

# Gestion de nos forêts, comment doter les gardes forestiers d'outils de surveillance efficaces ?

Partie 1 :

Dégâts du hêtre en Ajoie (JU)  
2018-2023

RCJU représentée par Marcel  
Mahon

Partie 2 :

Méthodologie d'évaluation de  
l'état de santé des hêtres à  
l'aide d'images aériennes et  
de nuages de points LiDAR

Equipe STDL représentée par  
Clotilde Marmy

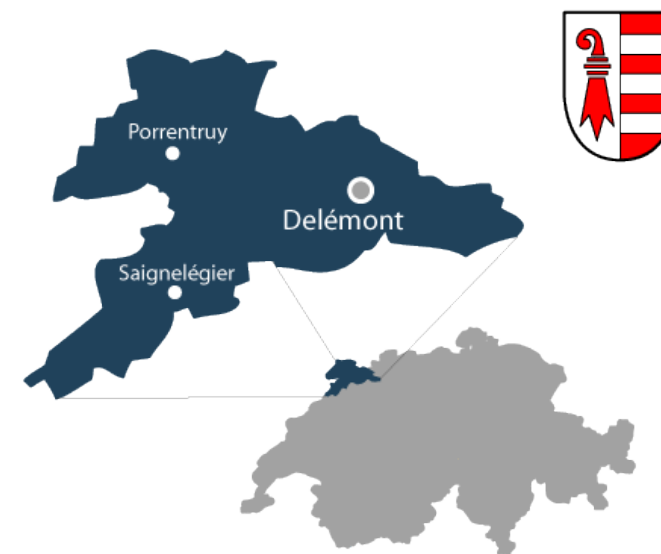
Collaboration de la République et Canton du Jura (RCJU) et du Swiss Territorial Data Lab (STDL) sur la thématique du dépérissement du hêtre

# Dégâts du hêtre en Ajoie (JU)

2018-2023

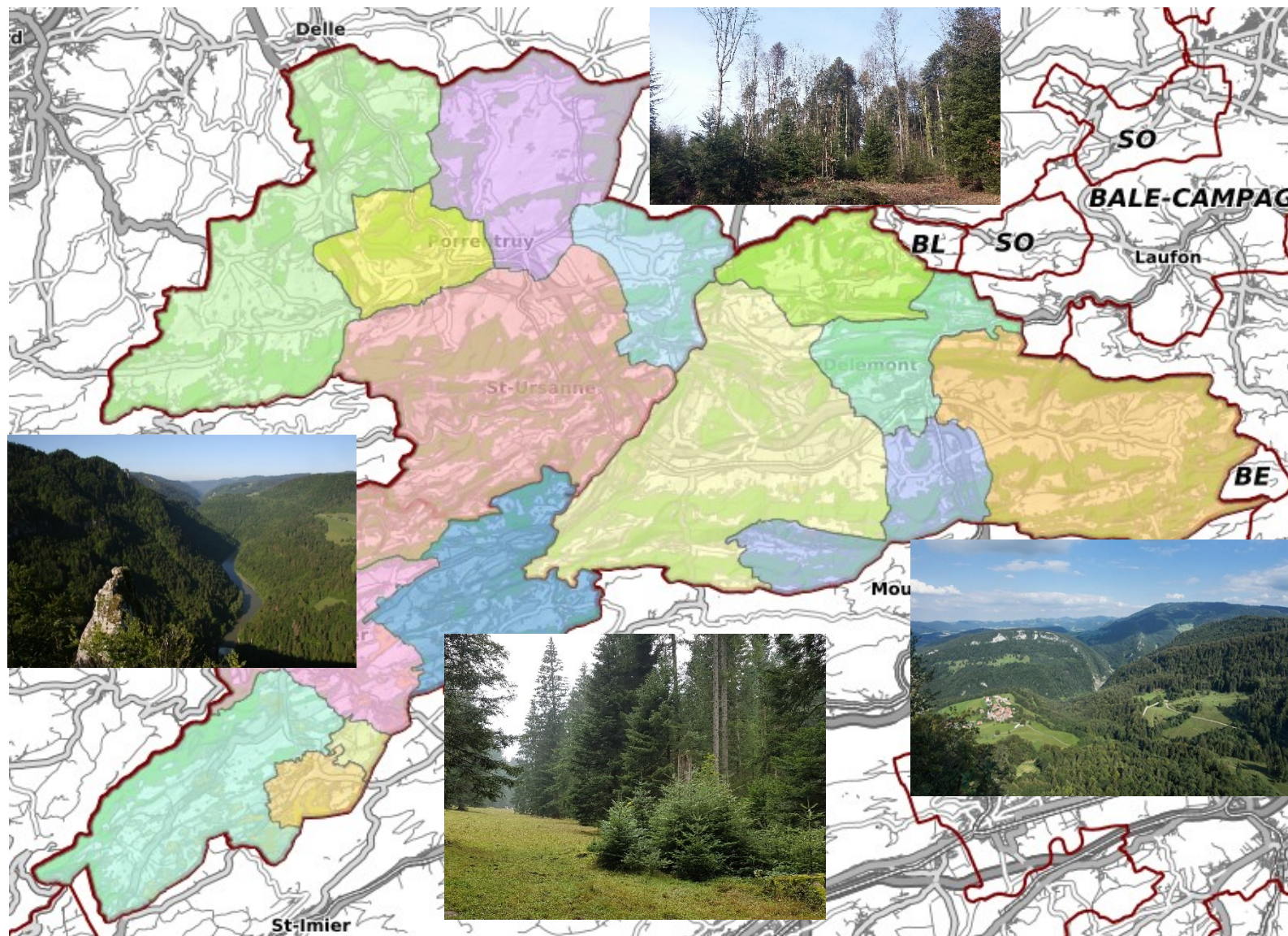






- Surface cantonale: 838 km<sup>2</sup>
- Surface forestière: 36'500 ha (44%)
- Essences majoritaires:
  - Hêtre 30%
  - Sapin 28%
  - Epicéa 22%





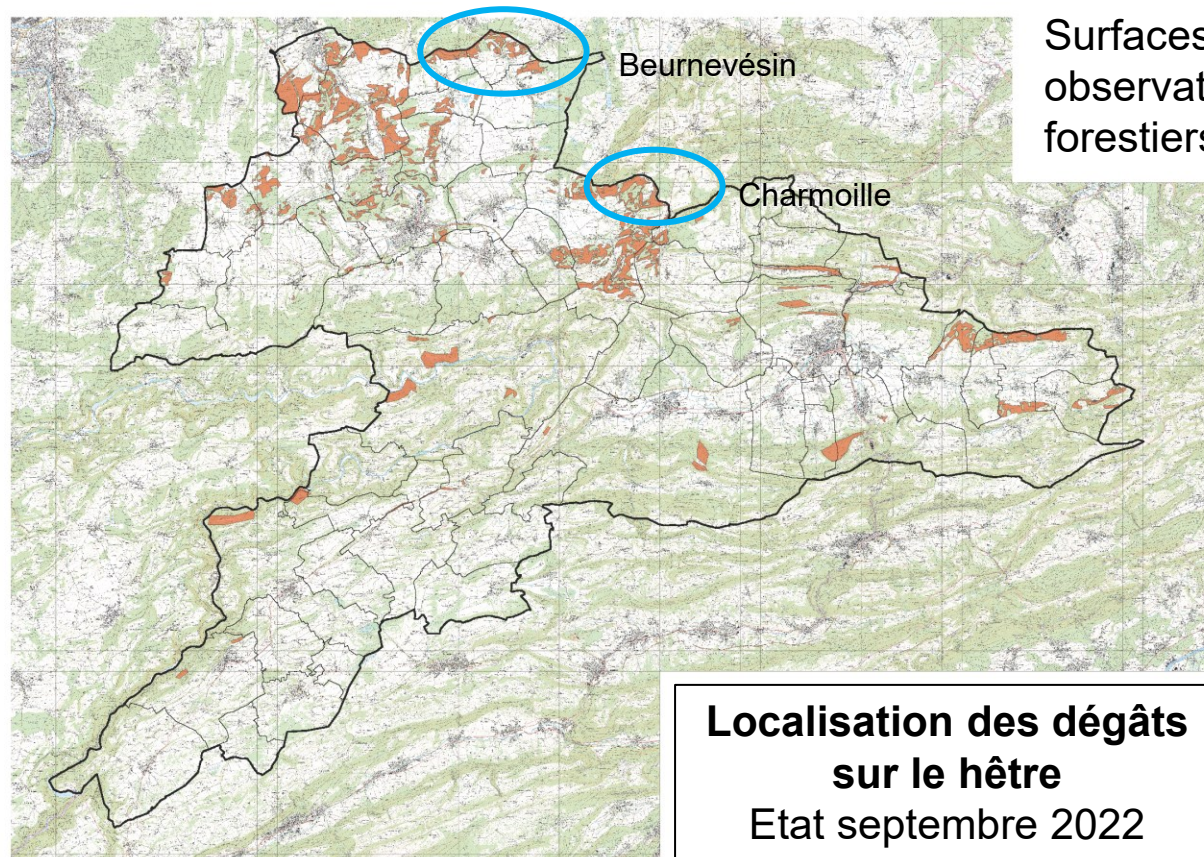
3 districts

4 régions

14 triages



# Localisation des dégâts du hêtre



Surfaces de dégâts issues des observations des gardes forestiers et du NDWI

Dégâts: 



## Les causes ?

Phénomène inconnu à ce jour !





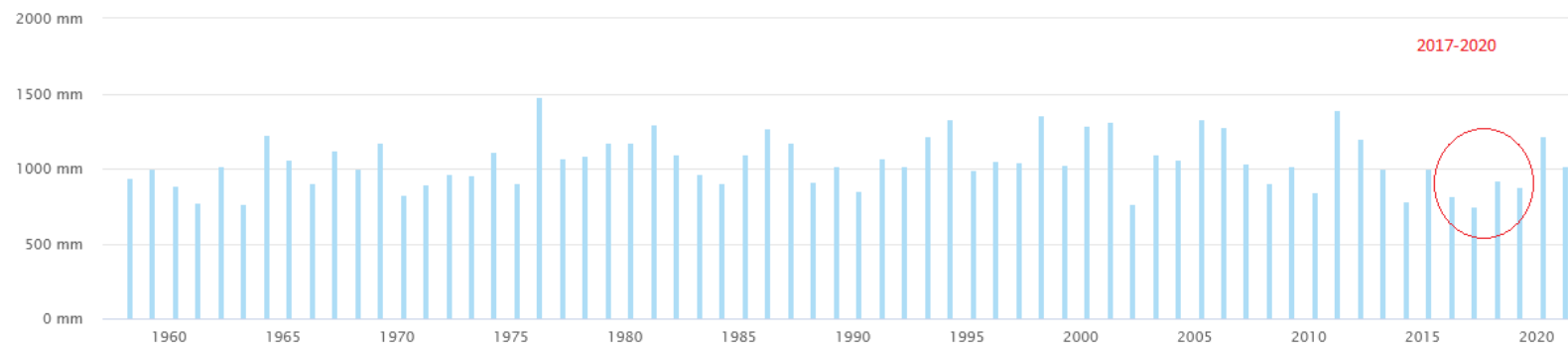
# Précipitations 2017-2020, Fahy

## Fahy

Valeur actuelle **0.0 mm** Somme 10 min, mesurée le 25.4.2023, 14:00 sur 598 m s. mer

Valeurs horaires Valeurs journalières Valeurs mensuelles **Valeurs annuelles**

### Précipitations, somme annuelle



Source : MétéoSuisse, <https://www.meteoswiss.admin.ch/>.



