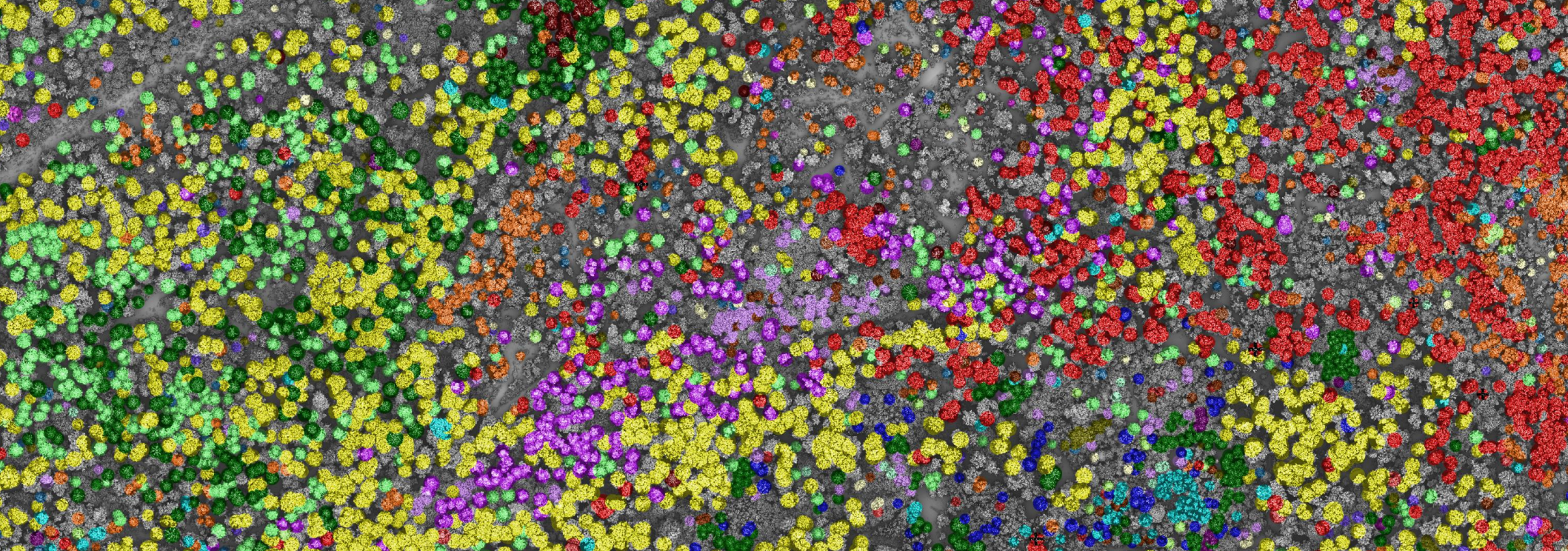




Inventaires d'essences d'arbres automatiques avec LiDAR aérien

Corentin Junod – corentin.junod@ne.ch

Système d'information du territoire neuchâtelois

Les essences – Pourquoi ?



Les essences – Pourquoi ?

Adaptation au changement climatique



Les essences – Pourquoi ?

Adaptation au changement climatique

Résilience face aux perturbations



Les essences – Pourquoi ?

Adaptation au changement climatique

Résilience face aux perturbations

Valorisation économique



Les essences – Pourquoi ?

