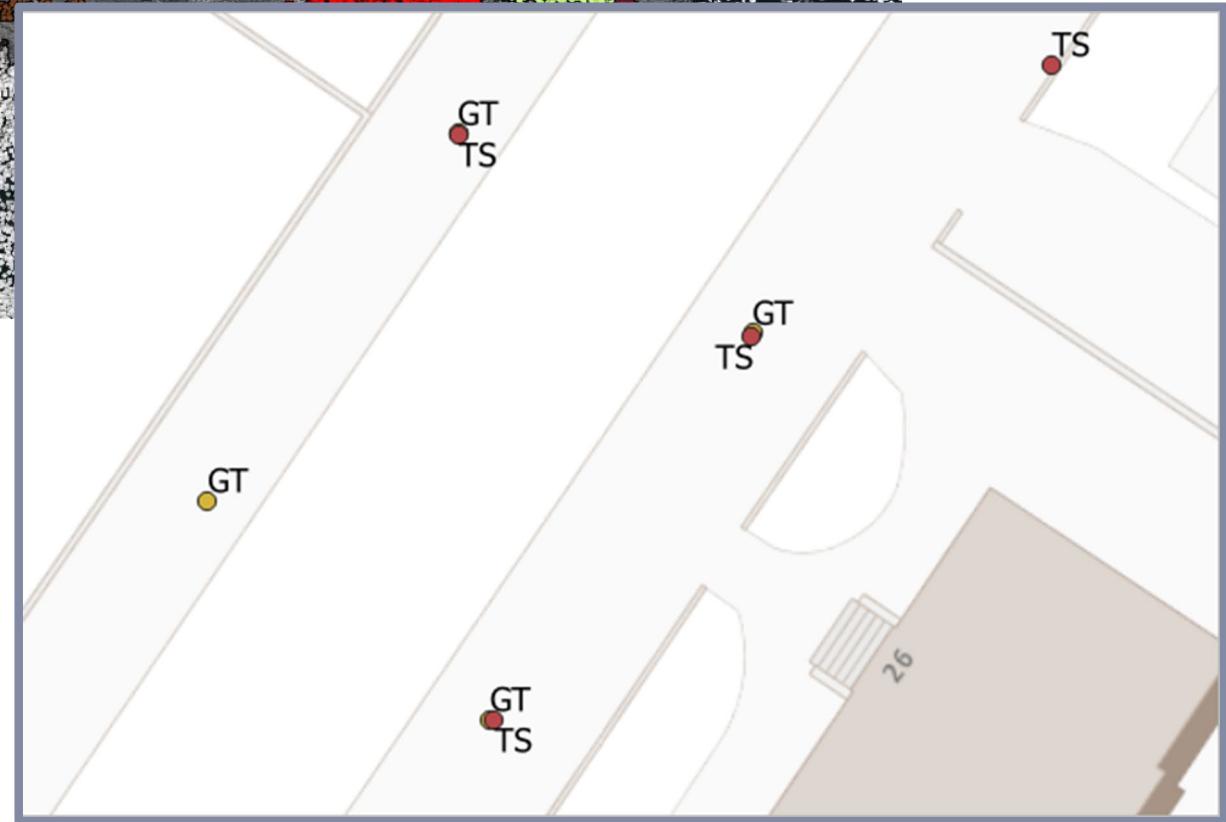
Détections vs vérité terrain (GT)

stdtch - info@stdtch - tech stdtch



TS = TerraScan

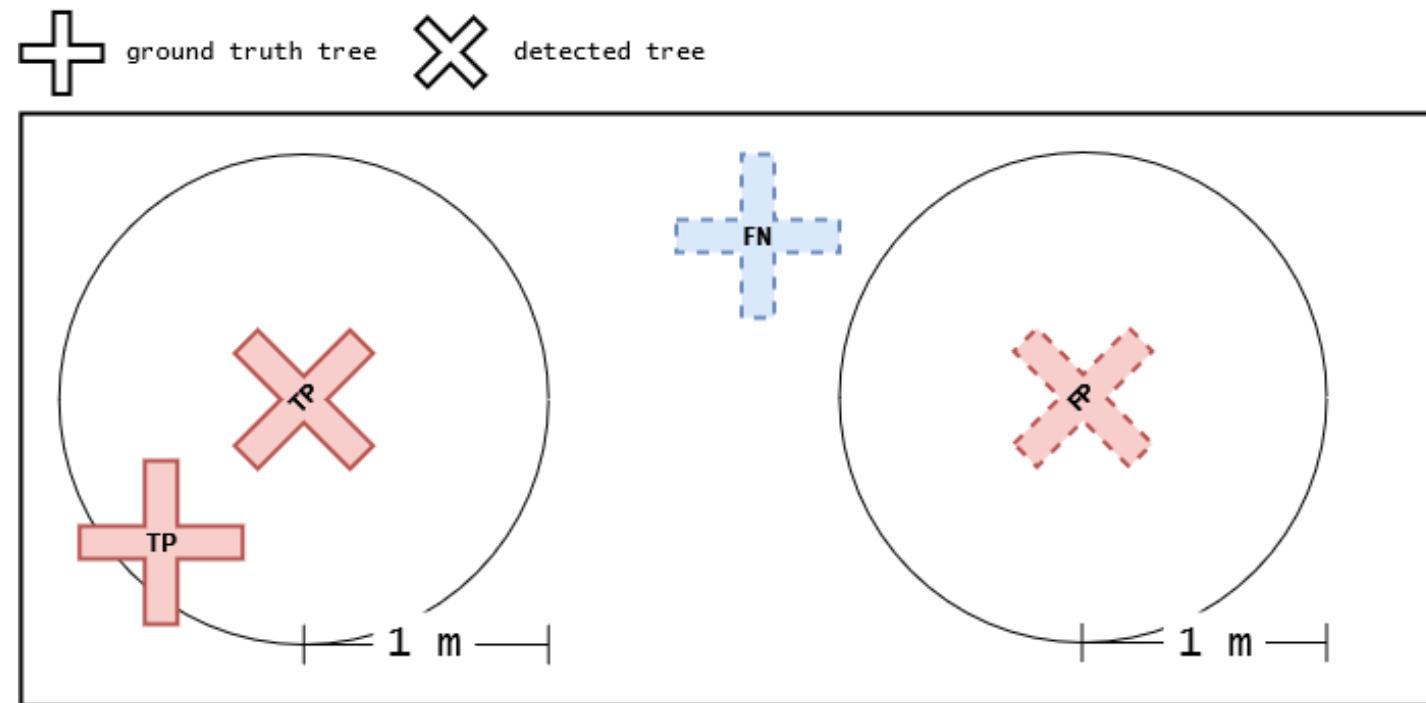
GT = Ground Truth (vérité terrain)



Détections vs vérité terrain

stdich - info@stdich - tech stdich

Algorithme de matching – cas simple

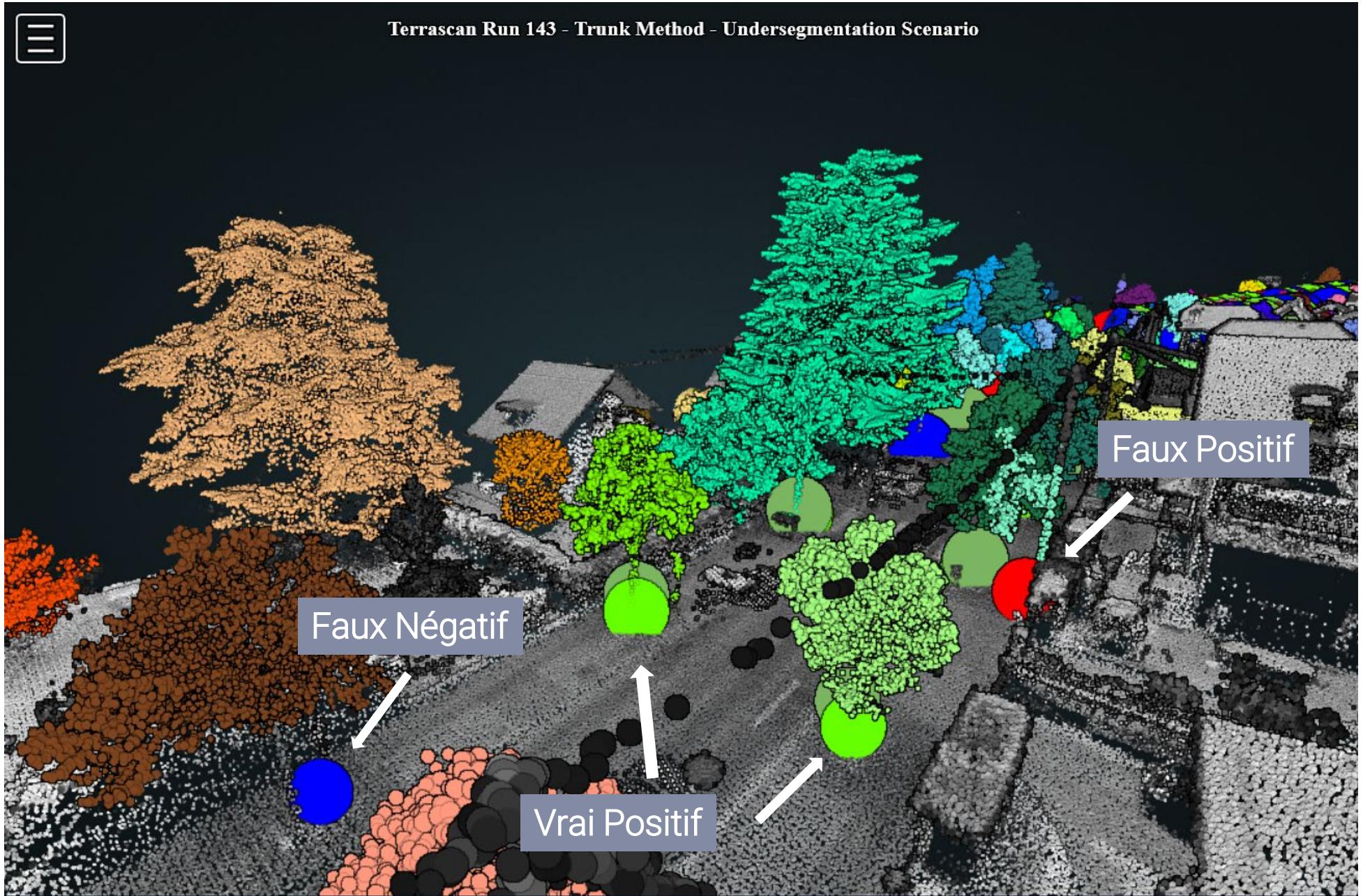


Bilan :

- 1 TP
- 1 FP
- 1 FN

- 1 m = la précision requise
- TP = True Positive = Vrai Positif
- FP = Faux Positif
- FN = Faux Négatif

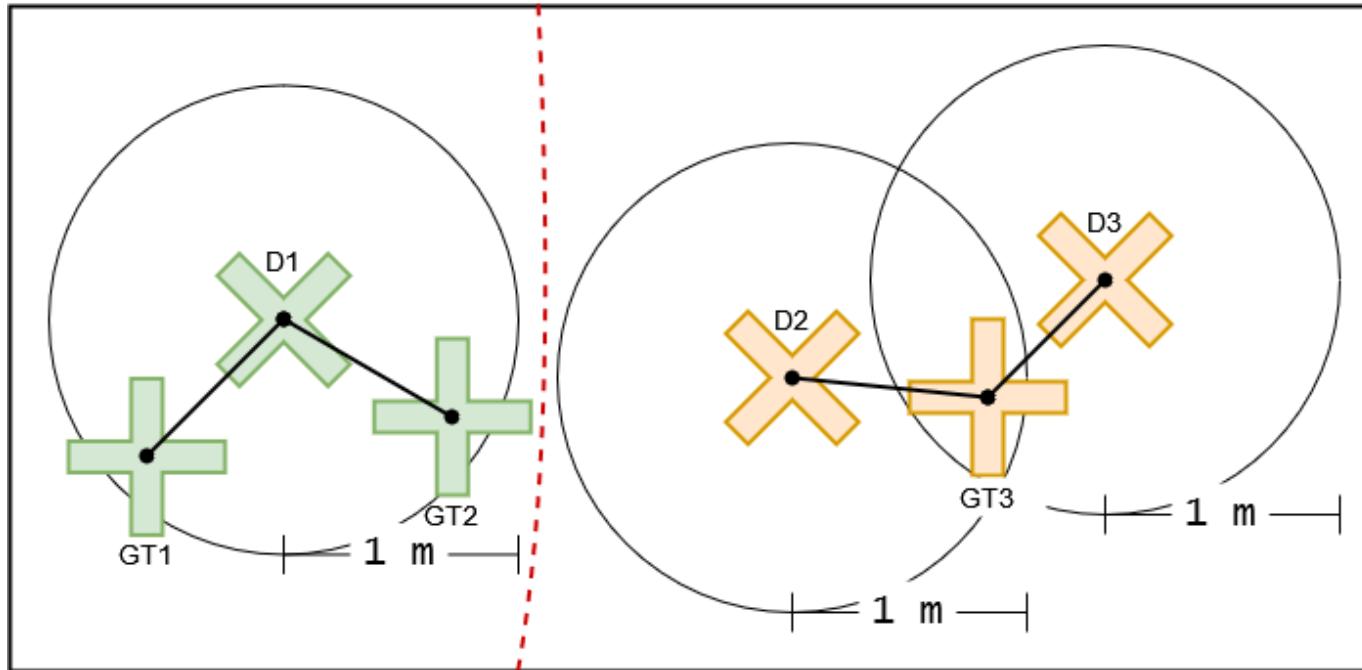
Détections vs vérité terrain



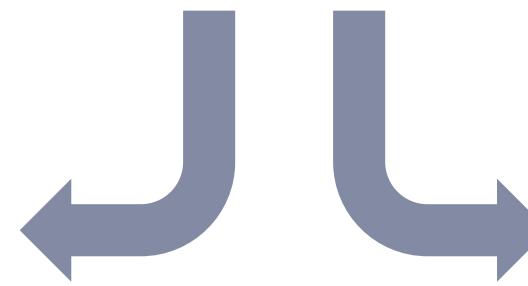
Détections vs vérité terrain

Algorithme de matching – cas complexe

ground truth tree detected tree



	TP	FP
D1	1	0
D2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
D3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Bilan	2	1



	TP	FN
GT1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
GT2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
GT3	1	0
Bilan	2	1

Métriques

Comptages (grandeur extensives)

- vrai positifs
- faux positifs
- faux négatifs



Métriques (grandes intensives)

- précision
- rappel
- F1-score

INTERPRETATION

précision = 1.0 = 100 %

=> toutes les detections sont OK (pas de faux positifs)