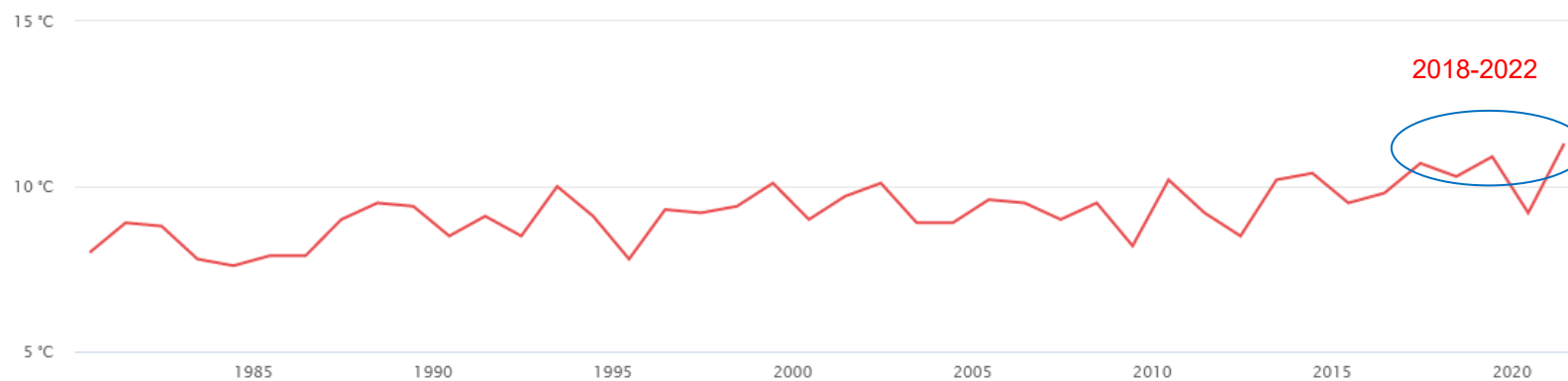
# Températures 2018-2022, Fahy

## Fahy

Valeur actuelle **9.2 °C** Valeur instantanée, mesurée le 27.10.2023, 09:30 sur 598 m s. mer

Valeurs horaires Valeurs journalières Valeurs mensuelles **Valeurs annuelles**

### Température, moyenne annuelle



Source : MétéoSuisse, <https://www.meteoswiss.admin.ch/>.

# Historique des dégâts du hêtre

2018 1 <sup>ère</sup> année la plus chaude		2019 Apparition des 1 <sup>ers</sup> dégâts	2020 Printemps chaud et déficit de précipitations	2021 Fortes précipitations	2022 Année à nouveau la plus chaude	2023 Nouveaux dégâts en fin d'été
Janvier	Juin à septembre	Juin à septembre	Avril et mai	Eté pluvieux et froid	Mars et juin	Février, mai et octobre
Ouragan Eleanore	Longue canicule et sécheresse. Déficit de précipitations.	2 vagues de chaleur	Chaud, fort ensoleillement et déficit de précipitations	"Le mal est fait" pas de réactions chez le hêtre	Sec, mais pas de nouveaux dégâts	Sécheresse et nouveaux dégâts



# Les différents stades de dépérissement



Sain



Atteint



Mort



# Forêt de hêtres en 2019 (Lugnez)



© V. Queloz, WSL



# Impact du dépérissement sur le bois



## Etat de la situation du hêtre – octobre 2023

- Environ 200'000 m<sup>3</sup> de hêtre abattu à cause des dégâts.
- Il reste encore autant de volume sur pied qui seront exploités ces 4 prochaines années.
- Année 2022 la plus chaude depuis les mesures.
- On s'attend à une augmentation des dégâts suite aux chaleurs/sécheresses de juillet-octobre 2023.
- Les arbres fortement atteints continuent lentement de se dégrader.



## Pourquoi ce projet?

Questions des forestiers, des propriétaires et du service cantonal des forêts:

- Quels sont les endroits les plus endommagés?
- Quel volume est endommagé?
- Quel est le pourcentage d'arbres condamnés?

# Méthodologie d'évaluation de l'état de santé des hêtres à l'aide d'images aériennes et de nuages de points LiDAR

JRG 2023

14.11.2023

Team STDL représentée par Clotilde Marmy

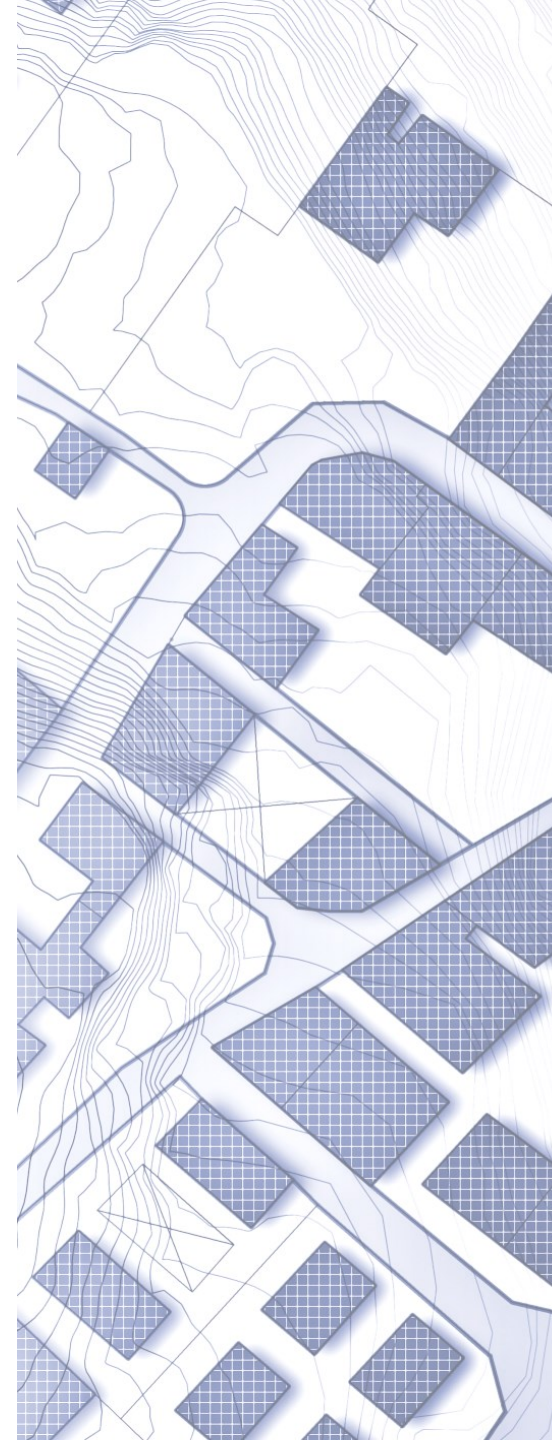


Swiss Territorial  
Data Lab

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)





# Swiss Territorial Data Lab

## Une initiative suisse



Cette initiative est :

- Financée par la Stratégie suisse pour la géoinformation (SGS). Mesure 127, encourager l'innovation dans les administrations publiques
- Complétée par la mise à disposition de ressources des entités publiques impliquées



# Swiss Territorial Data Lab

## Missions

1. Proposer un espace d'expérimentation (sandbox) pour favoriser l'innovation collective entre la Confédération et les cantons
2. Trouver de nouveaux moyens de valoriser les données du territoire grâce à la «Geo Data Science»
3. «Bridging the gap» entre les résultats de la recherche et la résolution de problématiques concrètes des administrations publiques

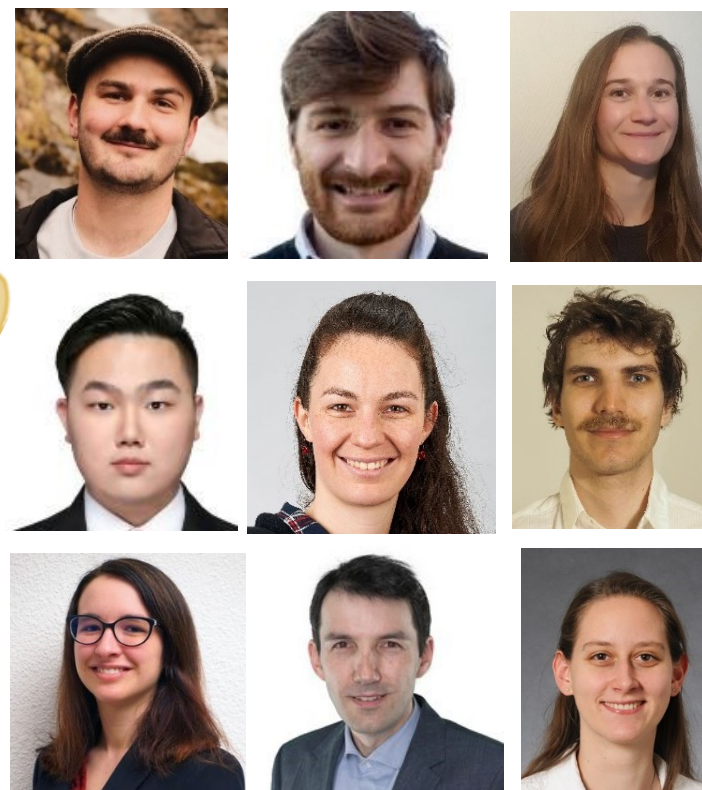


# Comment nous travaillons ensemble ?

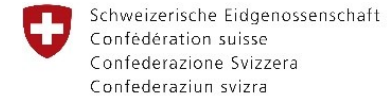
Des experts métier qui apportent leur expertise



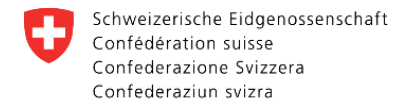
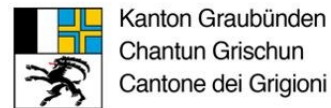
L'équipe STDL, experte en Geo Data Science



# Après 3 ans d'existence, une bonne dynamique s'est installée : des projets collaboratifs avec de nombreuses entités



Bundesamt für Landestopografie swisstopo  
Office fédéral de topographie swisstopo  
Ufficio federale di topografia swisstopo  
Uffizi federal da topografia swisstopo



Département fédéral de l'intérieur DFI  
Office fédéral de la statistique OFS





# slido



Quiz !

Saurez-vous déterminer l'état de santé de ce hêtre ?

# slido

🏆 Saurez-vous déterminer l'état de santé de cet hêtre sur la base de cette photo ?

Quiz question 📄 92 answers 👥 92 participants

Sain - 17 answers



Atteint - 75 answers ✓



Mort - 0 answers



slido





# slido



Saurez-vous déterminer l'état de santé de cet hêtre sur la base de cette photo ?

Quiz question 95 answers 95 participants

Sain - 0 answers



Atteint - 7 answers



Mort - 88 answers



slido



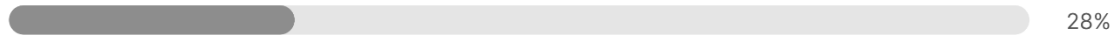
🏆 Saurez-vous déterminer l'état de santé de cet hêtre sur la base de cette orthoimage ?

