



L'utilisation des modèles de fondation pour l'analyse spatiale

— *Présentation du projet SLF*

12/03/2026

FAUCQUEUR Loïc
ALBANESE Matthias



Sommaire

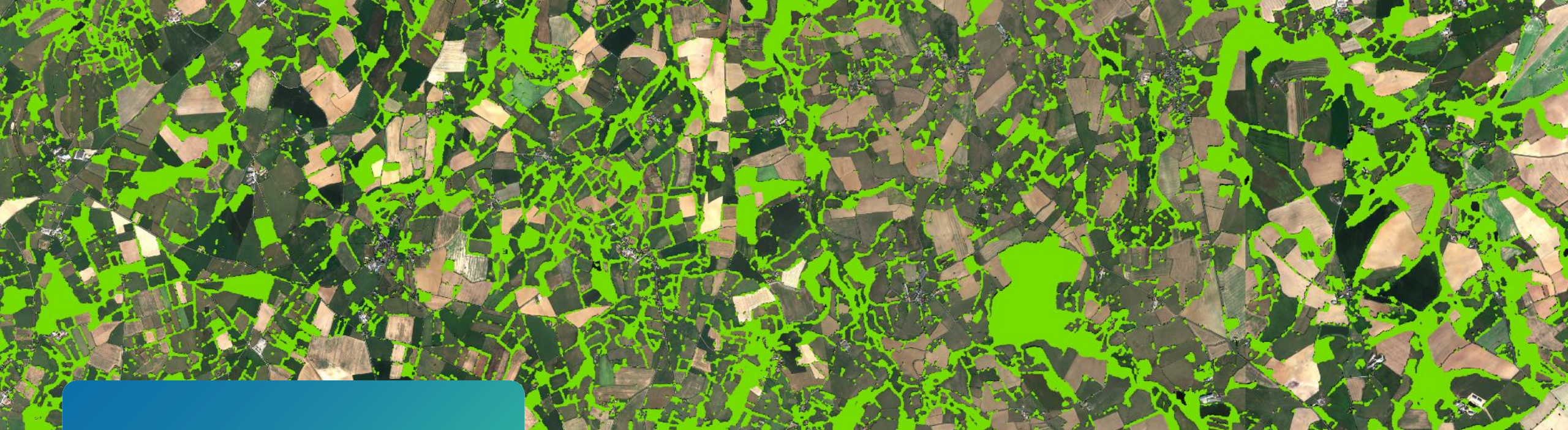
1. Modèle de Fondation

2. Mise en application opérationnelle



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION





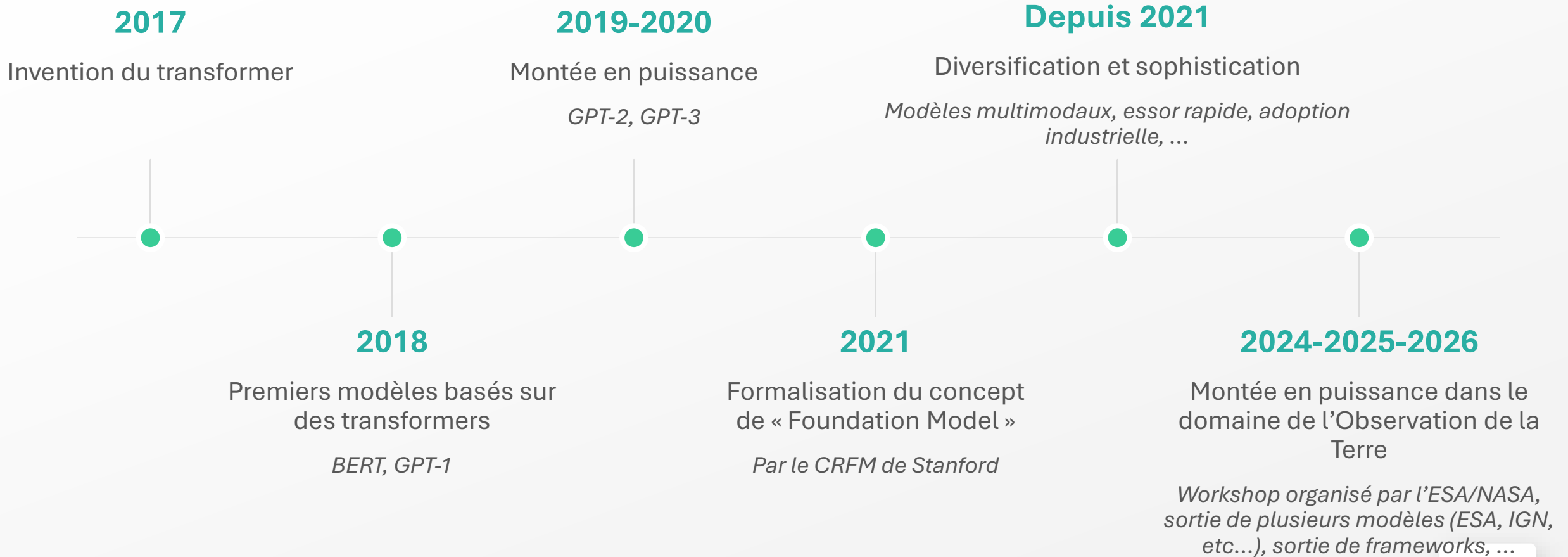
Modèle de Fondation ?



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Historique



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Définition