True Positive
We detected a real tree



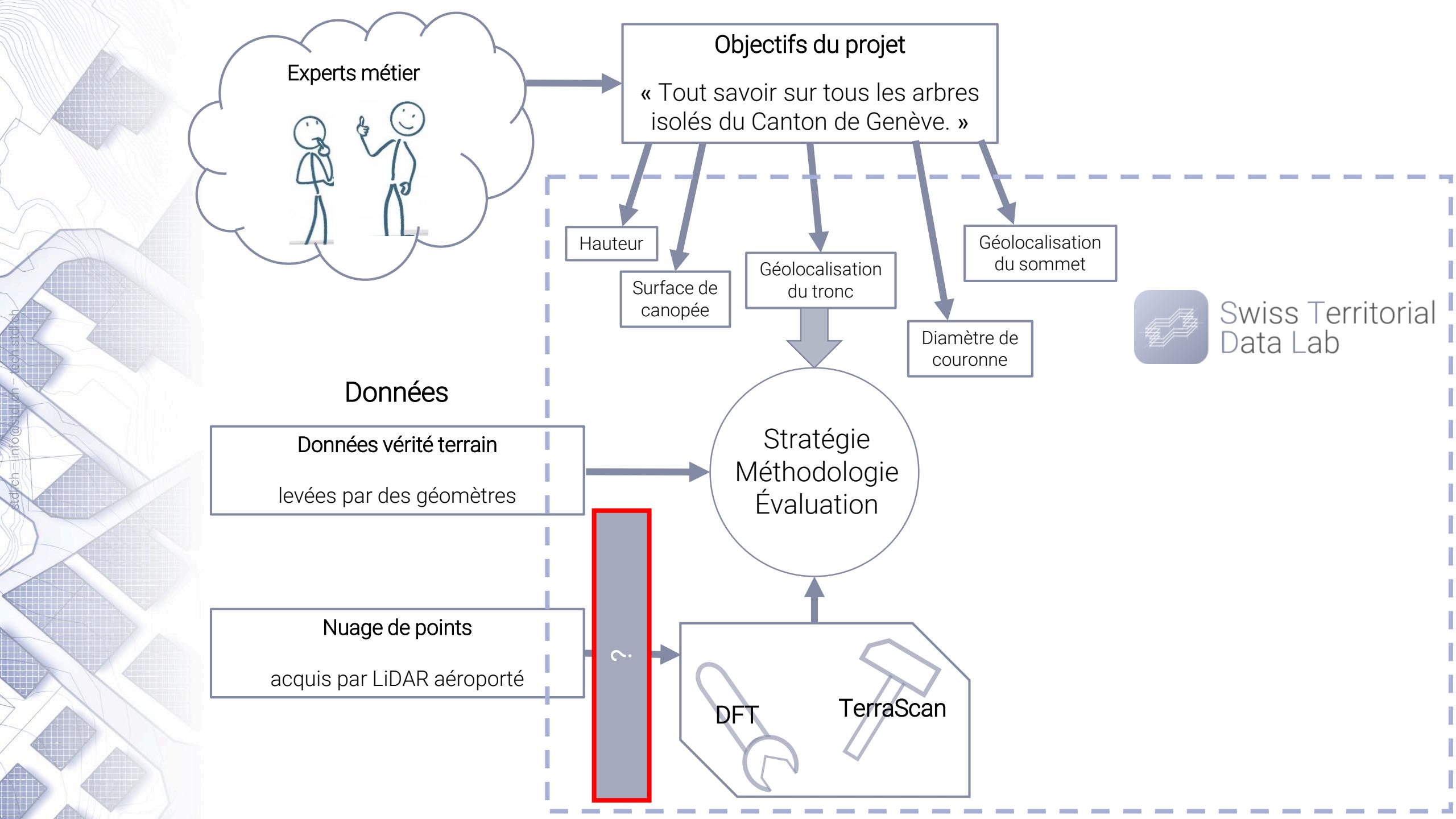
False Positive
We detected a false tree



False Negative
We missed a real tree

rappel = 1.0 = 100 %

=> tous les arbres ont été détectés (pas de faux négatifs)

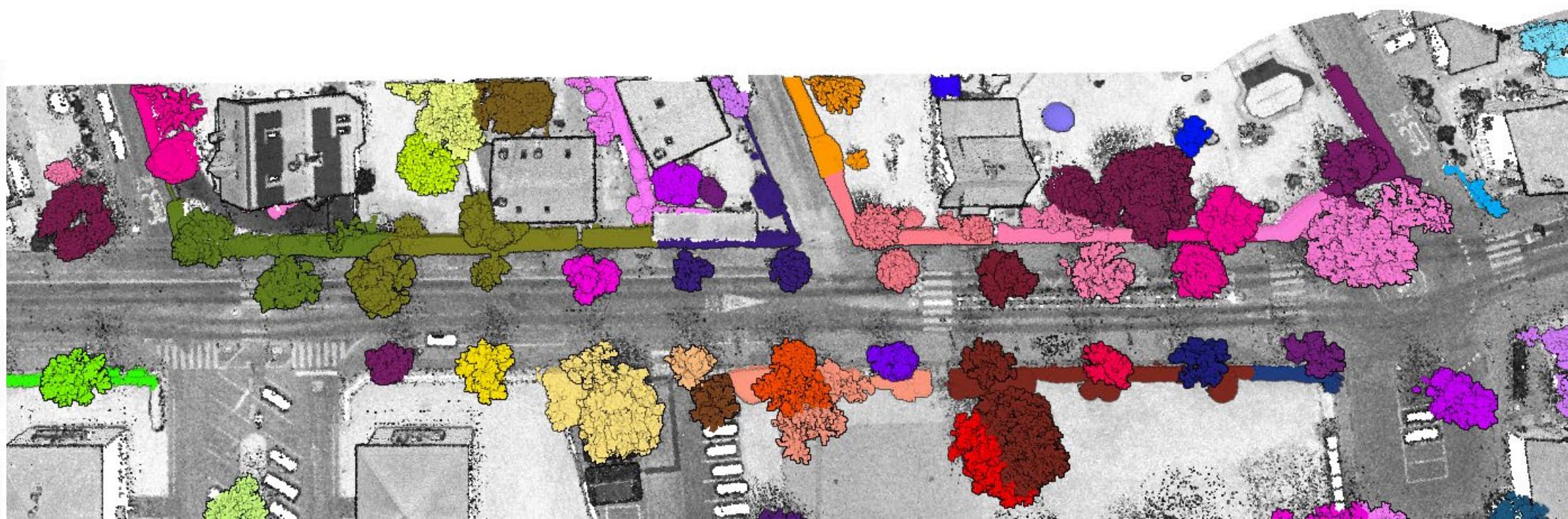


Prétraitements

La classification du nuage de point influence la qualité de la segmentation !

Deux principaux problèmes relevés :

- La classe 4 (*Végétation 0.5 – 3m*) contient les troncs des arbres, mais aussi des haies et buissons
- Certains troncs ont été mal classifiés et se retrouvent dans la classe 0 plutôt que la class 4

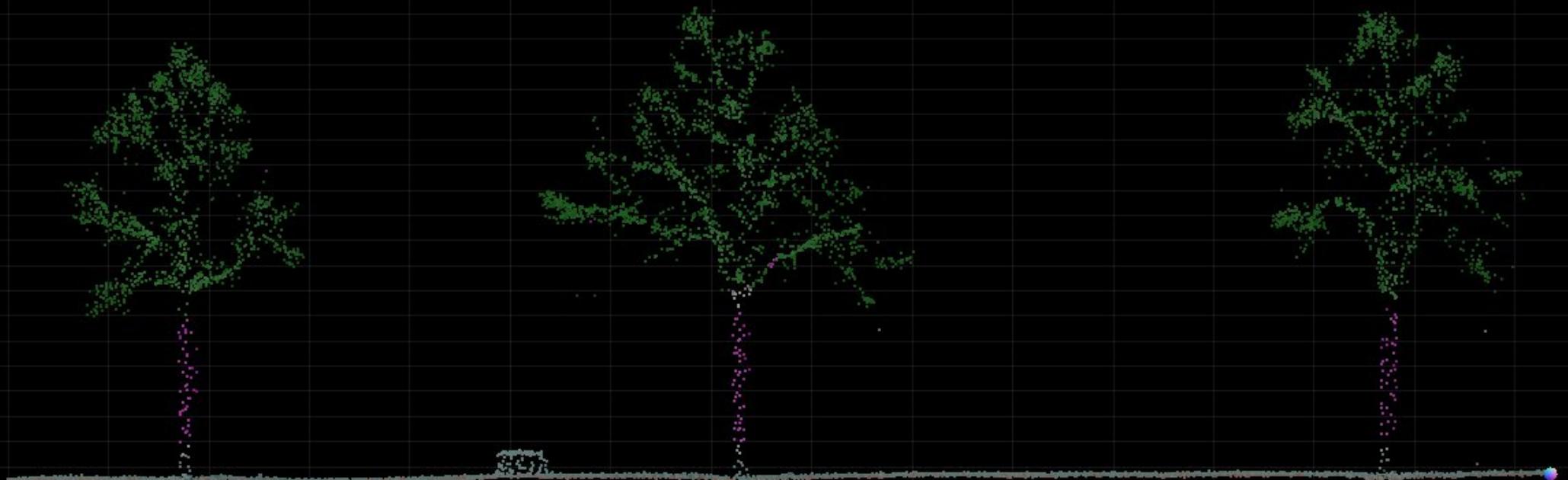


Prétraitements

Reclassification des troncs (*Terrascan & FME*)

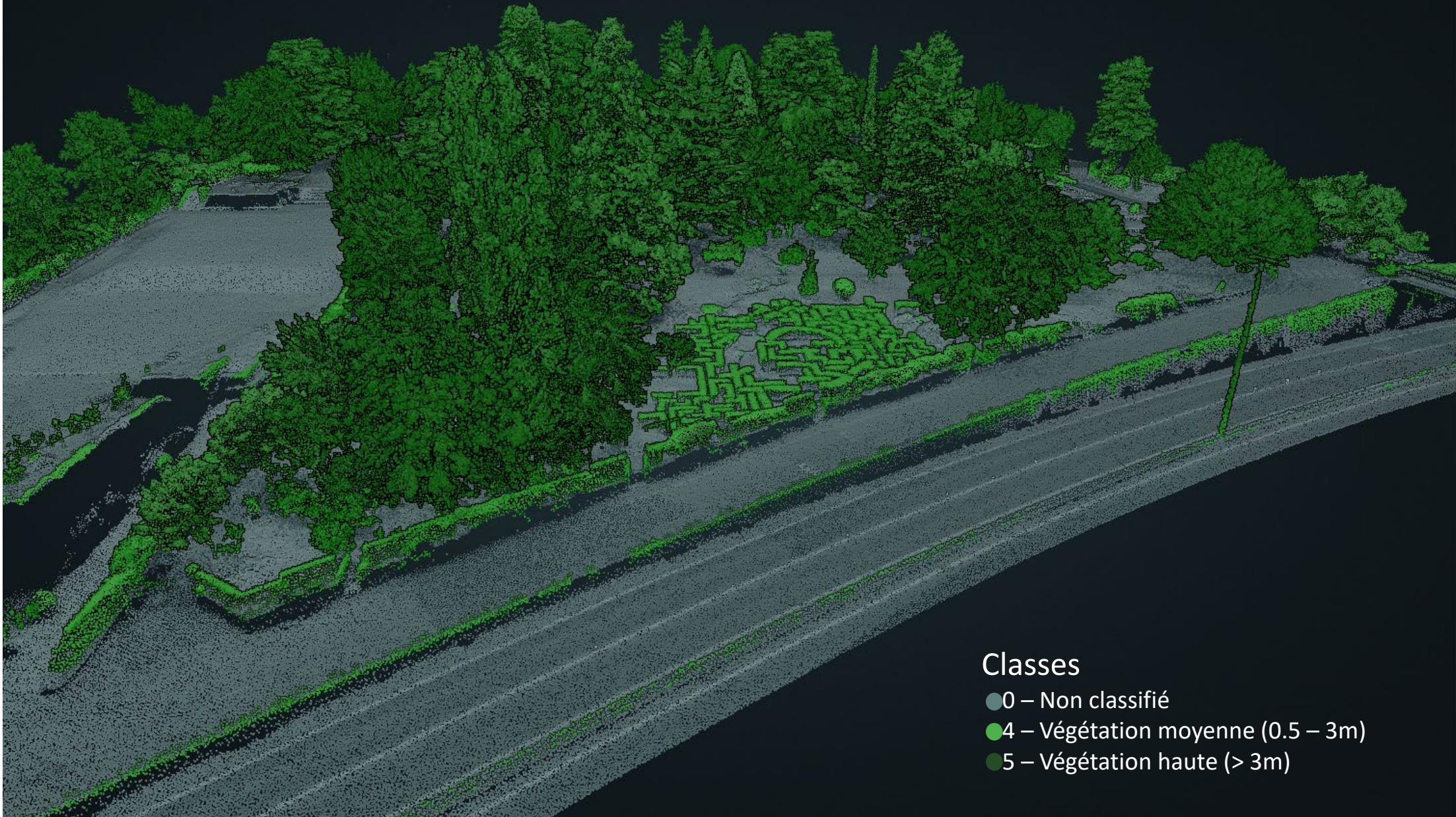
Classes

- 0 – Non classifié
- 4 – Végétation moyenne (0.5 – 3m)
- 5 – Végétation haute (> 3m)