Quiz question 86 answers 86 participants

Sain - 0 answers



Atteint - 24 answers



Mort - 62 answers ✓



slido



🏆 Saurez-vous déterminer l'état de santé de cet hêtre sur la base de cette orthoimage ?

Quiz question 97 answers 97 participants

Sain - 10 answers



Atteint - 85 answers ✓



Mort - 2 answers



slido

🏆 Saurez-vous déterminer l'état de santé de cet hêtre sur la base de ce nuage de point LiDAR ?

Quiz question 📄 74 answers 👥 74 participants

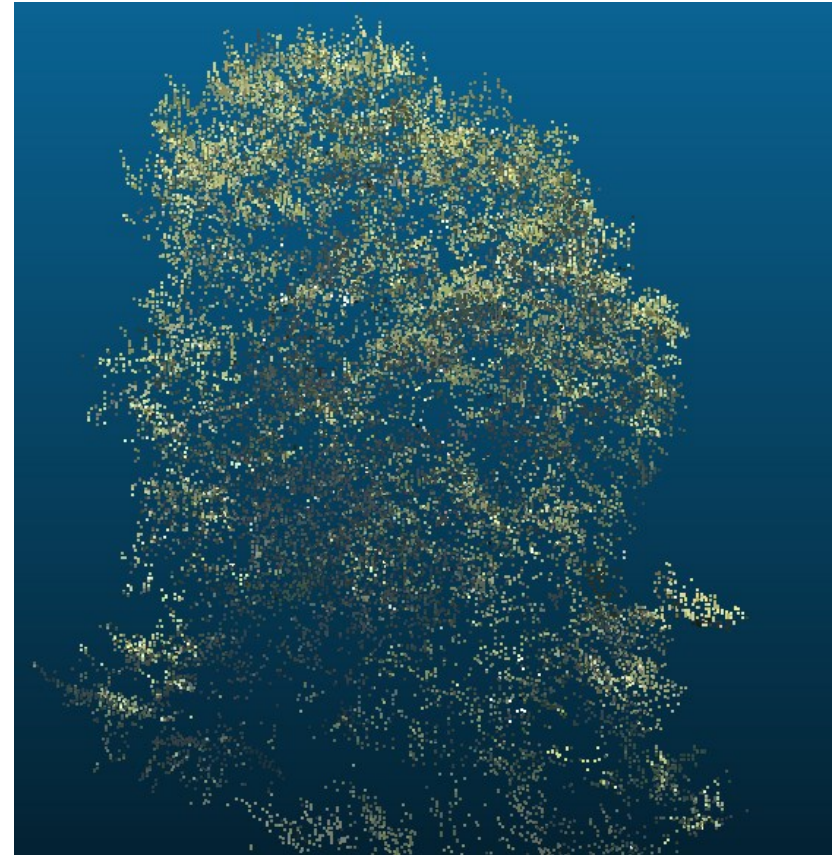
Sain - 60 answers ✅



Atteint - 13 answers



Mort - 1 answer





# slido

🏆 Saurez-vous déterminer l'état de santé de cet hêtre sur la base de ce nuage de point LiDAR ?

Quiz question  99 answers  99 participants

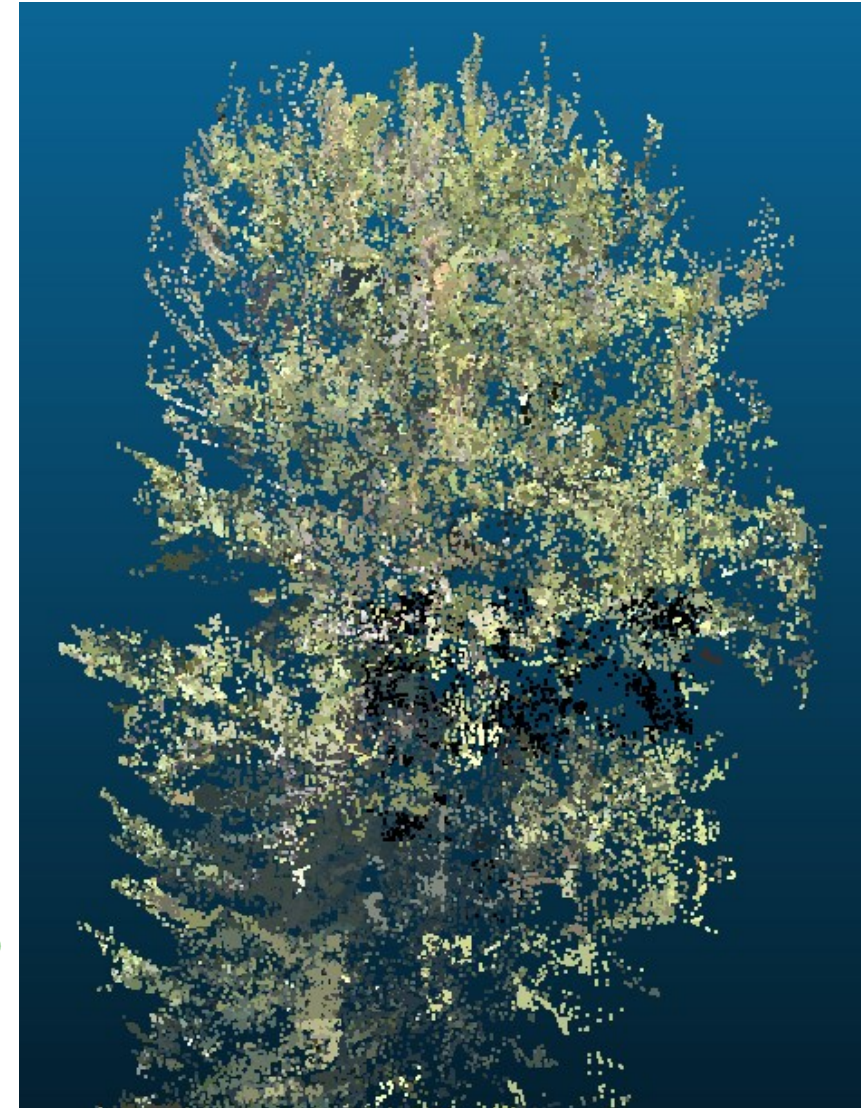
Sain - 9 answers



Atteint - 87 answers



Mort - 3 answers



slido

# État de santé des hêtres

## Objectifs du projet

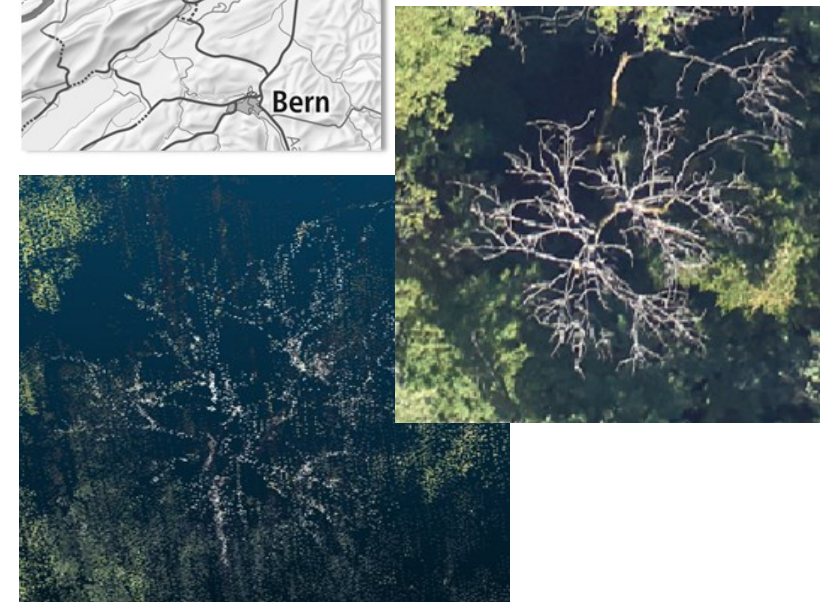
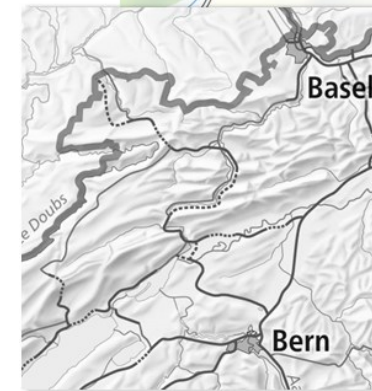
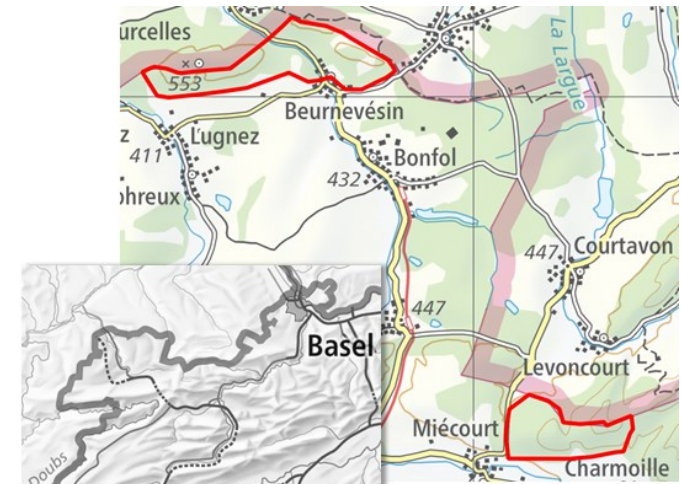
- Surveillance de l'état de santé
- Couche thématique
  - 3 états de santé : sain, atteint, mort
  - Produit pour les forestiers des secteurs