Adaptation au changement climatique

Résilience face aux perturbations

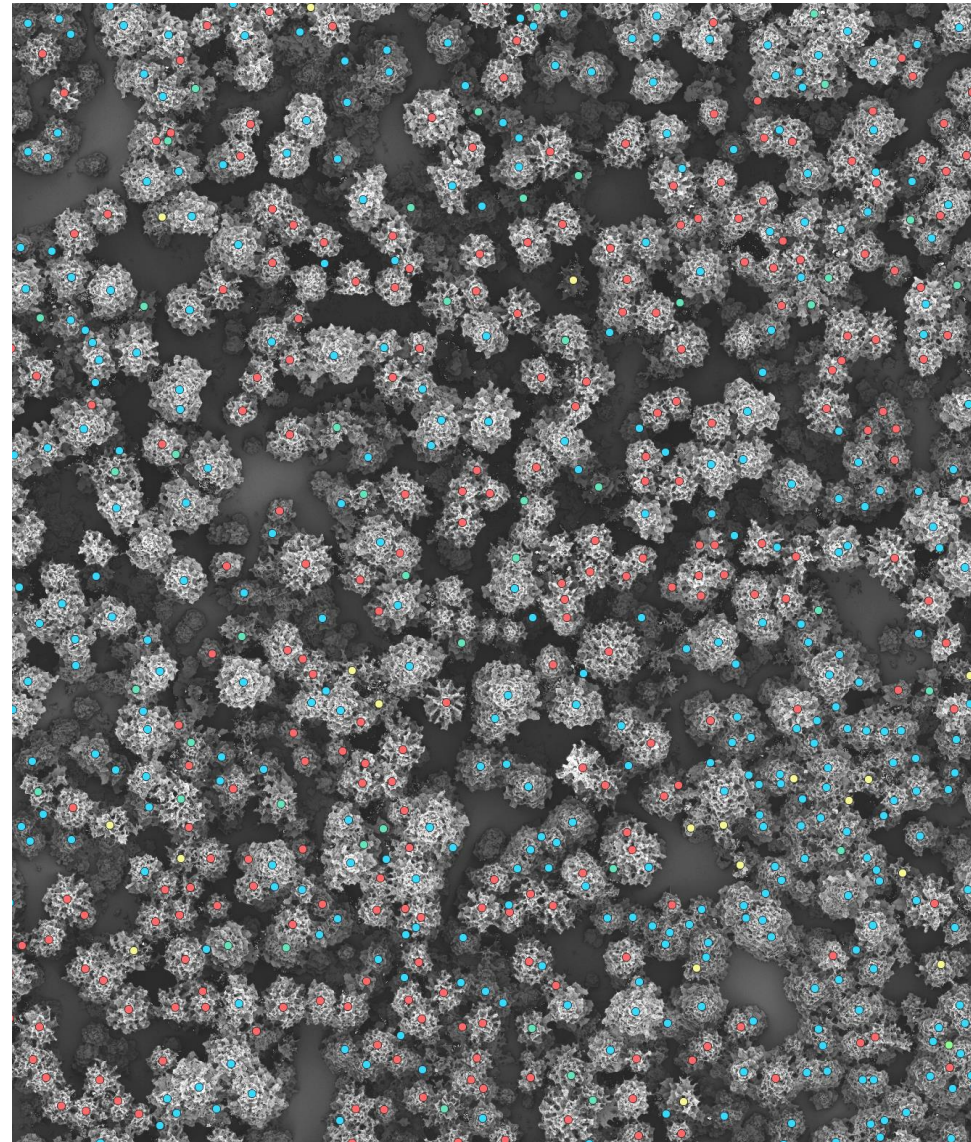
Valorisation économique

→ Une des informations de base des inventaires



Solutions existantes

Inventaires manuels



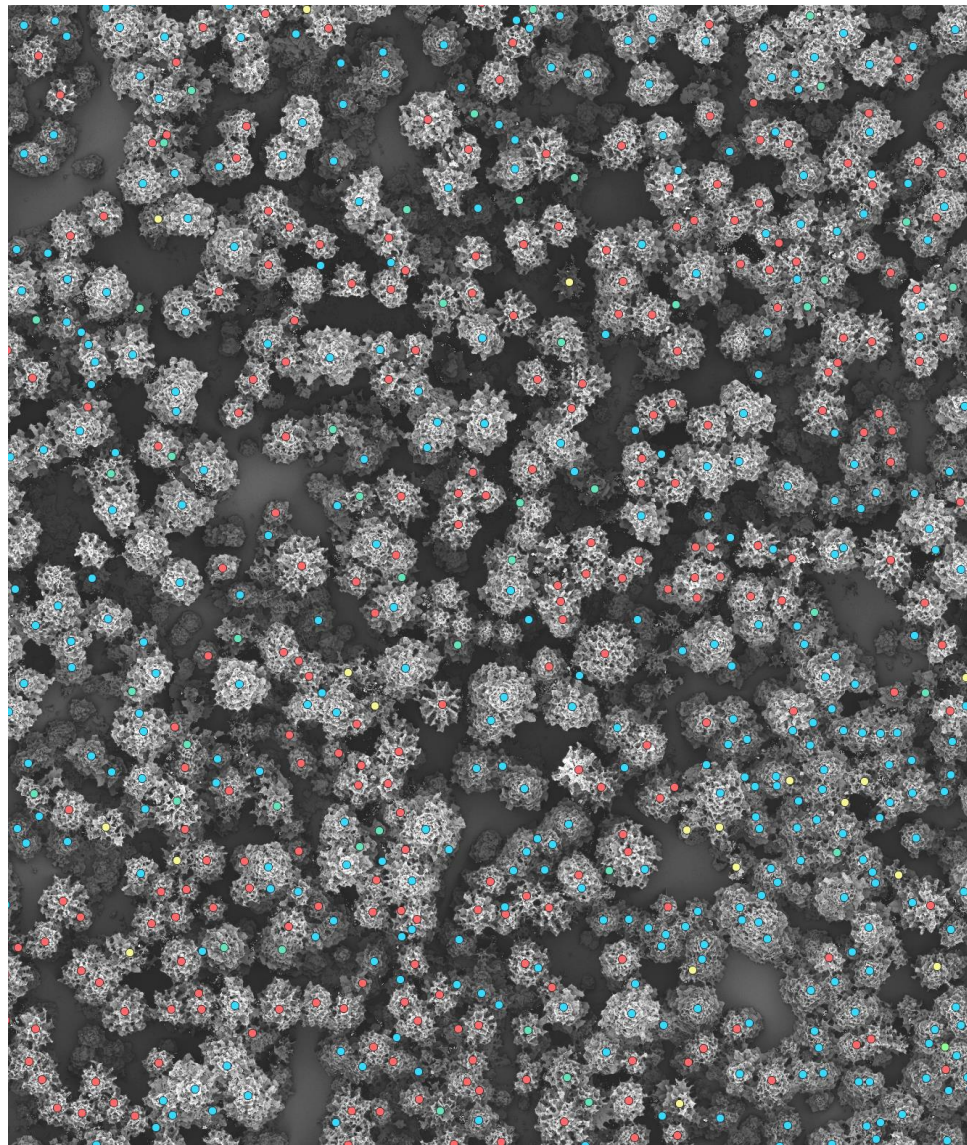
Solutions existantes

Inventaires manuels

Coûteux & laborieux

Inapplicables sur de larges zones

Ne peuvent être faits fréquemment



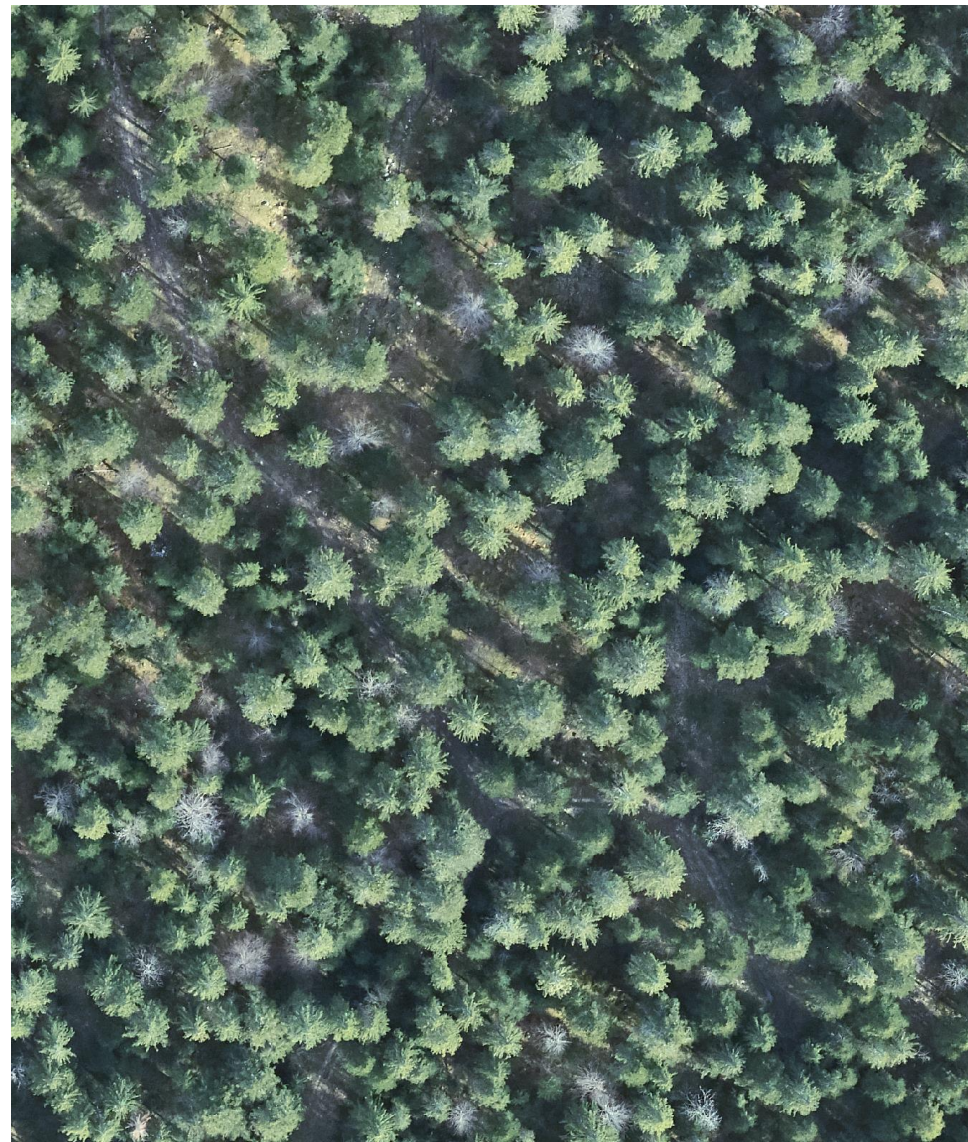
Solutions existantes

Par photos aériennes

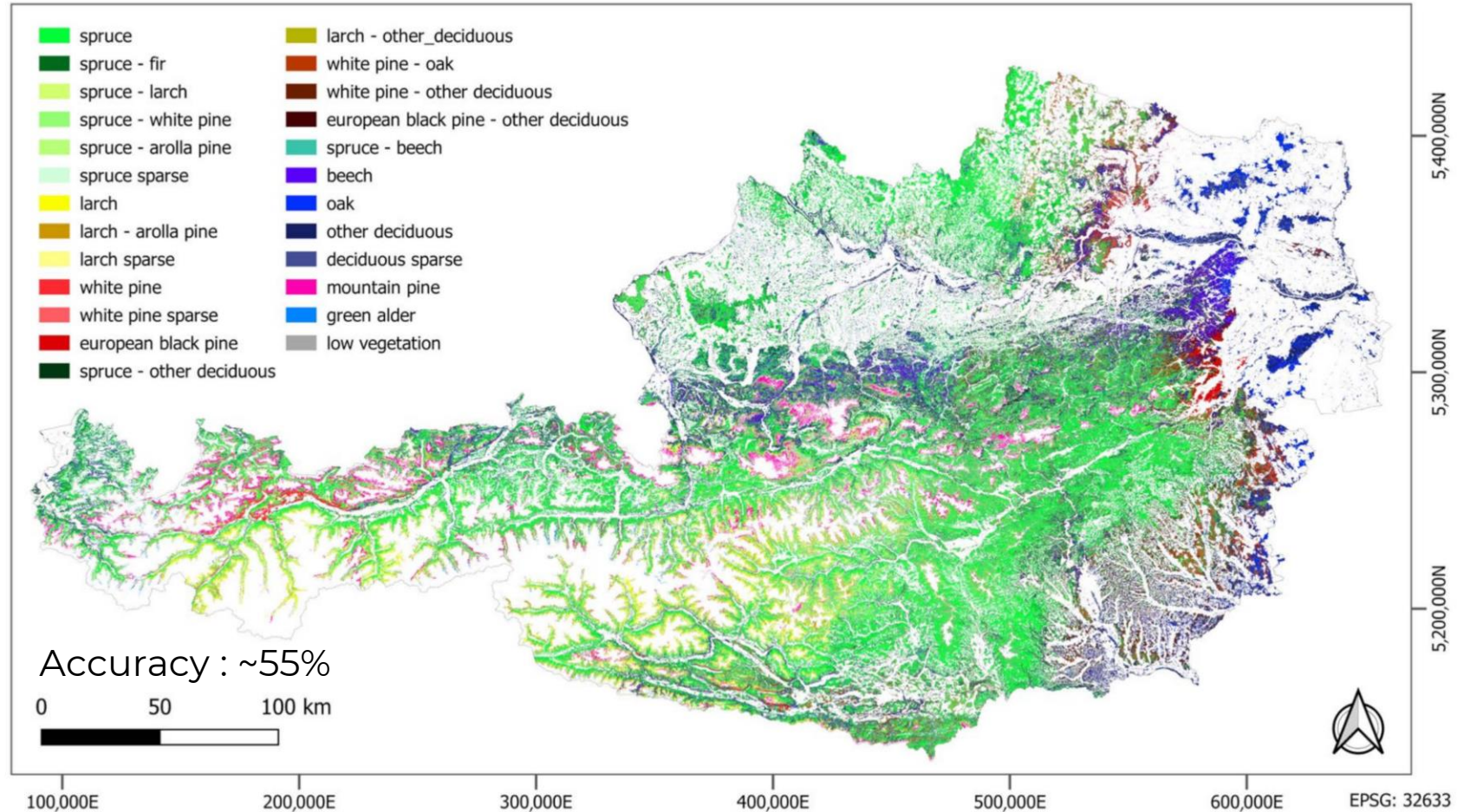
Beaucoup d'outils existent

Détection satisfaisante