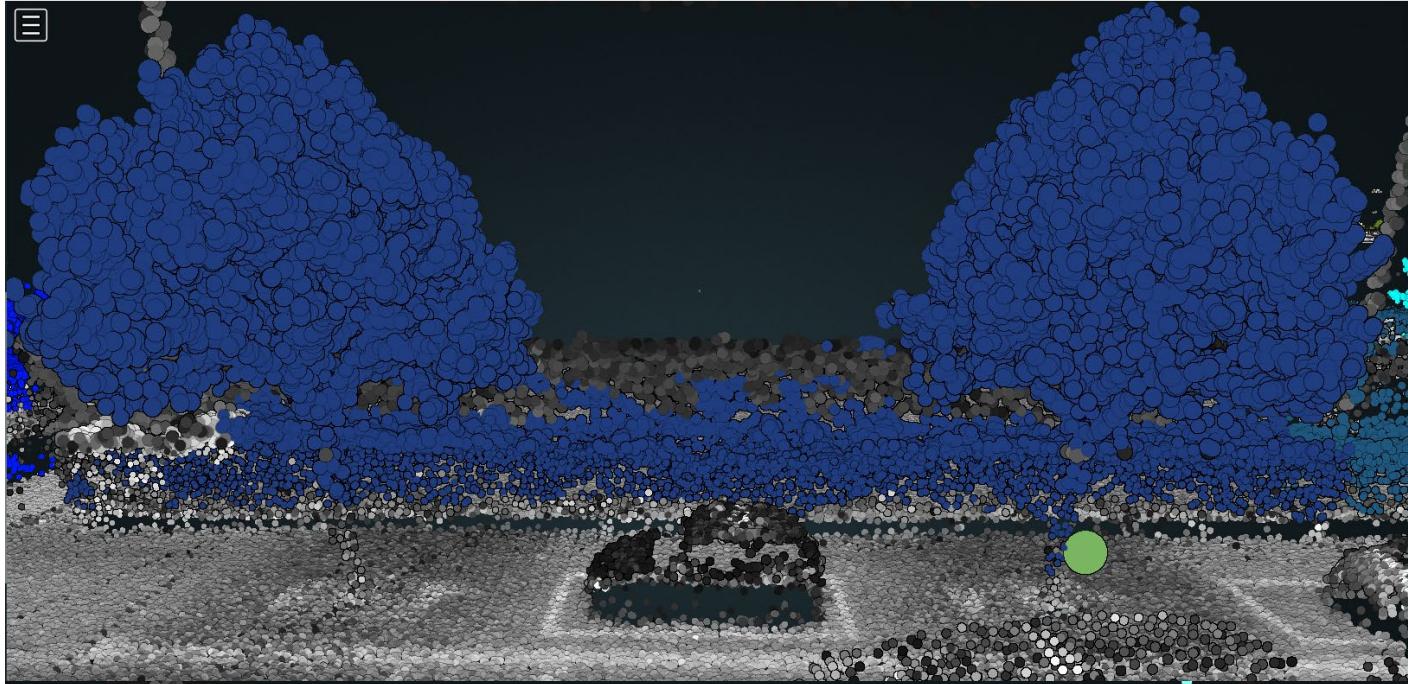
Prétraitements

Nettoyage du nuage de points (*FME*)

