

# Inventaire automatisé des arbres isolés en utilisant des données LiDAR pour les services forestiers

«Spatial Data Science»: des expériences à la résolution de problèmes dans l'administration publique

11 mars 2021

Alessandro Cerioni (Data scientist - Etat de Genève) -  
Marc Riedo ( Responsable du SITN - Etat de Neuchâtel)



VISIT US  
[stdl.ch](http://stdl.ch)

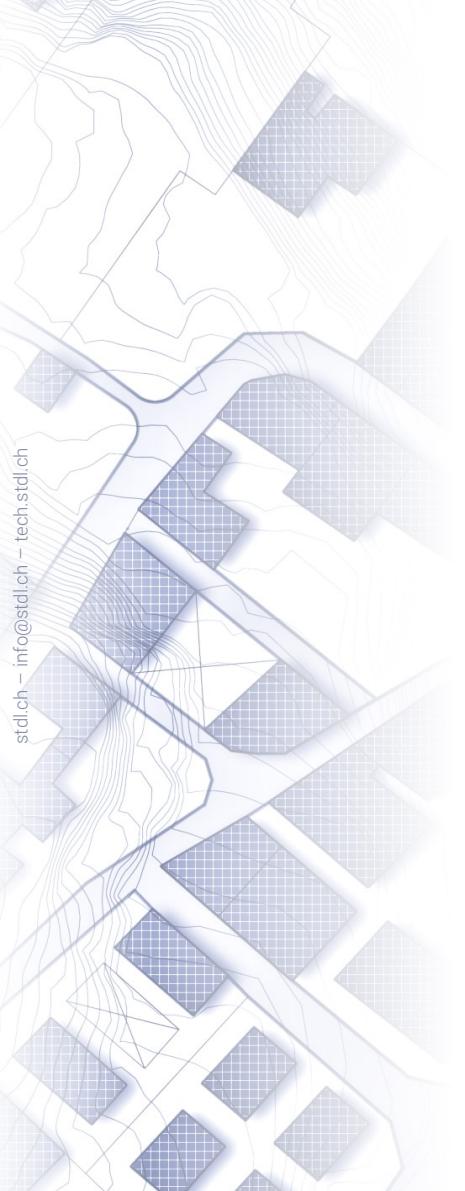
CONTACT US  
[info@stdl.ch](mailto:info@stdl.ch)

READ US  
[tech.stdl.ch](http://tech.stdl.ch)



# L'importance des arbres et inventaires

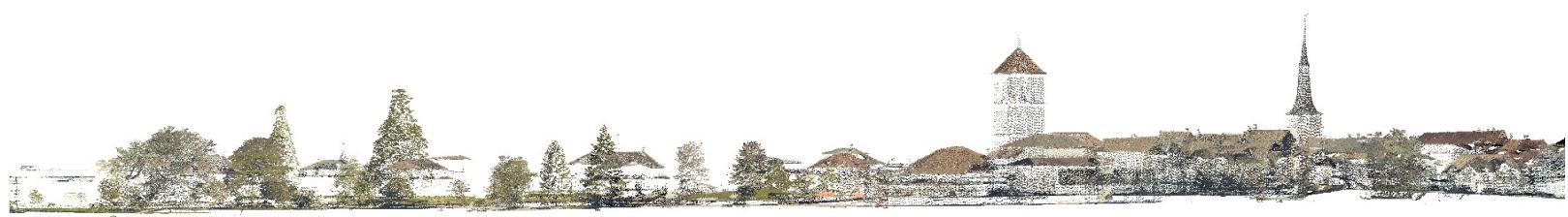
- Les arbres ont un rôle crucial pour : le climat (absorption CO2), la protection contre les dangers naturels, la protection de la biodiversité, la production de ressource, etc.
- Selon une [étude de Yale](#), il y aurait **3'000 milliards d'arbres sur terre** soit 400 par habitant. Pour la Suisse, l'institut WSL estime la population à 500 millions d'arbres. Pour Genève, c'est 1 million d'arbres et pour [Neuchâtel 6 millions](#) (calcul LiDAR)
- L'imagerie satellitaire, aérienne, le Radar et le LiDAR permettent une cartographie globale des arbres et désormais, avec le **LiDAR jusqu'à l'arbre individuel** (position du sommet, du tronc, hauteur, couronne, diamètre, essence)
- Comment et avec quels algorithmes valoriser ces images et les milliards de points LiDAR pour inventorier à l'échelle locale nos arbres et assurer un suivi essentiel de cette ressource ?



# L'importance du LiDAR

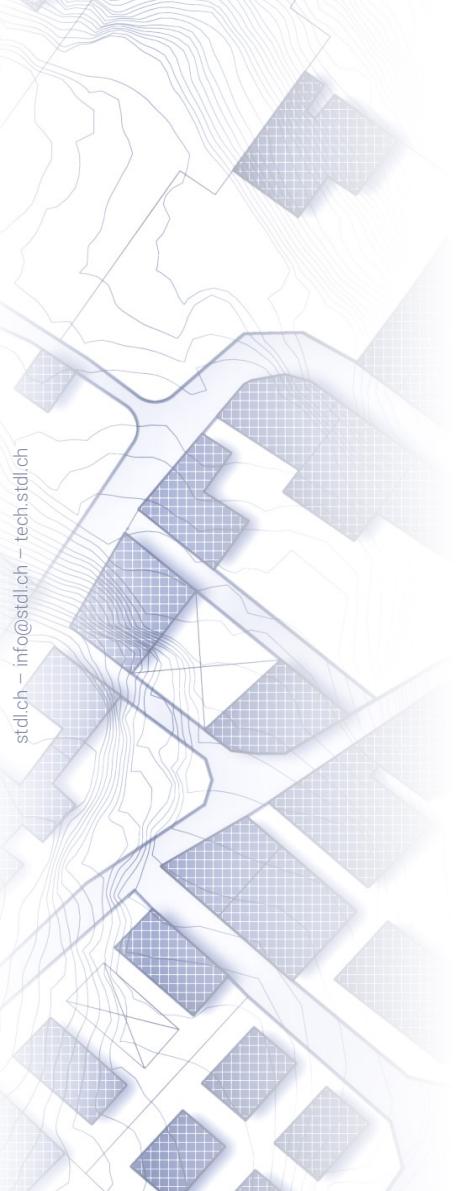
Les couvertures nationales et locales se multiplient

- USA : couverture complète en cours de finalisation **12'000 milliards de points**, > 250 agences gouvernementales collaborent. Projet 3DEP elevation program à >1 milliard de \$
- France : l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) a prévu une couverture complète d'ici 2025
- Suisse : 2<sup>ème</sup> couverture en cours de finalisation d'ici fin 2023 (Swissurface 3D, 15pts/m<sup>2</sup>), 3<sup>ème</sup> couverture prévue
- Cantons de GE et NE : 4 à 5 relevés disponibles, de plus en plus détaillés (>40 pts/m<sup>2</sup>)



Relevé LiDAR 2016 – 30pts/m<sup>2</sup>





# L'importance de la recherche

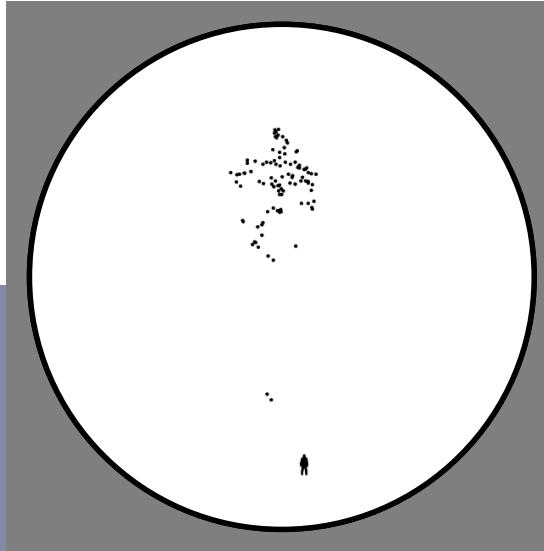
Sans recherche, il serait impossible de valoriser tout le potentiel des données, développer ou identifier les bons algorithmes, les tester, les optimiser et les améliorer

1. [Thèse EPFL Gilles Gachet](#) : 2010 – LiDAR basse densité -> modèle de canopée MNC, MNS, MNT
2. [Thèse EPFL Matthew Parkan](#) : 2019 – LiDAR densité moyenne et élevée 30 pts/m<sup>2</sup> et plus -> nuage de points + imagerie hyperspectrale -> [digital forestry toolbox](#)
3. Projet STDL 2021 – LiDAR densité très élevée 250pts/m<sup>2</sup> – vol spécial sur Genève



Swiss Territorial  
Data Lab

## La densité de points / m<sup>2</sup> a une influence prépondérante sur les traitements applicables et la gamme de produits dérivés du LiDAR aérien