Stanford Center for Research on Foundation Models (CRFM) formalise officiellement le concept de FM (2021)

Est un modèle de fondation tout modèle qui :

- 1. est entraîné sur des données larges, variées, souvent en utilisant l'auto supervision à grande échelle*
- 2. qui peut être adapté à une large plage de tâches en aval*

Avantages supposés:

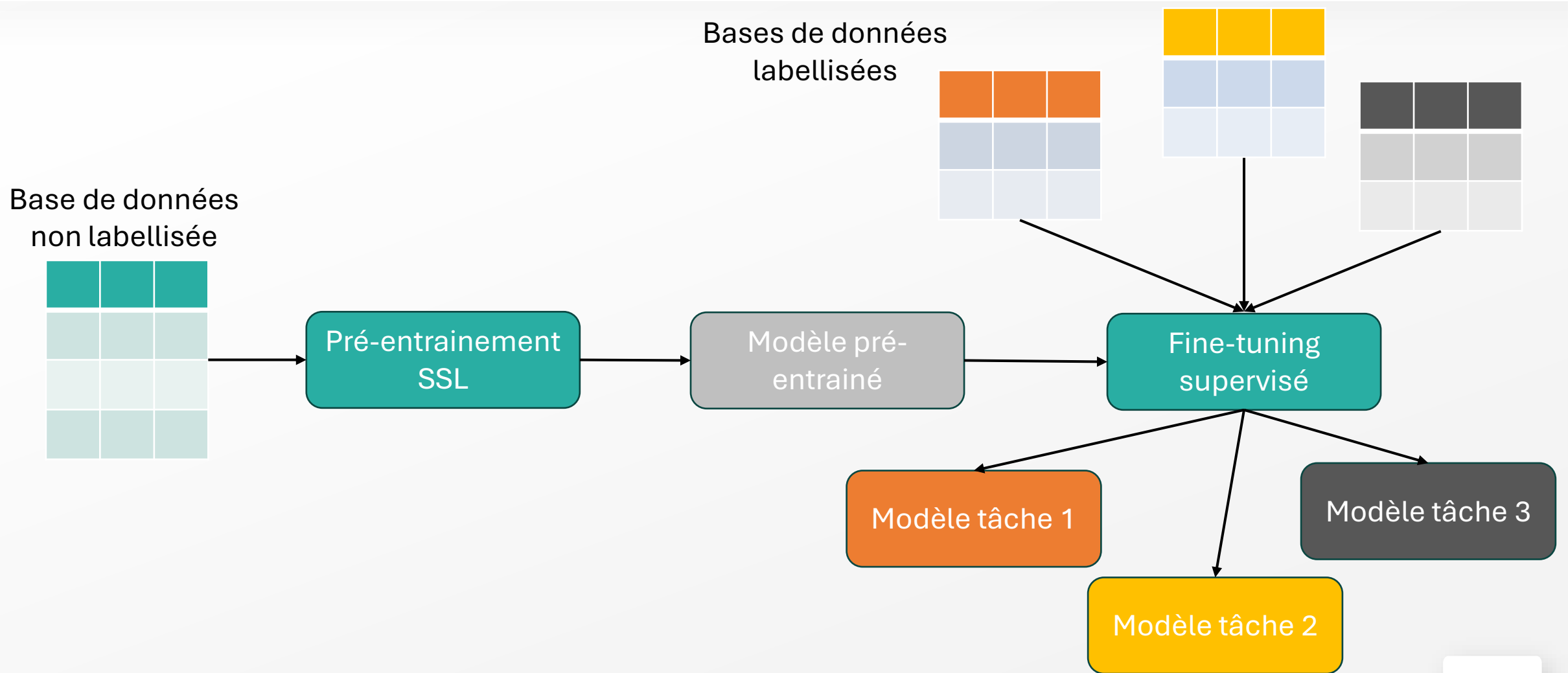
- Meilleurs résultats thématiques
- Moins de données d'entraînement nécessaires
- Moins gourmand (1 entraînement conséquent une première fois, et ensuite des entraînements plus légers pour l'adaptation)