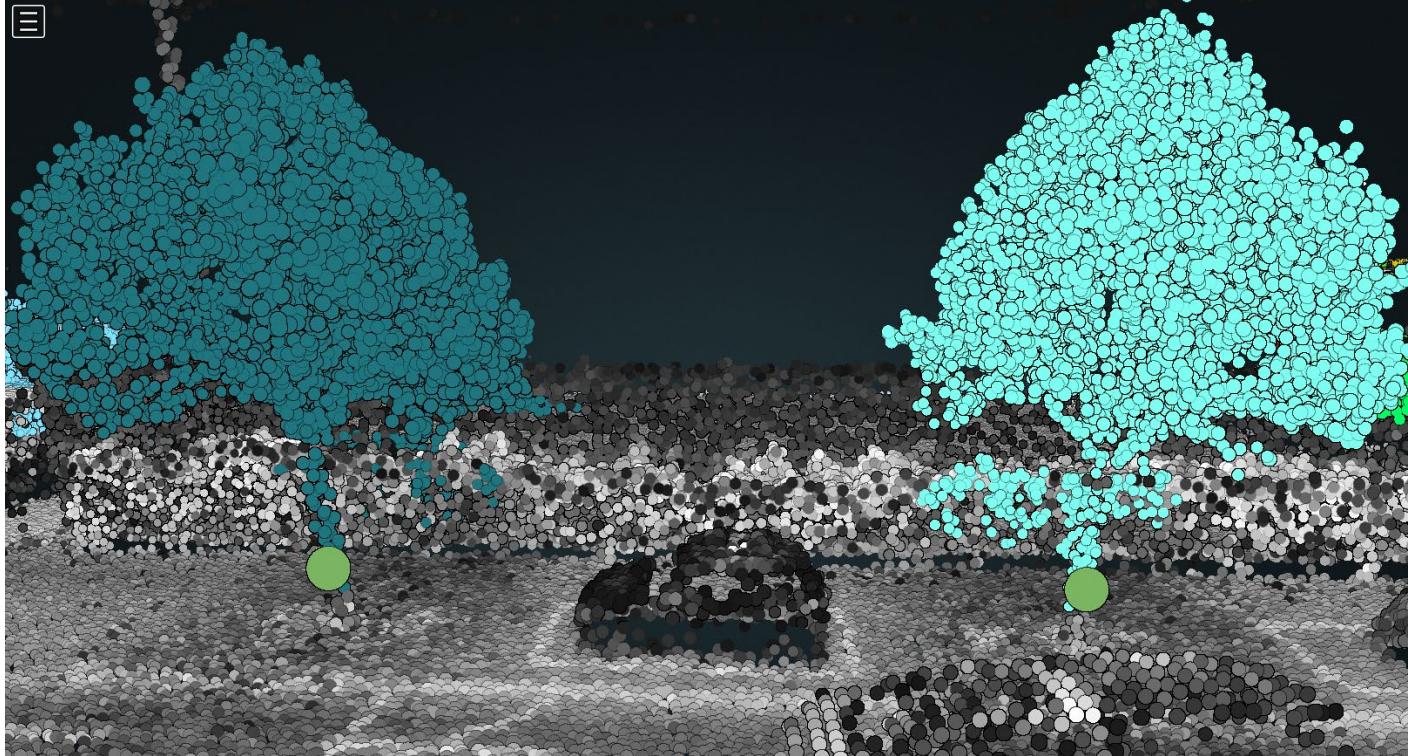


Prétraitements

Segmentation sans
prétraitement

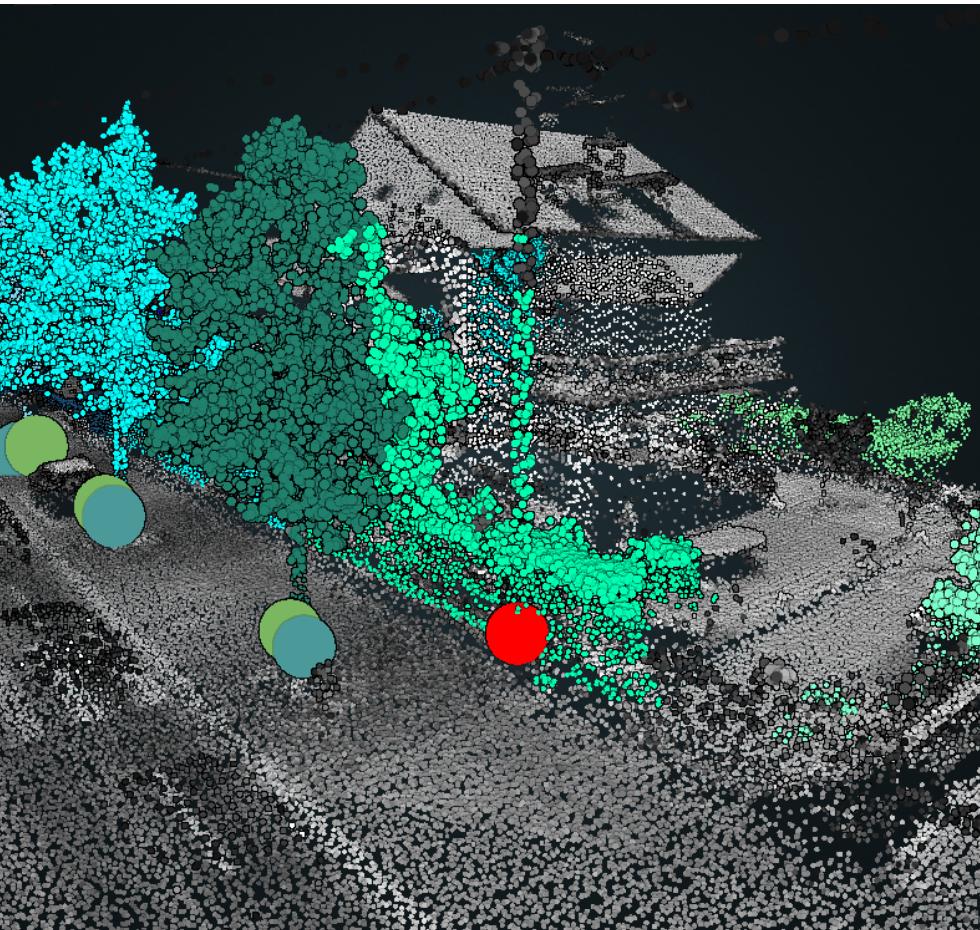


Segmentation avec
prétraitement

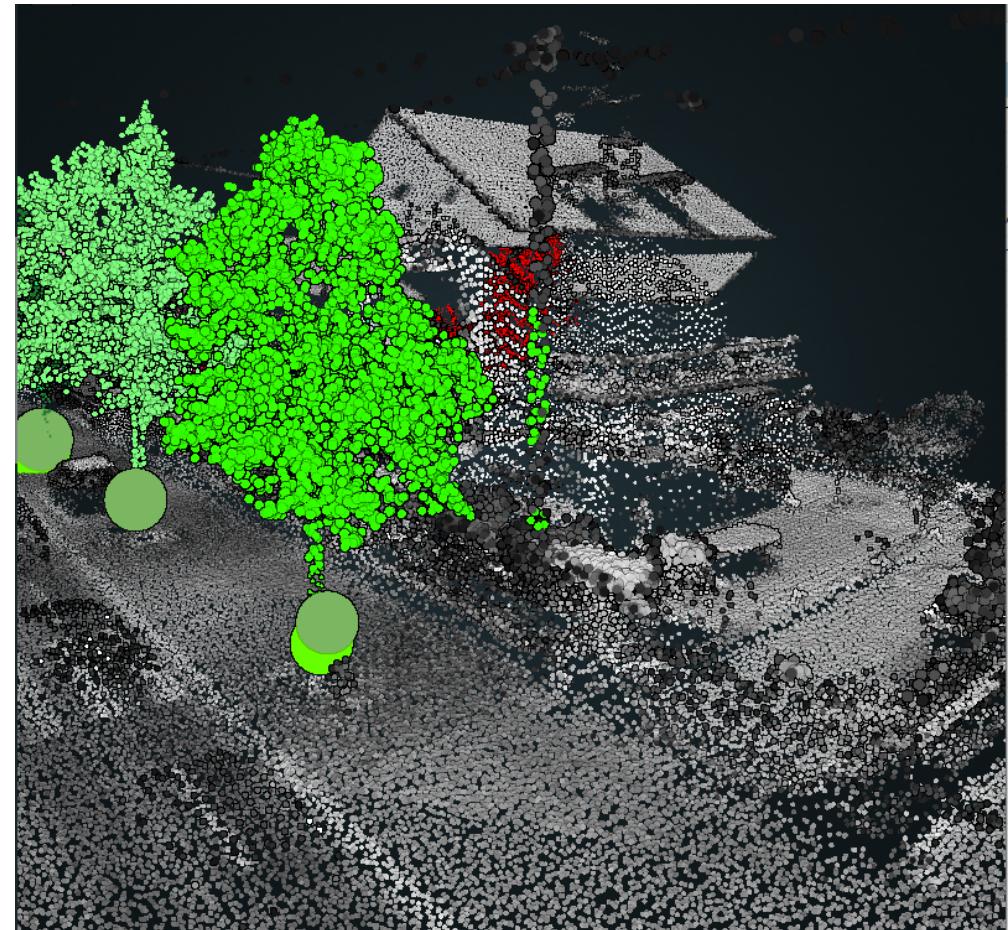


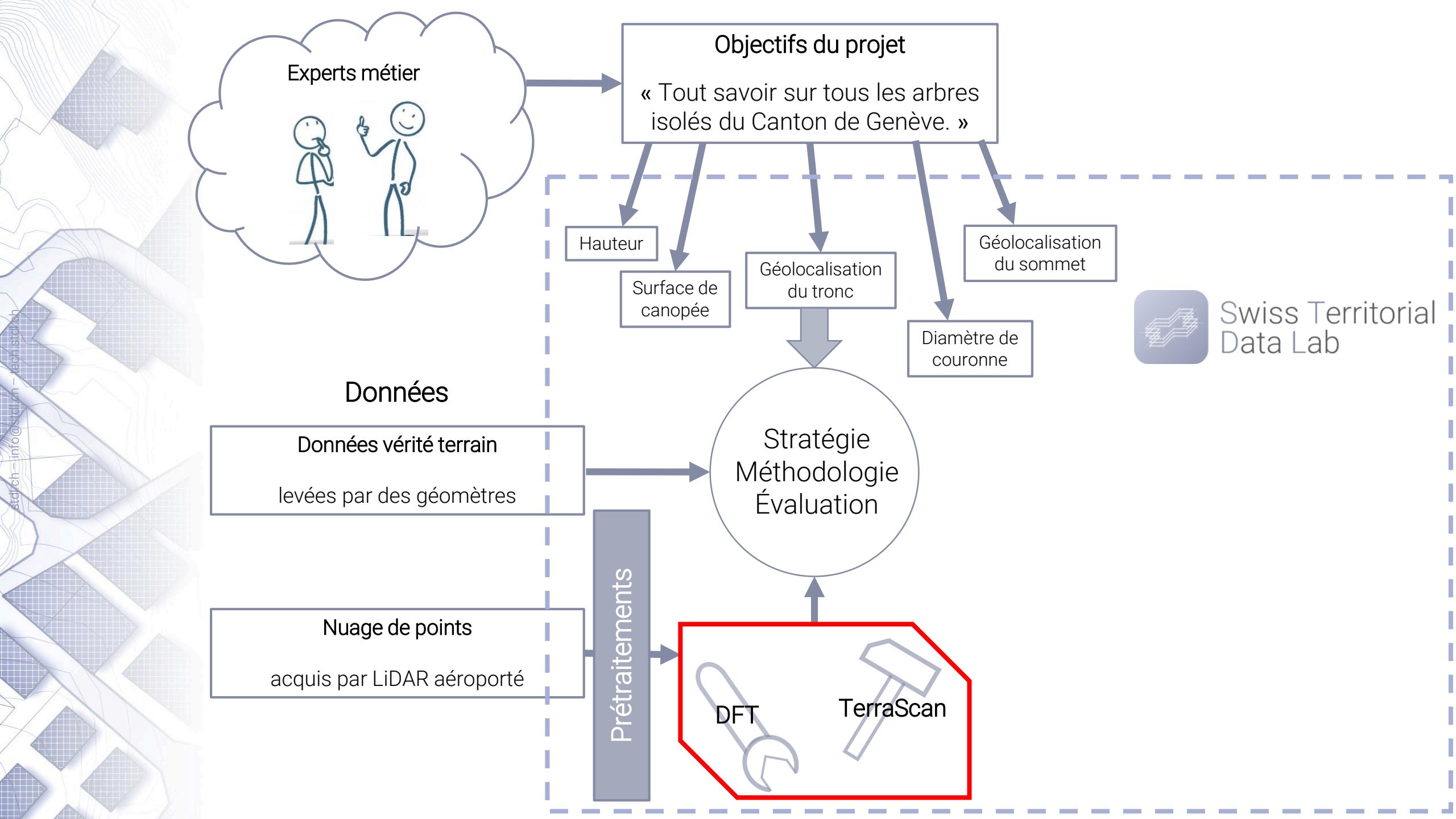
Prétraitements

Segmentation sans
prétraitement



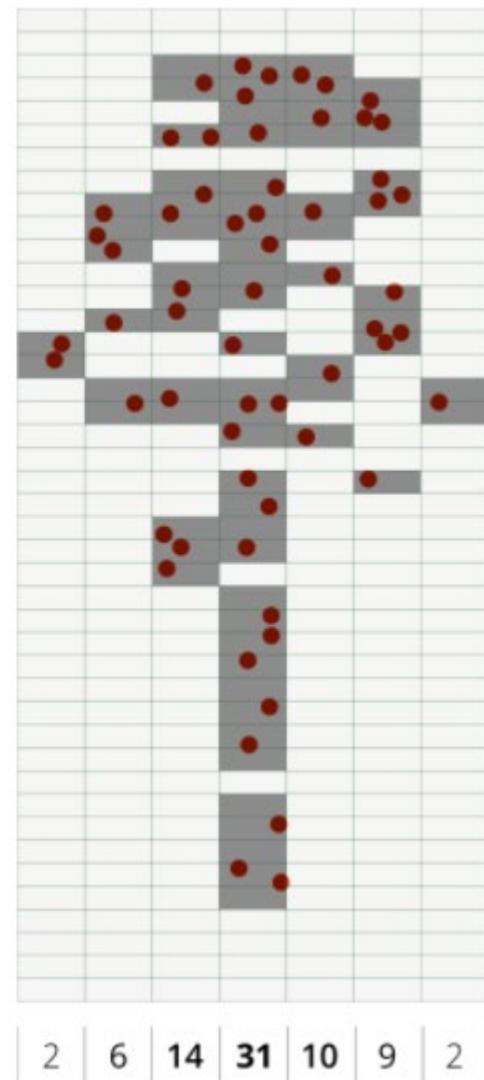
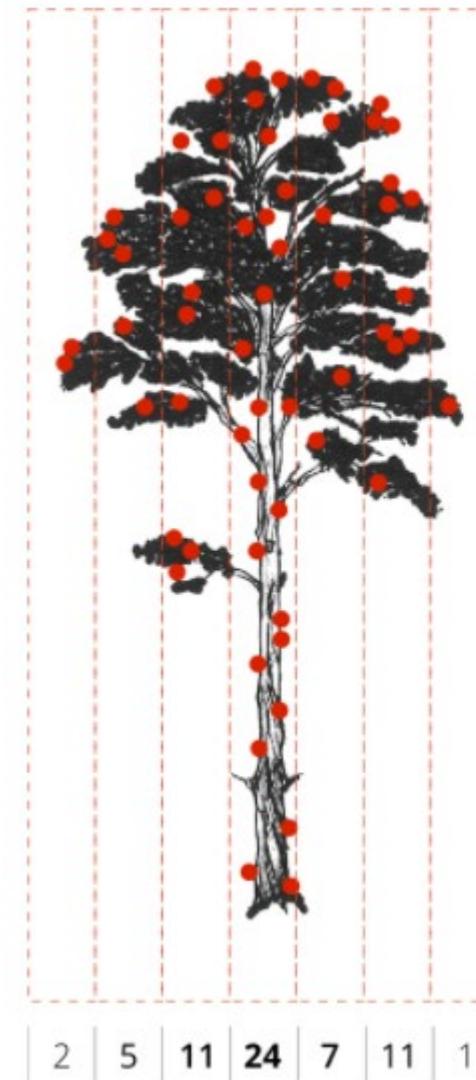
Segmentation avec
prétraitement





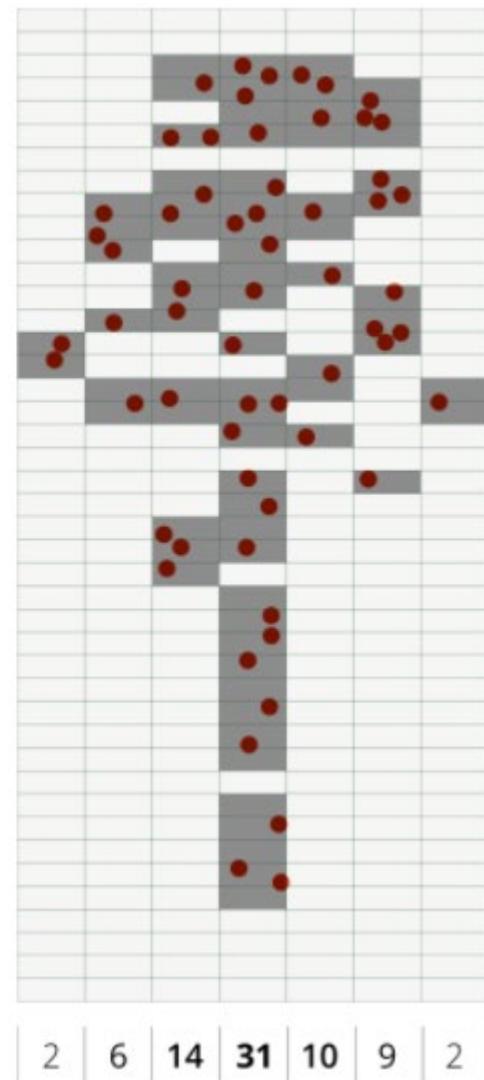
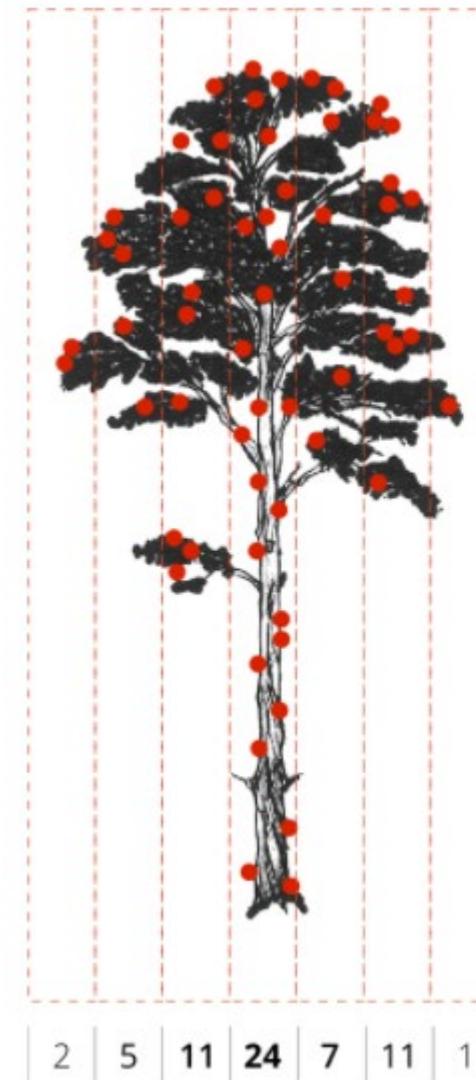
Principe de fonctionnement – DFT

- La densité verticale de points LiDAR est beaucoup plus forte au niveau du tronc.
- Rastérisation du nuage de points.
- Meilleures performances que la détection des couronnes (DFT).



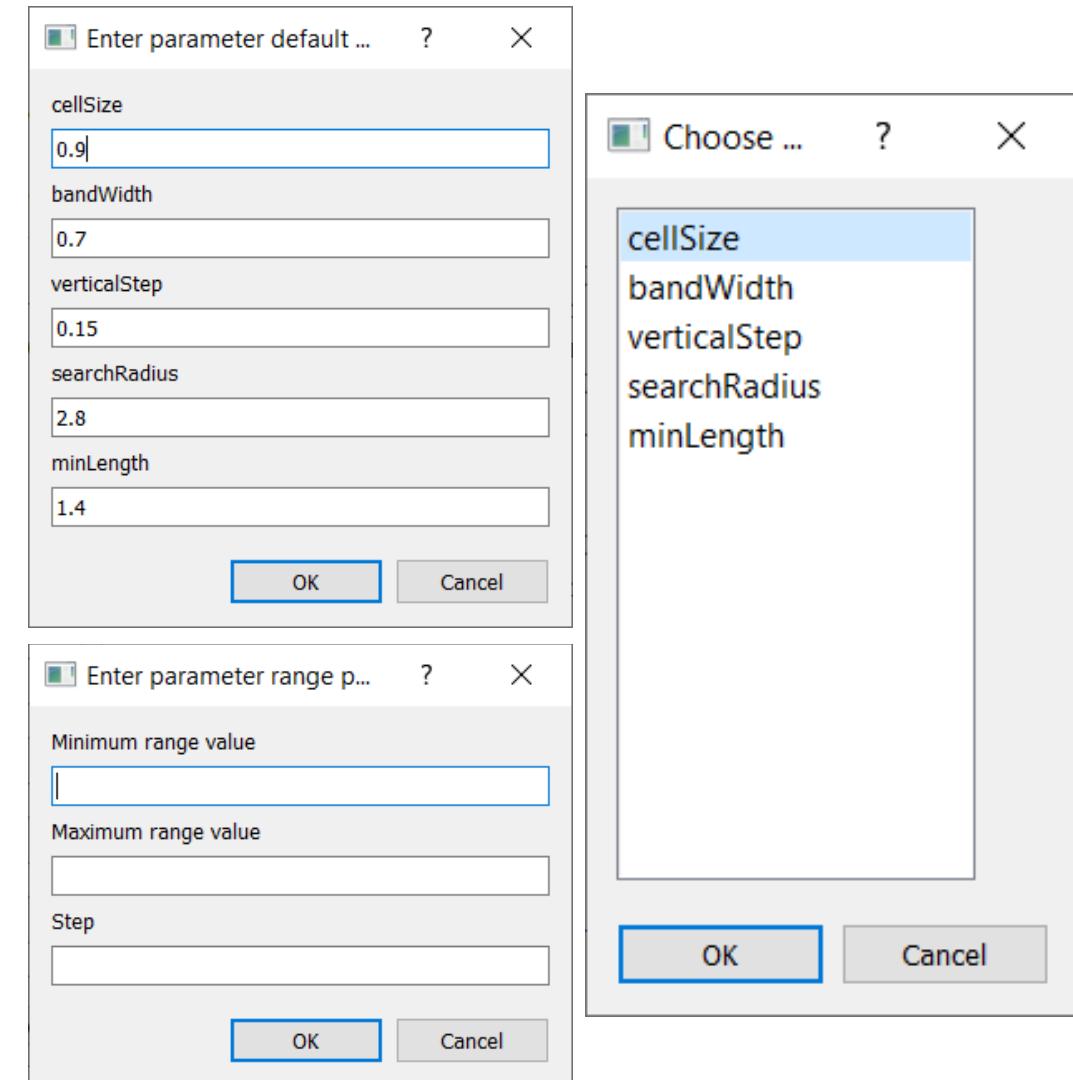
Paramètres pour l'optimisation

- Longueur et largeur des cellules (*cellSize*)
- Hauteur des cellules (*bandWidth*)
- Distance verticale entre les cellules (*verticalStep*)
- Rayon de recherche (*searchRadius*)
- Nombre minimum de points pour la classification (*minLength*)

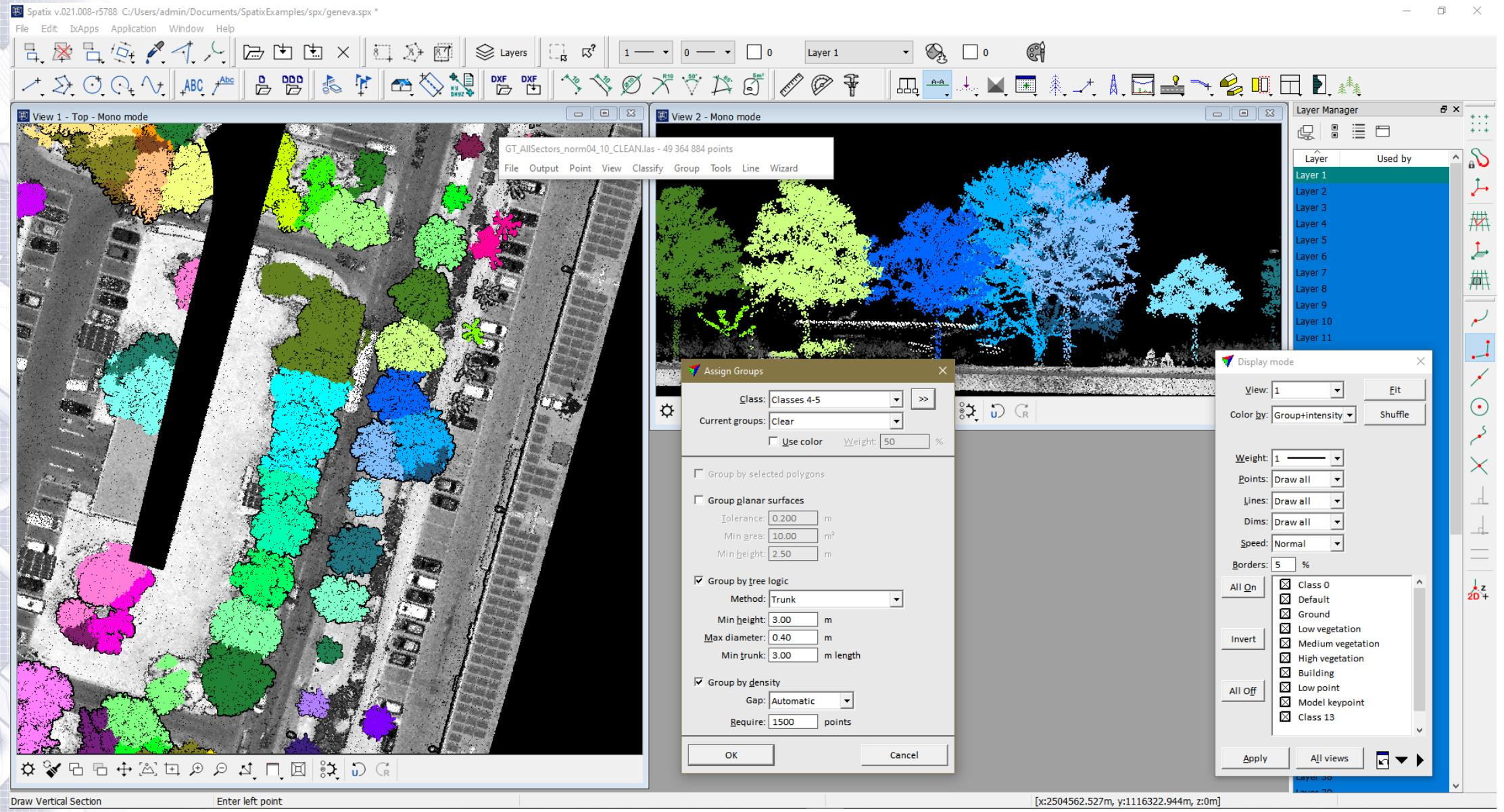


Automatisation de l'expérimentation

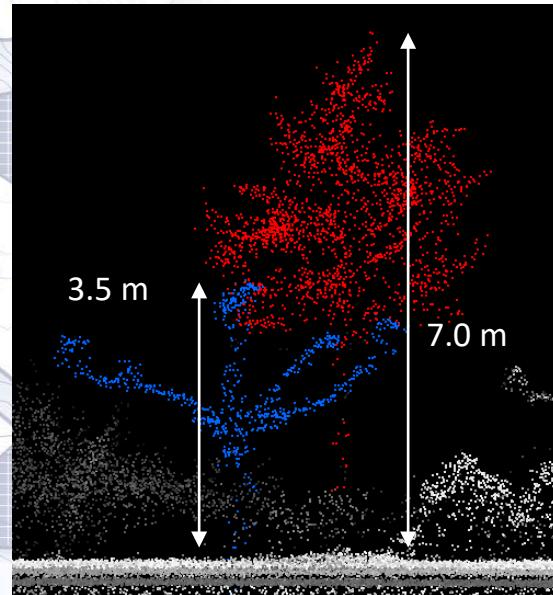
- Longueur et largeur des cellules (*cellSize*)
- Hauteur des cellules (*bandWidth*)
- Distance verticale entre les cellules (*verticalStep*)
- Rayon de recherche (*searchRadius*)
- Nombre minimum de points pour la classification (*minLength*)
- Exploration automatisée des combinaisons de valeurs de paramètres dans une plage souhaitée, renseignée par l'utilisateur.
- Simplifie grandement le processus.