**Faible** (< 10 points / m<sup>2</sup>)  
► travail sur le MNH  
(canopée)

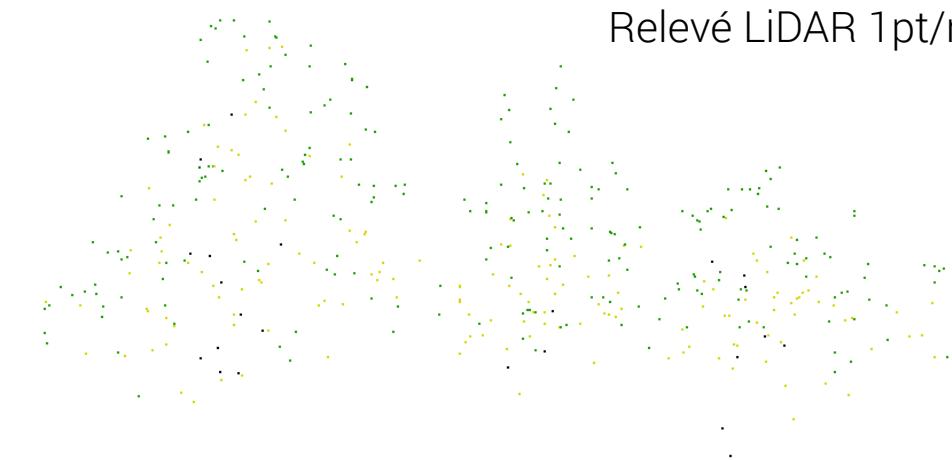


**Moyenne** ( $\geq 10$  et < 30 points / m<sup>2</sup>)  
► travail sur le MNH (canopée)  
ou le nuage de points

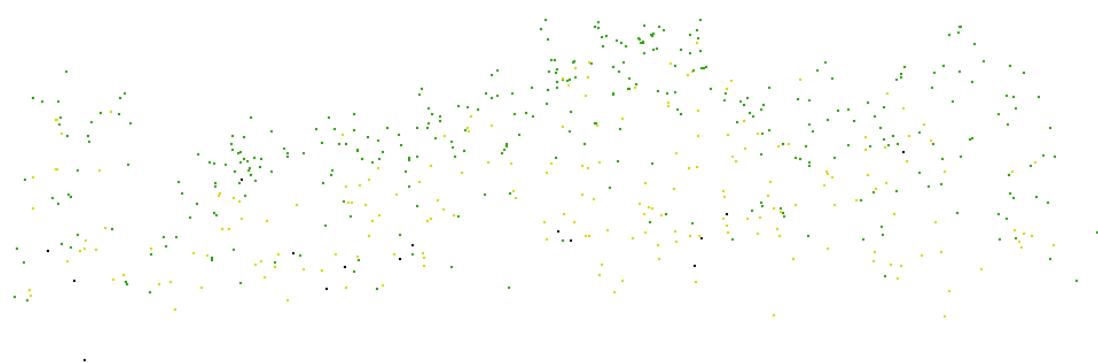


**Elevée** ( $\geq 30$  points / m<sup>2</sup>)  
► travail sur le nuage de points  
► détection des diamètres à  
partir de >50 points / m<sup>2</sup>)