Application facile et à large échelle



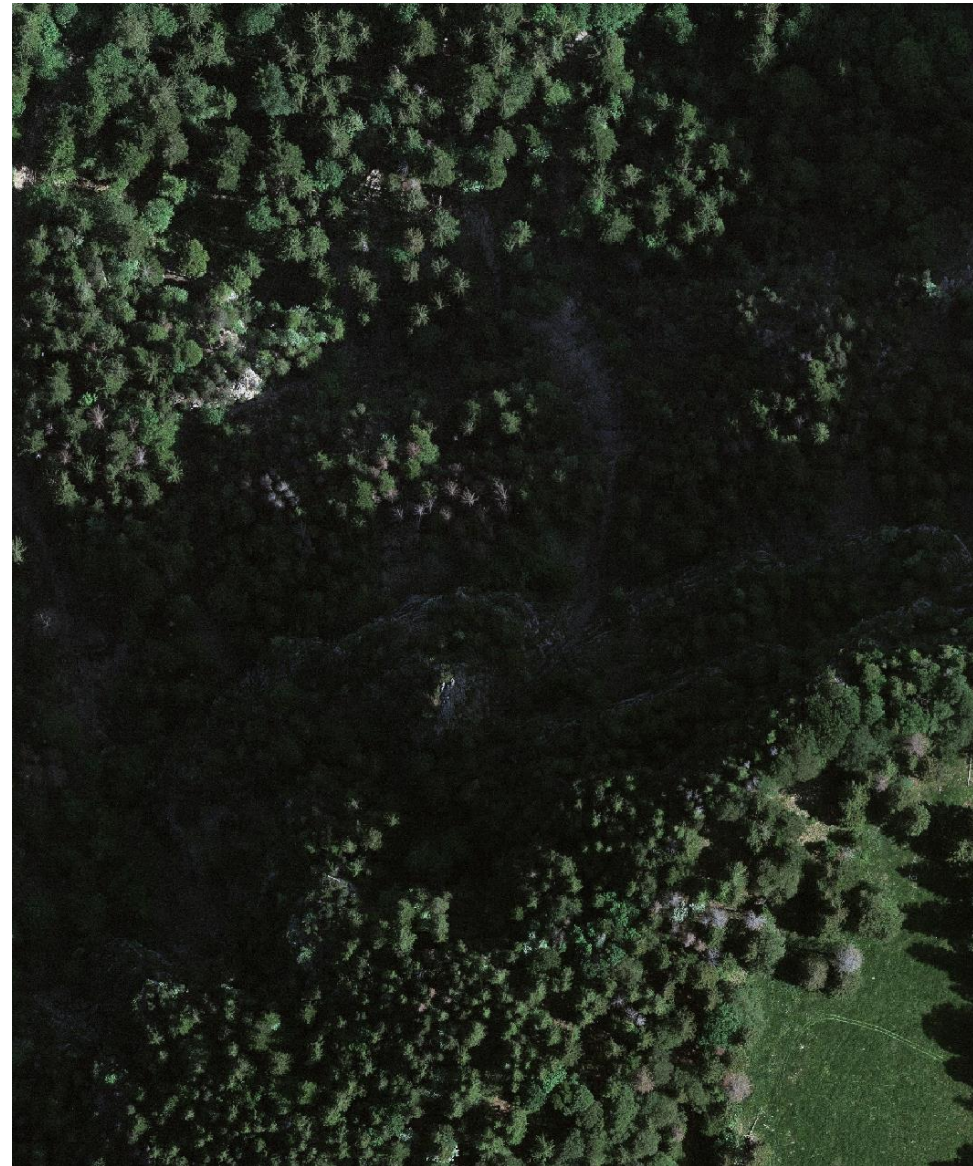
Solutions existantes



Solutions existantes

Par photos aériennes

Problèmes d'ombres

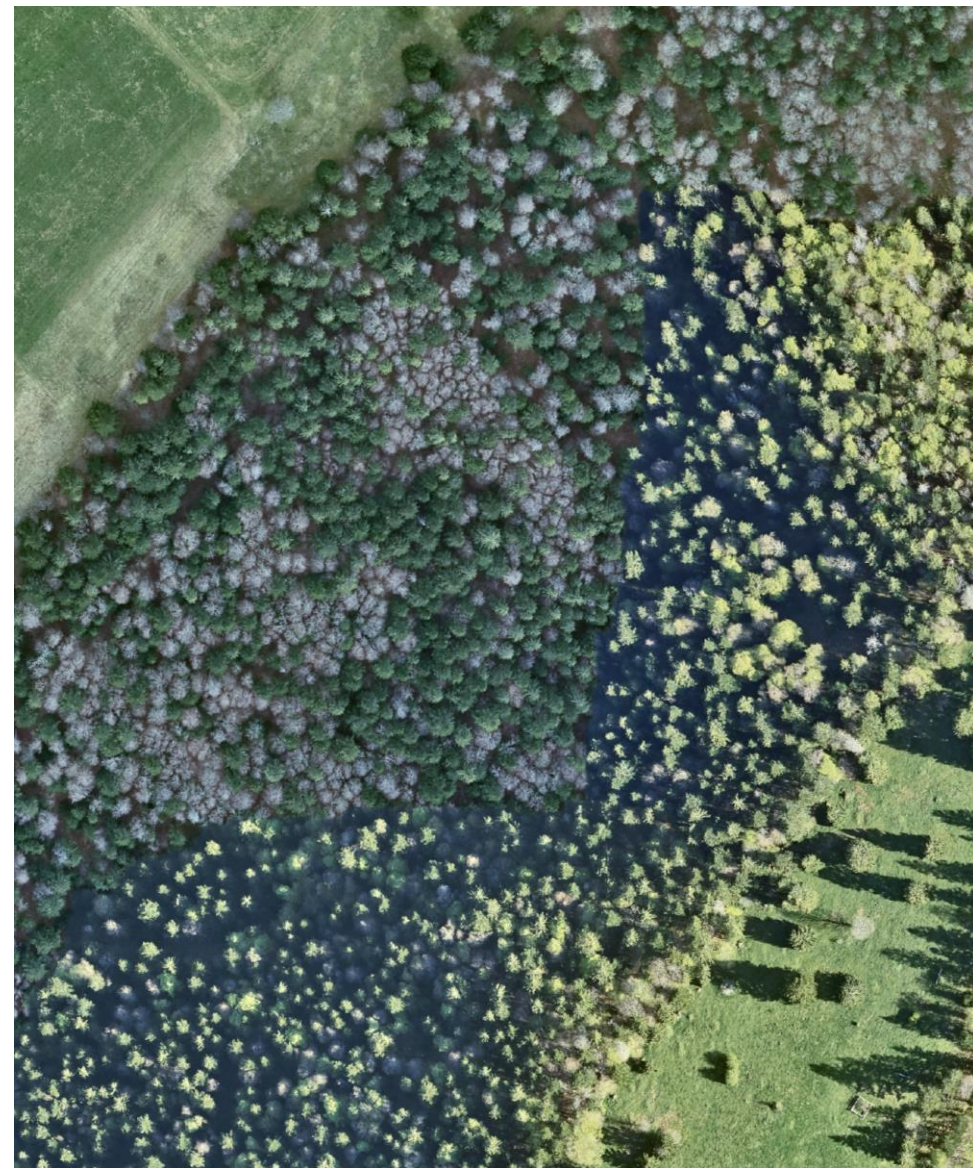


Solutions existantes

Par photos aériennes

Problèmes d'ombres

Problèmes de tuilage



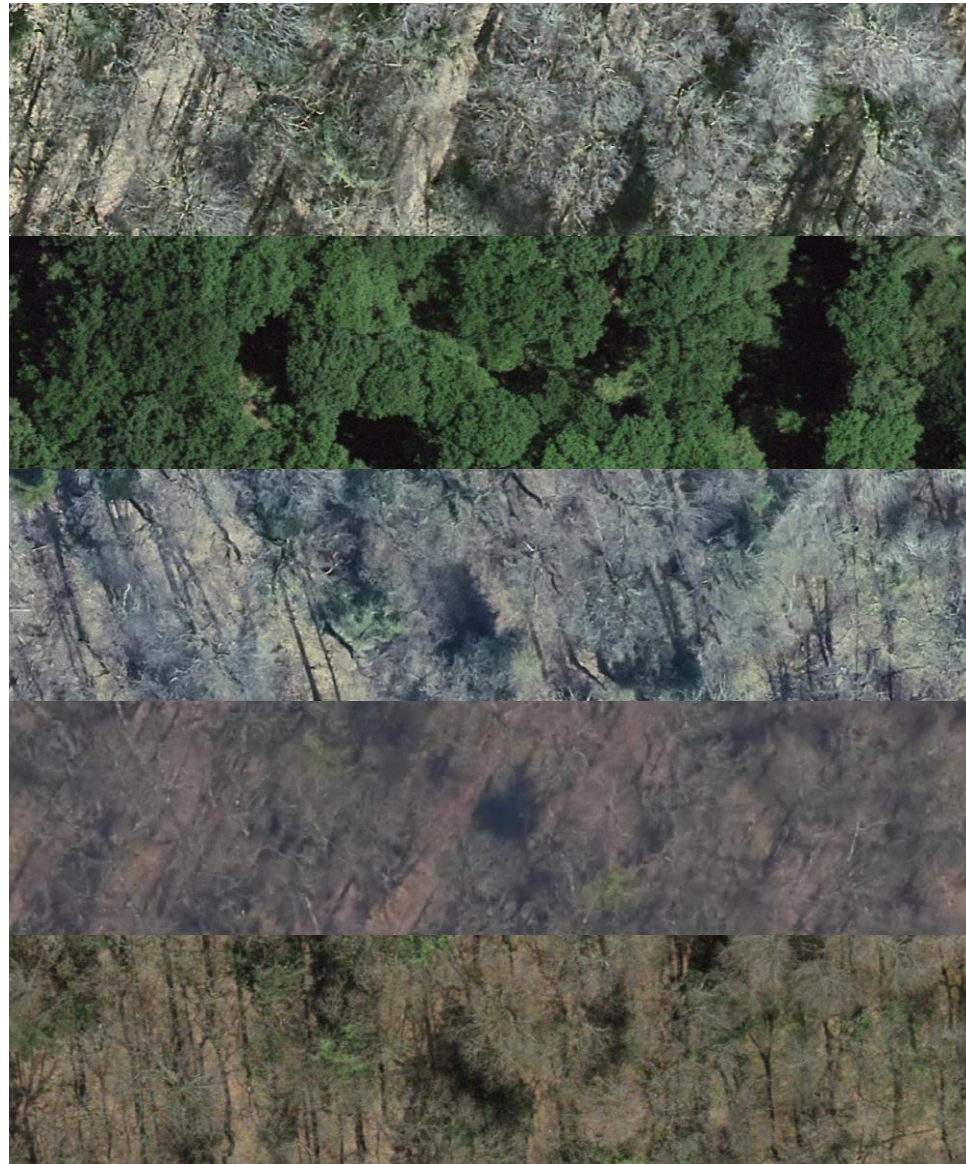
Solutions existantes

Par photos aériennes

Problèmes d'ombres

Problèmes de tuilage

Problèmes de généralisation



Solutions existantes

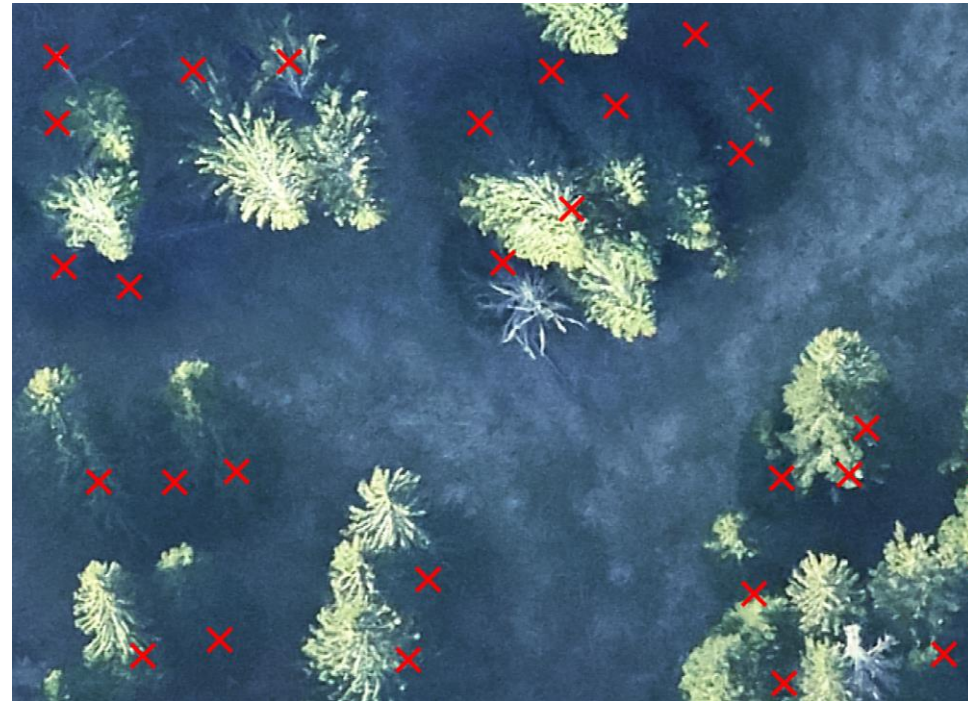
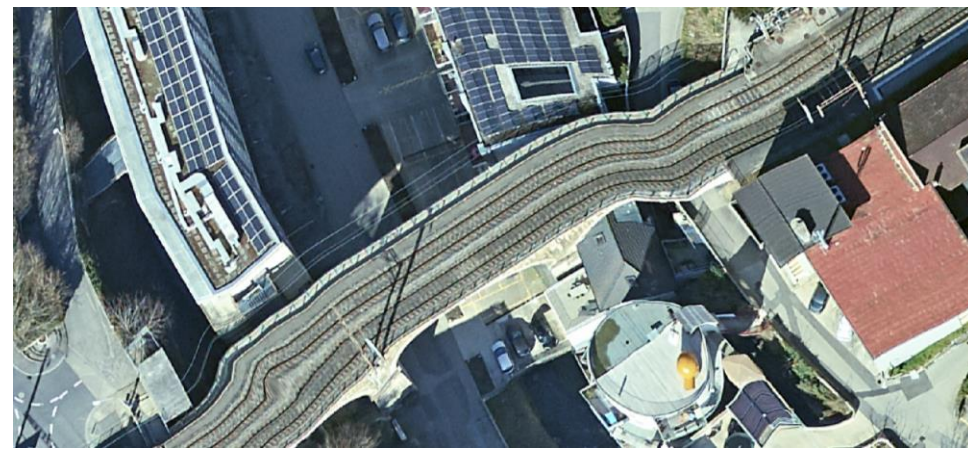
Par photos aériennes