Terrascan



Terrascan Tree Grouping Methods



Trunk Logic	Watershed Logic «Highest Point»
<p>Suitable for Point Clouds from:</p> <ul style="list-style-type: none">• Very High Density Airborne• Static Terrestrial• Mobile	<p>Suitable for Point Clouds from:</p> <ul style="list-style-type: none">• Lower Density Airborne
<p>Parameters:</p> <ul style="list-style-type: none">• Min. Height (4.00m)• Max. Diameter (0.50m)• Min. Length Trunk (2.00m)	<p>Parameters:</p> <ul style="list-style-type: none">• Min. Height (4.00m)• Point Requirement (20 pts)

Additional Grouping Logics:

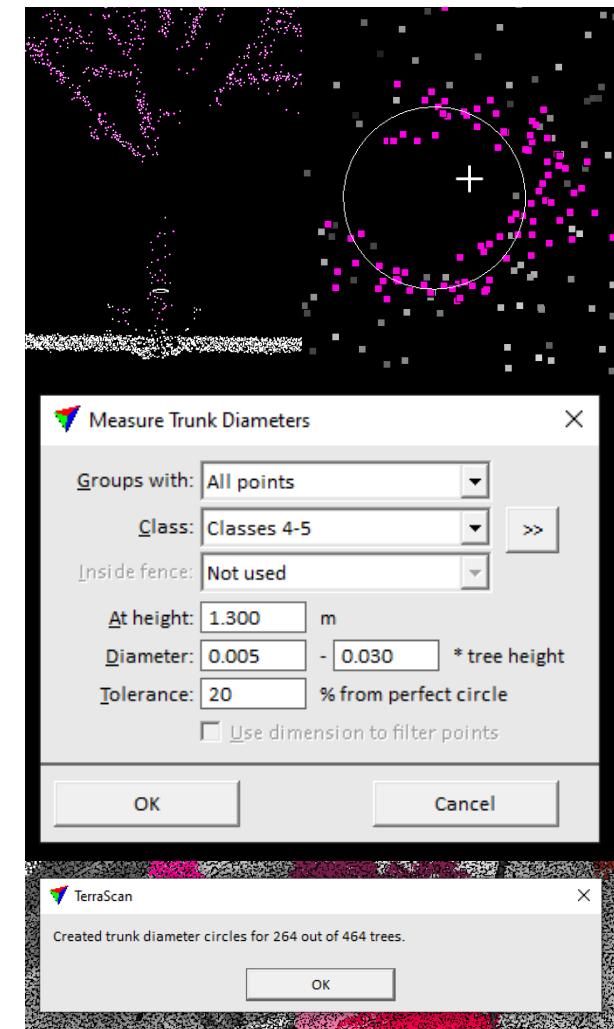
- Limit to Classes
- Use Color
- Use Polygons
- Group Planar Surfaces
- Group by Density

Potential Group Info Variables

stdch - info@stdch - tech stdch

Feature	Watershed Method	Trunk Method
Group ID	Yes	Yes
Point Count	Yes	Yes
Average XY Coordinates	Yes	Yes
Ground Z at Avg. XY	Yes	Yes
Trunk XY	No	Yes
Ground Z at Trunk XY	No	Yes
Trunk Diameter	Partial	Partial
Canopy Width	Yes	Yes
Biggest Distance above Ground (Max. Height)	Yes	Yes
Smallest Distance above Ground	Yes	Yes
Length	Yes	Yes
Width	Yes	Yes
Height	Yes	Yes

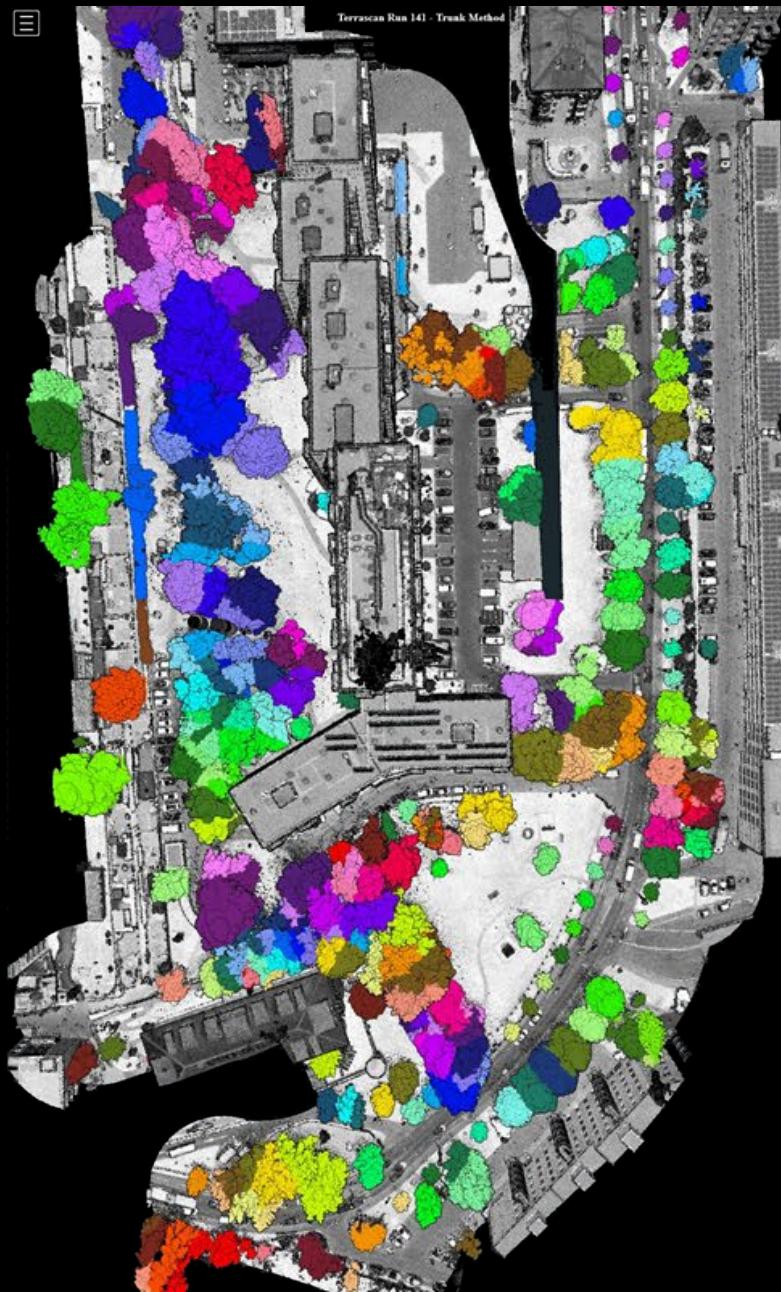
Measure Trunk Diameters
(available for both methods)