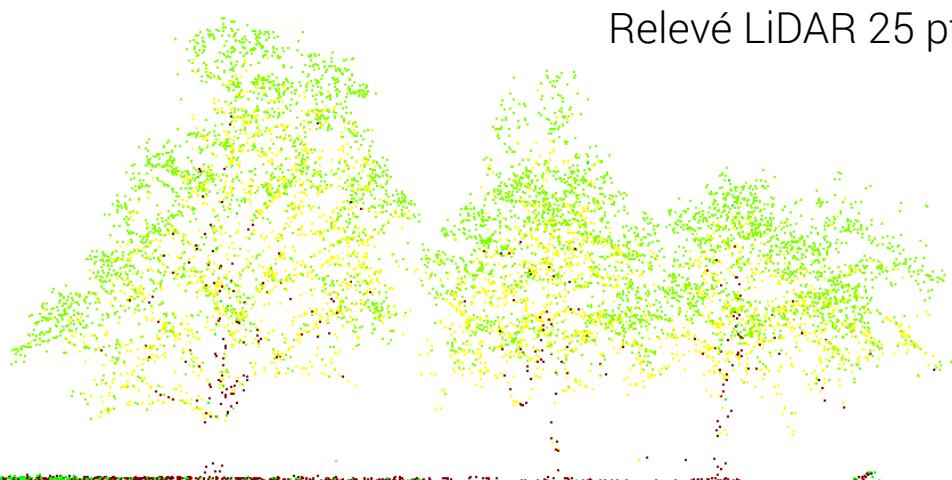
Relevé LiDAR 1pt/m<sup>2</sup>



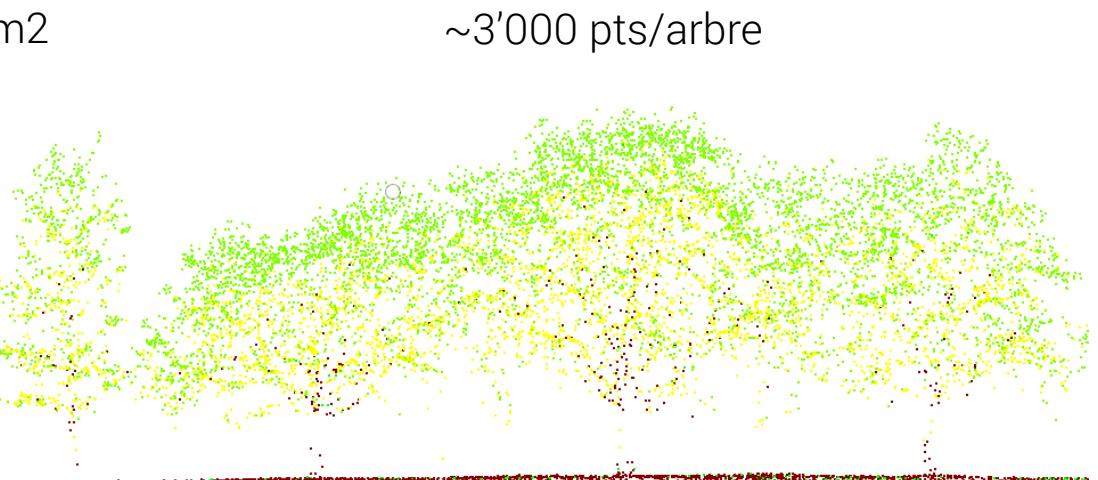
~100 pts/arbre



Relevé LiDAR 25 pts/m<sup>2</sup>

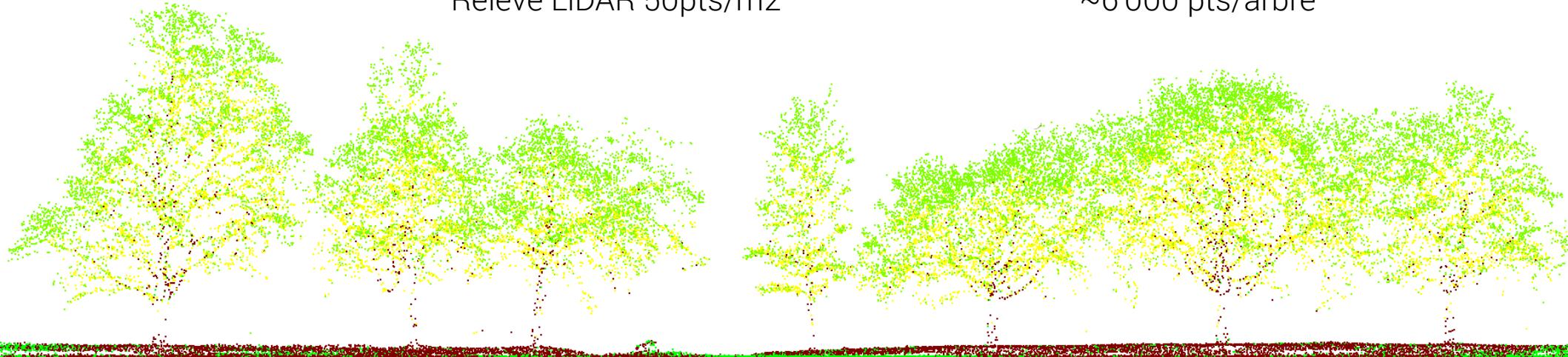


~3'000 pts/arbre



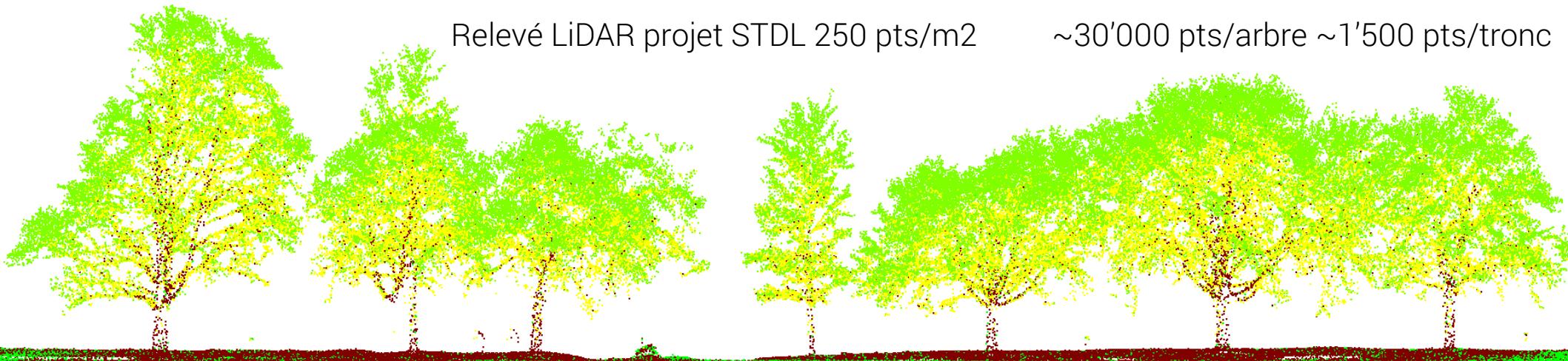
Relevé LiDAR 50pts/m<sup>2</sup>

~6'000 pts/arbre

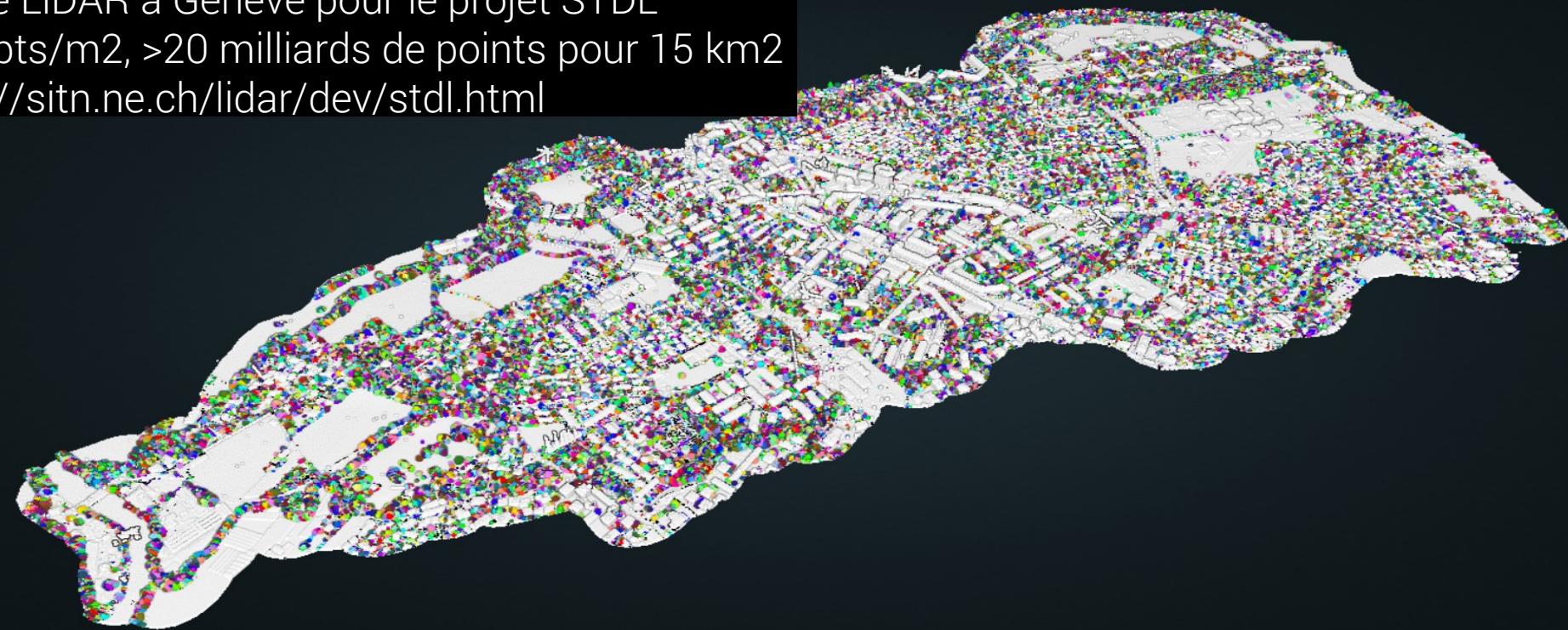


Relevé LiDAR projet STDL 250 pts/m<sup>2</sup>

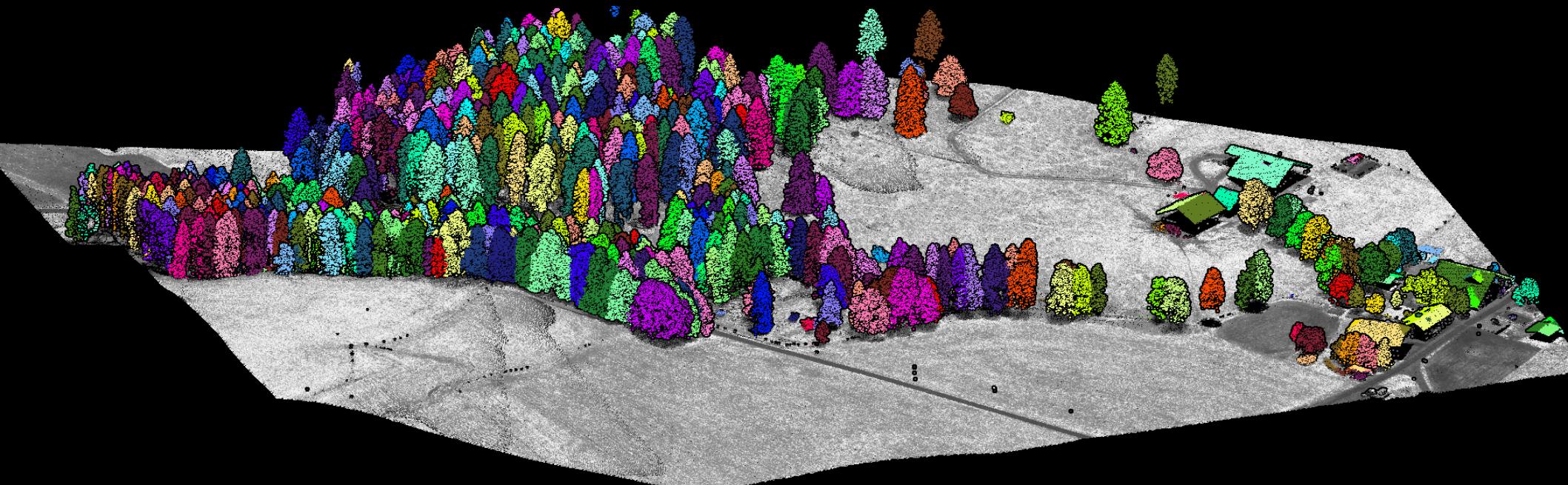
~30'000 pts/arbre ~1'500 pts/tronc



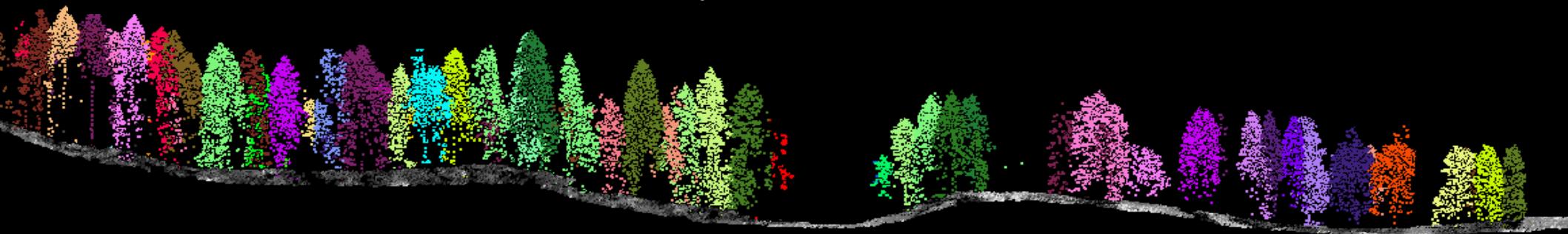
Relevé LiDAR à Genève pour le projet STDL  
>250 pts/m<sup>2</sup>, >20 milliards de points pour 15 km<sup>2</sup>  
<https://sitn.ne.ch/lidar/dev/stdl.html>



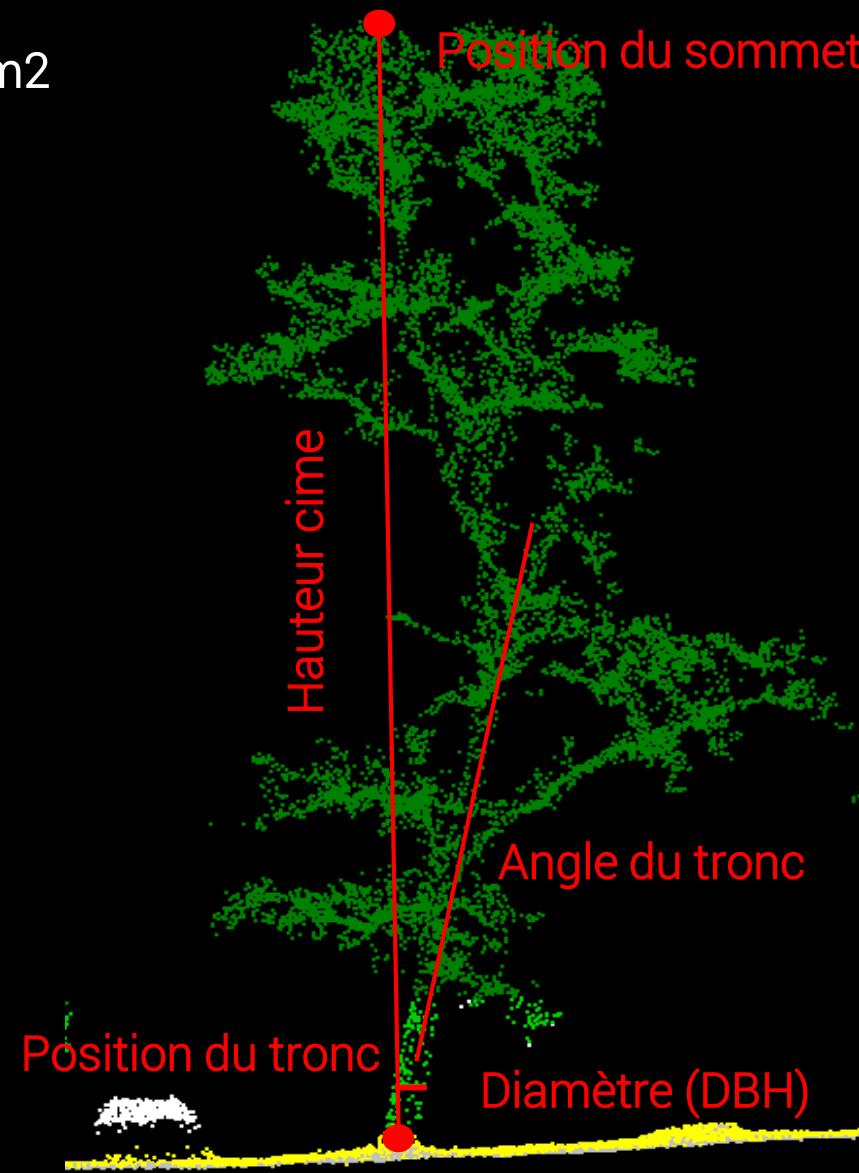
Algorithmes de segmentation du nuage de points = regrouper les points par arbres