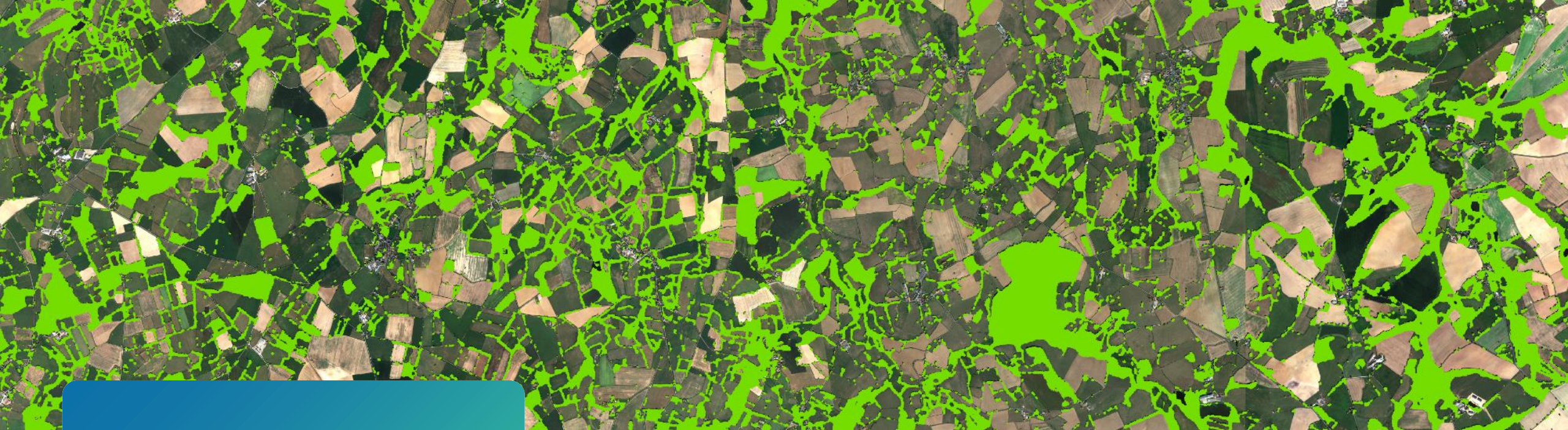


PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Entraînement - principe





Mise en application

Le projet Small Landscape Features



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



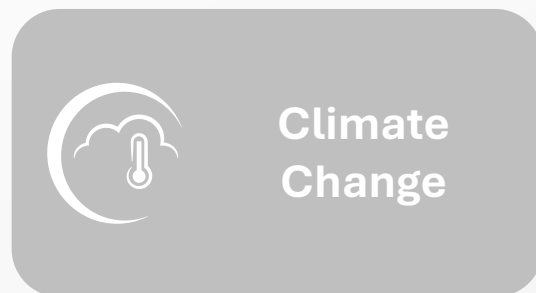
Copernicus Services



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Copernicus Services



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Copernicus Land Monitoring Services



Occupation et usage des sols, état de la végétation ou cycle de l'eau



Produits globaux (JRC), pan-européens ou locaux (EEA)



Small Landscape Features



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Small Landscape Features ?

- Petits éléments de végétation boisée (semi) naturelle