Undersegmentation

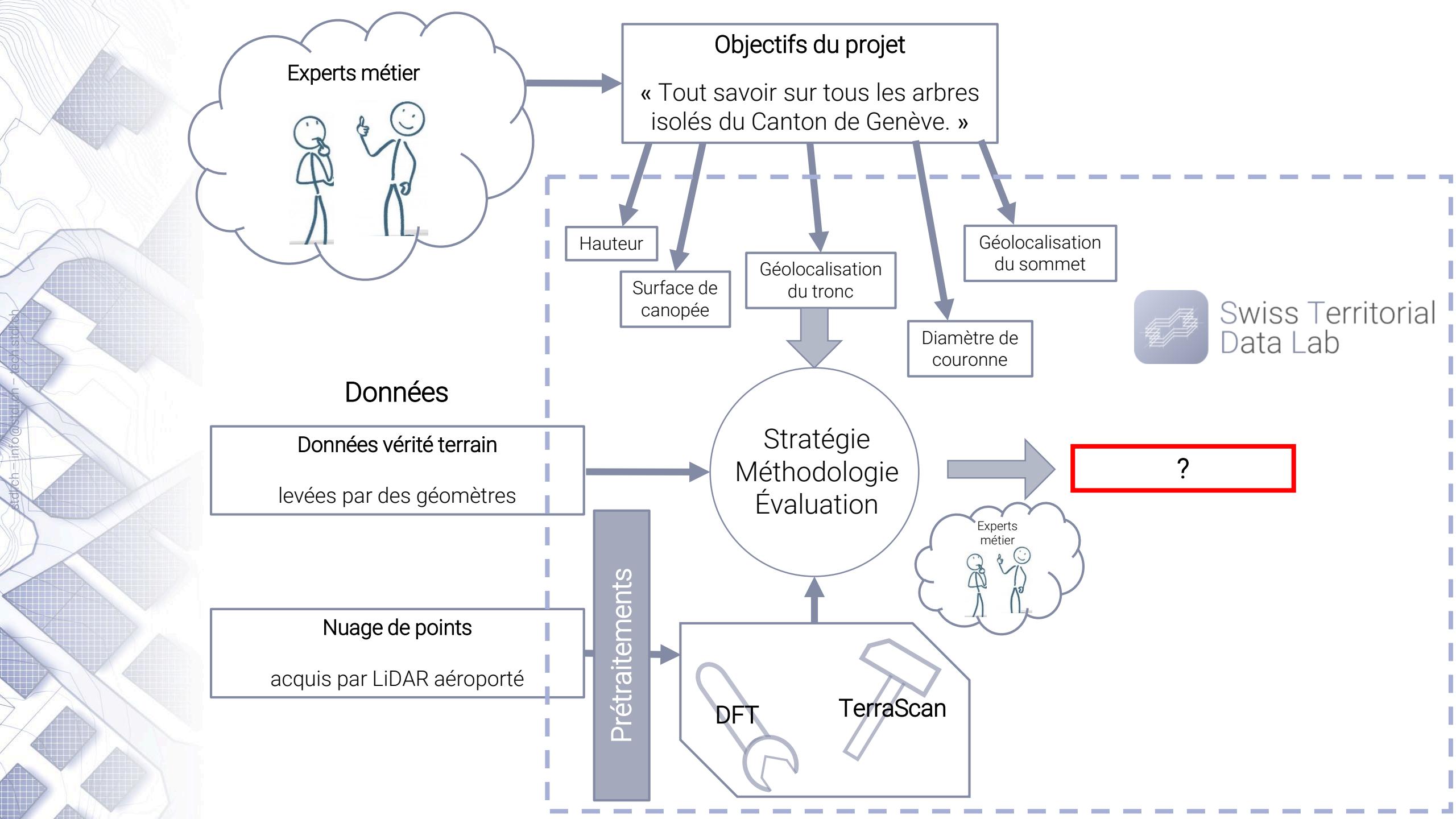


Well Segmented

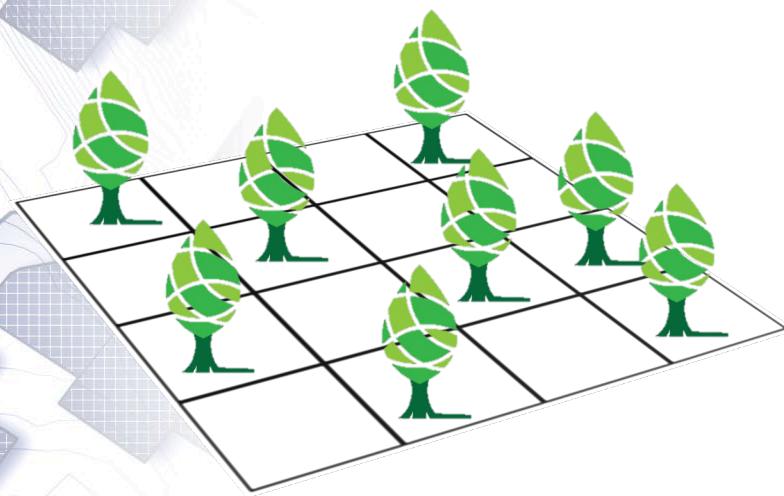


Oversegmentation





Ground Truth: 8 Trees



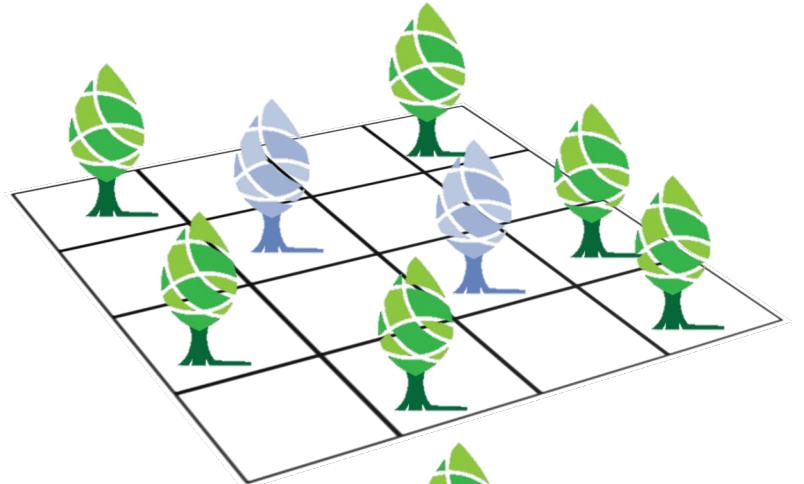
True Positive
We detected
a real tree



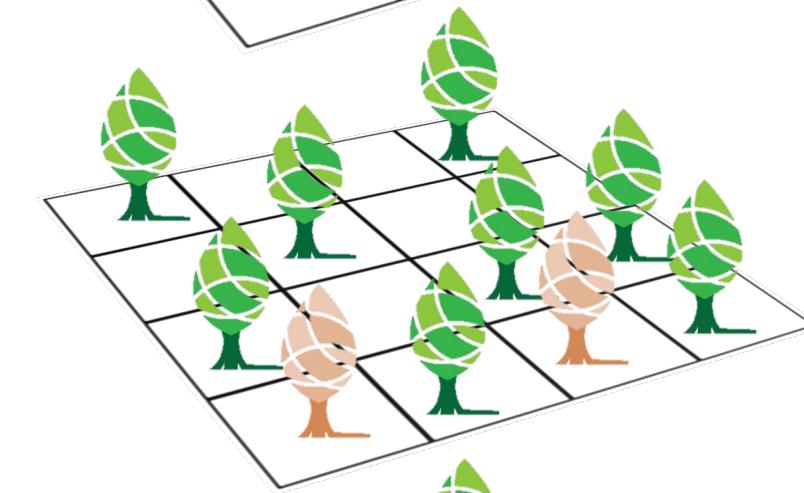
False Positive
We detected
a false tree



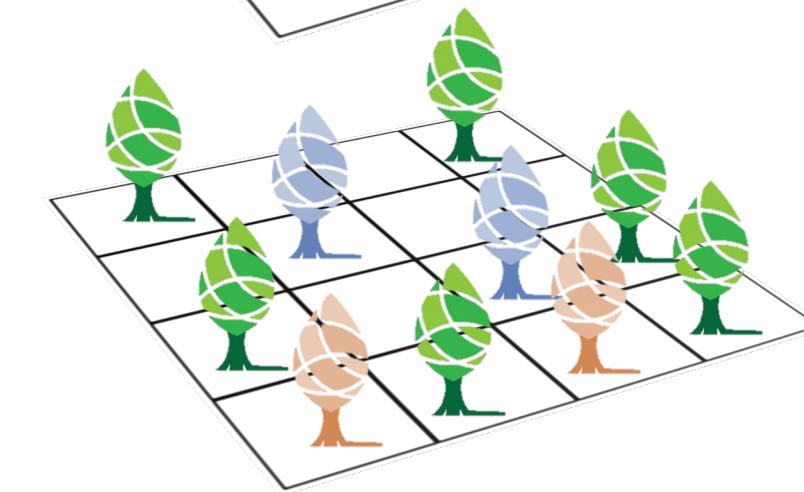
False Negative
We missed
a real tree



Recall: 75%
6 / 8 Trees Detected
Precision: 100%
6 / 6 Detections are Trees
F1 Score: 85.7%



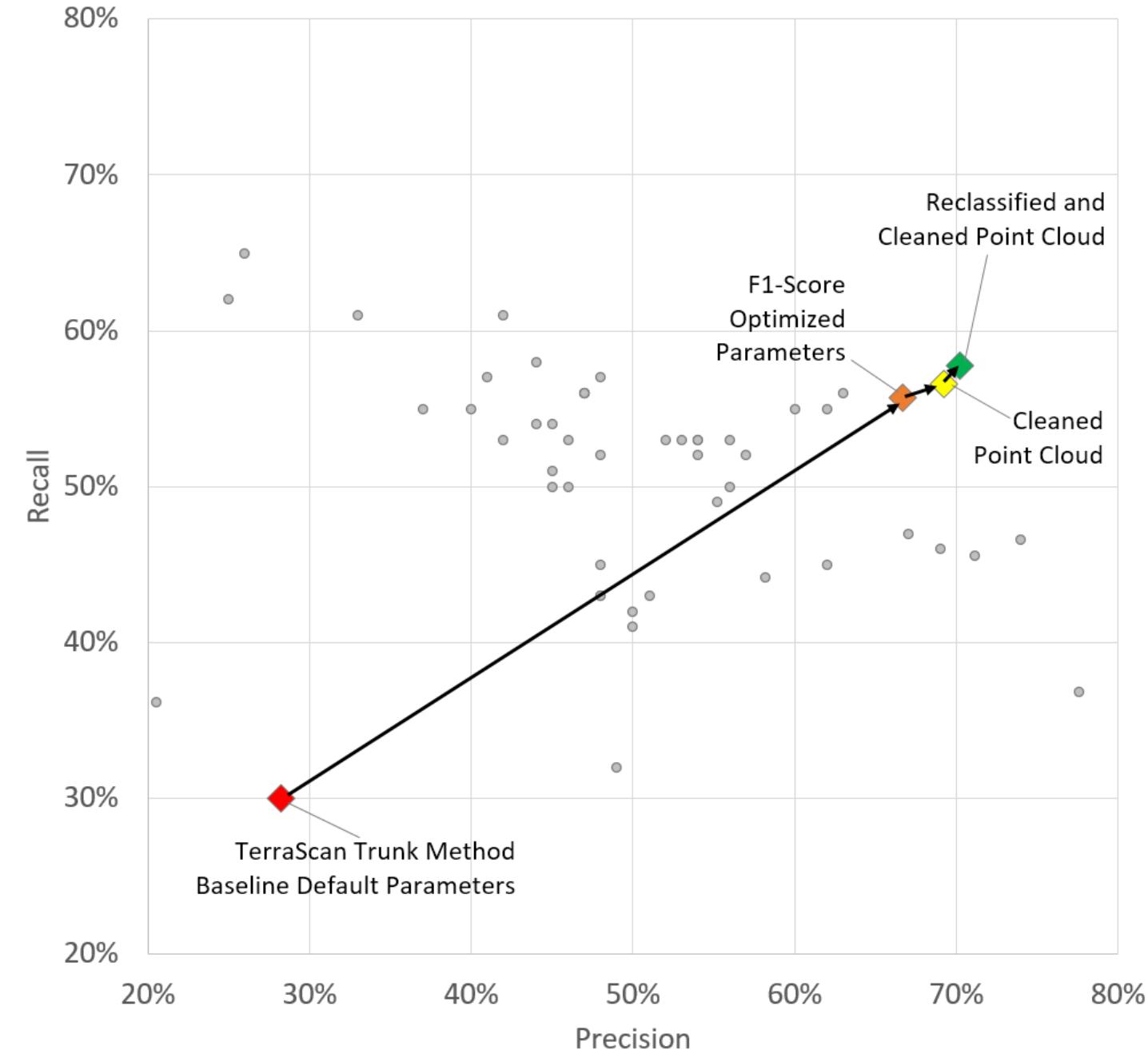
Recall: 100%
8 / 8 Trees Detected
Precision: 80%
8 / 10 Detections are Trees
F1 Score: 88.9%



Recall: 75%
6 / 8 Trees Detected
Precision: 80%
8 / 10 Detections are Trees
F1 Score: 75%

Tree Detection Trials: Precision vs. Recall

Optimization Strategy



Segmentation Results

(Graphics from Tscan, Metrics: F1)