Watershed pour données de faible et moyenne densité et Trunk detection pour haute densité



Projet STDL relevé 2021 250 pts/m<sup>2</sup>



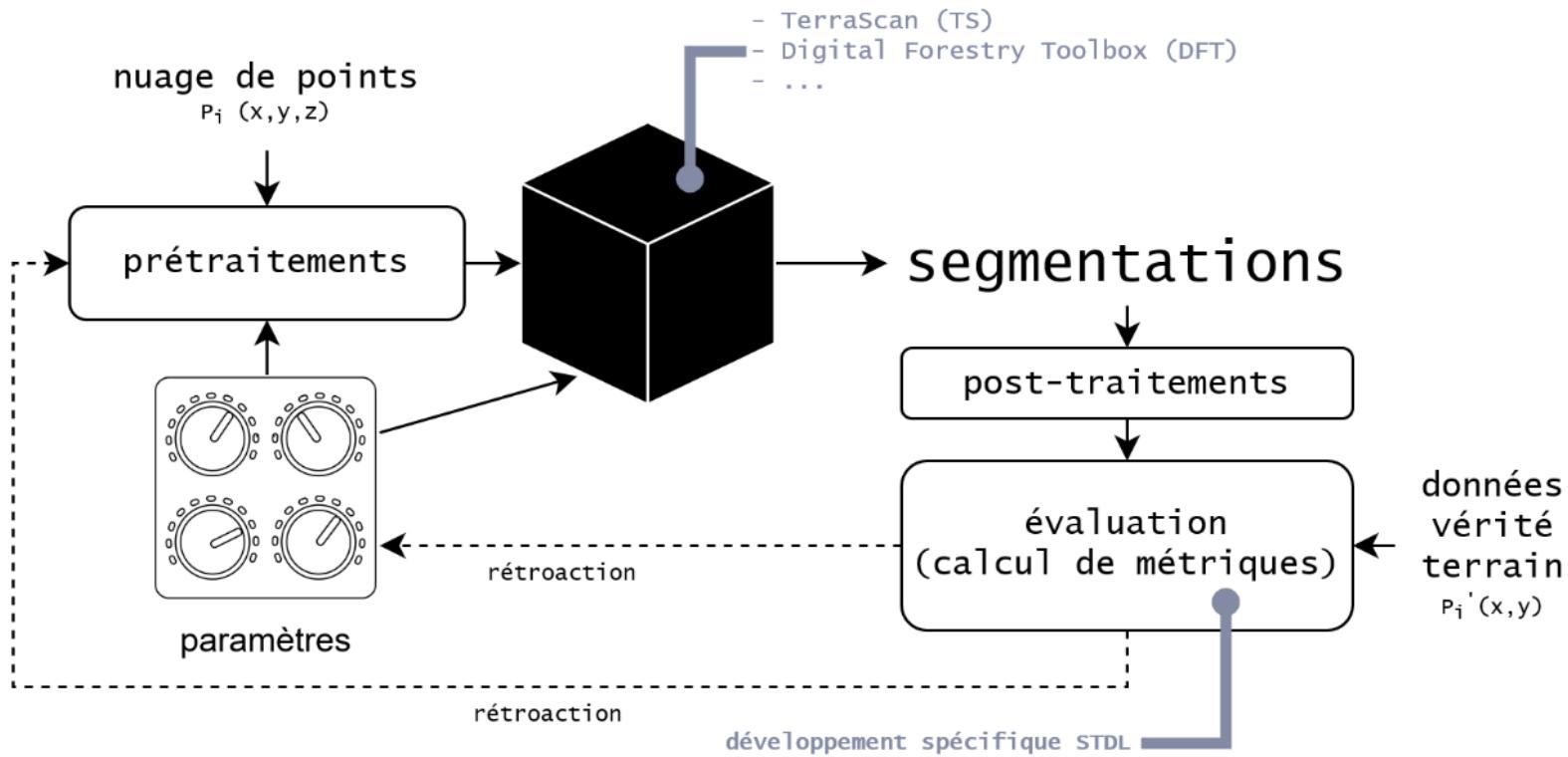
# Détection automatique des arbres isolés

## Objectifs du projet

Réaliser un inventaire exhaustif des arbres isolés du Canton de Genève

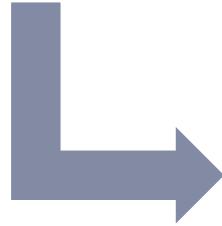
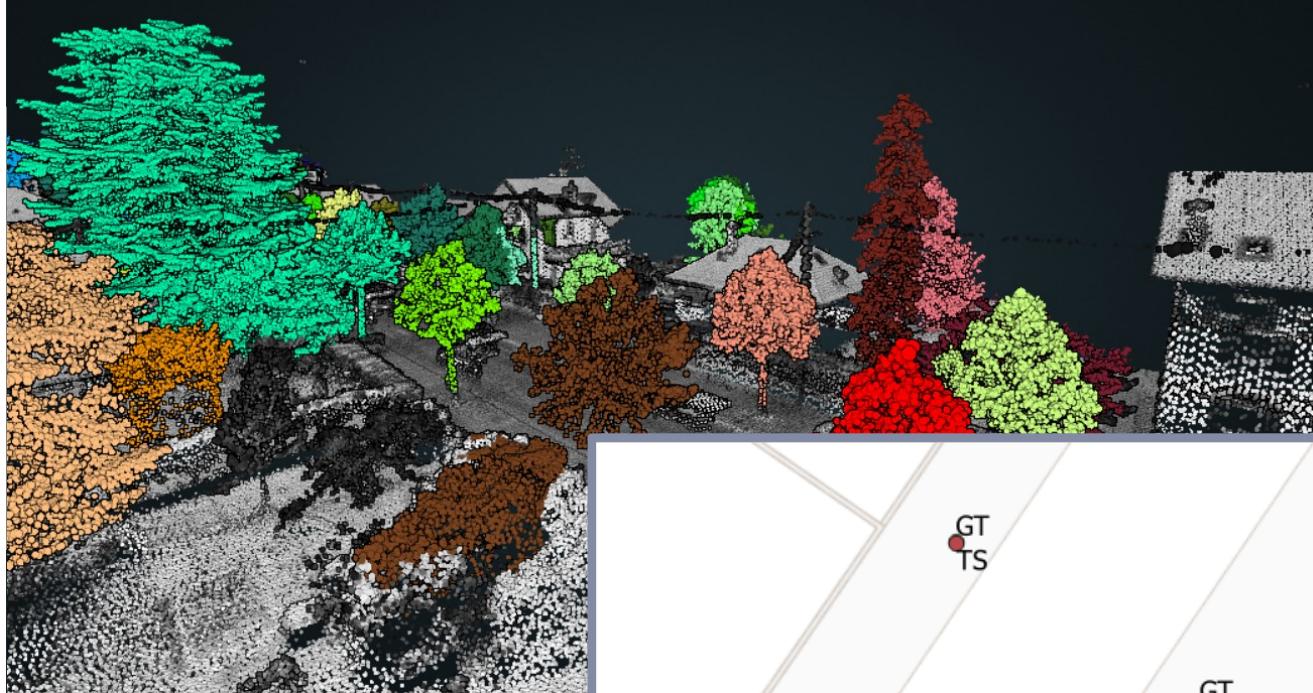
- Détection
- Géolocalisation du tronc (1 m de précision)
- Géolocalisation du sommet (1 m de précision )
- Mesure de la hauteur (2 m de précision)
- Mesure du diamètre du tronc à 1 m de hauteur (10 cm de précision)
- Mesure du diamètre de la couronne (1 m de précision)
- Mesure de la surface de canopée (1 m<sup>2</sup> de précision)
- Mesure du volume de canopée (1 m<sup>3</sup> de précision)
- Identification de l'espèce