Problèmes d'ombres

Problèmes de tuilage

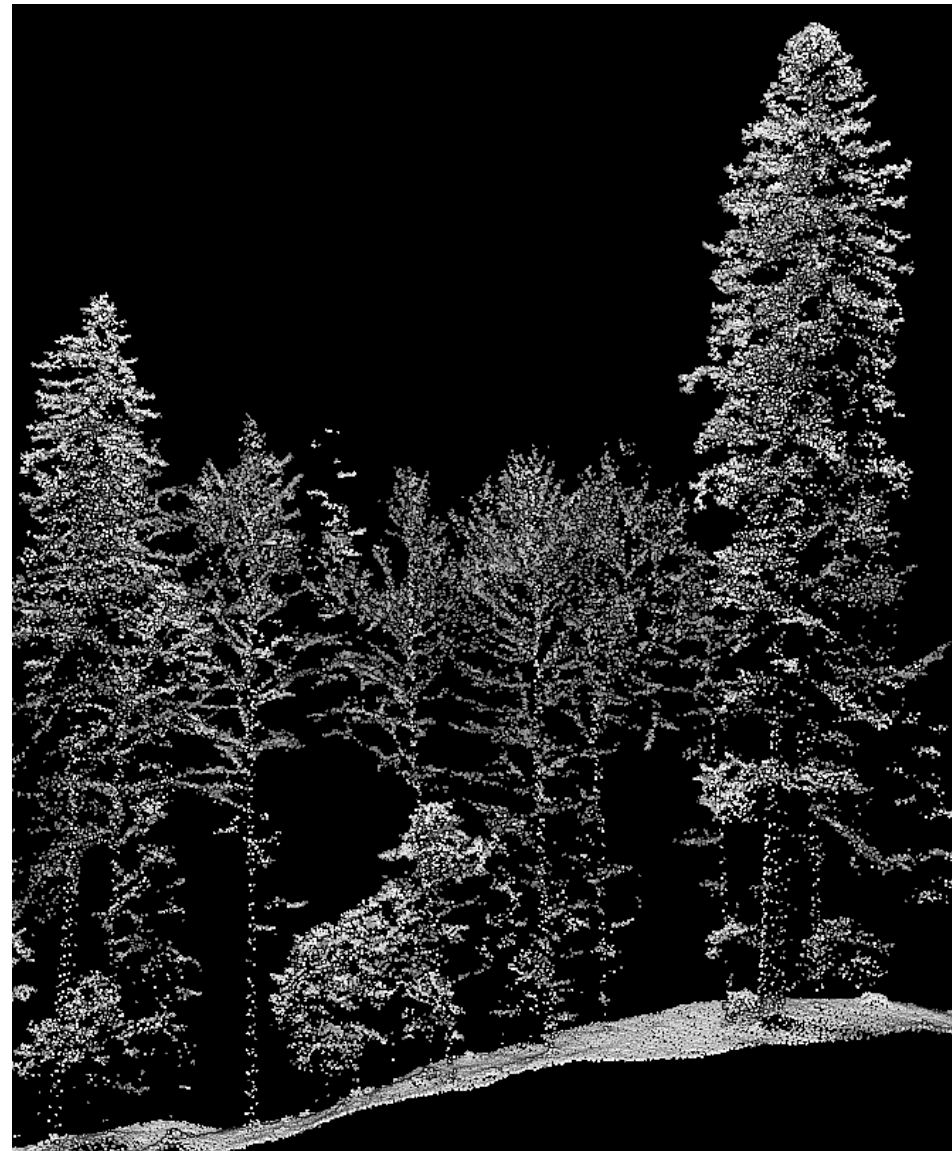
Problèmes de généralisation

Problèmes de perspective



Solutions existantes

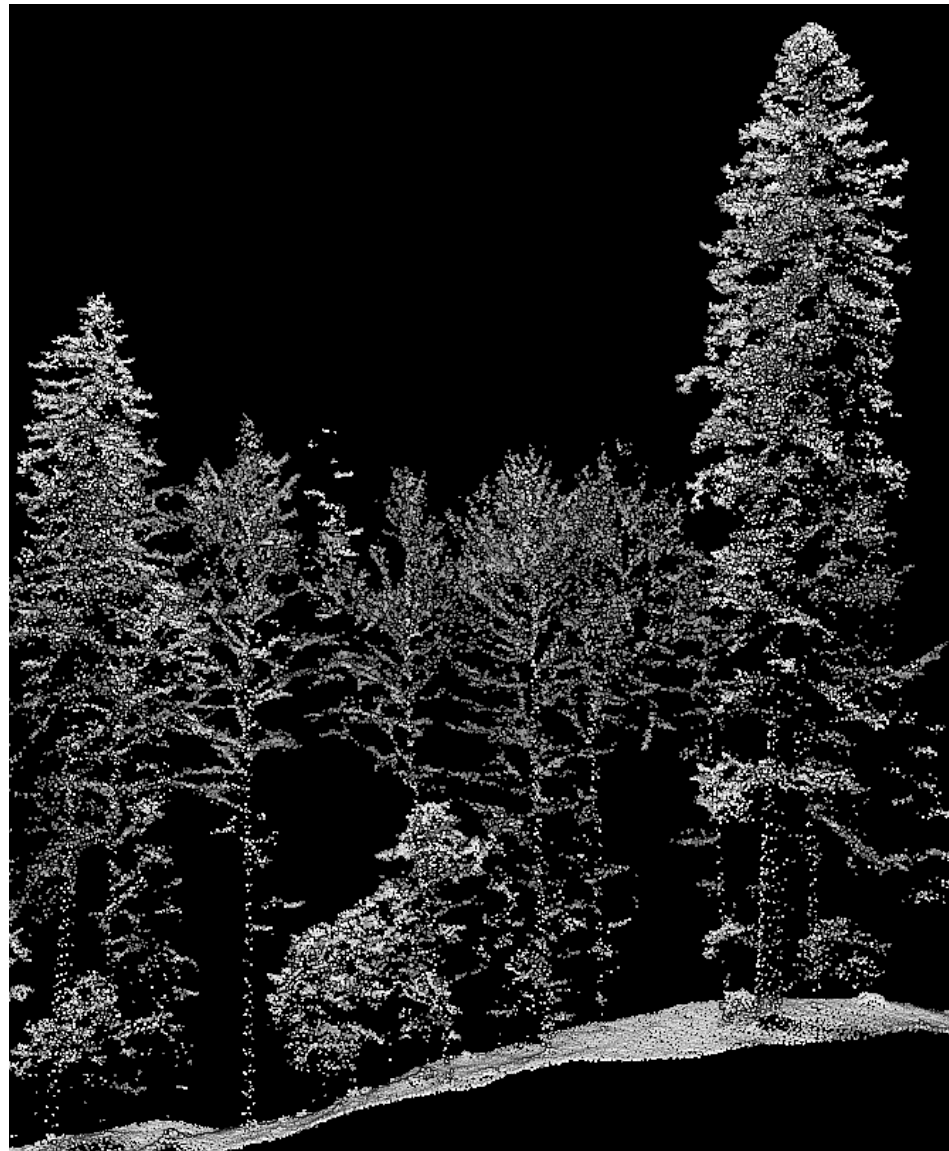
Par LiDAR



Solutions existantes

Par LiDAR

Principalement LiDAR terrestre

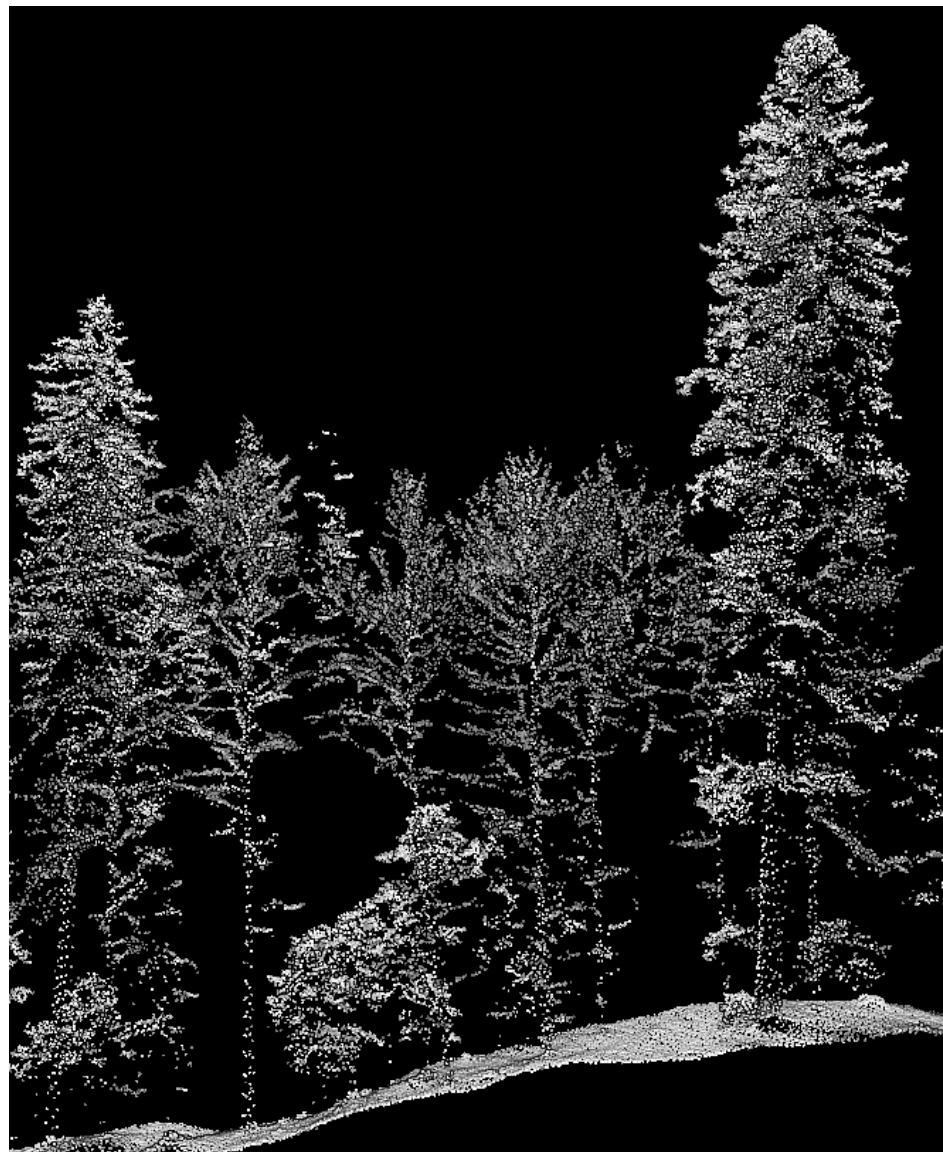


Solutions existantes

Par LiDAR

Principalement LiDAR terrestre

Principalement des forêts peu
denses et peu étagées



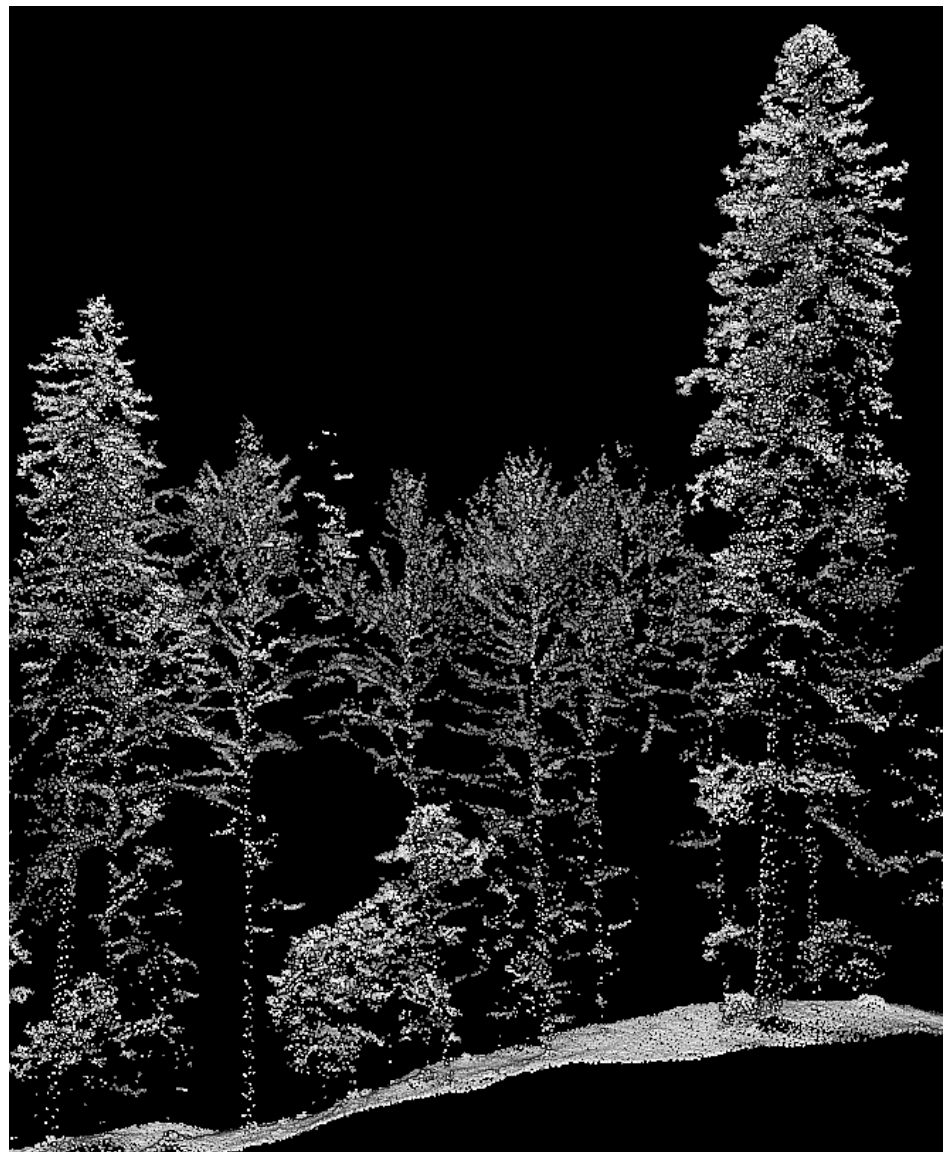
Solutions existantes

Par LiDAR

Principalement LiDAR terrestre

Principalement des forêts peu
denses et peu étagées

Principalement < 5 essences



Solutions existantes

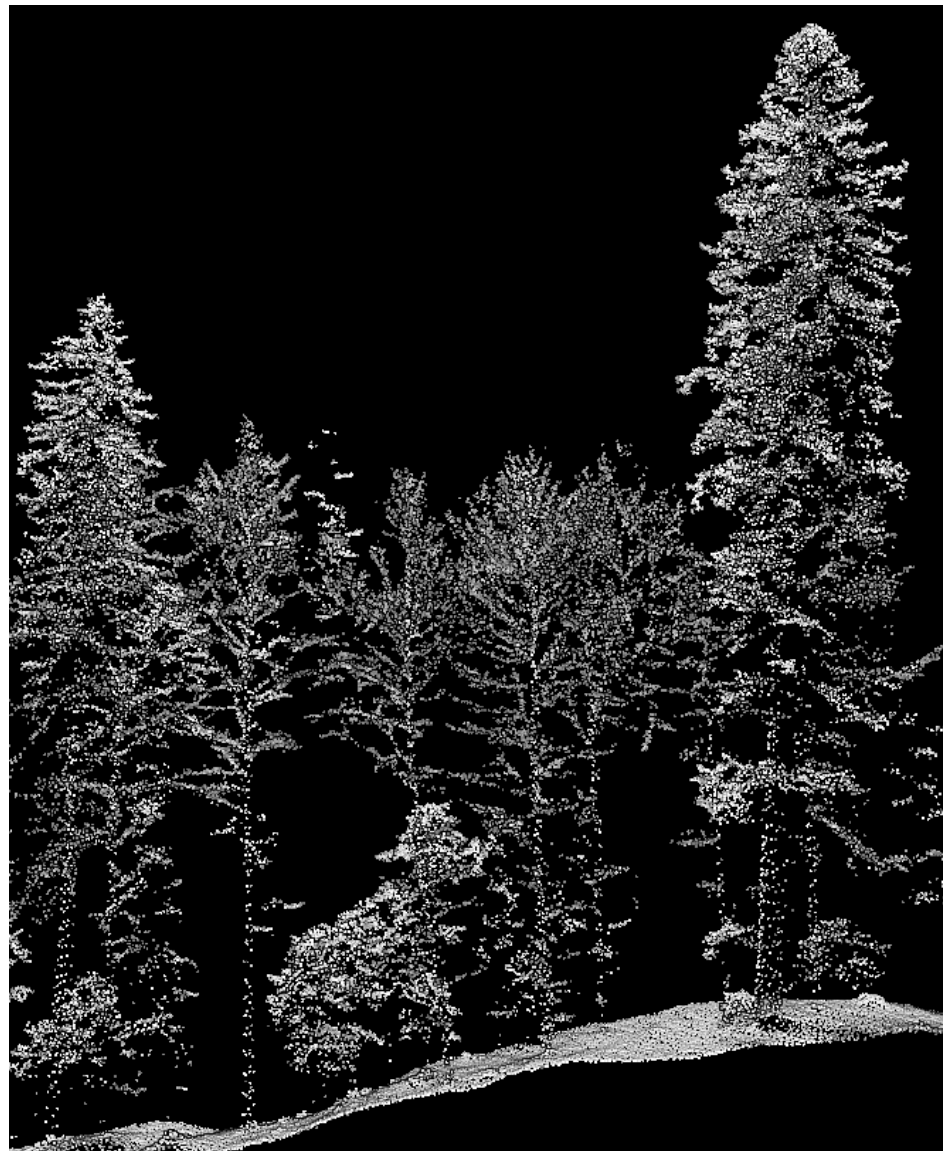
Par LiDAR

Principalement LiDAR terrestre

Principalement des forêts peu denses et peu étagées

Principalement < 5 essences

→ Difficilement applicable à la forêt suisse

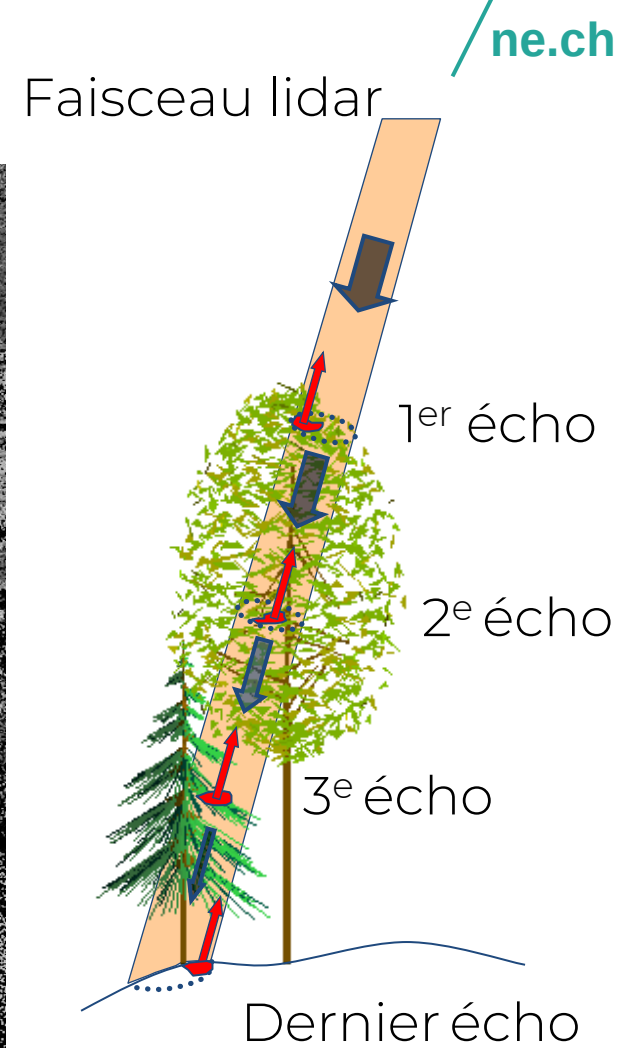
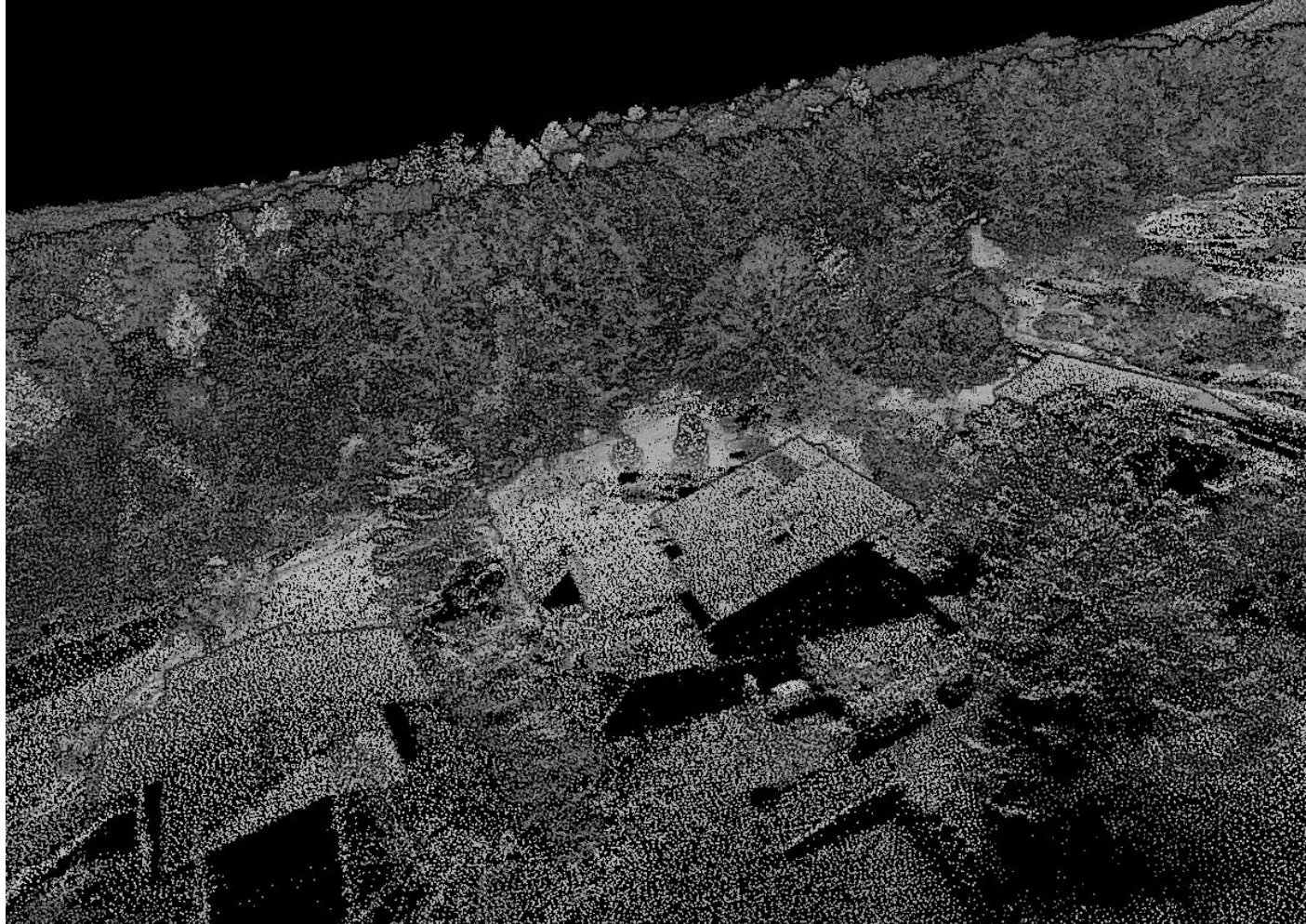


Notre objectif

Développer une solution

- Avec LiDAR aérien uniquement
- Satisfaisante en forêts complexes
- Satisfaisante avec toutes les essences principales (> 20)
- À l'échelle des arbres individuels
- Robuste et généralisable

Le LiDAR



Le LiDAR



Intensité de retour, acquisition 2022, SITN

Le LiDAR

Données disponibles

Producteur	Canton / Région	Année	Densité
Swisstopo	Suisse Nord-Est	2025	~ 15 – 50 pts / m ²
État de Genève	Genève	2023	~ 100 pts / m ²
État de Neuchâtel	Neuchâtel	2022	~ 100 pts / m ²
État de Neuchâtel	Neuchâtel	2025	~ 100 pts / m ²

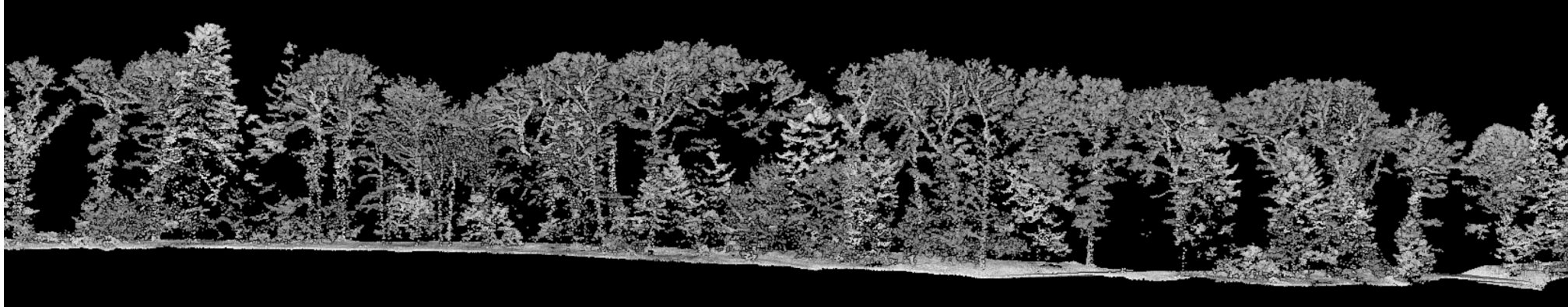
Inventaires d'arbres

Données disponibles

Producteur	Canton – Région	Type	Arbres
État de Neuchâtel (SFFN)	Neuchâtel – Canton	Forêt	33'000
Inventaire forestier national	Neuchâtel – Canton	Forêt	880
Autres inventaires forestiers	Genève / Zürich – Petites zones	Forêt	300
Ville de Genève	Genève – Ville	Urbain	96'000
Ville de Zürich	Zürich – Ville	Urbain	81'000
Ville de Zug	Zug – Ville	Urbain	13'000
Ville de Neuchâtel	Neuchâtel – Ville	Urbain	5'100
Ville de la Chaux-de-Fonds	La Chaux-de-Fonds – Ville	Urbain	4'000