Global TScan: 63%

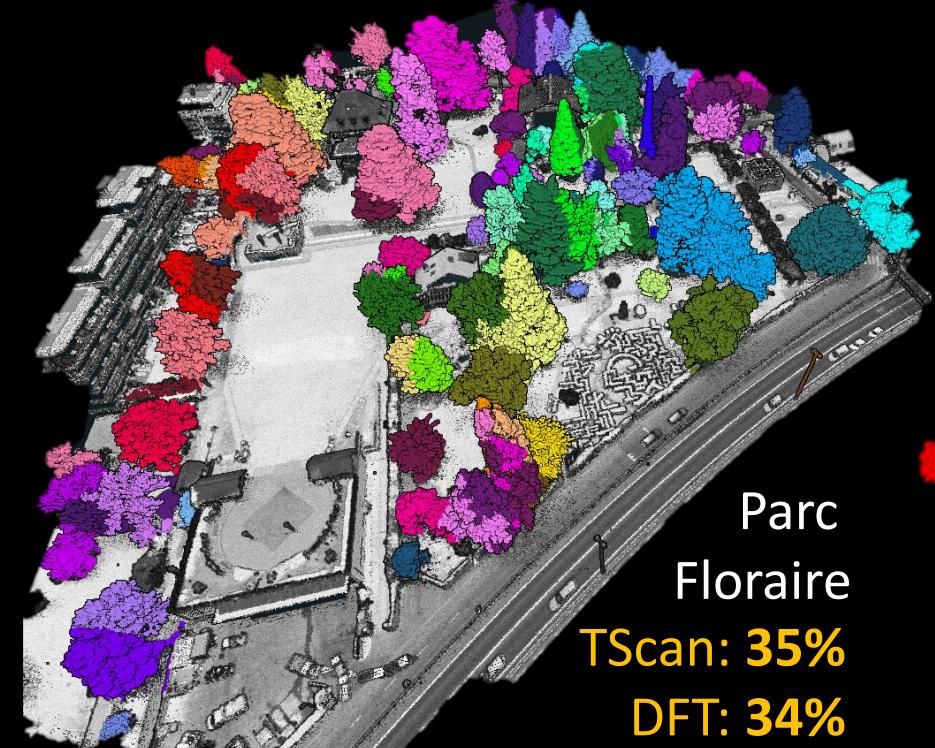
Global DFT: 62%



Avenue de Bel Air

TScan: 89%

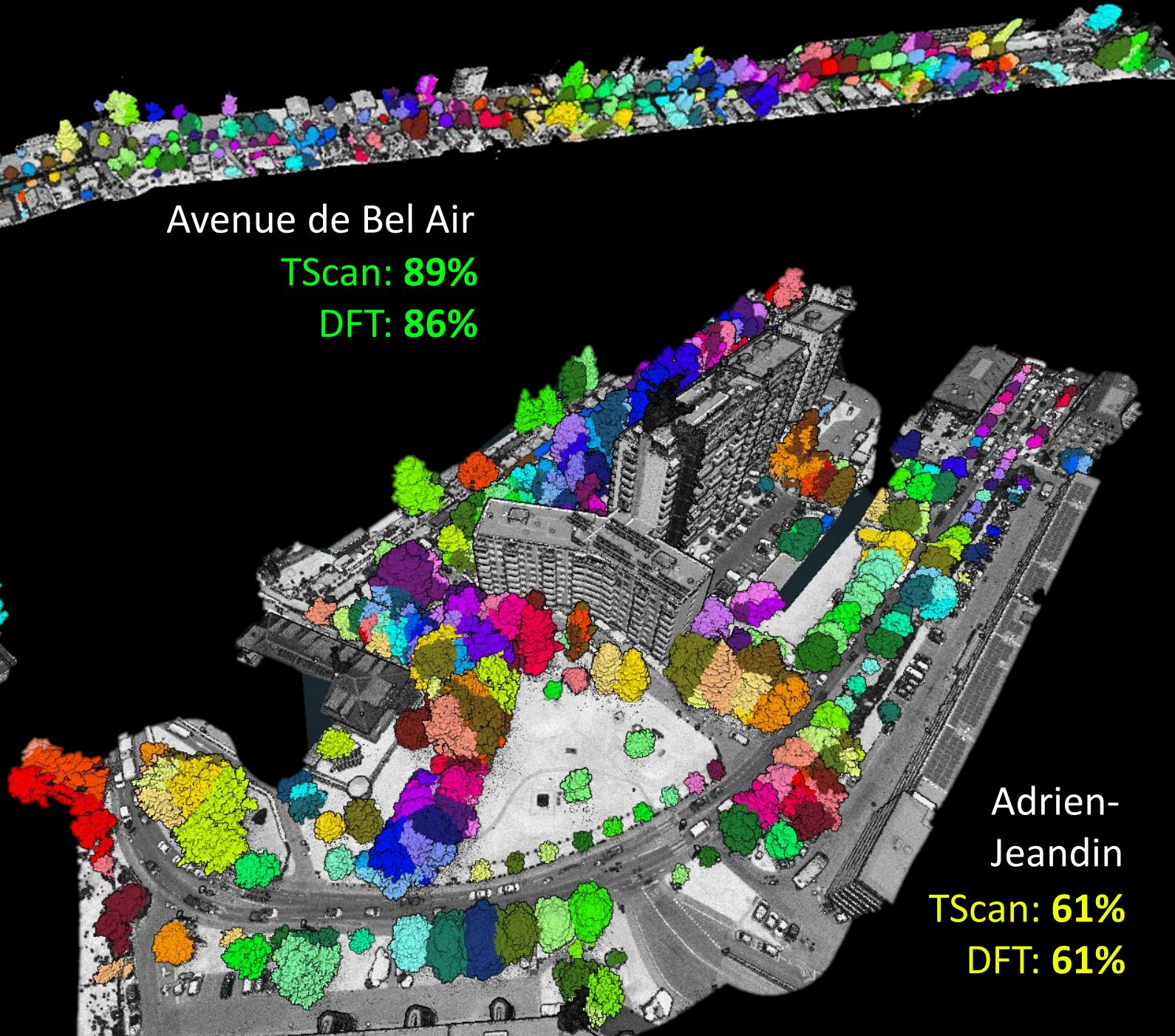
DFT: 86%



Parc
Floraire

TScan: 35%

DFT: 34%



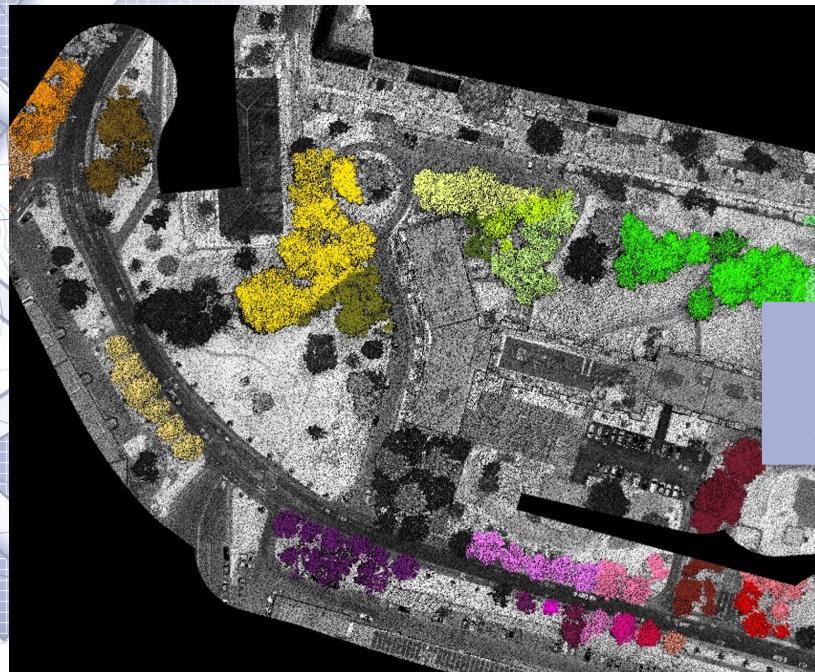
Adrien-
Jeandin

TScan: 61%

DFT: 61%

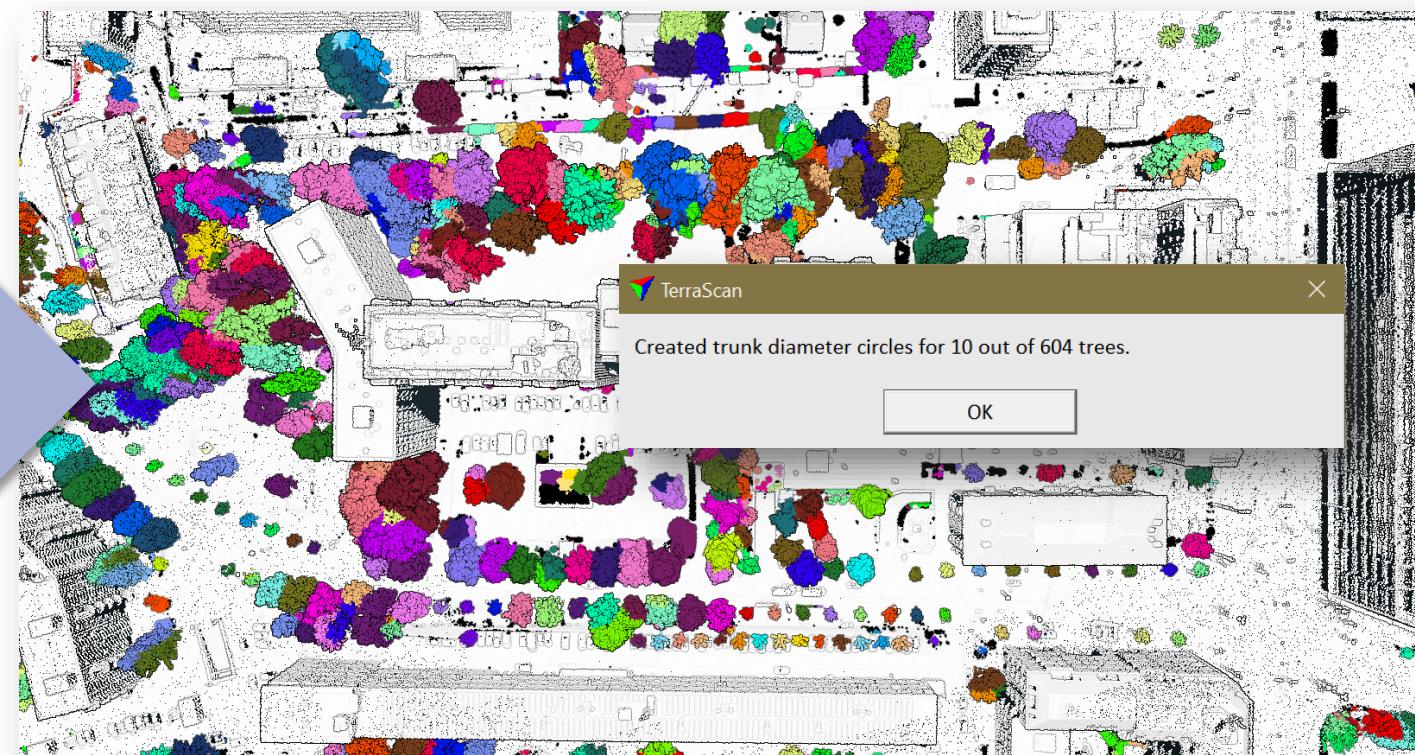
Comparison of High Density 2021 Dataset to Low/Medium Density 2017 & 2019 Datasets

**Model optimized on High Density Dataset
Applied to
Low Density Dataset ?**

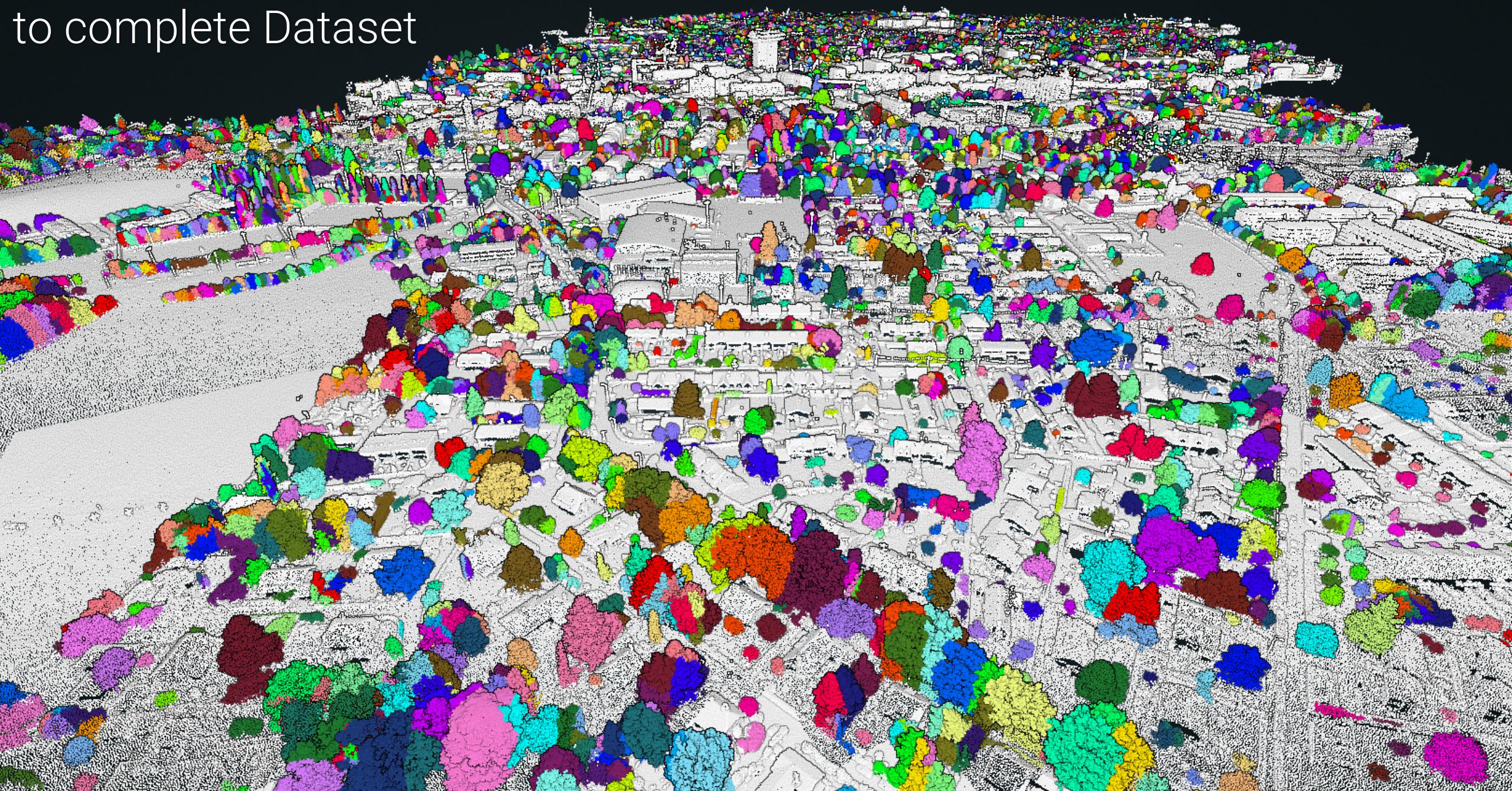


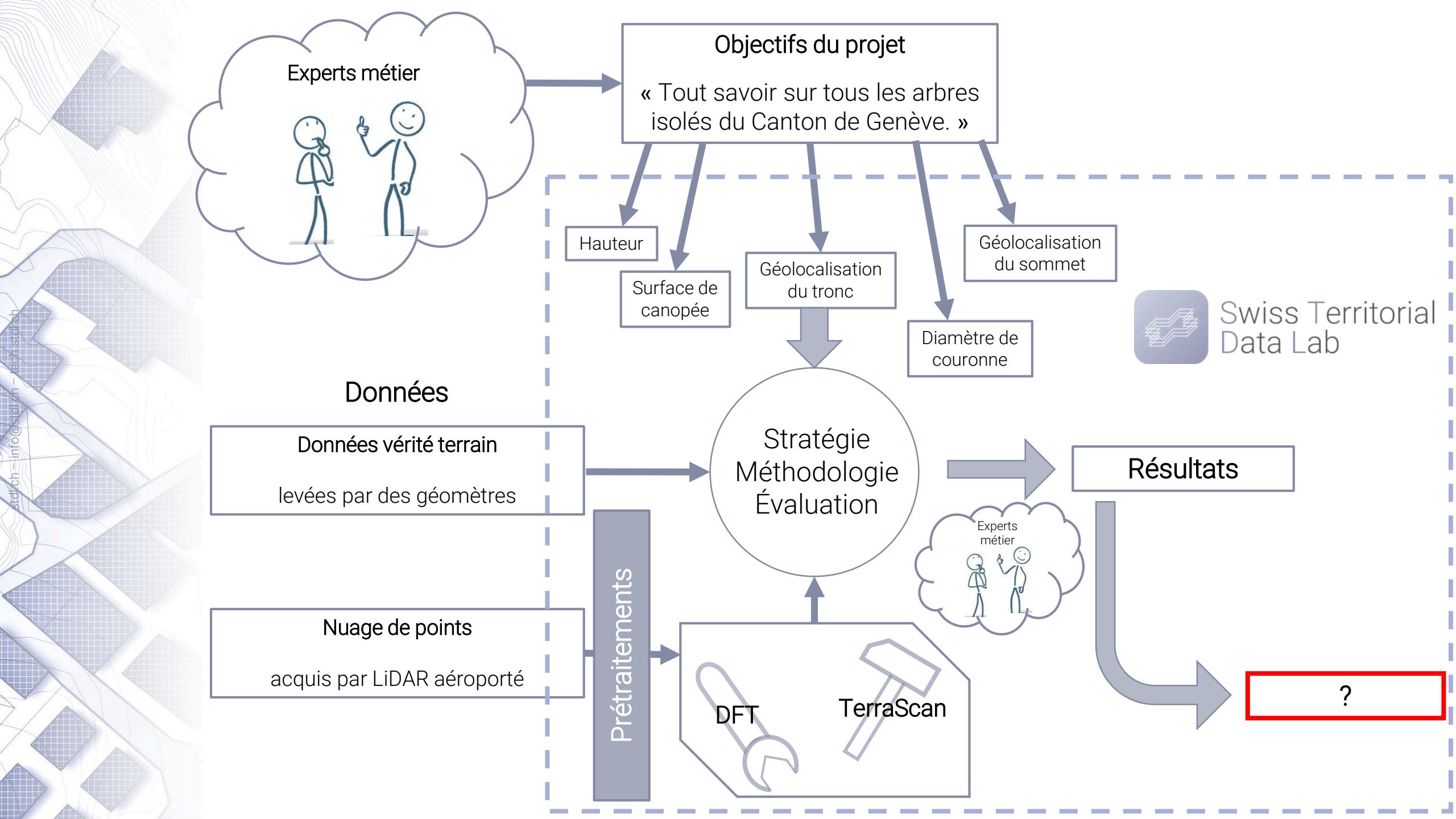
Dataset
specific
optimization

2019 Dataset
Segmented with
Watershed Logic



Application of Best TS Model to complete Dataset





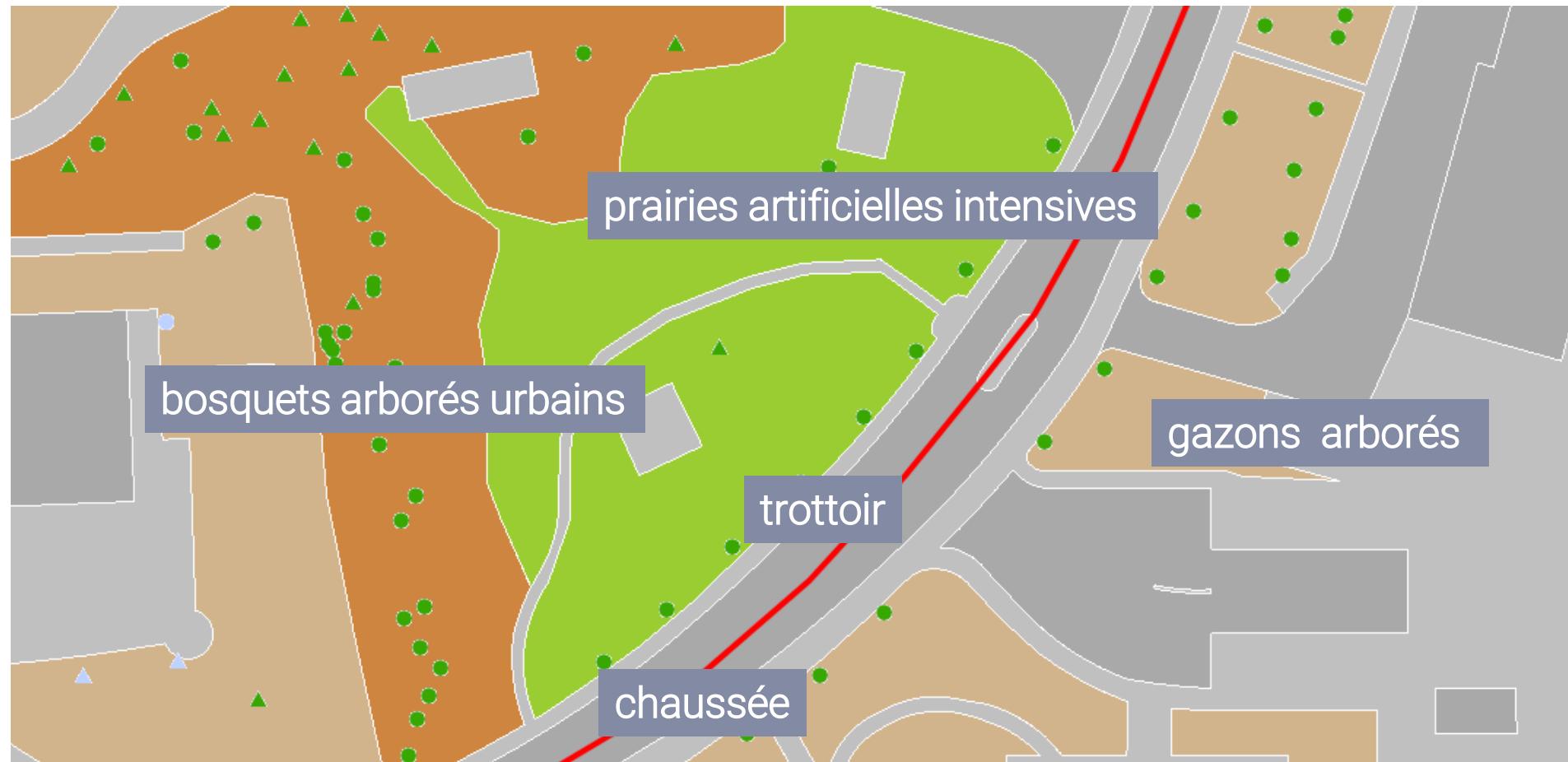
Exploitation des informations contextuelles