# Framework



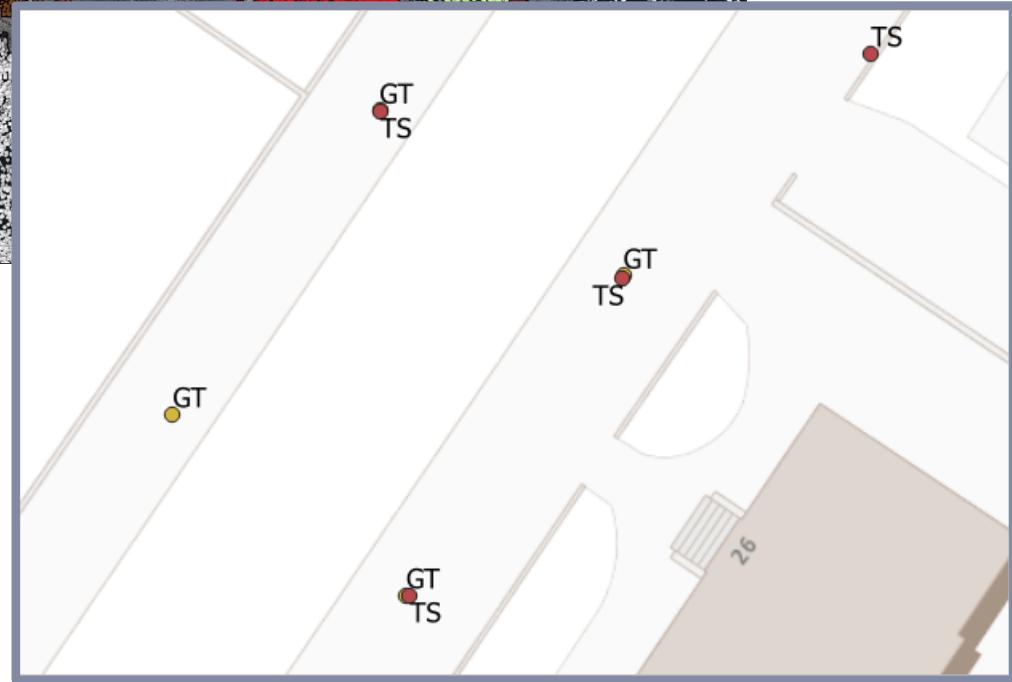
- Ce framework permet de valider la pertinence des prétraitements et d'identifier les **meilleurs paramètres**.
- Les choix de l'outil (TS, DFT) et de l'algorithme de segmentation peuvent être vus comme des paramètres parmi d'autres.
- ..."meilleurs" vis-à-vis de quel objectif ?!

# Détections vs vérité terrain (GT)

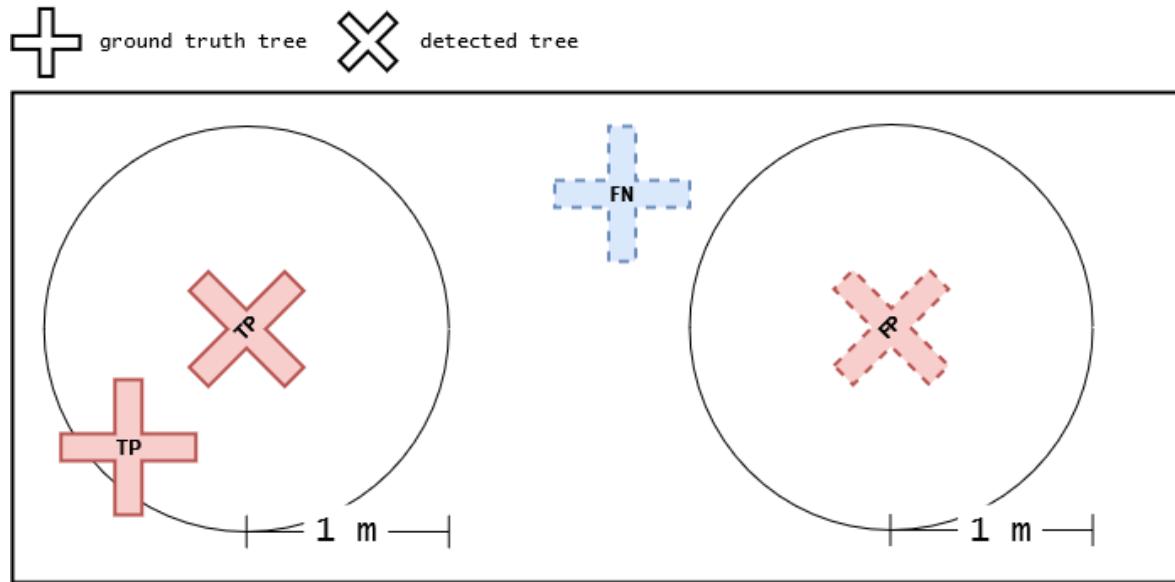


TS = TerraScan

GT = Ground Truth (vérité terrain)



## Algorithme de matching – cas simple

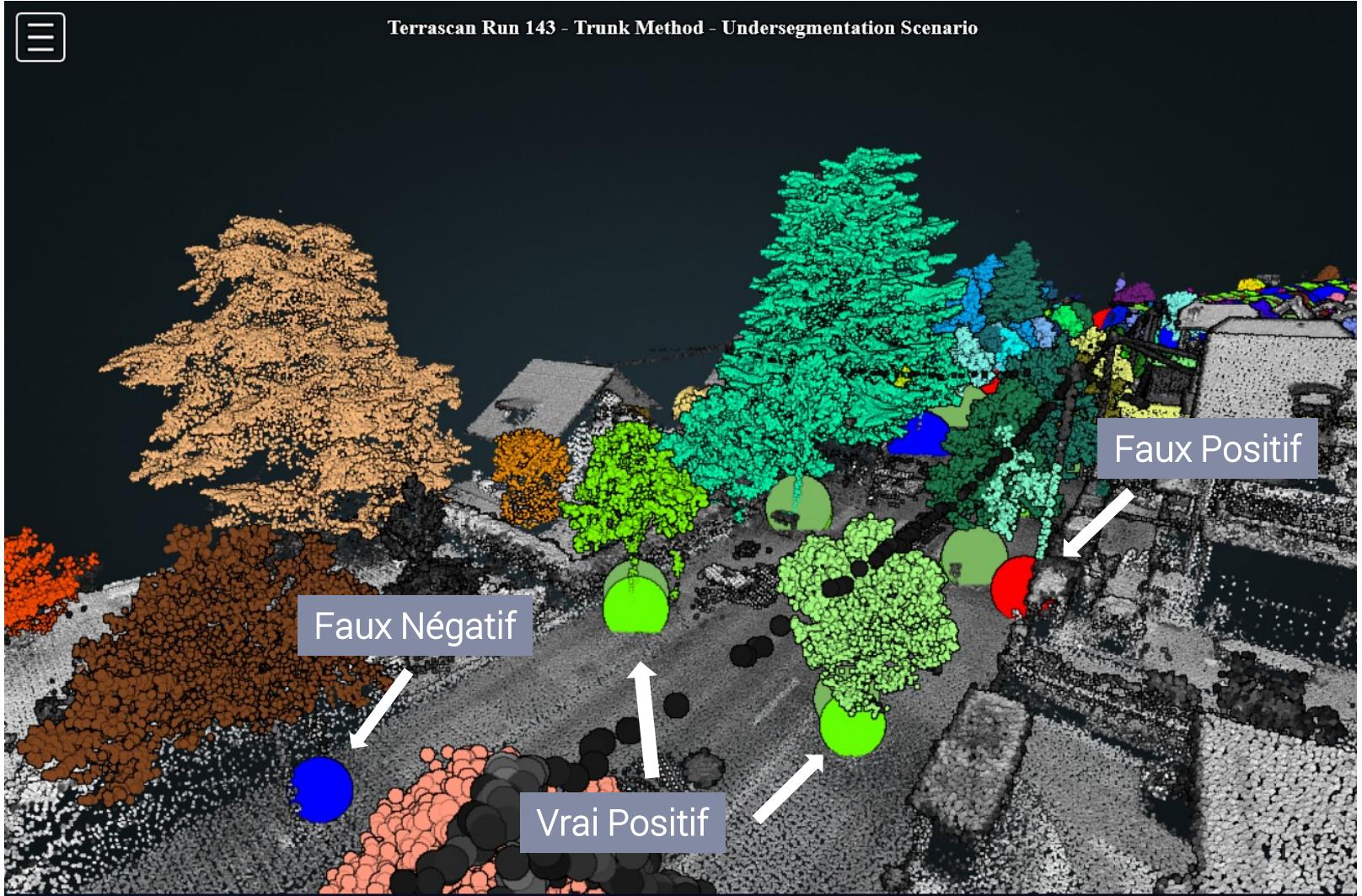


Bilan :