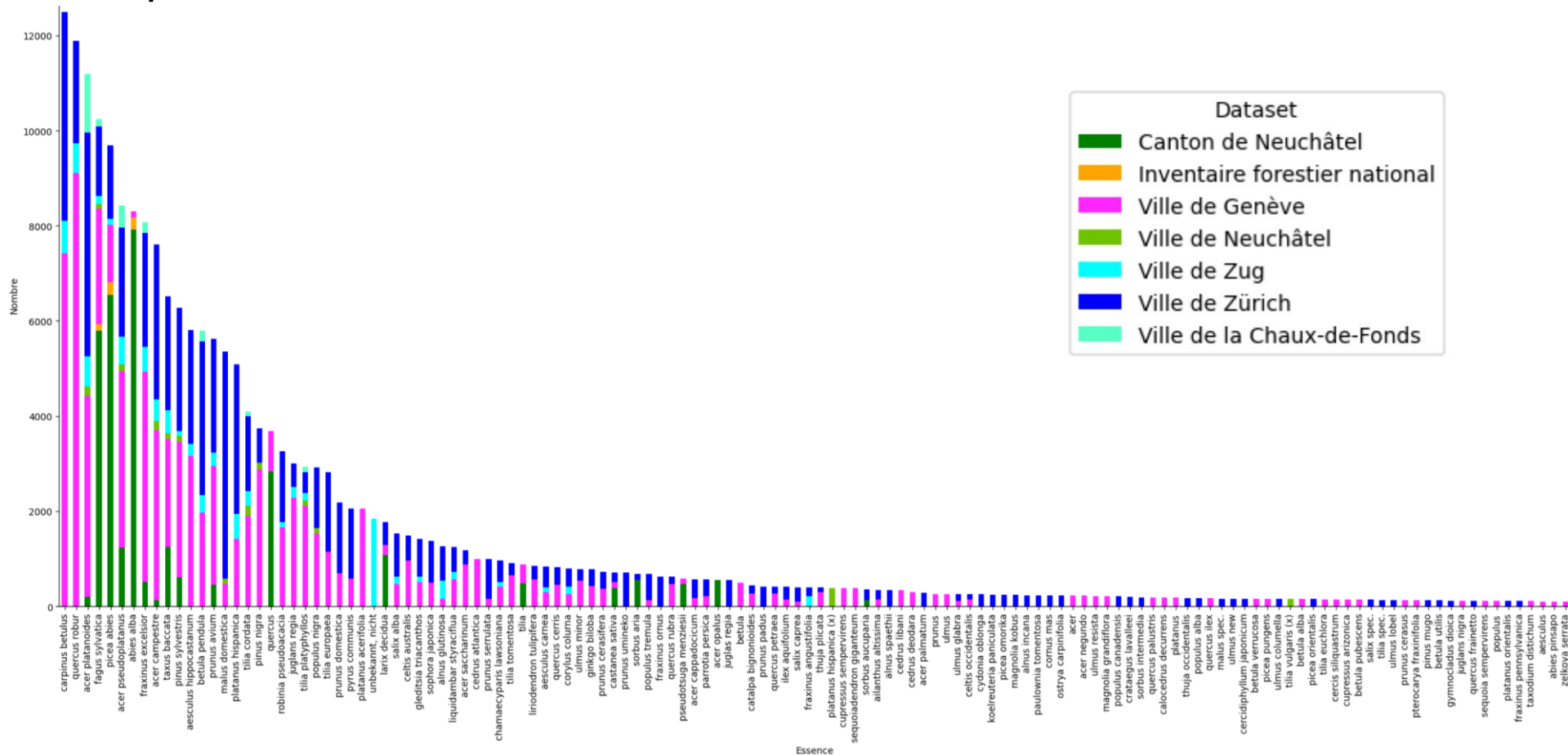
Inventaires d'arbres

Urbain VS Forêts



Inventaires d'arbres

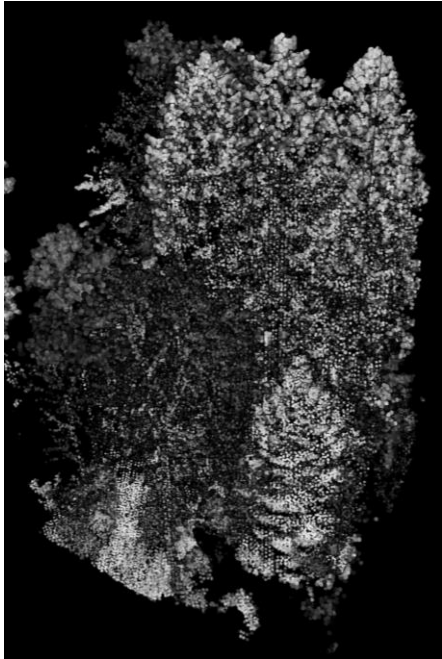
Complexité des données



Notre modèle

Preprocessing

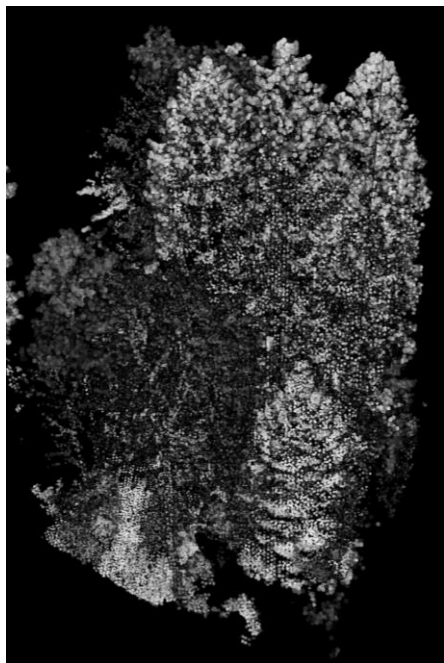
Nuage de points 3D



Notre modèle

Preprocessing

Nuage de points 3D



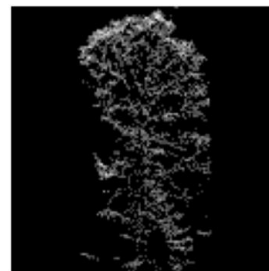
Coupe 1



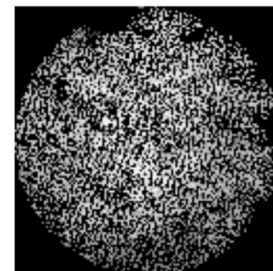
Coupe 2



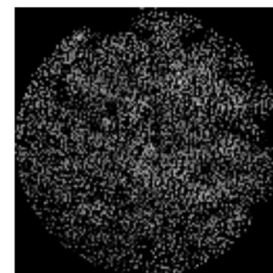
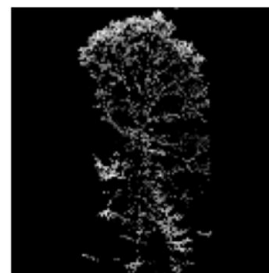
Coupe 3



Vue de
dessus



Densité

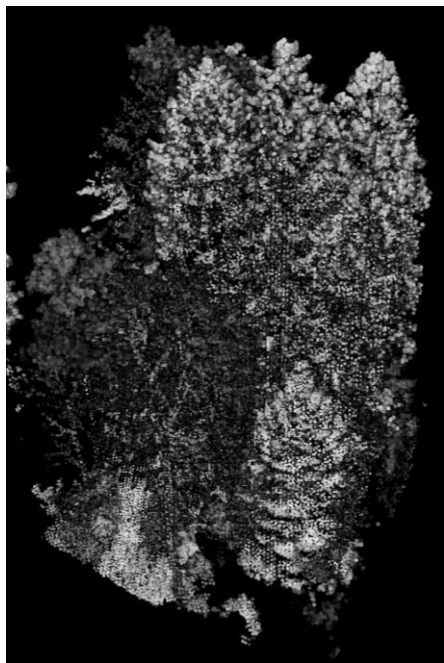


Intensité

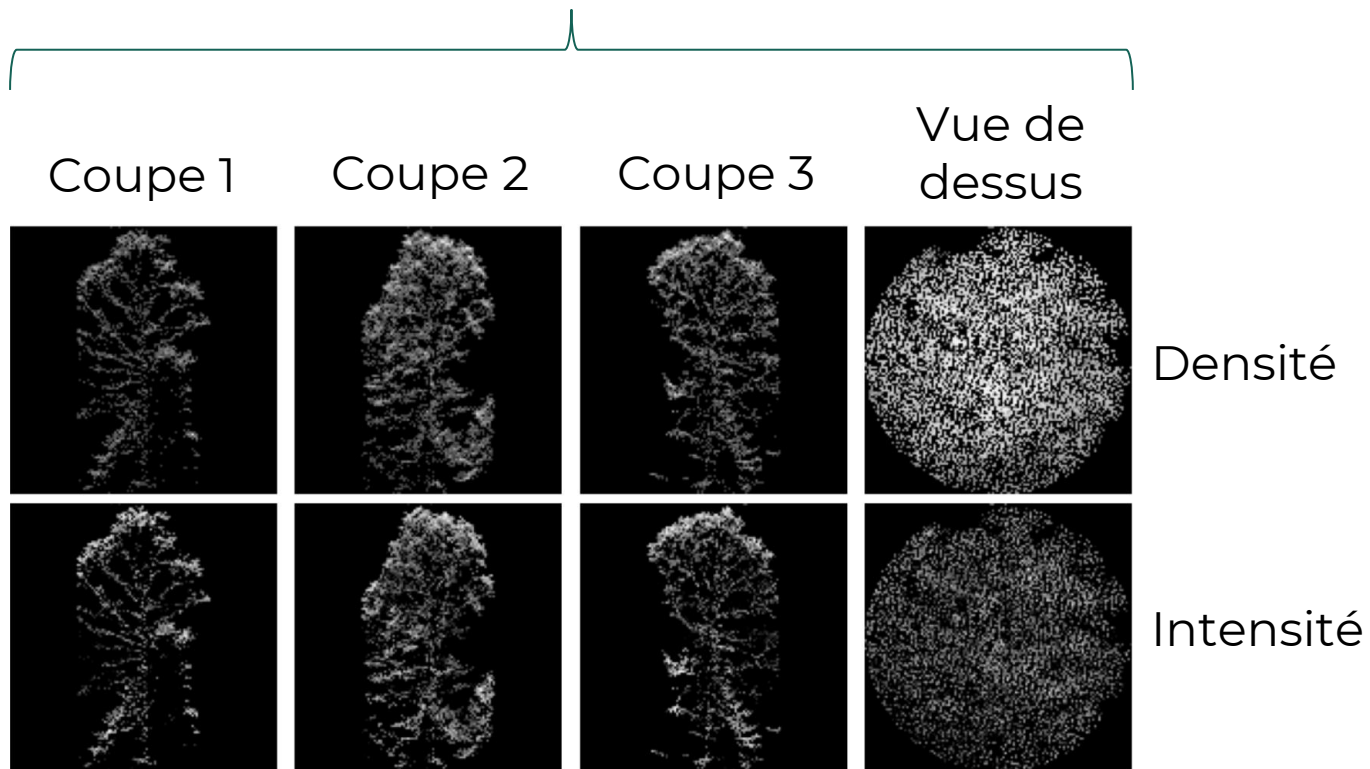
Notre modèle

Preprocessing

Nuage de points 3D

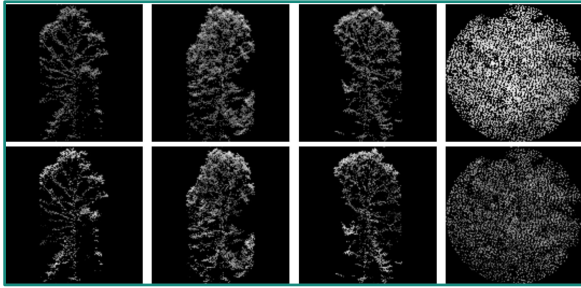


8 images 2D
128 x 128



Notre modèle

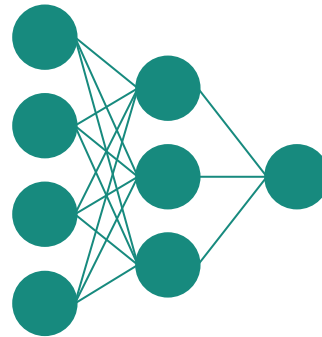
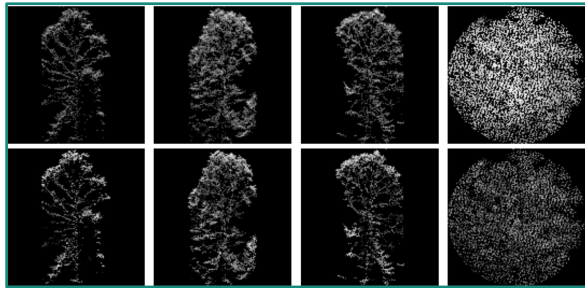
Entraînement



“Quercus”

Notre modèle

Entraînement



“Quercus”



Correction

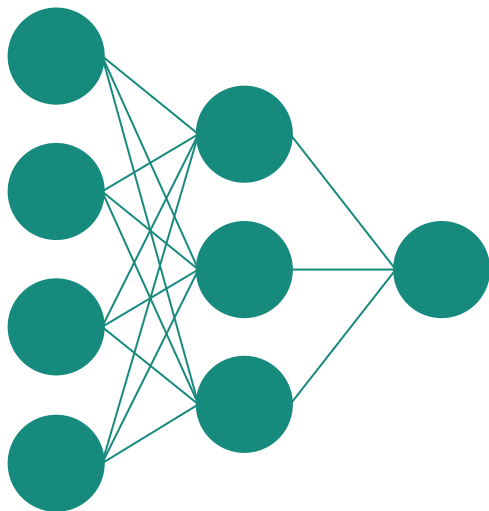


Calcul de l'erreur



Notre modèle

Architecture



Basé sur des couches de convolutions (CNN)

Environ 2 millions de paramètres

Fonctionne sur une machine de bureau

Entrainement en ~ 10h

Sobre & facilement adaptable

Résultats

Données forestières

Hauteur min. 9m

Classes 24

Accuracy 77%

F1-Score 0.70

Données Neuchâtel 2022
Neuchâtel 2025
(GE, ZH, ZG)

Sapin blanc 80% 852

Mélèze 99% 164

Épicéa 88% 807

Pin sylvestre 90% 96

Pin noir 82% 17

Douglas 96% 71

If 88% 165

Érables 64% 98

Érable plane 73% 33

Érable sycomore 71% 191

Bouleau 81% 384

Charme 82% 476

Châtaignier 79% 58

Hêtre 75% 761

Frêne 69% 81

Noyer 76% 200

Peupliers 74% 280

Cerisier 74% 69

Chênes 73% 397

Chêne pédonculé 66% 535

Sorbiers 57% 108

Tilleuls 86% 77

Ormes 62% 106

Autres feuillus 66% 602

Résultats

Données forestières *filtrées*

Hauteur min. 9m

Classes 24

Accuracy 86%

Confiance > 0.5
Arbres retirés 23.7%

Données Neuchâtel 2022
Neuchâtel 2025
(GE, ZH, ZG)