1. Intrinsèques



Exploitation des informations contextuelles

2. Extrinsèques
- Projets d'aménagement
 - Couverture du sol

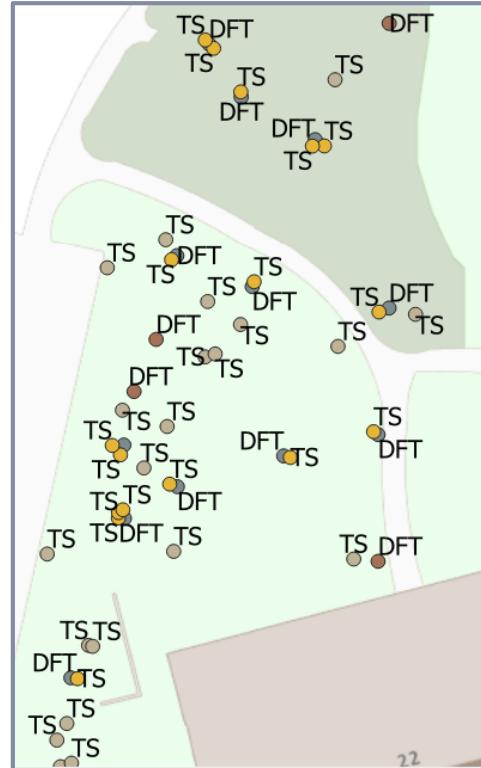


Pistes d'amélioration

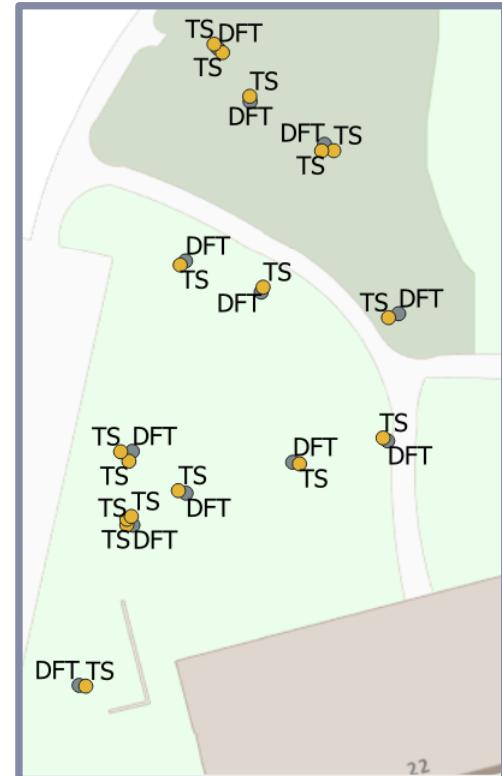
stdch - info@stdch - tech stdch

Recherche du consensus entre plusieurs détections indépendantes

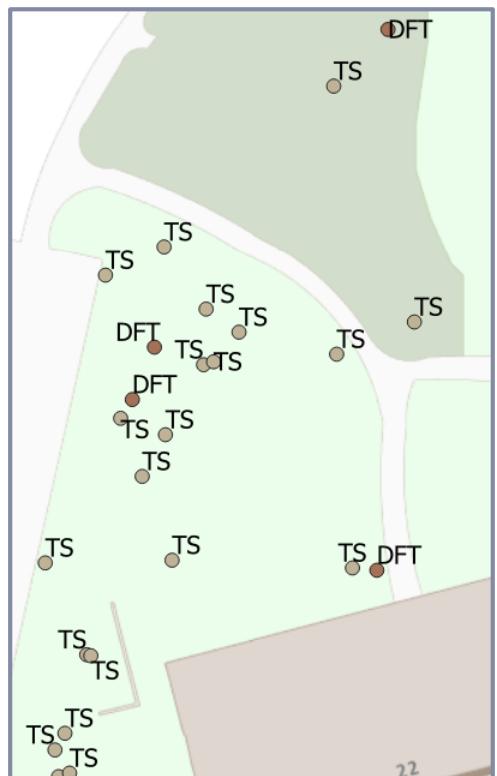
Détections issues
de deux (voire plusieurs)
logiciels/algorithmes
différents



Détections
consensuelles



Détections
conflictuelles



=

+

Quelle place pour l'apprentissage automatique (ML) ?

1. Segmentation du nuage de points par ML

publié le 9.3.2022

 **remote sensing** 

Article

Individual Tree Detection in Urban ALS Point Clouds with 3D Convolutional Networks

Stefan Schmohl ^{1,*}, Alejandra Narváez Vallejo ² and Uwe Soergel ¹

¹ Institute for Photogrammetry, University of Stuttgart, 70174 Stuttgart, Germany; uwe.soergel@ifp.uni-stuttgart.de

² Institute of Landscape Planning and Ecology, University of Stuttgart, 70174 Stuttgart, Germany; alejandra.narvaez-vallejo@ilpoe.uni-stuttgart.de

* Correspondence: stefan.schmohl@ifp.uni-stuttgart.de

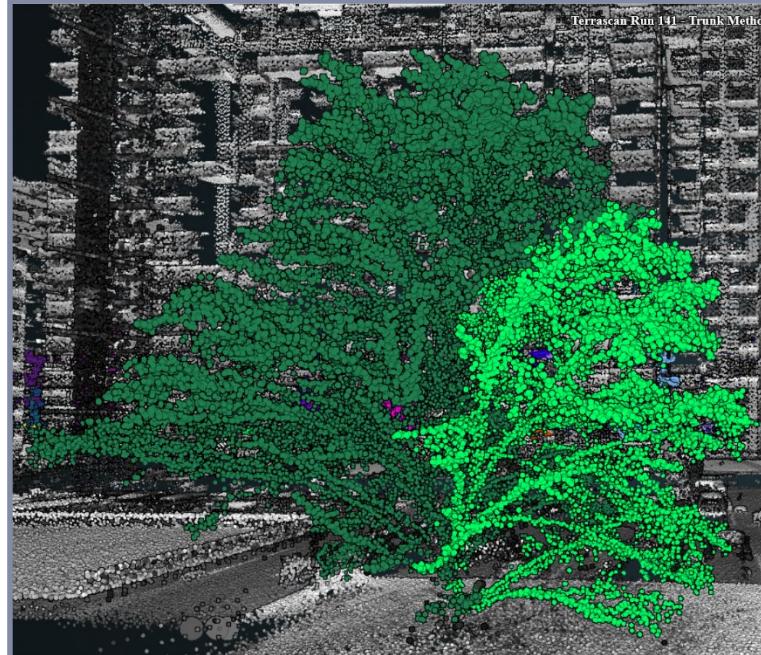
[...] reference data for individual tree detection are much more scarce, let alone benchmark datasets. Therefore, it is common for research papers to use proprietary datasets. Reference labels are often obtained manually through visual interpretation of remote sensing data, while in situ field surveys are less frequent. [...]

Idée : on pourrait constituer un jeu d'entraînement à partir des segmentations issues de TS/DFT et confirmées par les données vérité terrain.

Pistes d'amélioration

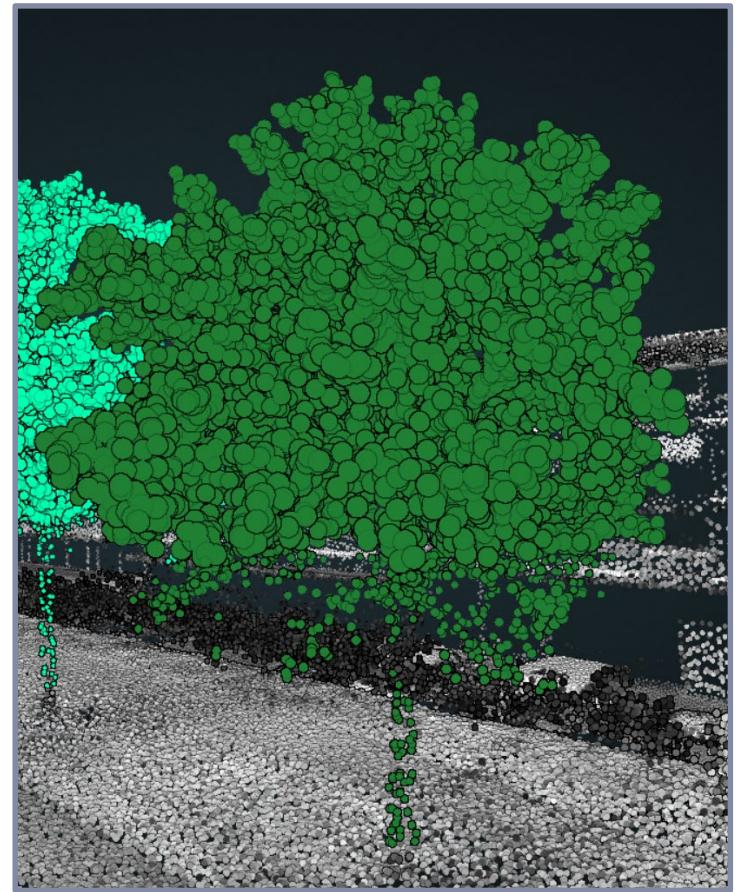
Quelle place pour l'apprentissage automatique ?

2. ML pour le "tri" des segmentations issues de TS/DFT ?



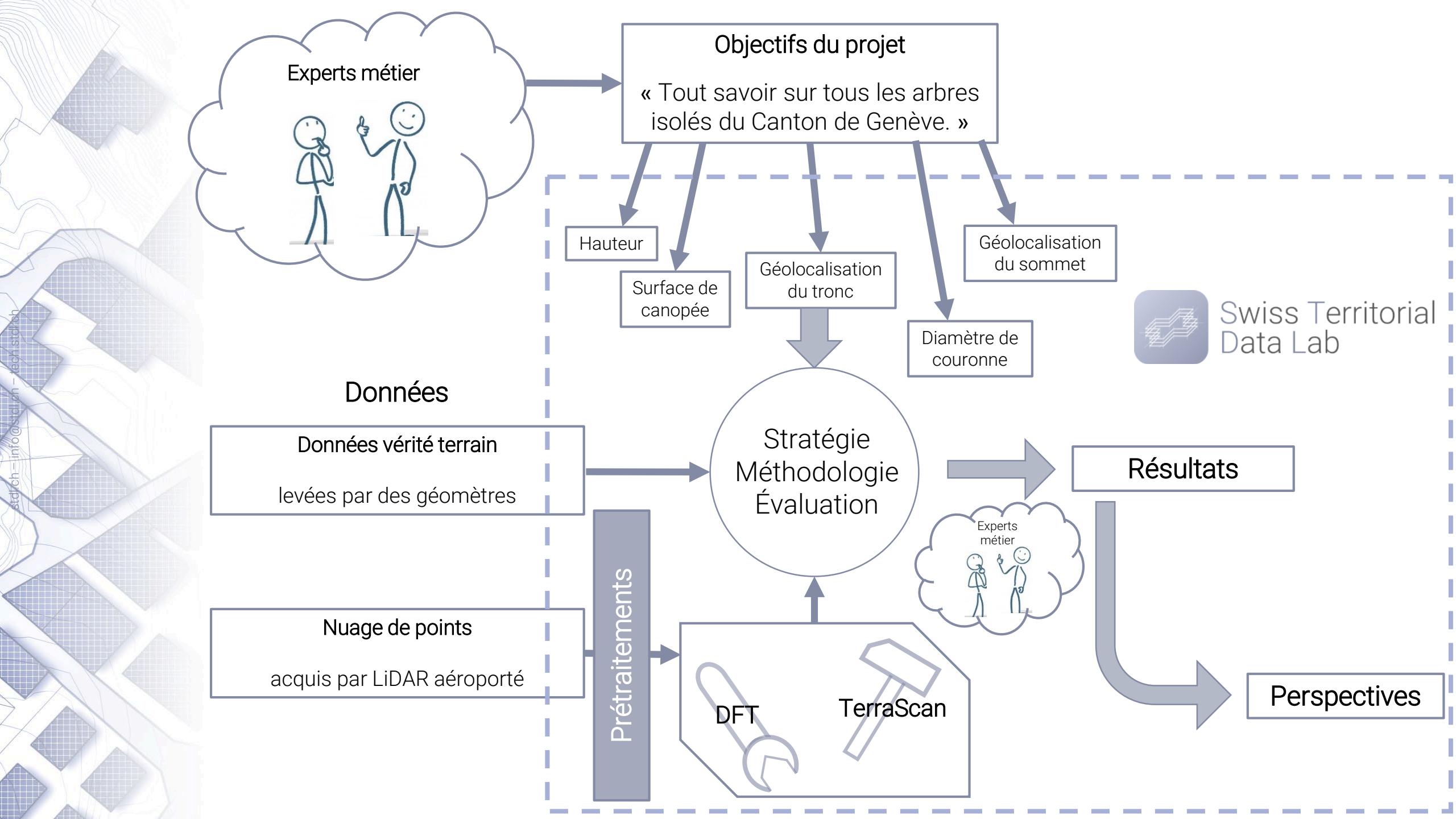
KO ("sur-segmentation")

vs



OK

/!\ Il est possible qu'on arrive à corriger ces cas simples de sur-segmentation par des algorithmes déterministes (sans ML)...





Swiss Territorial
Data Lab

Collaborate with STDL

A project in mind ? Contact us at info@stdl.ch or on stdl.ch

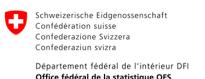
Contribute to STDL

Read our project reports on tech.stdl.ch and join us on [GitHub](#)

Our Partners



Fachhochschule
Nordwestschweiz



VISIT US
stdl.ch

CONTACT US
info@stdl.ch

READ US
tech.stdl.ch