- 1 TP
- 1 FP
- 1 FN

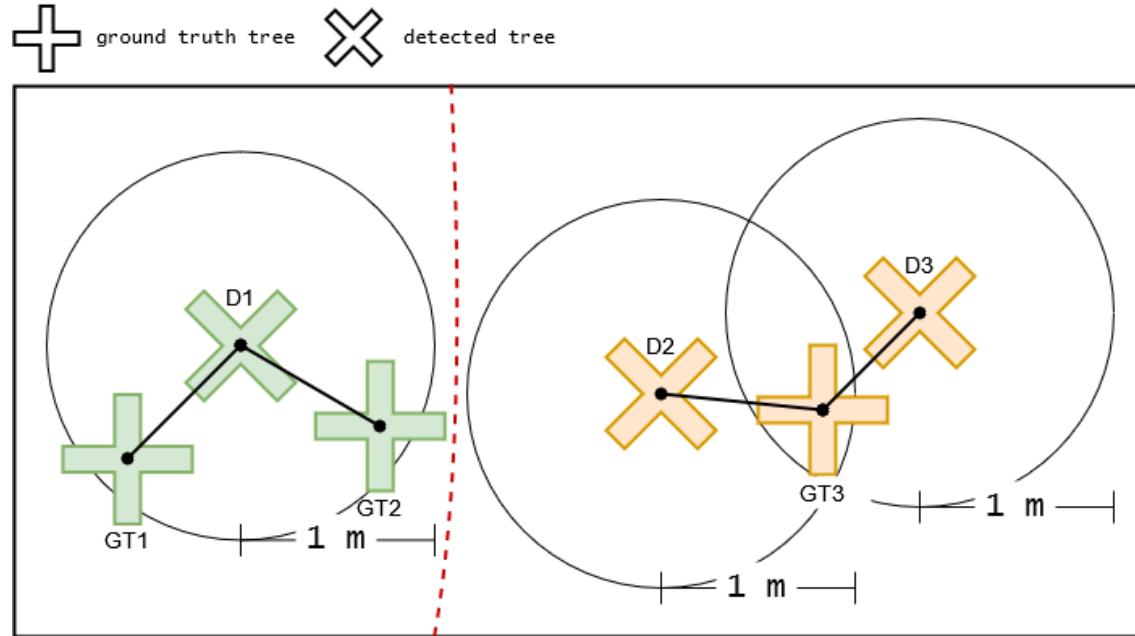
- 1 m = la précision requise
- TP = True Positive = Vrai Positif
- FP = Faux Positif
- FN = Faux Négatif

# Détections vs vérité terrain

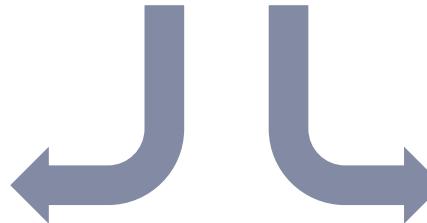


# Détections vs vérité terrain

## Algorithme de matching – cas complexe



|       | 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 (grandeur intensives)

- précision
- rappel
- F1-score

## INTERPRETATION

précision = 1.0 = 100 %

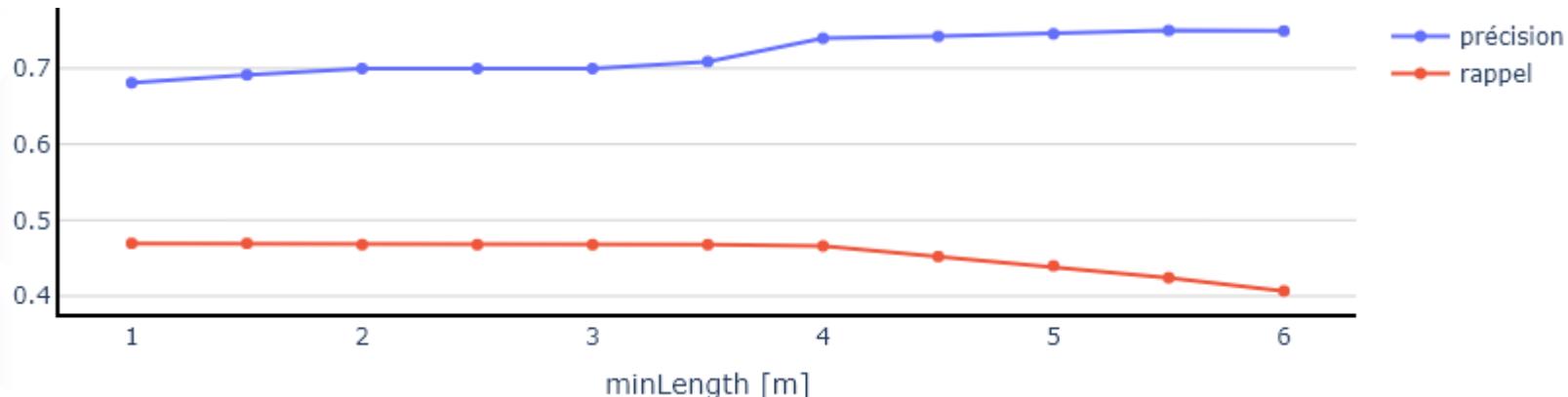
=> toutes les detections sont OK (pas de faux positifs)

rappel = 1.0 = 100 %

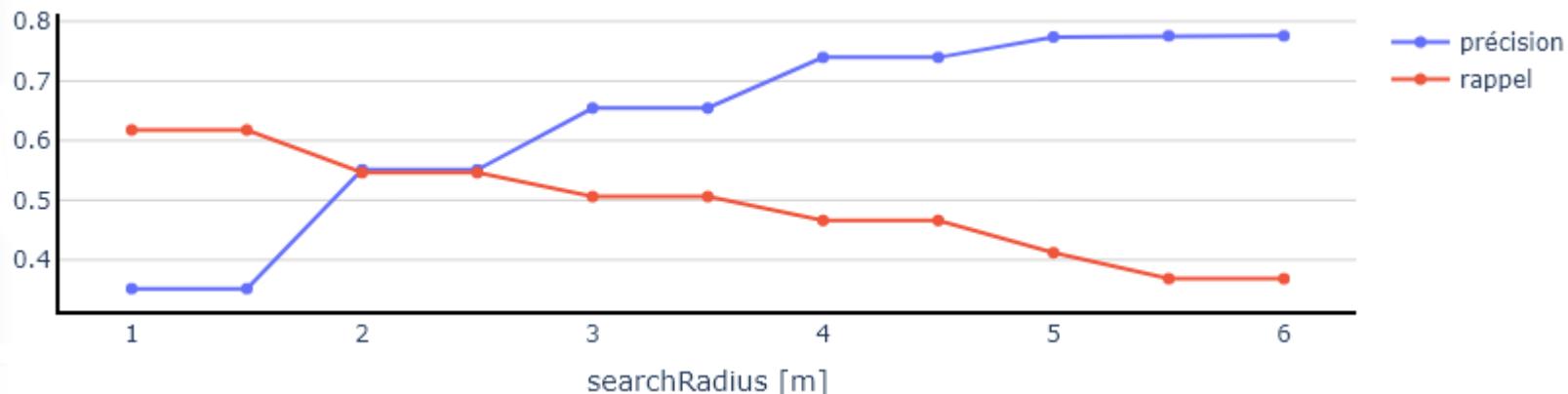
=> tous les arbres ont été détectés (pas de faux négatifs)

Métriques = f( paramètres, ... )

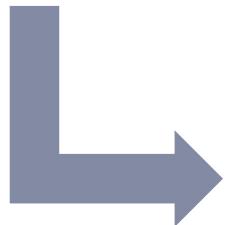
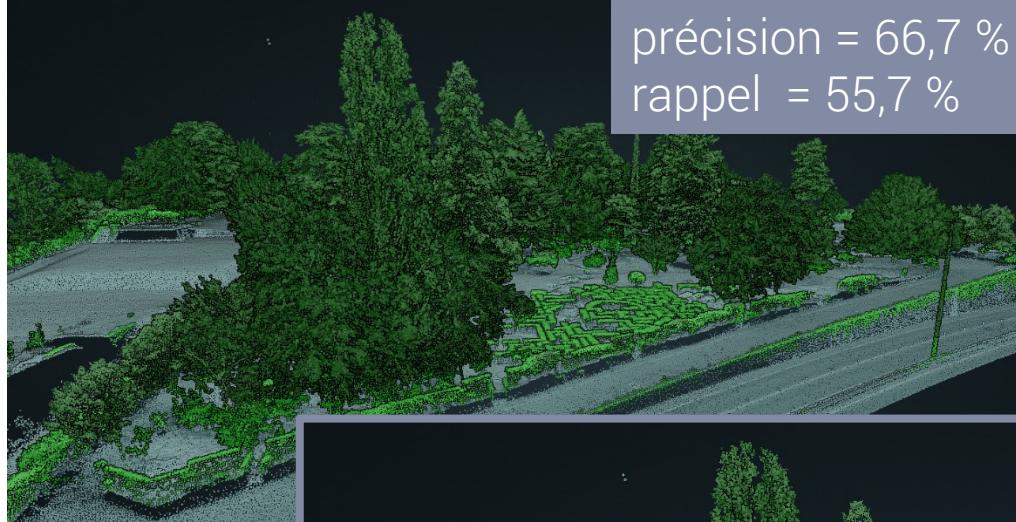
Exemple de paramètre ayant un **faible impact** sur les métriques