Sapin blanc 88% 686

Mélèze 100% 160

Épicéa 93% 727

Pin sylvestre 95% 86

Pin noir 88% 16

Douglas 97% 69

If 95% 143

Érables 79% 57

Érable plane 78% 23

Érable sycomore 81% 135

Bouleau 89% 323

Charme 92% 379

Châtaignier 84% 49

Hêtre 87% 502

Frêne 82% 55

Noyer 92% 145

Peupliers 87% 220

Cerisier 88% 52

Chênes 86% 290

Chêne pédonculé 79% 350

Sorbiers 70% 66

Tilleuls 93% 59

Ormes 71% 52

Autres feuillus 77% 417

Données forestières & urbaines

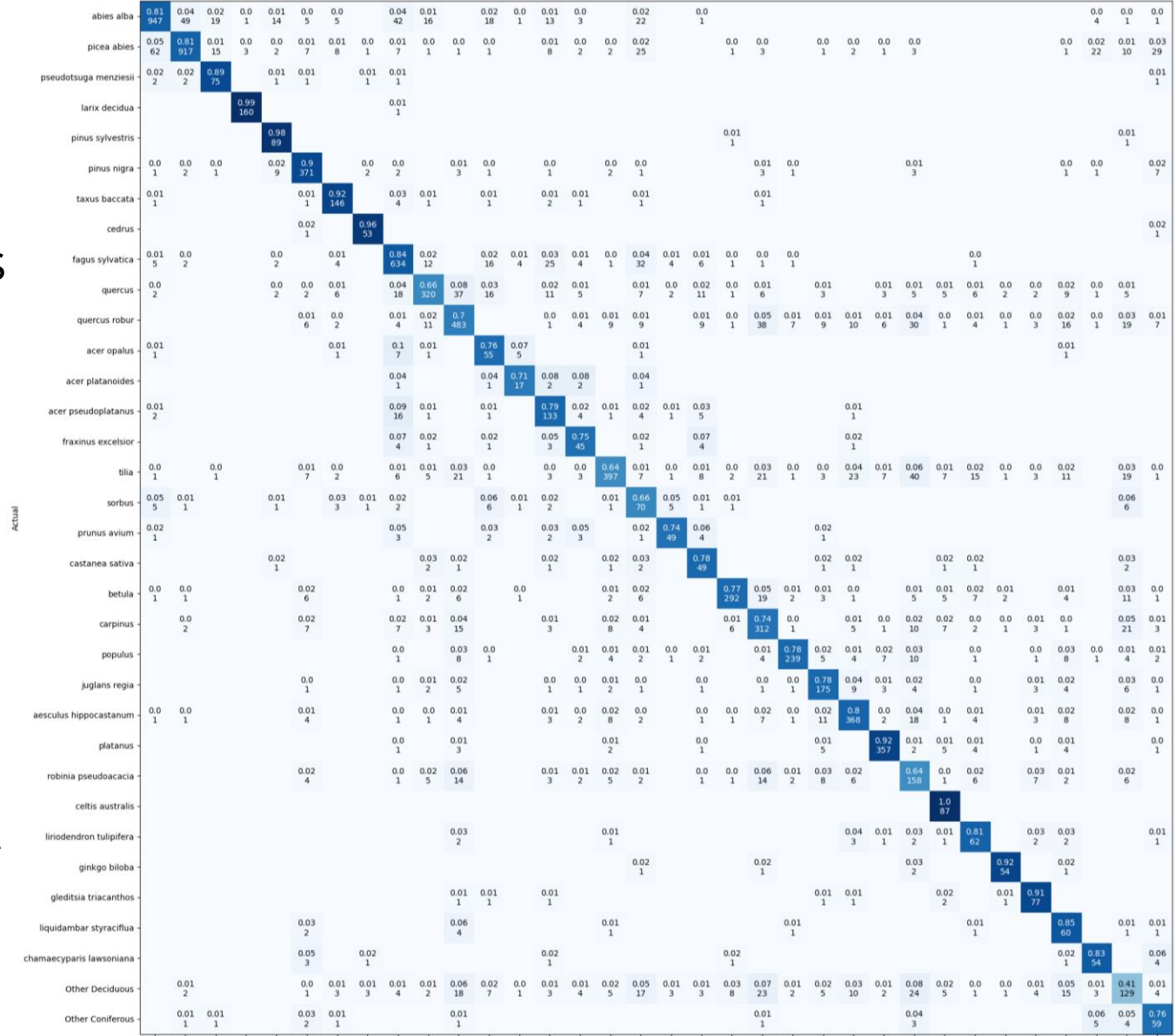
Hauteur min. 8m

Classes 34

Accuracy 80%

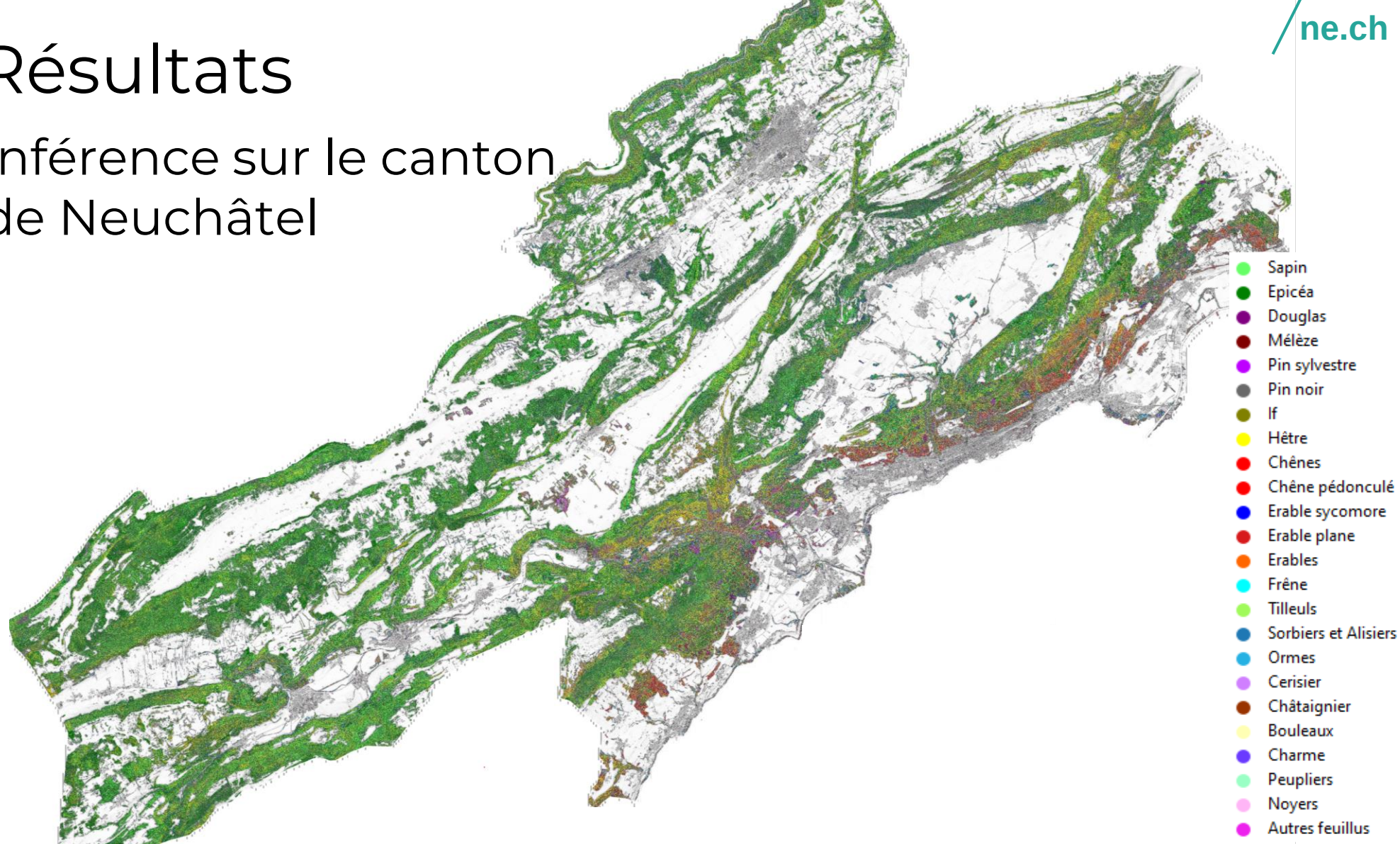
F1-Score	0.78
----------	------

Données	Genève
	Neuchâtel 2022
	Zug
	Zürich

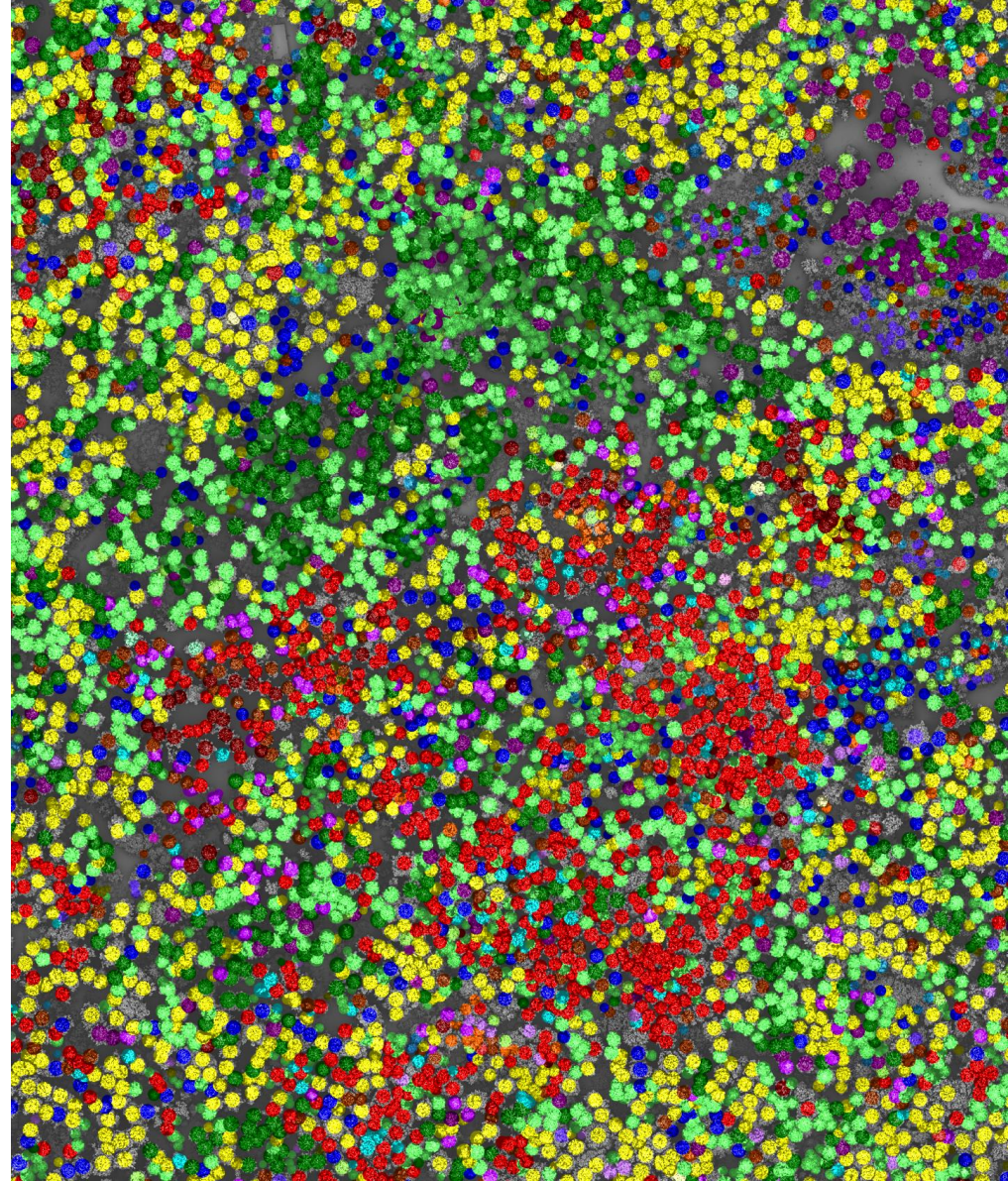
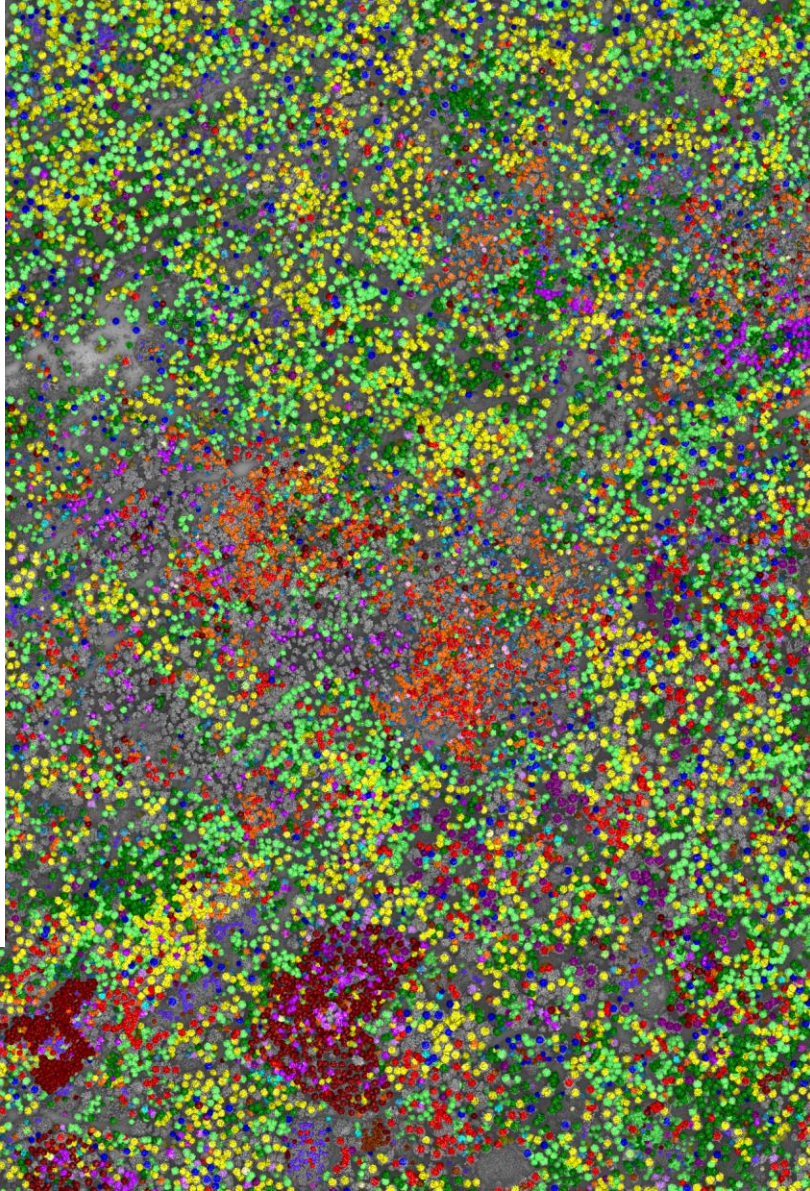


Résultats

Inférence sur le canton de Neuchâtel



- Sapin
- Épicéa
- Douglas
- Mélèze
- Pin sylvestre
- Pin noir
- If
- Hêtre
- Chênes
- Chêne pédonculé
- Erable sycomore
- Erable plane
- Erables
- Frêne
- Tilleuls
- Sorbiers et Alisiers
- Ormes
- Cerisier
- Châtaignier
- Bouleaux
- Charme
- Peupliers
- Noyers
- Autres feuillus