 - Haies
 - Fourrés, buissons
 - Alignement d'arbres le long des cultures / routes
 - Bosquets
 - Végétation riparienne
- 2015, 2018, 2021, 2024



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION

Copernicus
Europe's eyes on Earth



Pourquoi SLF ?

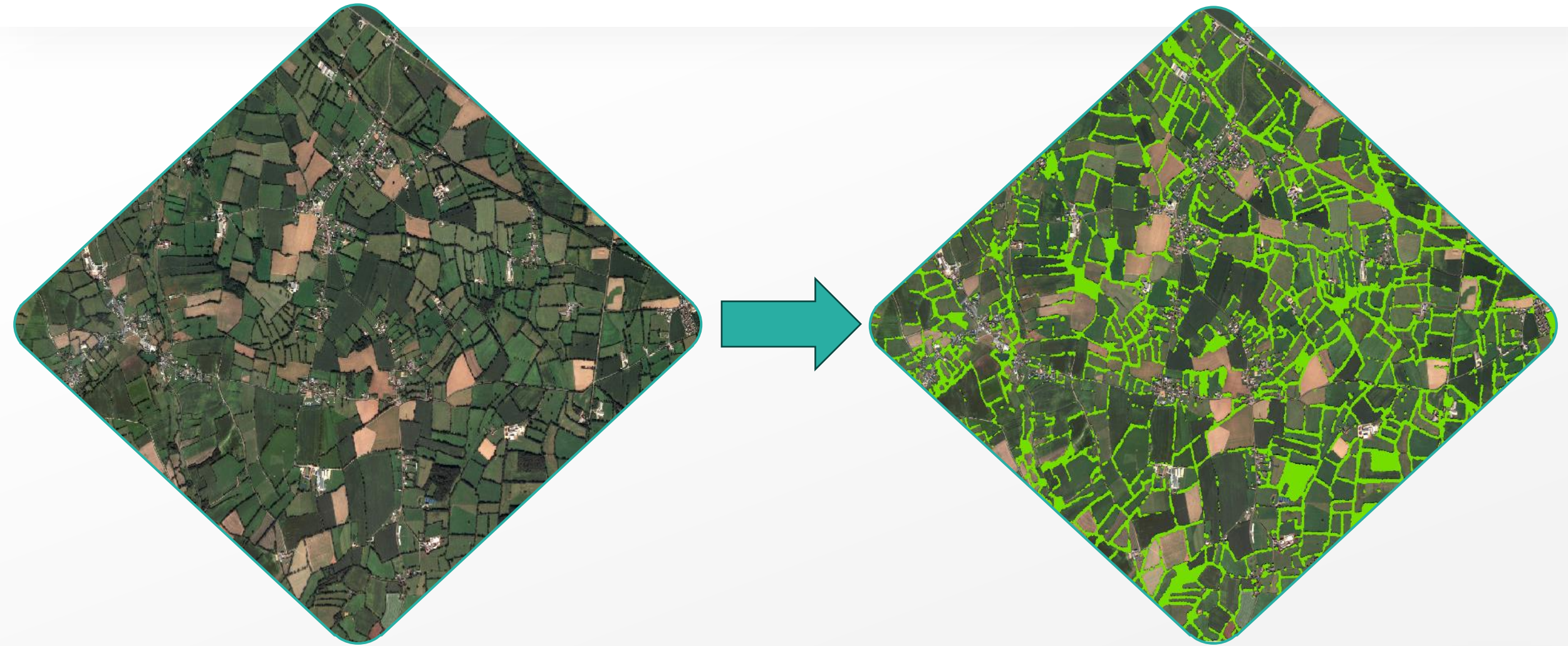
- Principaux vecteurs de biodiversité dans le paysage
- Indicateurs de fragmentation et de connectivité des habitats
- Essentiels pour évaluer les infrastructures vertes et la protection contre les risques
- Critiques pour atteindre la neutralité climatique grâce à la compensation carbone – représentant l'un des segments les plus prometteurs pour la séquestration et le stockage du carbone
- Souvent négligés et difficiles à identifier