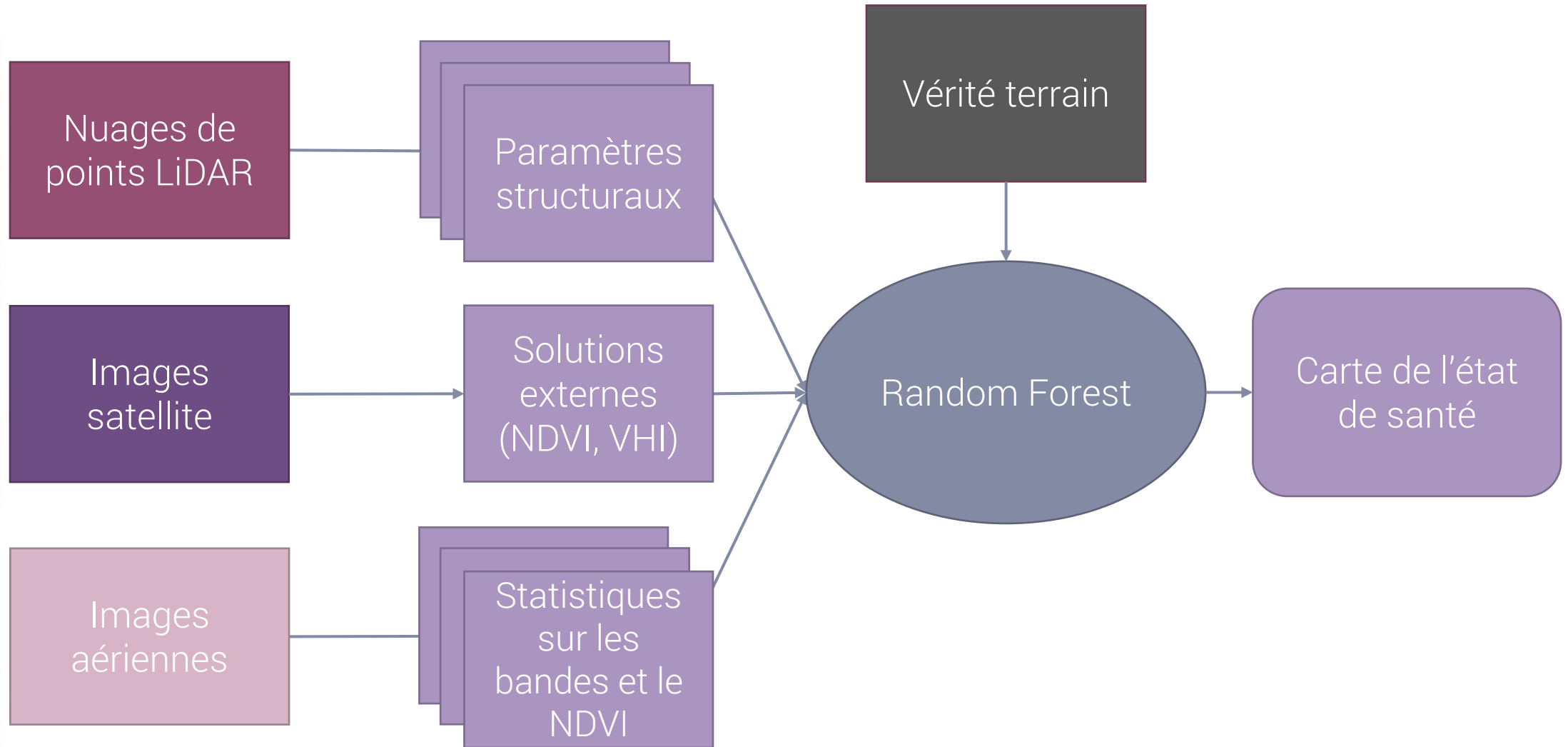
# État de santé des hêtres

## Données

- Vérité terrain
  - 226 hêtres avec état de santé
    - sain, atteint, mort
  - Août-Septembre 2022
- Nuage de points LiDAR, 100 pts/m<sup>2</sup>
  - 16.08.2022
- Images aériennes nadir et obliques, 3 cm
  - True orthophoto dérivée
  - 16.08.2022
- Produits dérivés de la mission Sentinel-2, 10 m
  - Variation annuelle du NDVI, [waldmonitoring.ch](http://waldmonitoring.ch)