Résultats

Analyse

→ Certaines essences sont plus faciles que d'autres

Résineux : 80 – 90 %

Feuillus : 60 – 80 %

Sorbiers / Tilleuls / Ormes : 60 – 70 %

Résultats

Analyse

→ Certaines essences sont plus faciles que d'autres

Résineux : 80 – 90 %

Feuillus : 60 – 80 %

Sorbiers / Tilleuls / Ormes : 60 – 70 %

→ Acquisitions sans feuilles

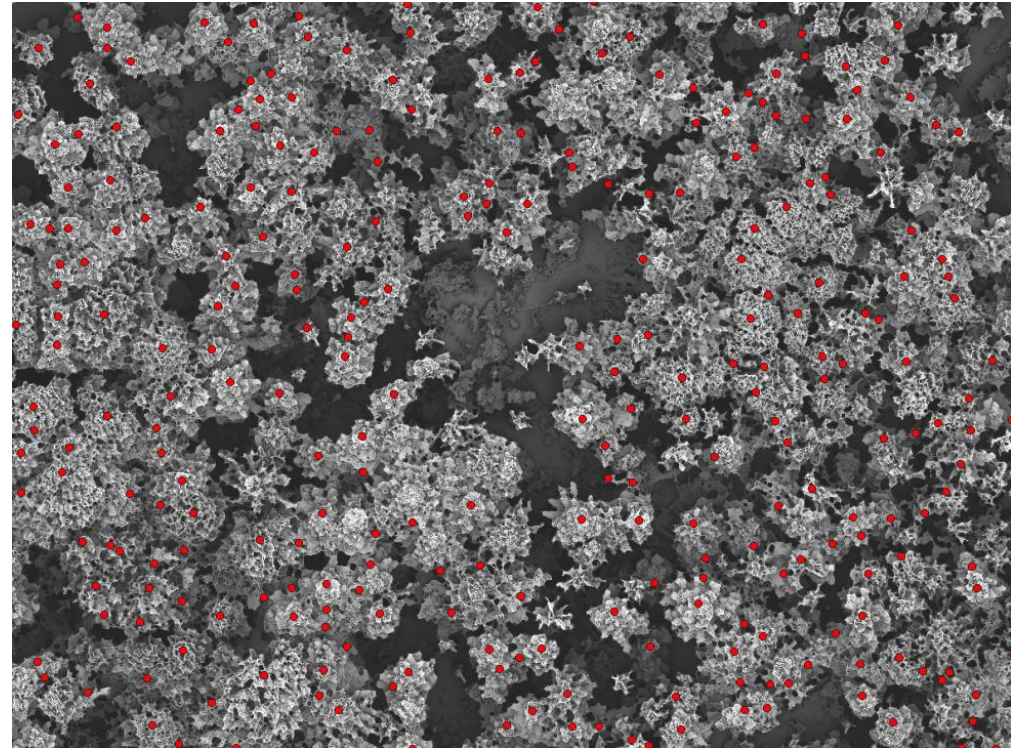
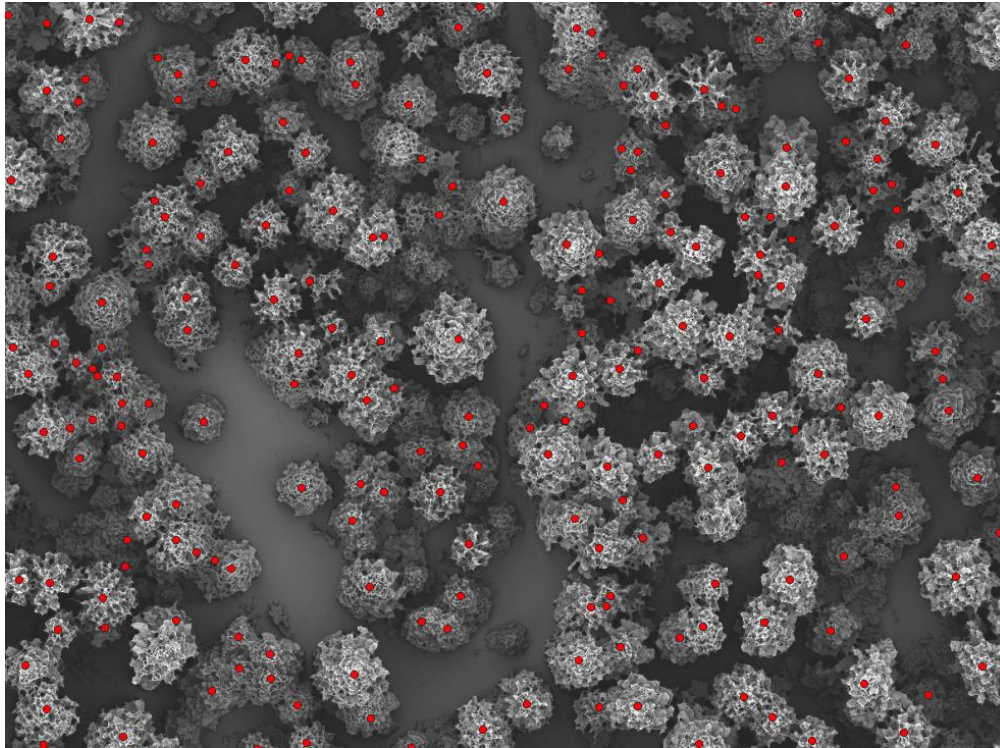
→ Quantité de données d'entraînement