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Comment ?



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Historique de production

Production 2015 et 2018

- Approche GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis) sur chaque image
 - Approche Machine Learning Classification (RF)
- Entraînement + prédiction à l'image
 - Challenge des données d'entraînement
 - Impact de la taille de l'image
- Ajustement local nécessaire (effet de bord)
- Corrections manuelles requises souvent conséquentes pour assurer la cohérence

Fonctionne, mais long et beaucoup d'interventions humaines



Switch vers Deep Learning + FM

Utilisation d'un Foundation Model + Fine tuning

Gain en précision thématique significatif

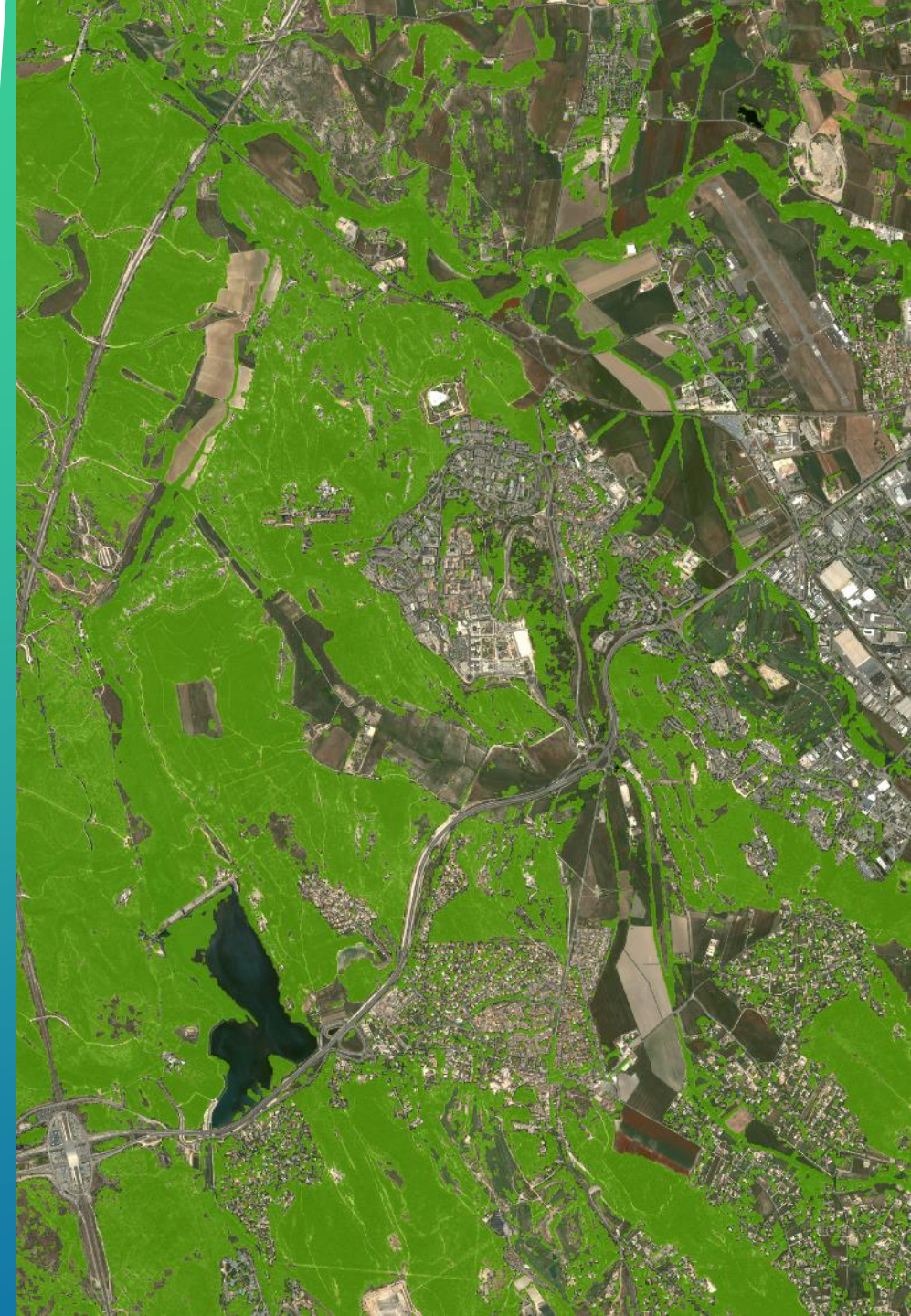
Gain en homogénéité

Pas de corrections manuelles requises

Gain en Productivité

Calcul GPU

Utilisation Cloud



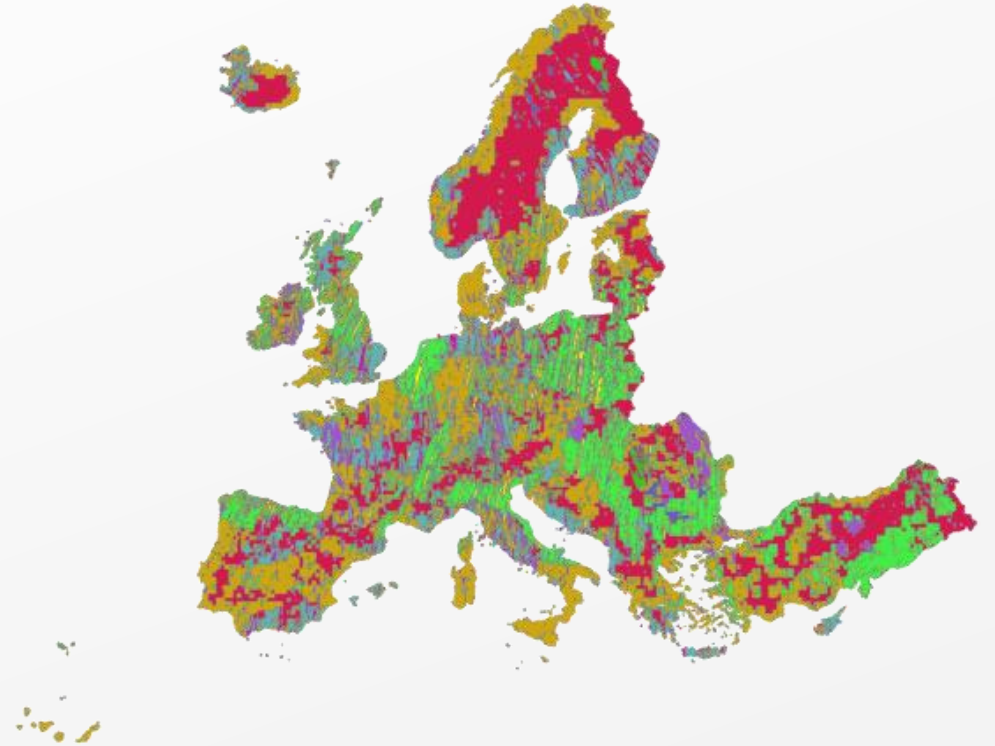
Comment ?