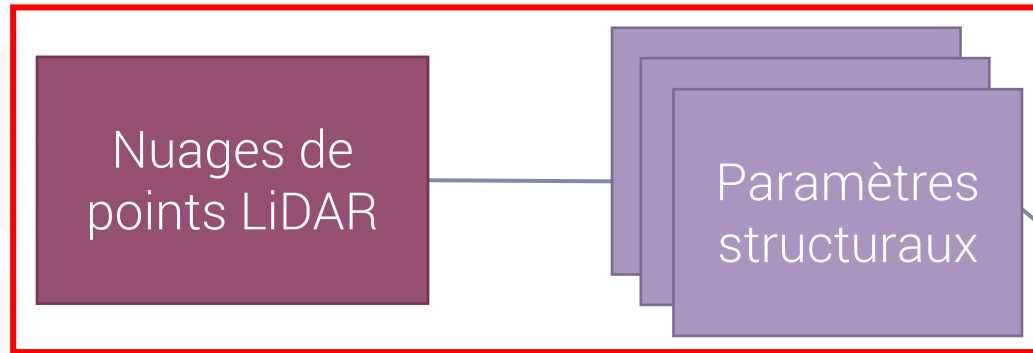


# Méthode



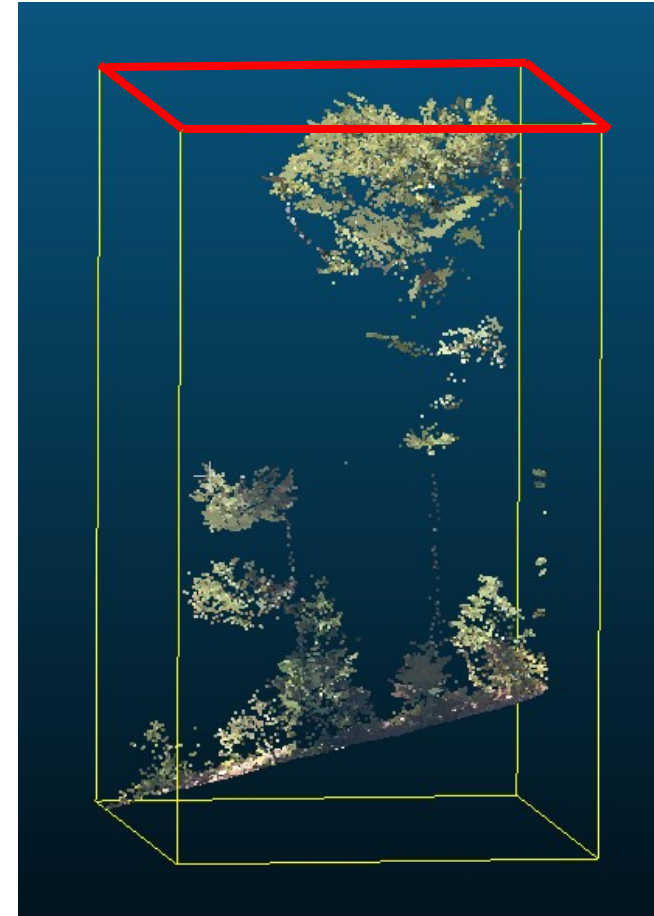


# Méthode



# LiDAR

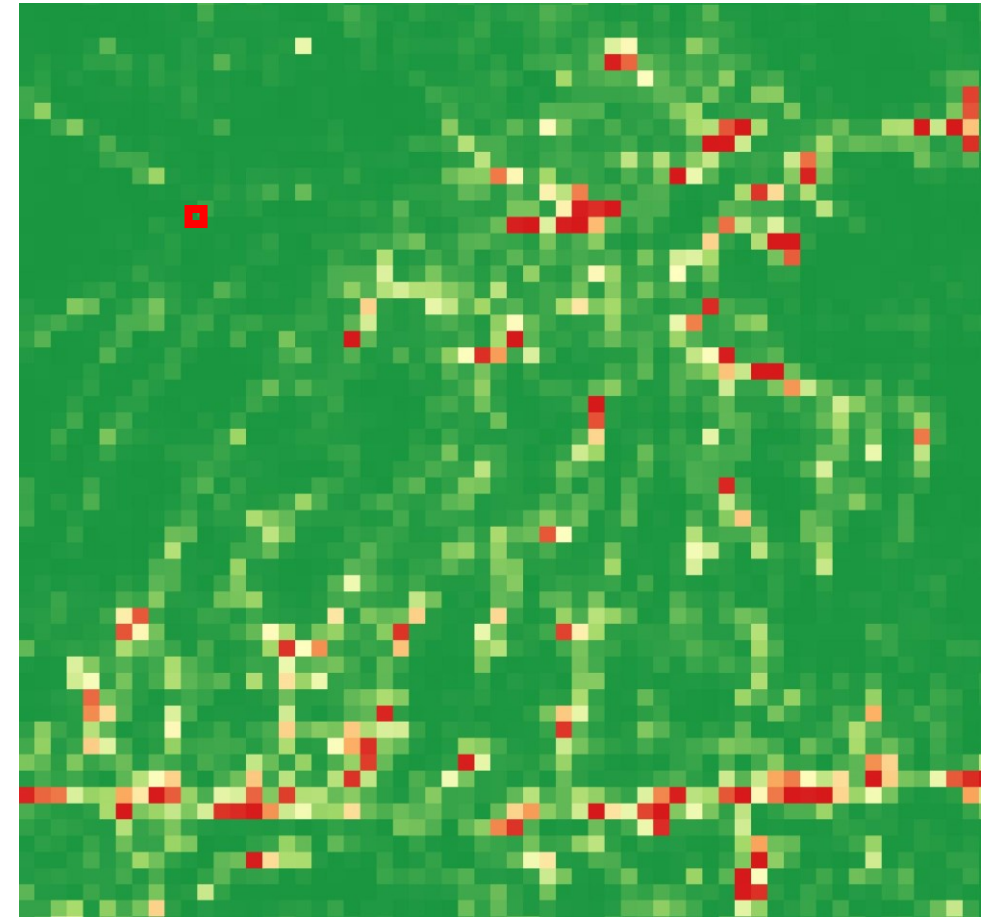
Du nuage de point à la carte





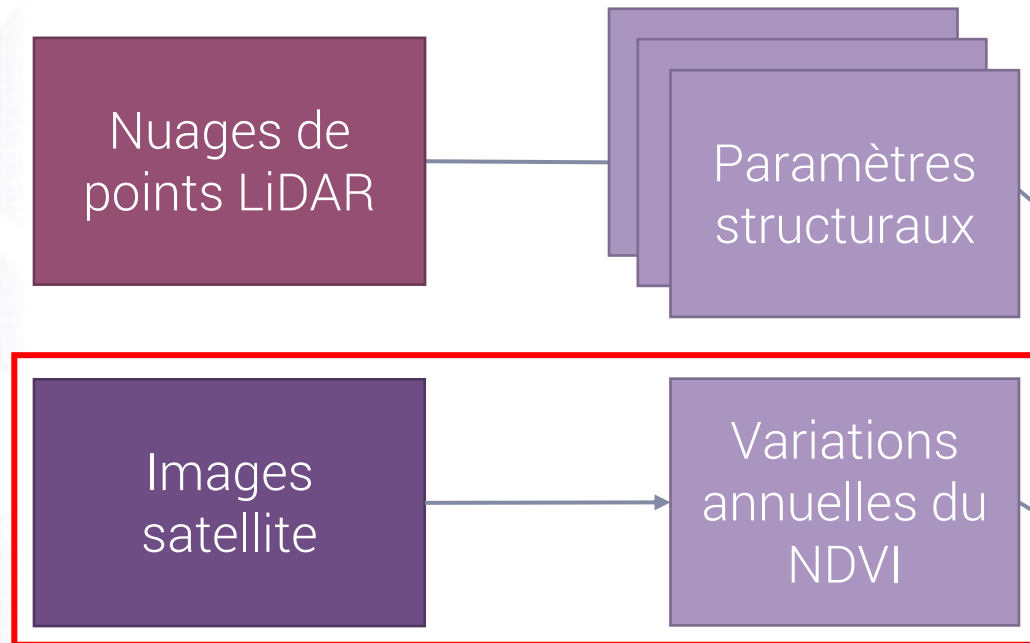
# LiDAR

## Couverture de la canopée



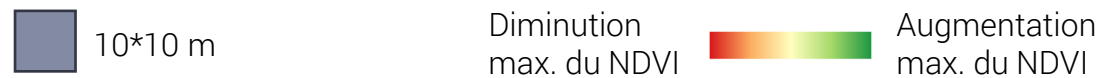
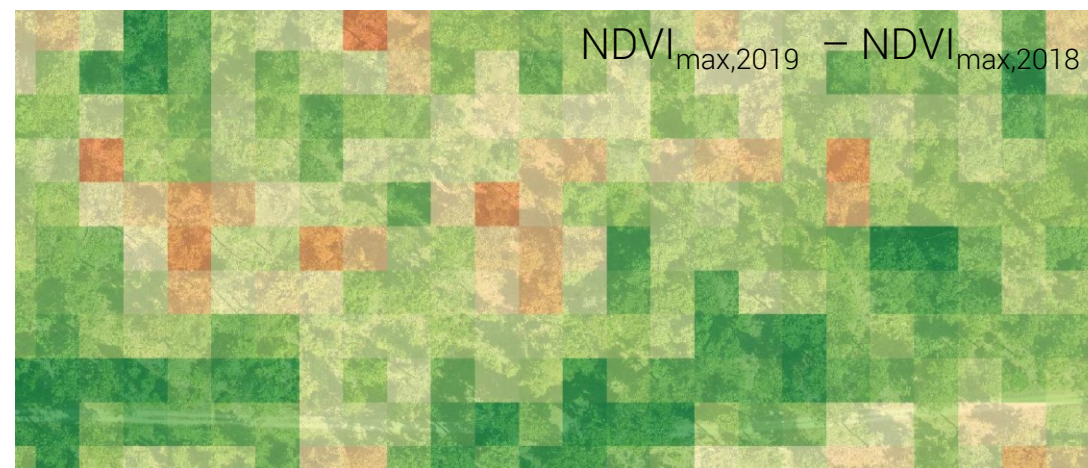
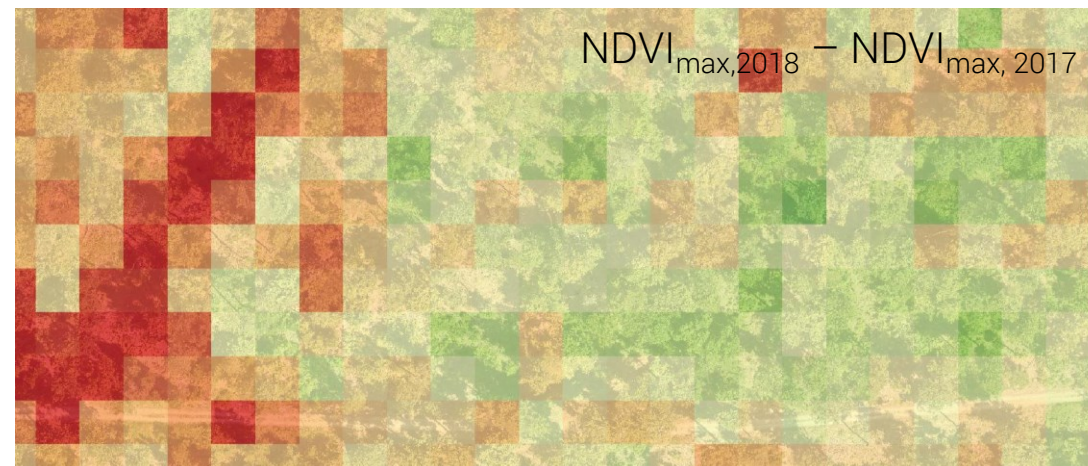
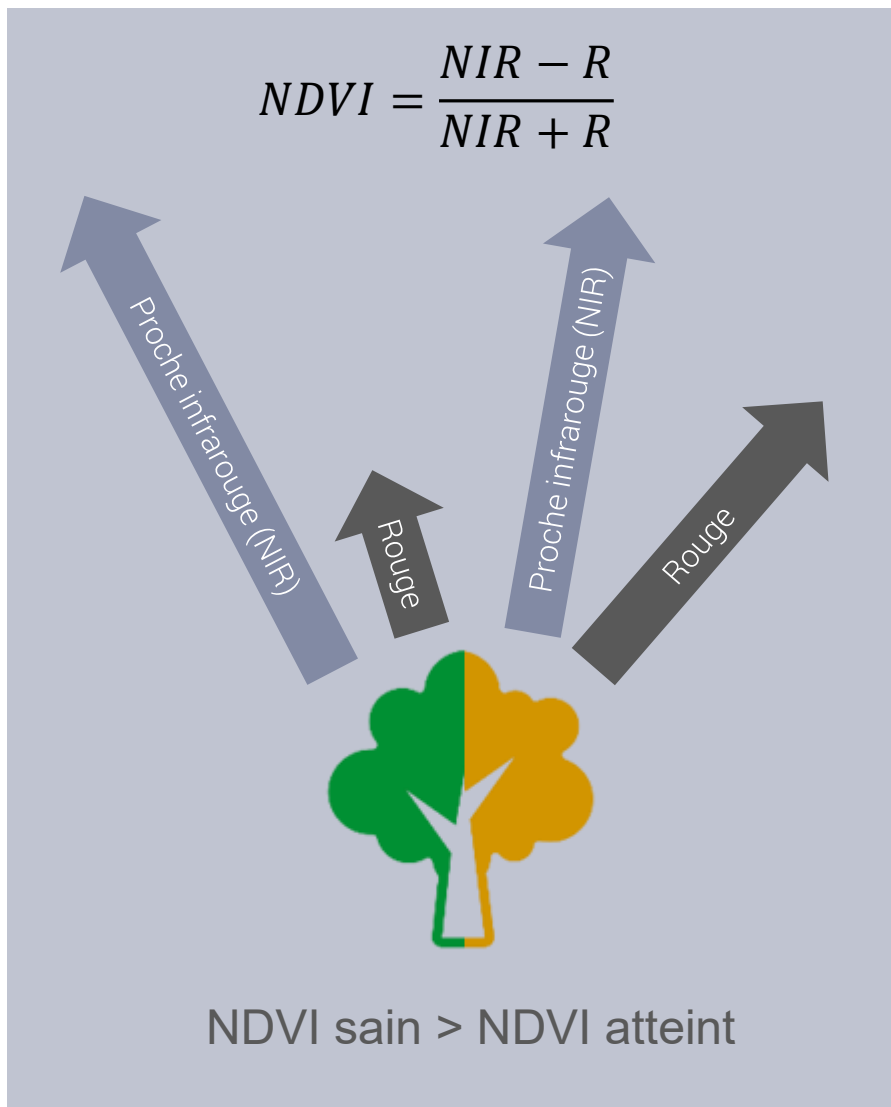
5\*5 m 0 100 [% de premiers retours LiDAR au-dessus de 2m]

# Méthode



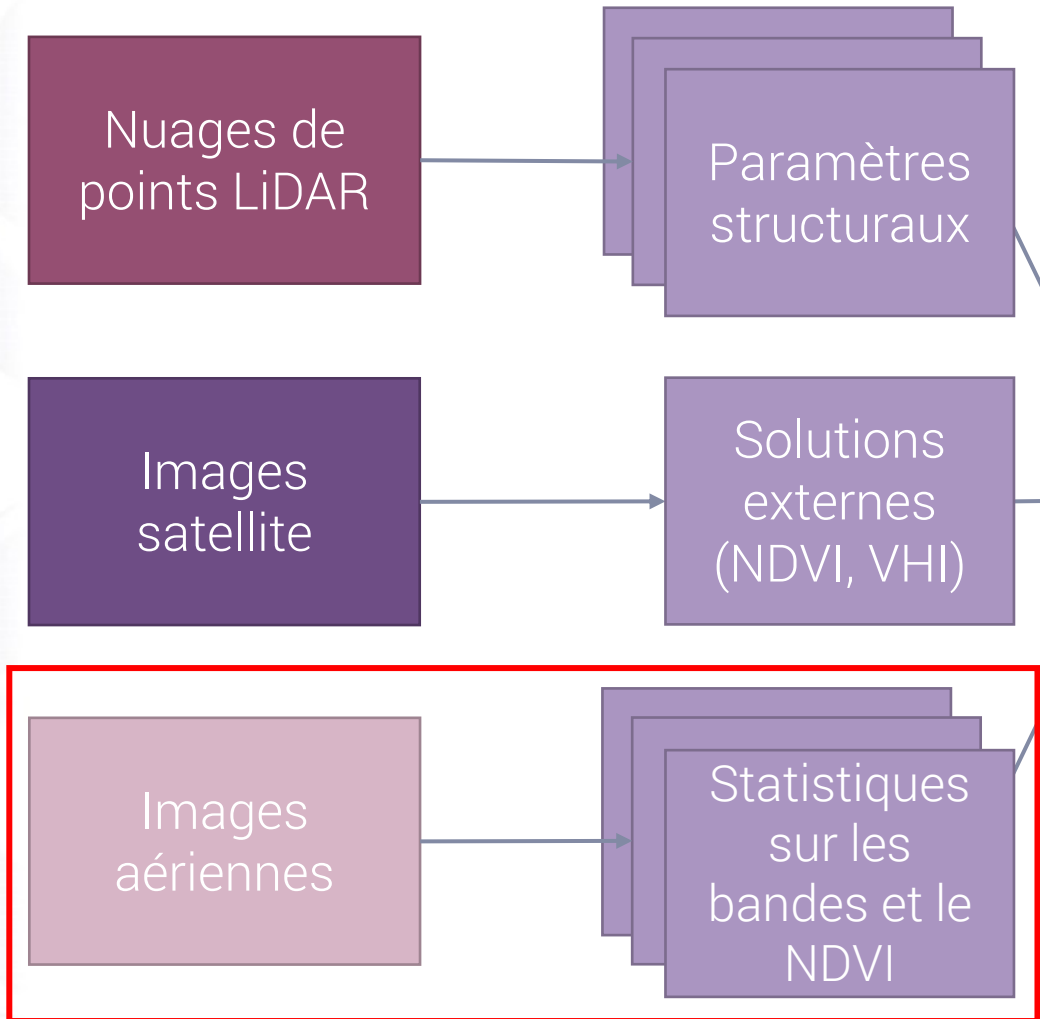


# Variations annuelles du NDVI



Source : Bern University of Applied Science (HAFL) and the Federal Office for Environment (BAFU) (Variations annuelles de NDVI,2017-2019)