→ Structure et dimension des arbres

Résultats

Analyse

→ La précision des données est cruciale



Résultats

Analyse

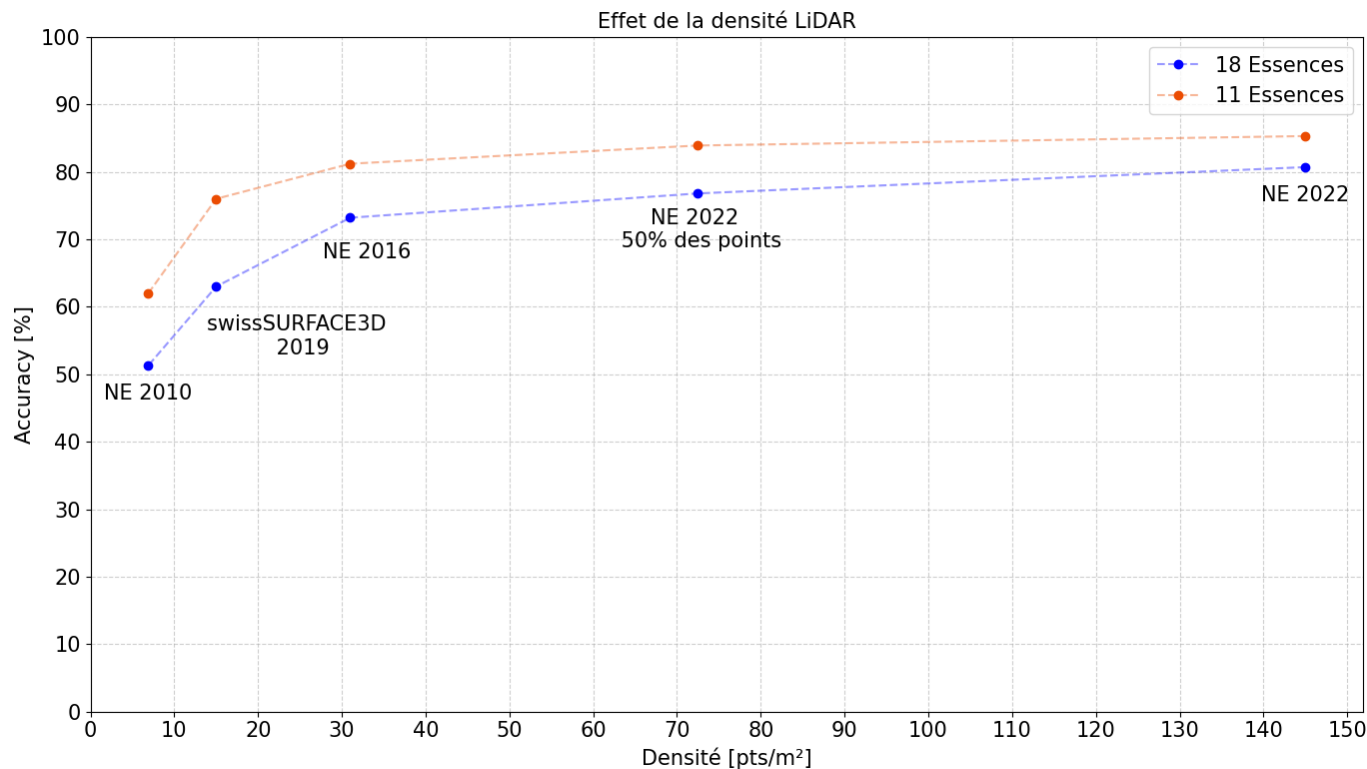
→ La qualité du LiDAR est importante

Résultats

Analyse

→ La qualité du LiDAR est importante

Densité



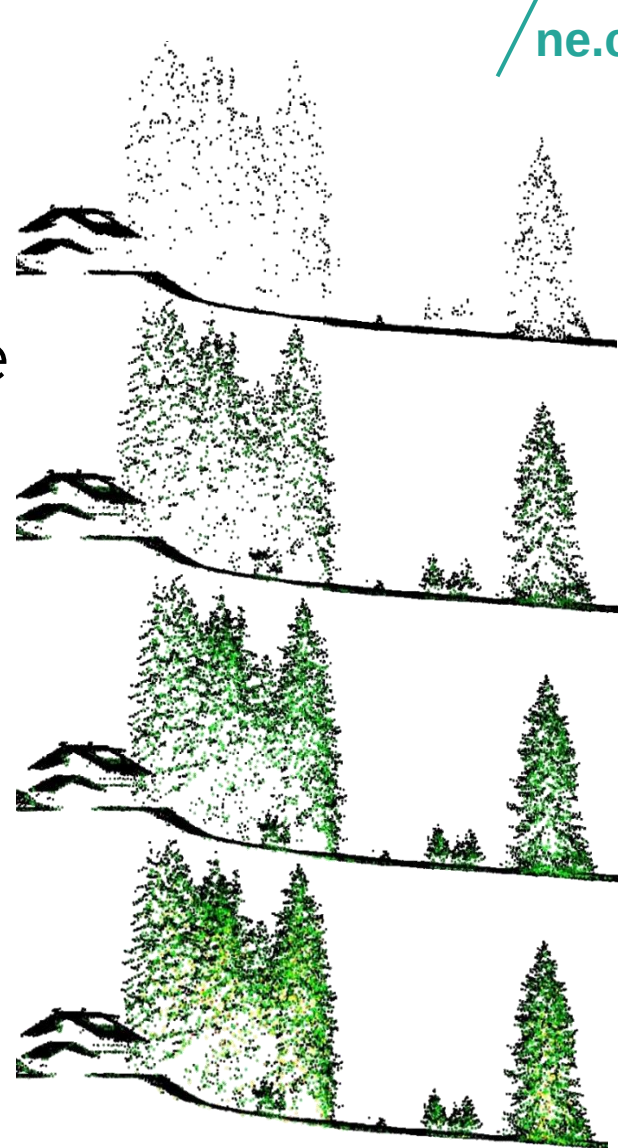
Résultats

Analyse

→ La qualité du LiDAR est importante

Densité

Hauteur de vol



Résultats

Analyse

→ La qualité du LiDAR est importante

Densité

Hauteur de vol

Intensité de retour normalisée



Résultats

Analyse

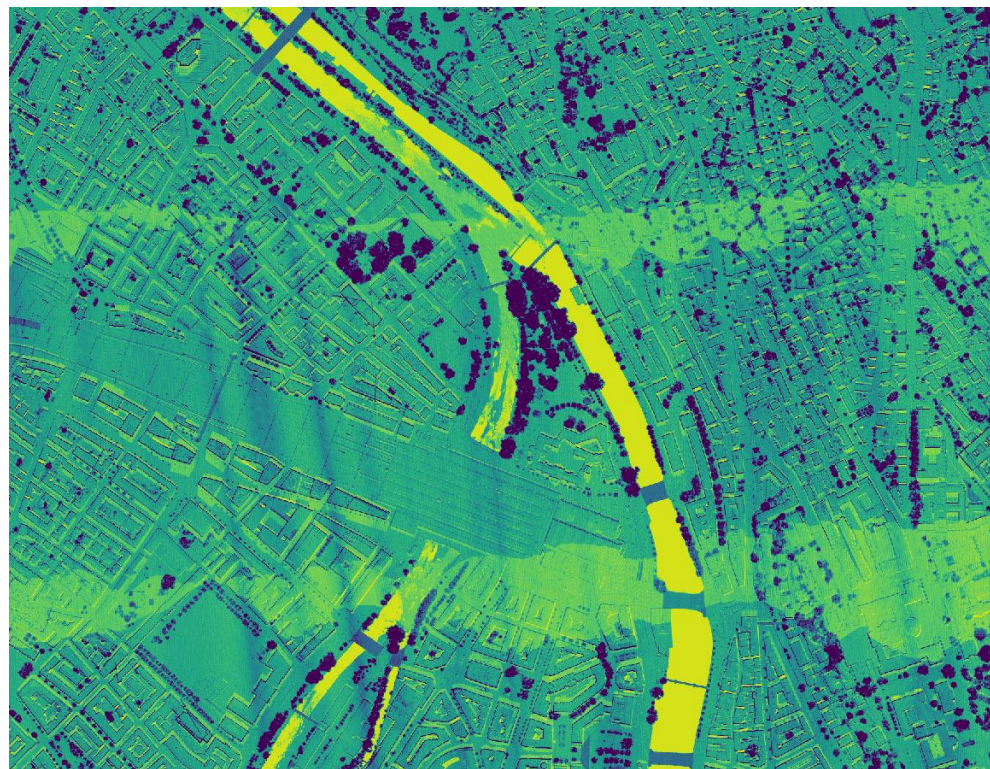
→ La qualité du LiDAR est importante

Densité

Hauteur de vol

Intensité de retour normalisée

Nombre de lignes de vol



Résultats

Analyse

→ La qualité du LiDAR est importante

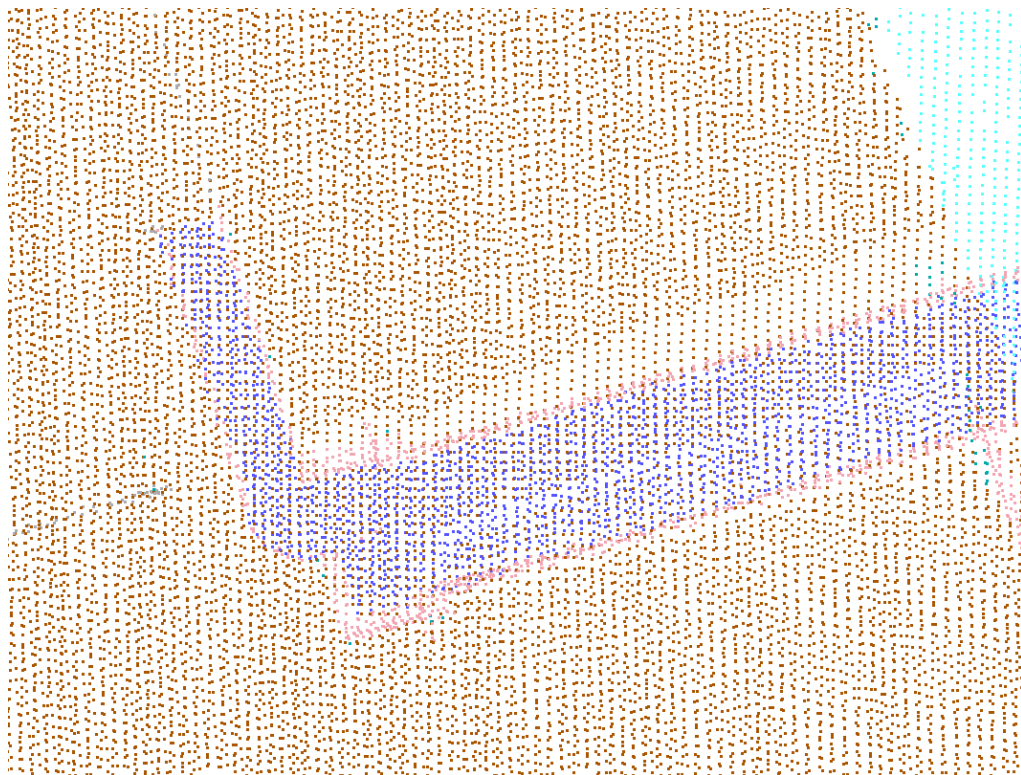
Densité

Hauteur de vol

Intensité de retour normalisée

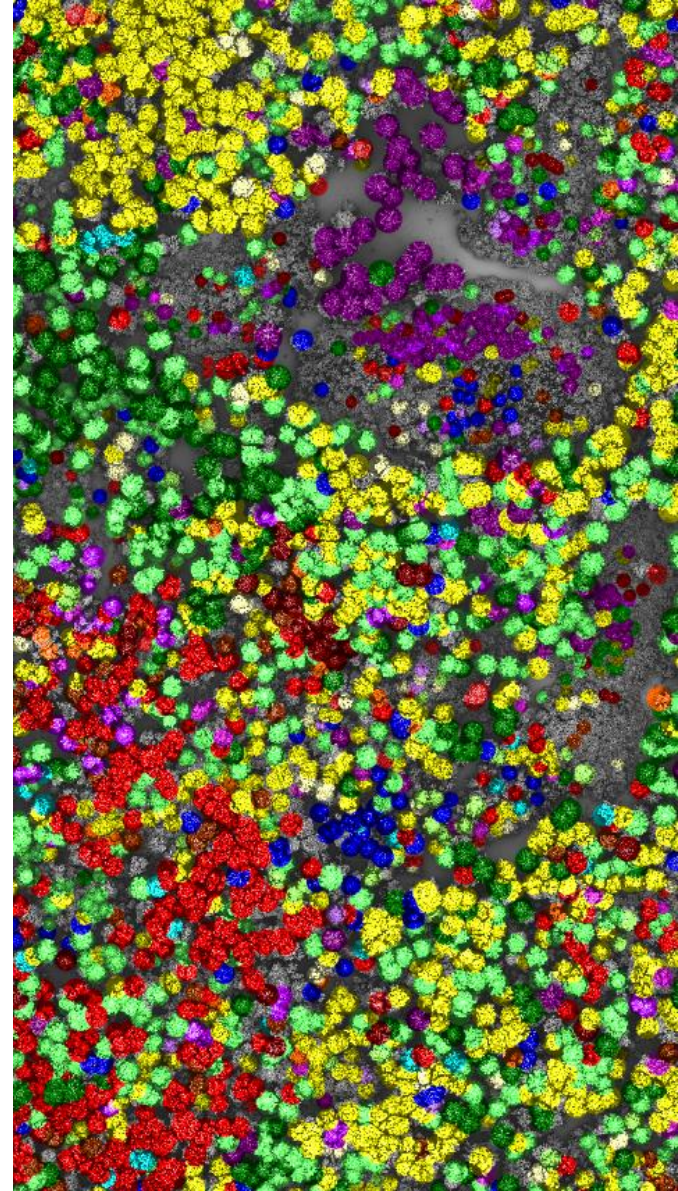
Nombre de lignes de vol

Pattern de scan



Perspectives

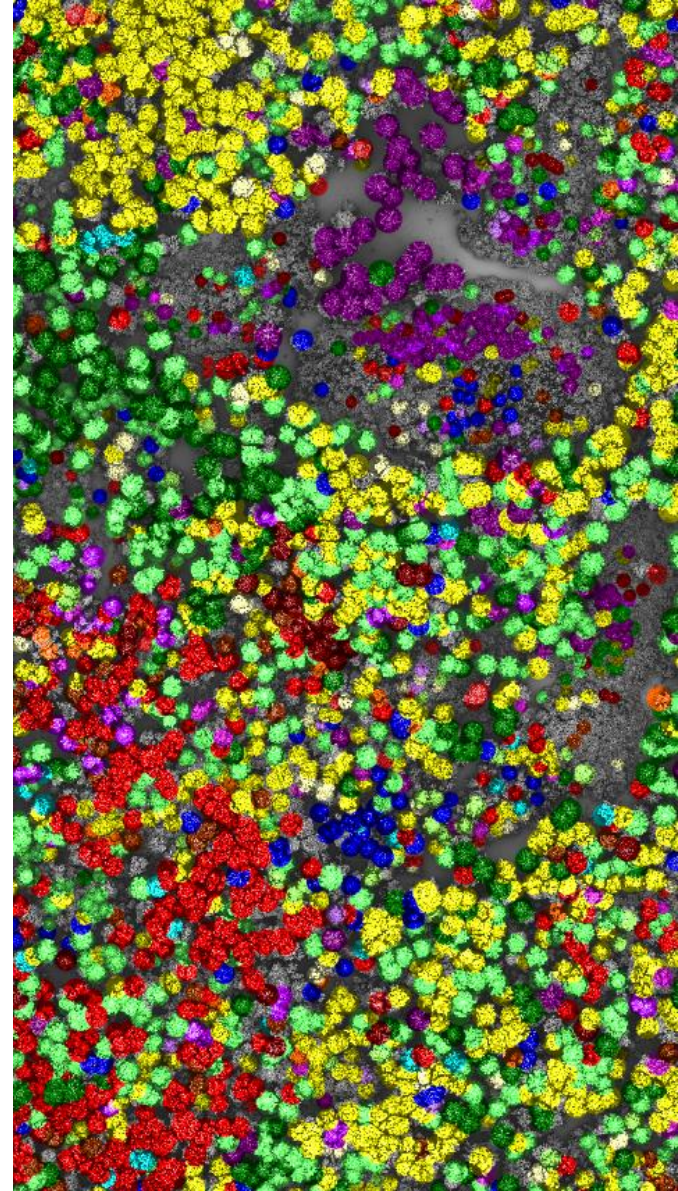
Analyse à l'échelle locale



Perspectives

Analyse à l'échelle locale

Complément et aide aux inventaires de terrain

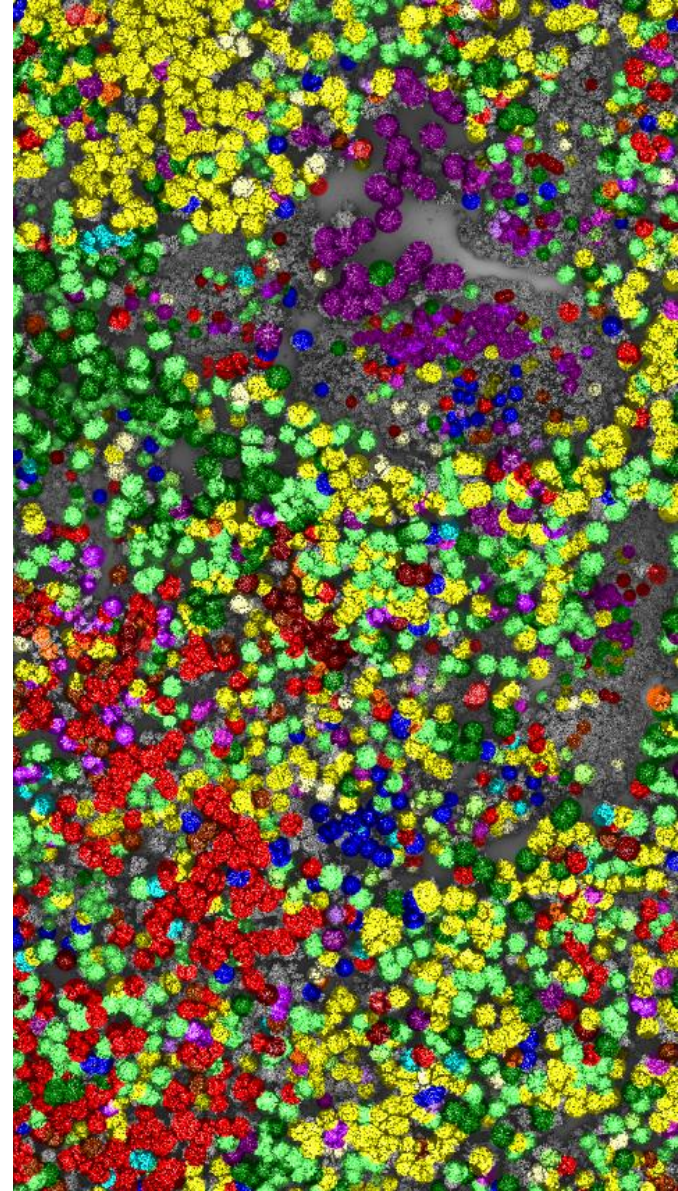


Perspectives

Analyse à l'échelle locale

Complément et aide aux inventaires de terrain

Inventaire des essences à grandes échelles



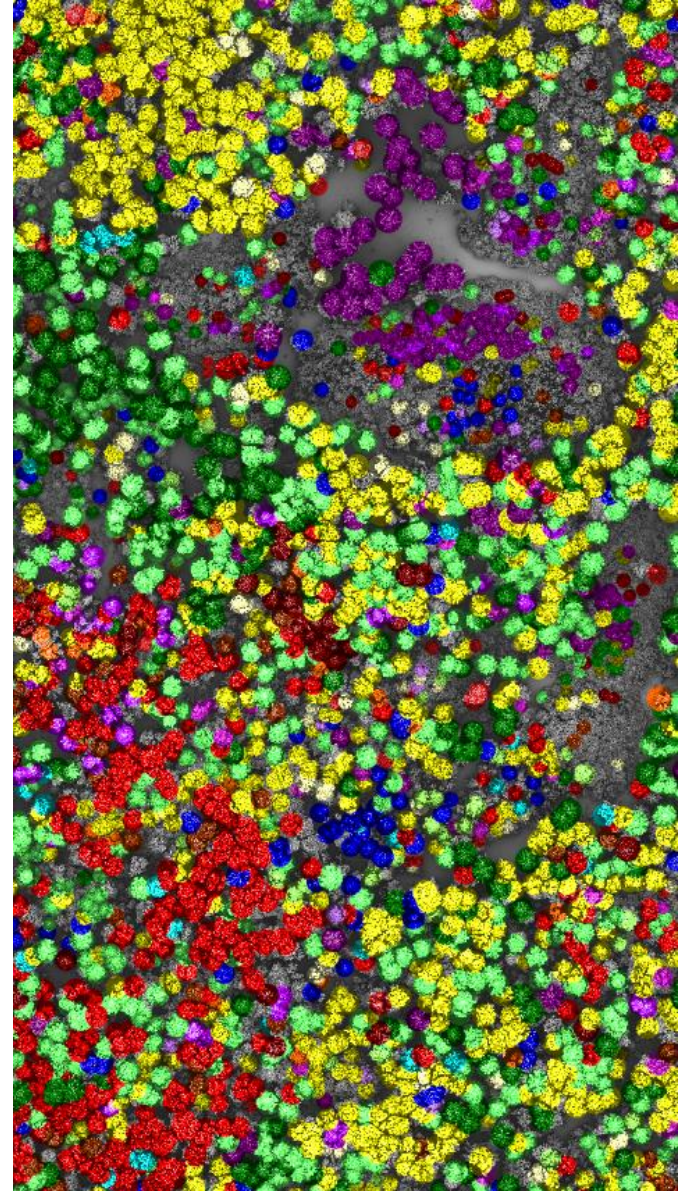
Perspectives

Analyse à l'échelle locale

Complément et aide aux inventaires de terrain

Inventaire des essences à grandes échelles

Évolution des essences dans le temps



Améliorations

Différencier davantage d'essences

→ Nécessite plus d'inventaires hors Neuchâtel

Prendre en compte le sous-bois

Prédictions à l'échelle nationale

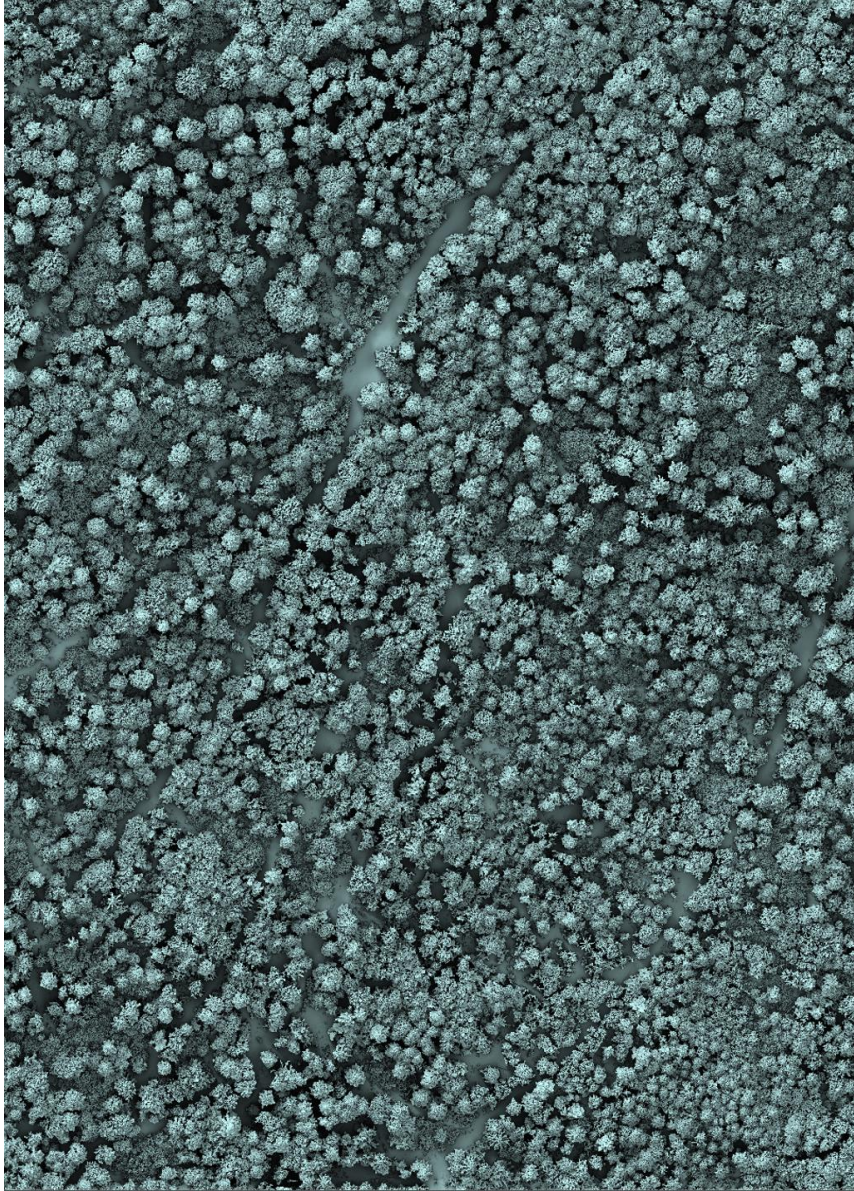
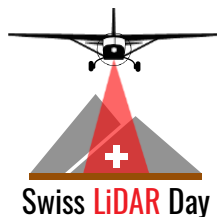
Merci de votre attention

Collaborer avec le SITN

Un projet à l'esprit ?
Contactez-nous sitn@ne.ch

Swiss LiDAR Day

Le 10 novembre 2026
Au CUBE à Morges



GÉOPORTAIL
sitn.ne.ch

CONTACT
sitn@ne.ch

INFO
www.ne.ch/sitn