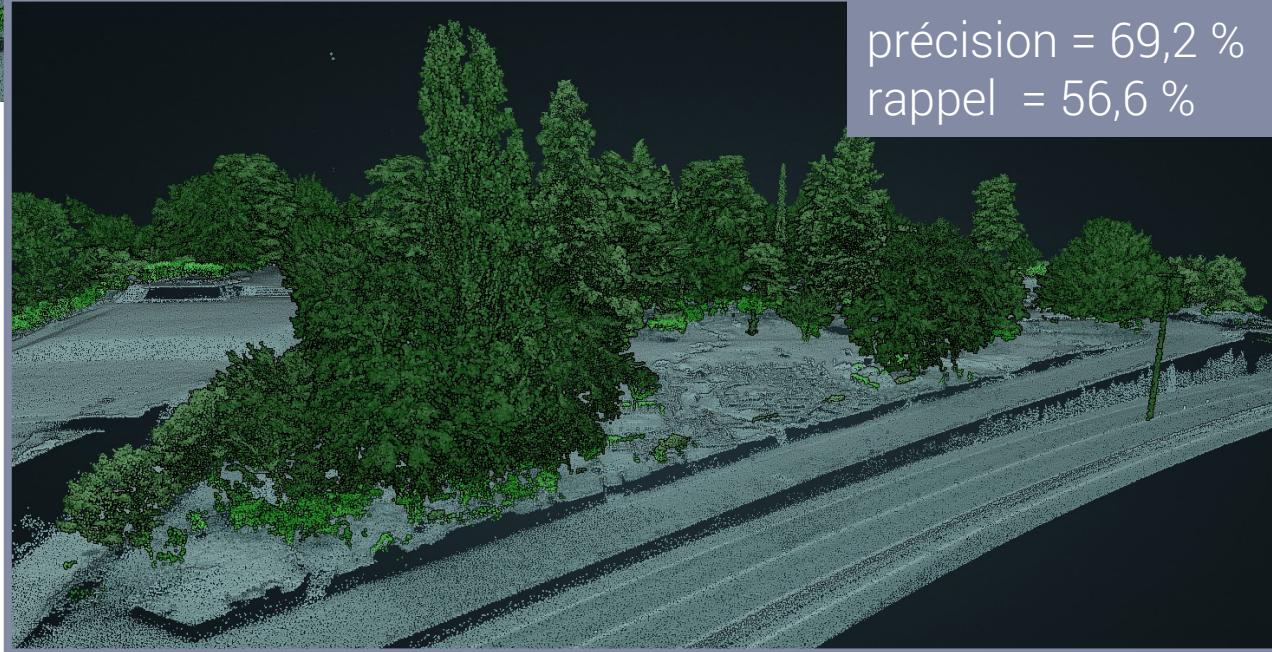
Exemple de paramètre ayant un **fort impact** sur les métriques