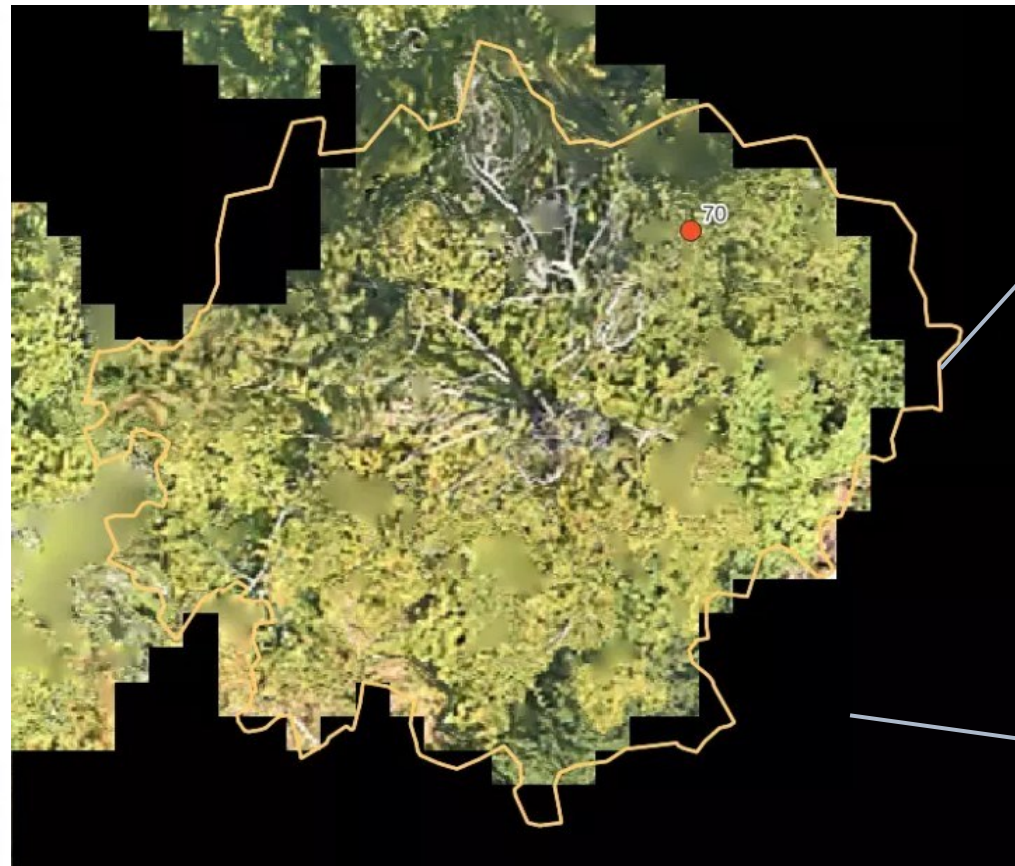
# Méthode





# Images aériennes

## Statistiques par arbre grâce au LiDAR



10\*10 m

Démarcation d'un arbre

- Empreinte au sol de la segmentation du nuage de point LiDAR
- Contrôle et édition pour les arbres de la vérité terrain

Masque pour la hauteur (h)  
issu du LiDAR

$h < 20 \text{ m}$  ou  $> 40 \text{ m}$

# Images aériennes

## Statistiques par arbre grâce au LiDAR



3\*3 cm

Surface considérée

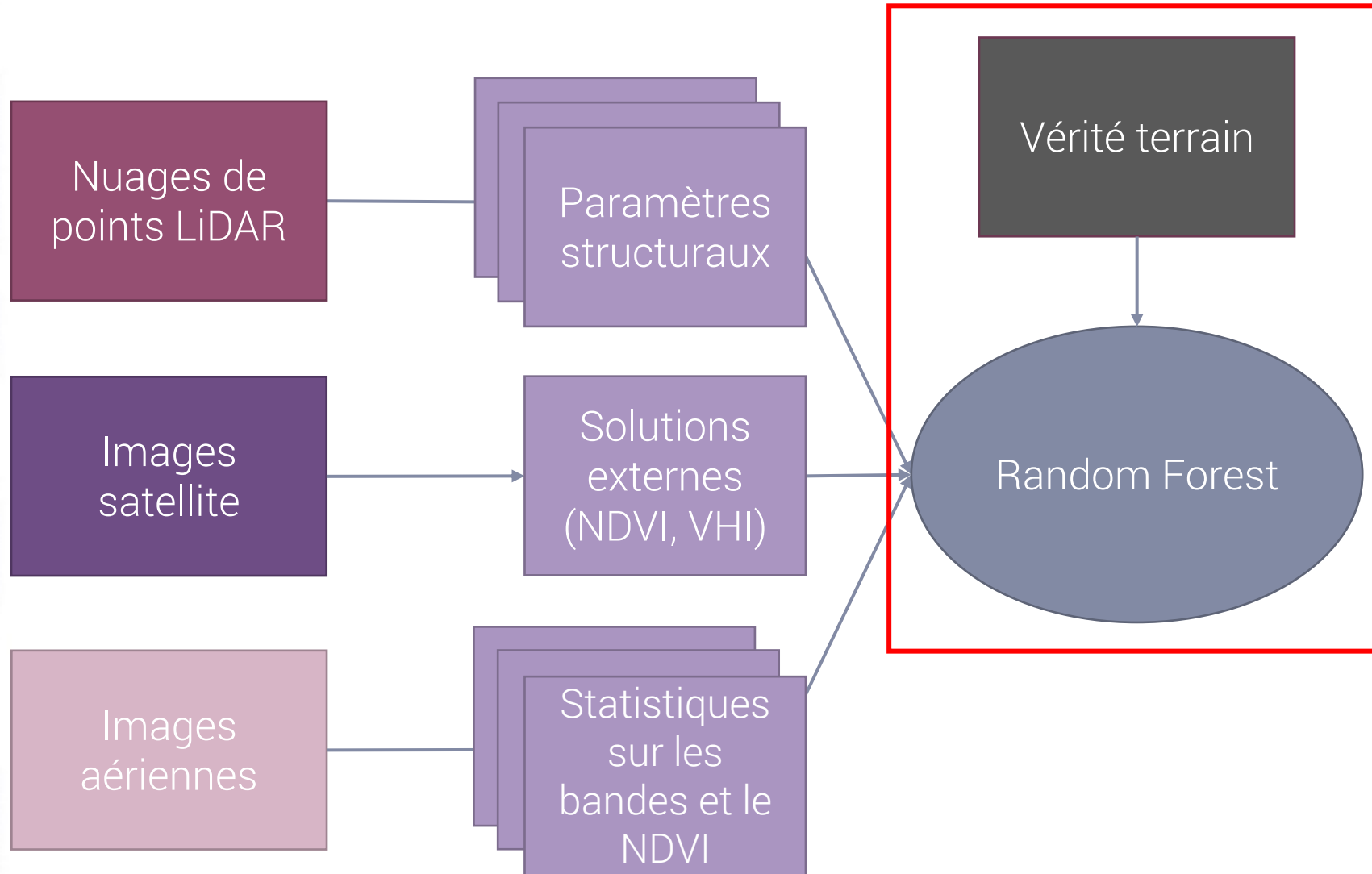
Calcul de :

- Moyenne
- Médiane
- Déviation standard
- Minimum
- Maximum

... pour chaque hêtre  
par bande et pour le  
NDVI

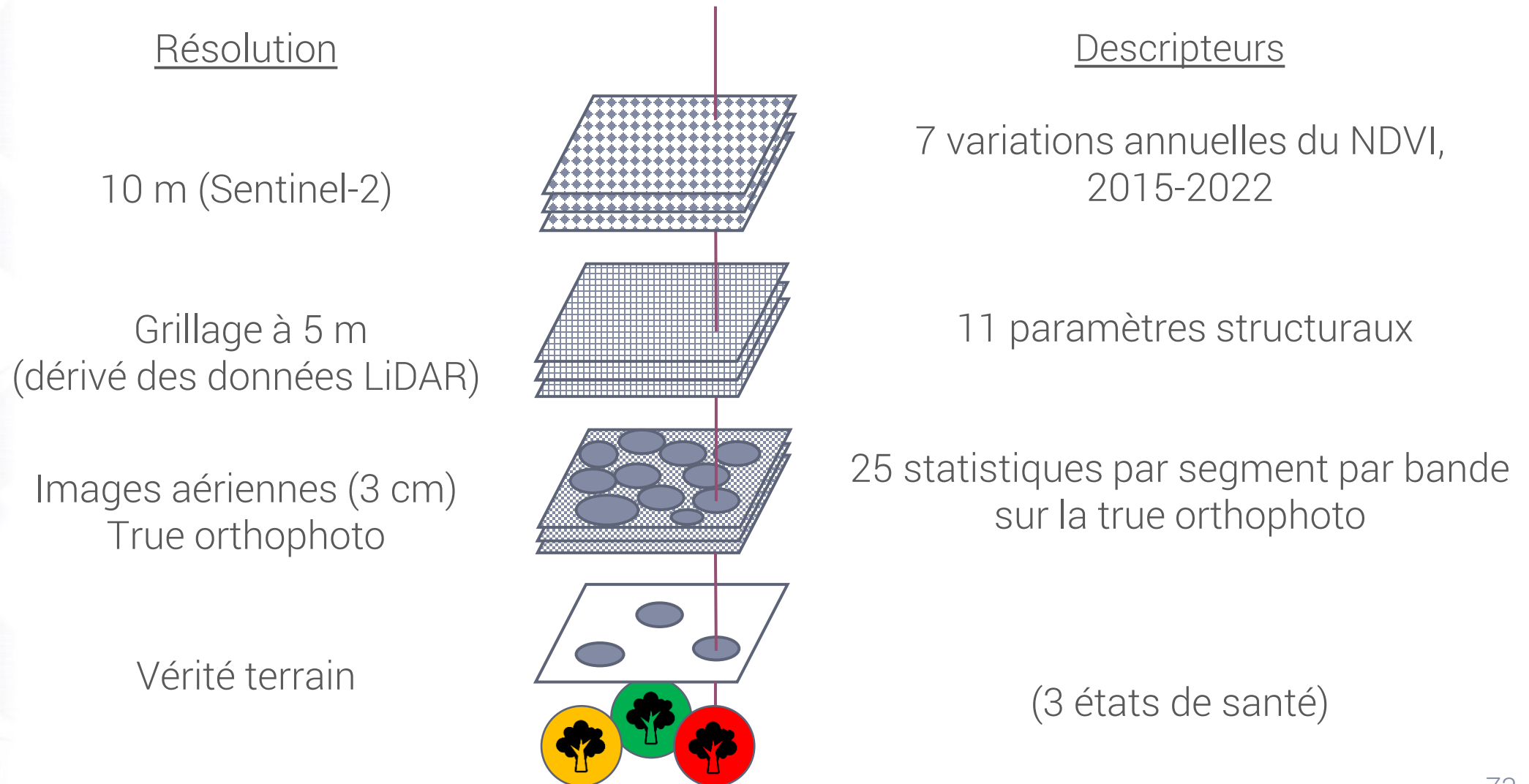


# Méthode



# Random Forest

## Descripteurs à différentes résolutions





# Random Forest

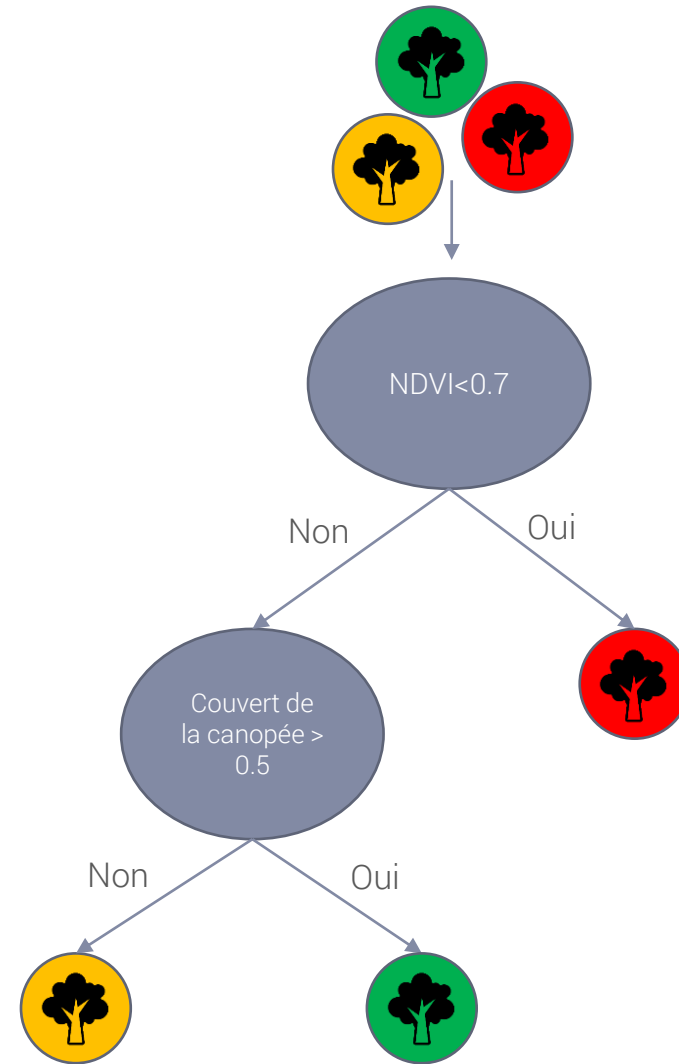
## Fonctionnement

### 1. Entraînement

- Apprendre à classer les hêtres en 3 états de santé, en fonction des valeurs des descripteurs : paramètres structuraux, NDVI, ...

### 2. Prédiction

- Prédire l'état de santé en ne connaissant que les valeurs des descripteurs.



# Random Forest

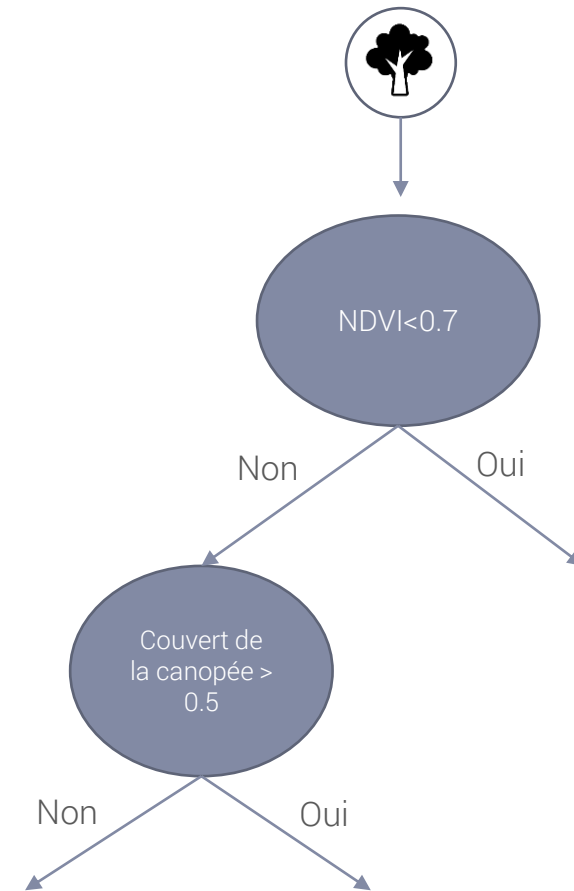
## Fonctionnement

### 1. Entraînement

- Apprendre à classer les hêtres en 3 états de santé, en fonction des valeurs des descripteurs : paramètres structuraux, NDVI, ...

### 2. Prédiction

- Prédire l'état de santé en ne connaissant que les valeurs des descripteurs.





# Résultats

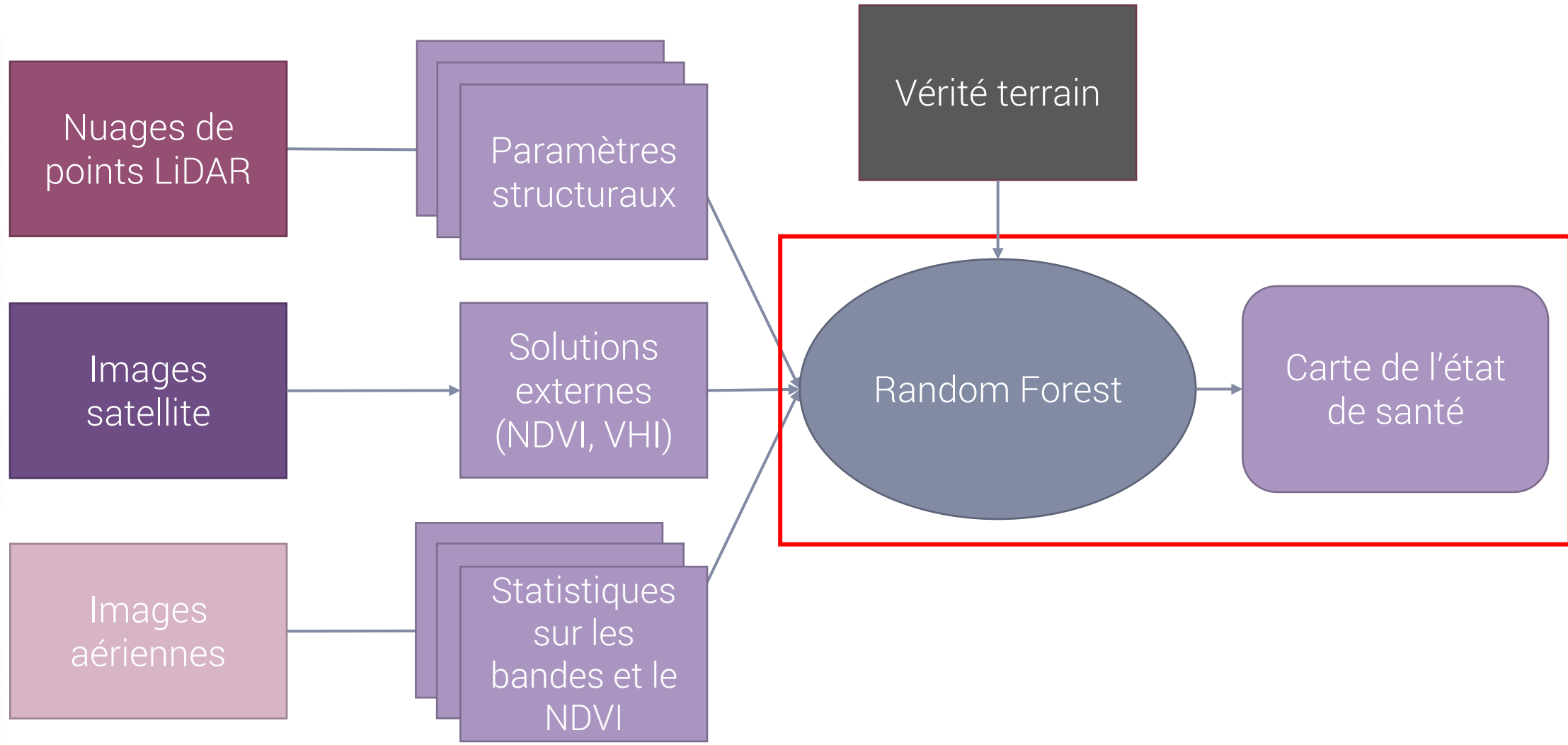
## Performance

Descripteurs utilisés	Prédictions correctes			
	Toutes les classes	Sains	Atteints	Morts
Toutes les sources (LiDAR, sat., images)	79 %	71%	70%	100%
Images aériennes	79 %	62%	80%	100%

Descripteurs participants le plus aux prédictions

- Variation annuelle du NDVI 2018-2019
- Moyenne du NDVI, standard déviation de la bande bleue
- Standard déviation du couvert de la canopée et réflectance LiDAR

# Méthode





# Résultats

## Vue d'un secteur

### Légende

Prédiction [fraction de votes]

■ Sain [ $> 0.7$ ]

■ Sain [ $0.5-0.7$ ]

■ Sain [ $< 0.5$ ]

■ Atteint [ $> 0.7$ ]

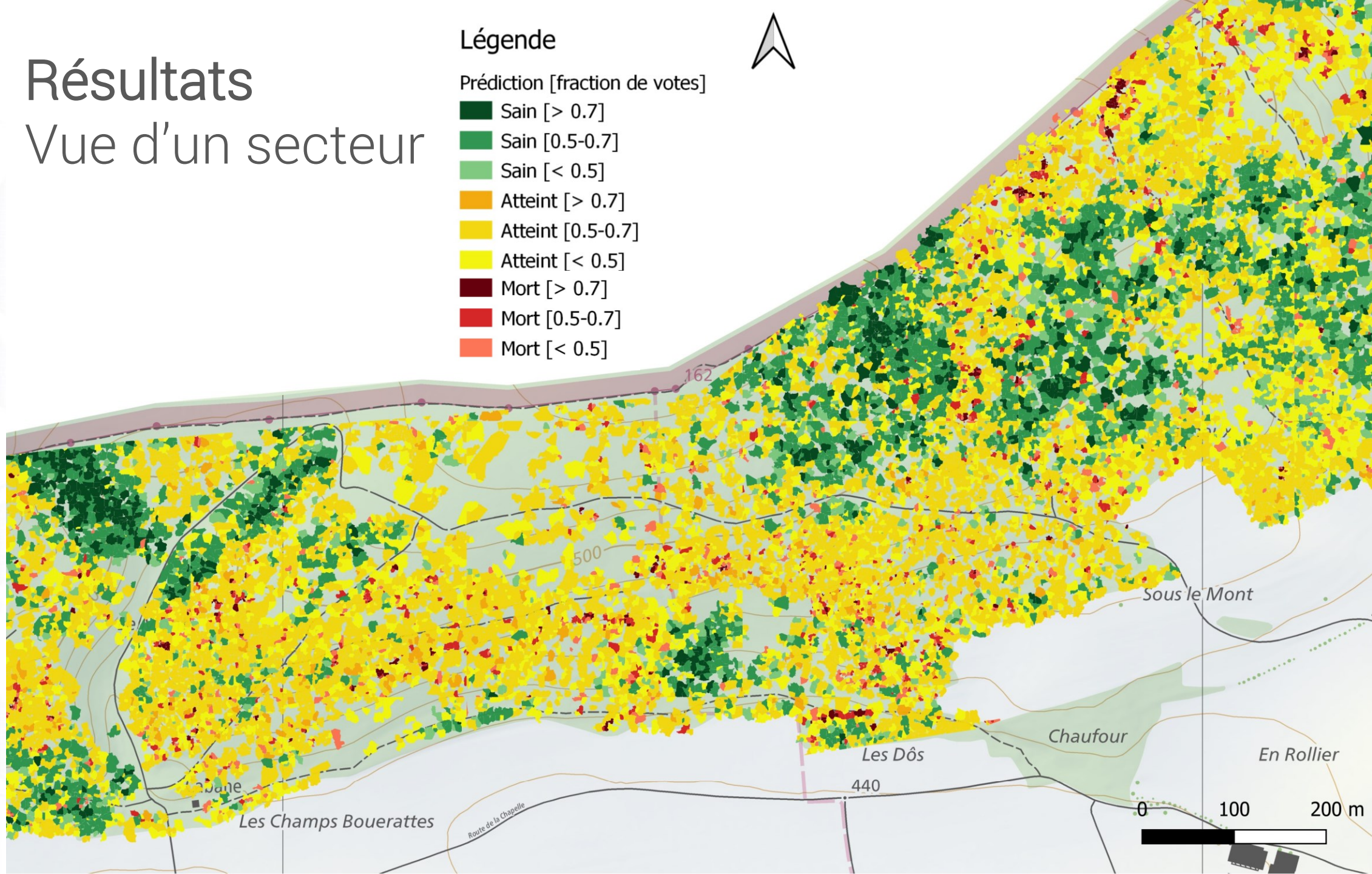
■ Atteint [ $0.5-0.7$ ]