# Métriques = f(prétraitement,...)

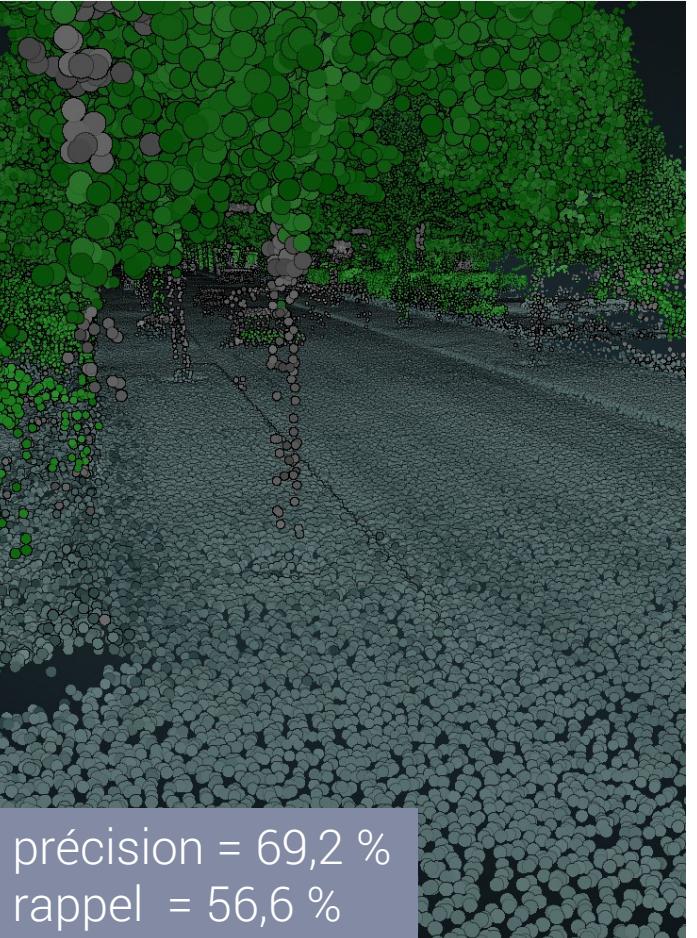


nettoyage

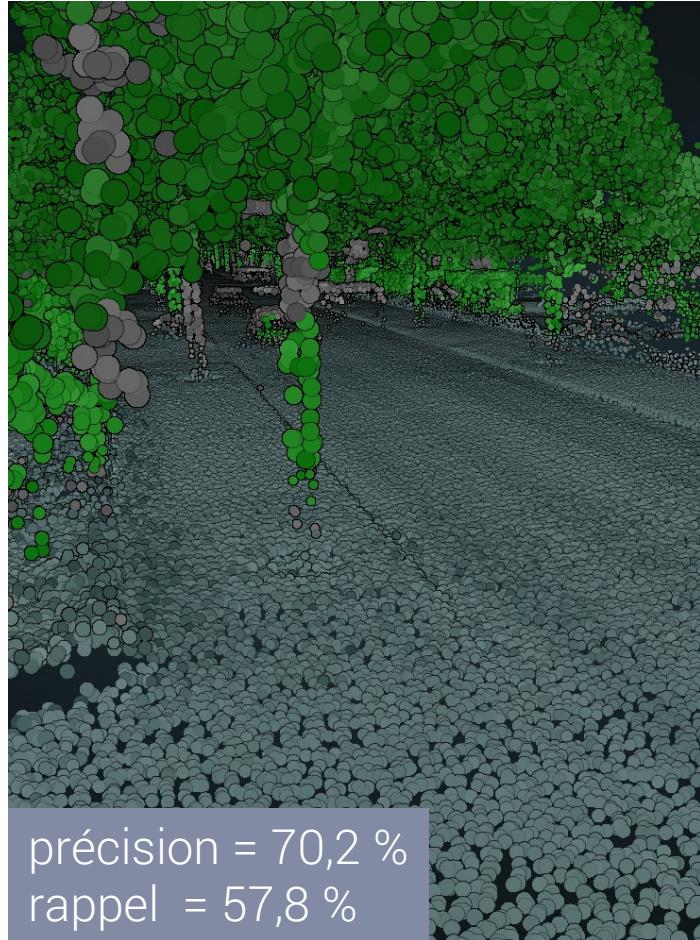


# Métriques = f(prétraitement,...)

stdl.ch - info@stdl.ch - tech.stdl.ch



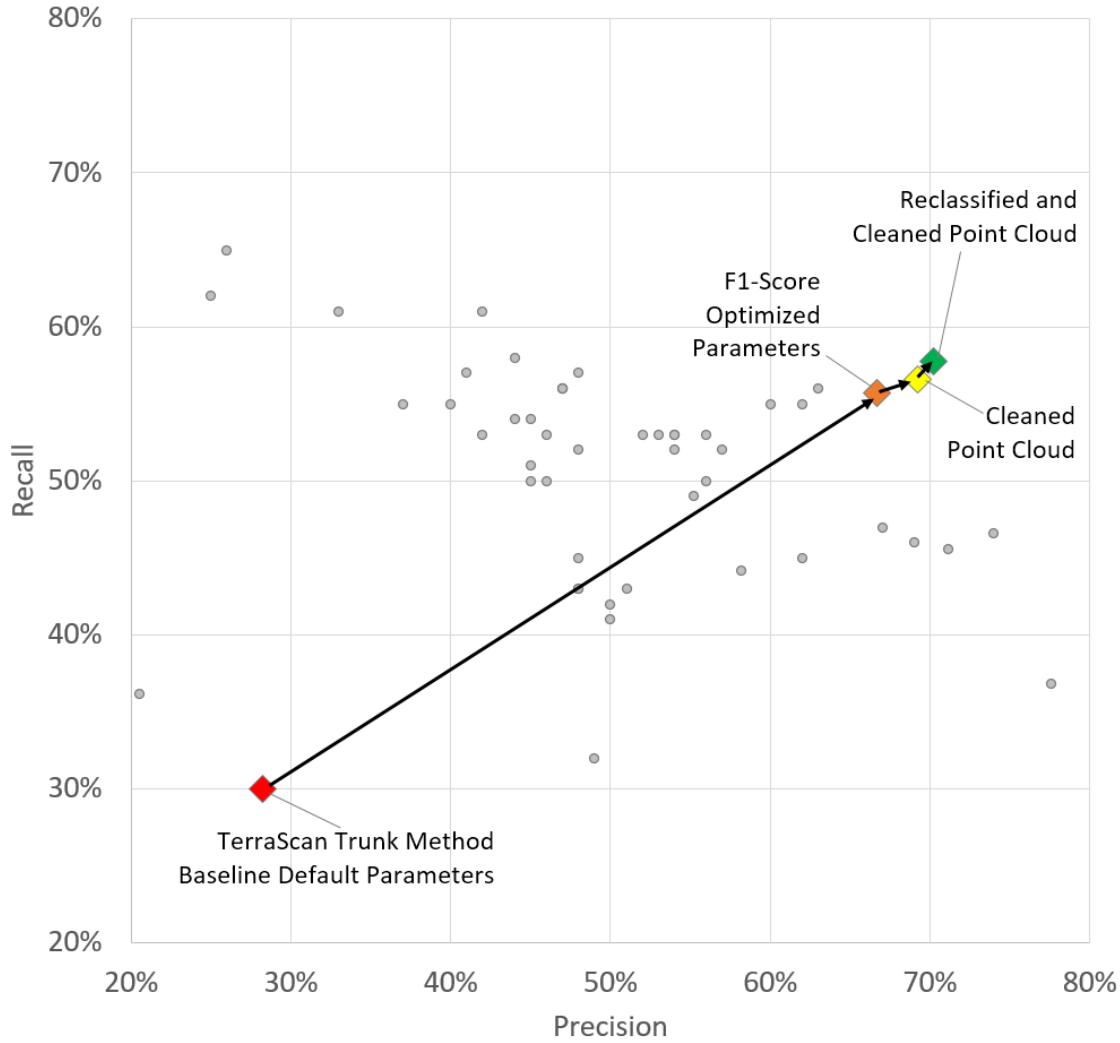
reclassification des points

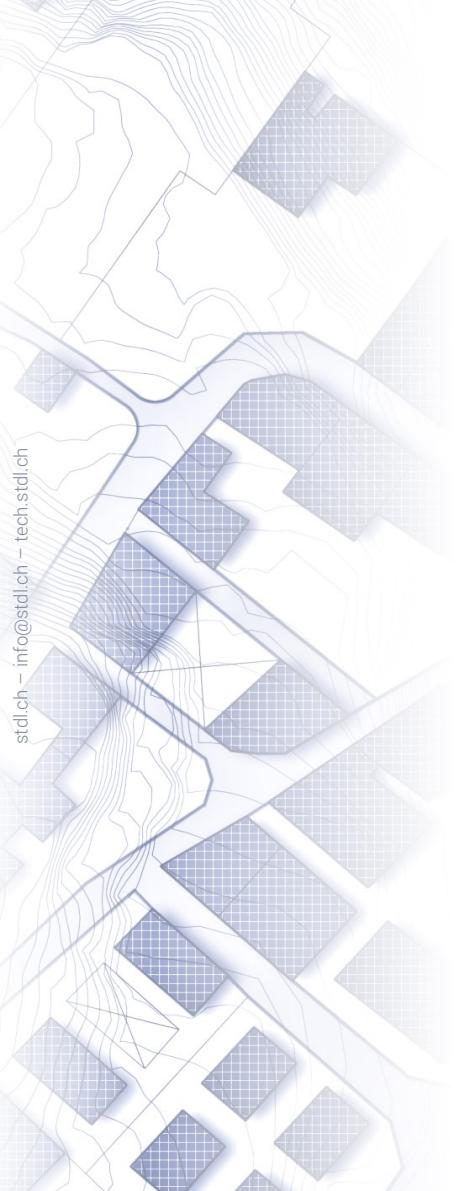


Images fournies par Gilles Gay des Combes (CJBG – Ville de Genève, ISE - UNIGE, STDL)

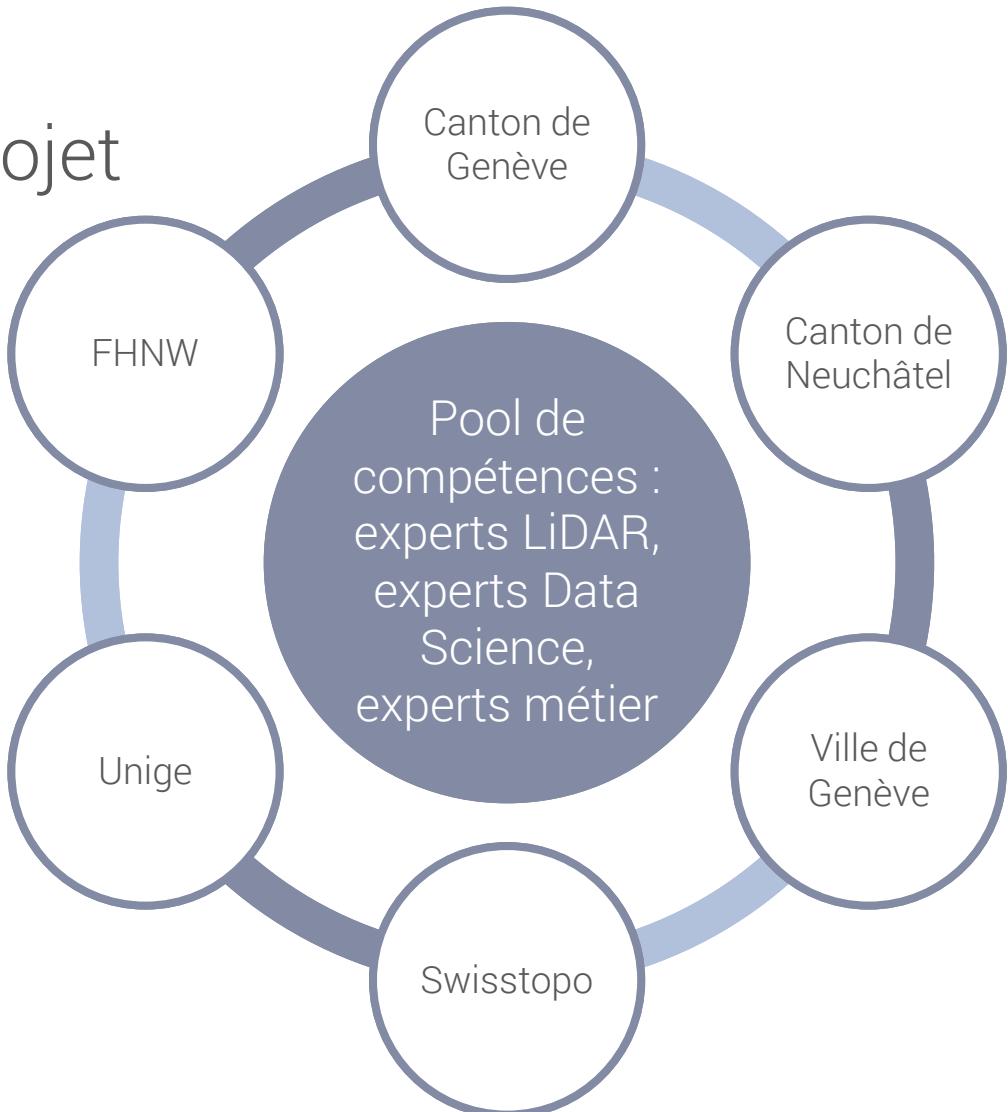
# Optimisation des métriques

Tree Detection Trials: Precision vs. Recall





# Apports du projet



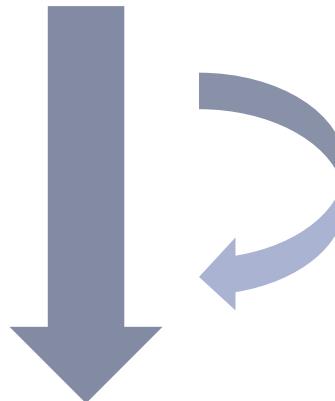
# Apports du projet

Traitement LiDAR très haute densité  
Logiciels et algorithmes (TerraScan, Digital Forestry Toolbox, etc.)

Optimisation des algorithmes  
de segmentation et de  
détection d'arbres

Résultats dont la qualité peut  
être appréciée

Informations pour planifier les prochains relevés (densité optimale)  
et pour le calcul des produits pour les services forestiers



Méthodologie issue  
de la Data Science

# Forum SITG le 29 mars 2022



Des solutions digitales et innovantes pour mieux connaître les arbres

Date: Mardi, 29 Mars, 2022 - 09:00 - 12:00

[Lien vers l'événement](#)



Swiss Territorial  
Data Lab

## Collaborate with STDL

A project in mind ? Contact us at [info@stdl.ch](mailto:info@stdl.ch) or on [stdl.ch](http://stdl.ch)

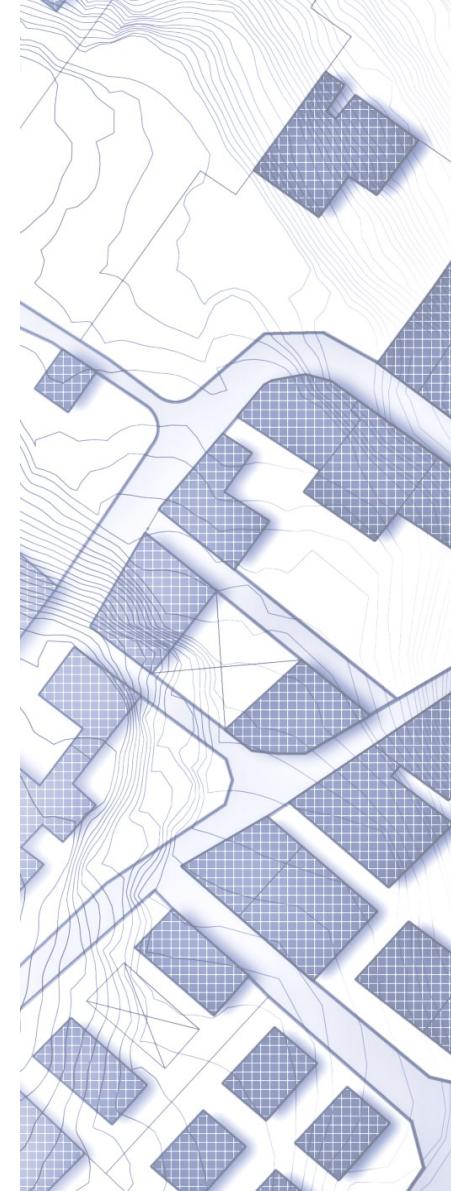
## Contribute to STDL

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

## Our Partners



Fachhochschule  
Nordwestschweiz



VISIT US  
[stdl.ch](http://stdl.ch)

CONTACT US  
[info@stdl.ch](mailto:info@stdl.ch)

READ US  
[tech.stdl.ch](http://tech.stdl.ch)