■ Atteint [ $< 0.5$ ]

■ Mort [ $> 0.7$ ]

■ Mort [ $0.5-0.7$ ]

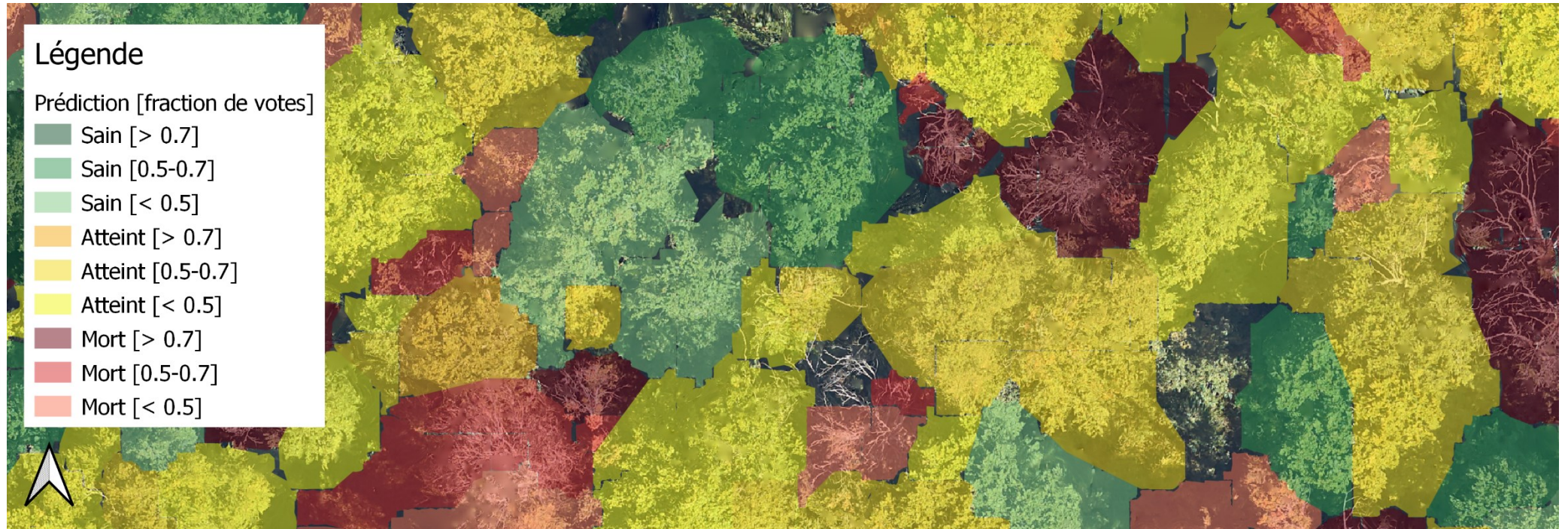
■ Mort [ $< 0.5$ ]





# Résultats

## Zoom sur la carte













# Conclusions

- Premier produit qui donne un moyen d'action
- Performance attendue
  - Précision globale 75-79 %
- Les descripteurs issus des images aériennes donnent des résultats quantitativement satisfaisants
  - LiDAR nécessaire pour des prédictions par arbre
- Les descripteurs issus du LiDAR mettent en évidence les spécificités du terrain



# Conclusions

## Questions originelles

- Quels sont les endroits les plus endommagés ?
- Quel volume est endommagé ?
- Quel est le pourcentage d'arbres condamnés ?

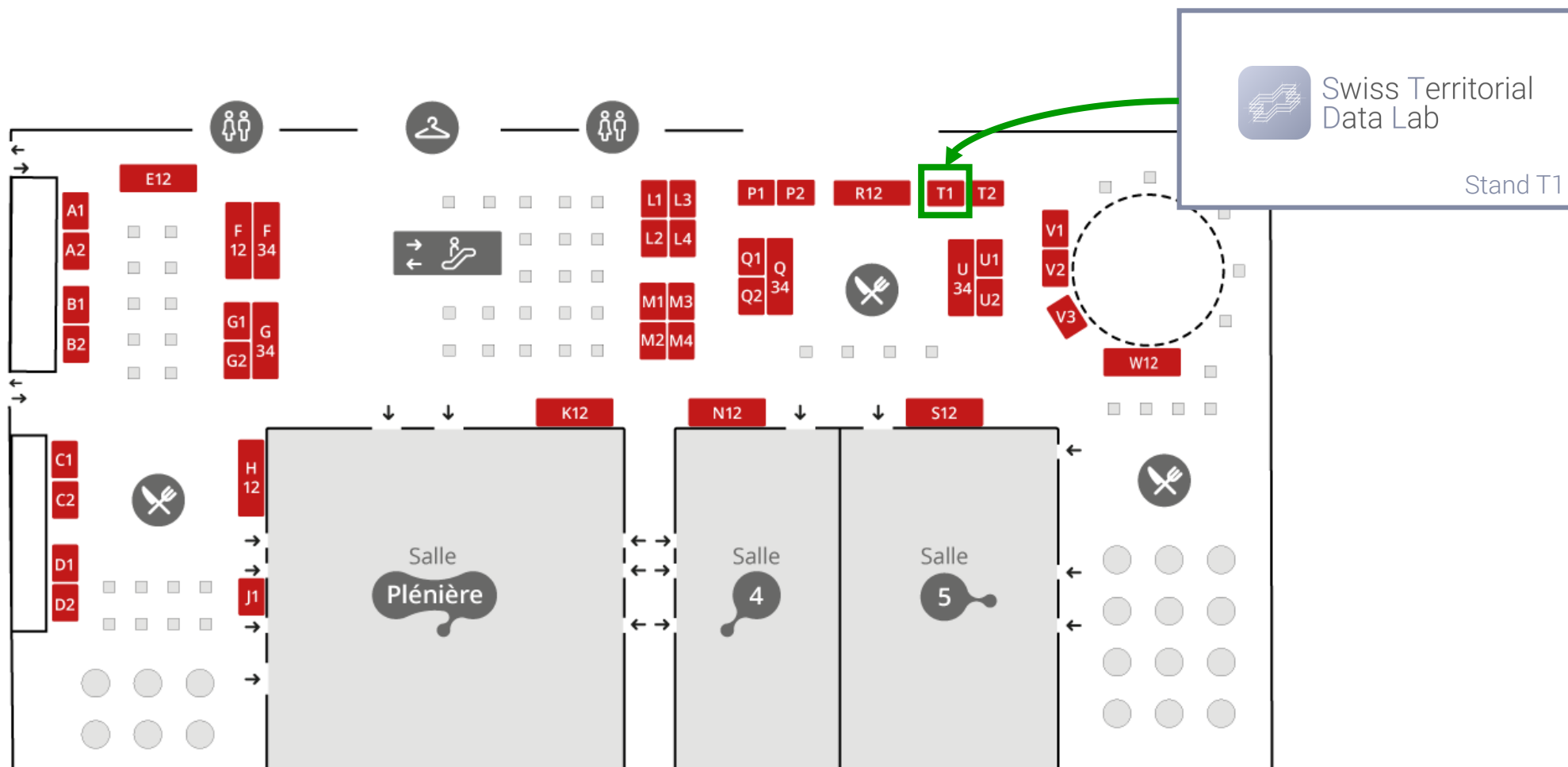
Merci pour votre  
attention !





# Curieux·x·ses d'en savoir plus ? ...

## ... l'équipe STDL vous accueille sur son stand !





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](https://stdl.ch)

## Contribute to STDL

Read our project reports on [tech.stdl.ch](https://tech.stdl.ch) and join us on [GitHub](https://github.com/stdl)

## Our Partners



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TERNERAS LUX



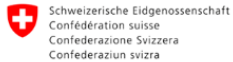
REPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL



Kanton Graubünden  
Chantun Grischun  
Cantone dei Grigioni



Stadt Zürich



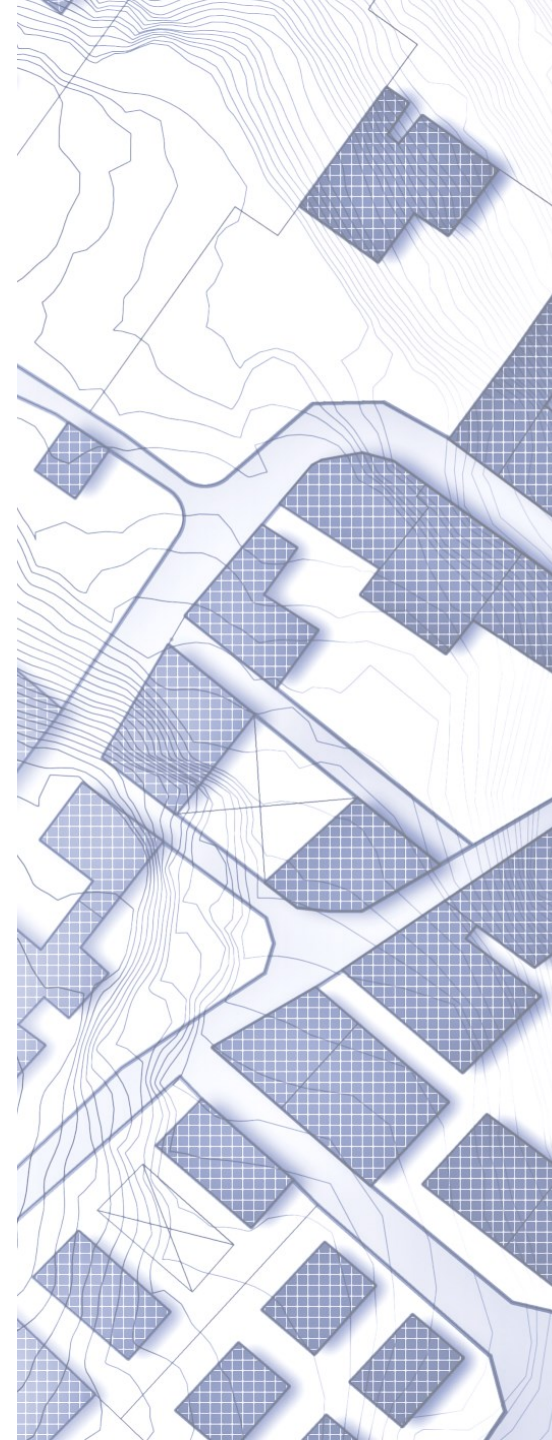
Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de la défense,  
de la protection de la population et des sports DDPS  
Office fédéral de topographie swisstopo



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
Office fédéral de la statistique OFS



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

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

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

FOLLOW US  
on [LinkedIn](https://www.linkedin.com/company/stdl)