- Basé sur imagerie optique très haute résolution: Dataset d'entrée hétérogène:

Dataset 2021: 9 capteurs / 6 Mkm² / 40 000 scènes VHR / +/-15 To

- Pleiades
- Superview
- Worldview2 et 3
- Kompsat
- GeoEye
- Spot6-7
- TripleSat
- Geosat-2
- Vision-1

- Approche méthodologique compatible avec les différents paysages européens



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Jeu de données de fine-tuning

- Plusieurs jeux de données ont été combinés:

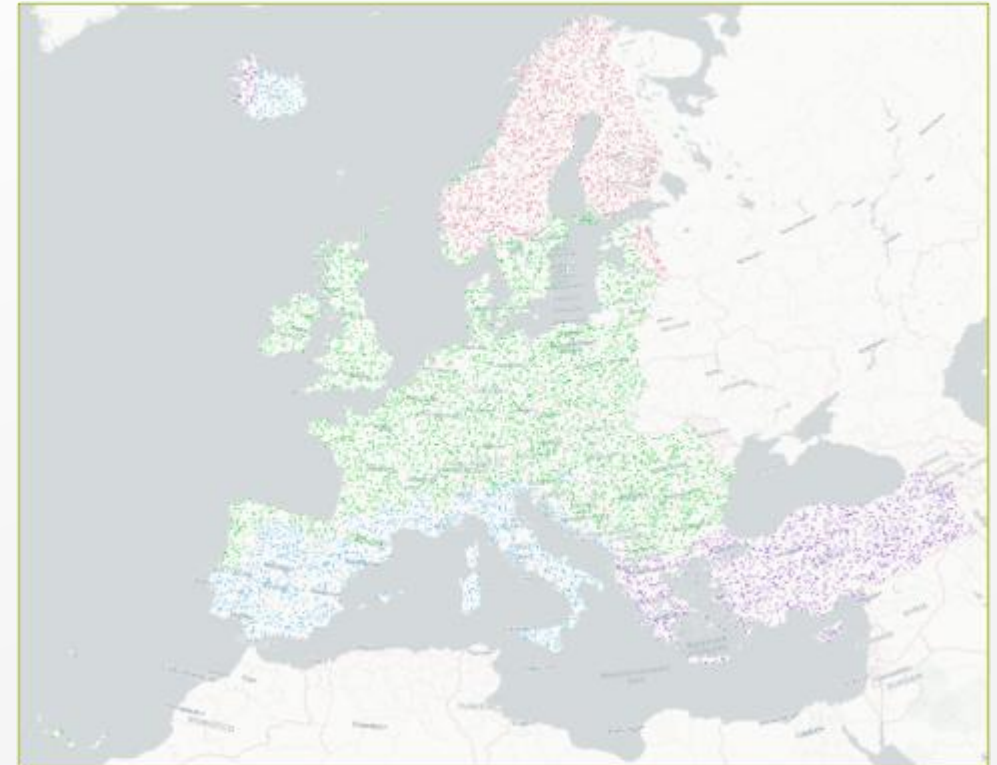
- HRL VLCC 2021;
 - HRL SWF 2018;
 - Global Canopy Height Map
- } Jeux de données Copernicus
- } Jeu de données Meta

- Les échantillons ont été stratifiés afin de couvrir toutes les combinaisons de paysage de l'Europe et de données d'OT



10,000 échantillons de 2,5x2,5km discriminant les classes **arbres** et **non-arbres**

- Corrections manuelles pour la mise à jour des données



Répartition des échantillons de fine-tuning

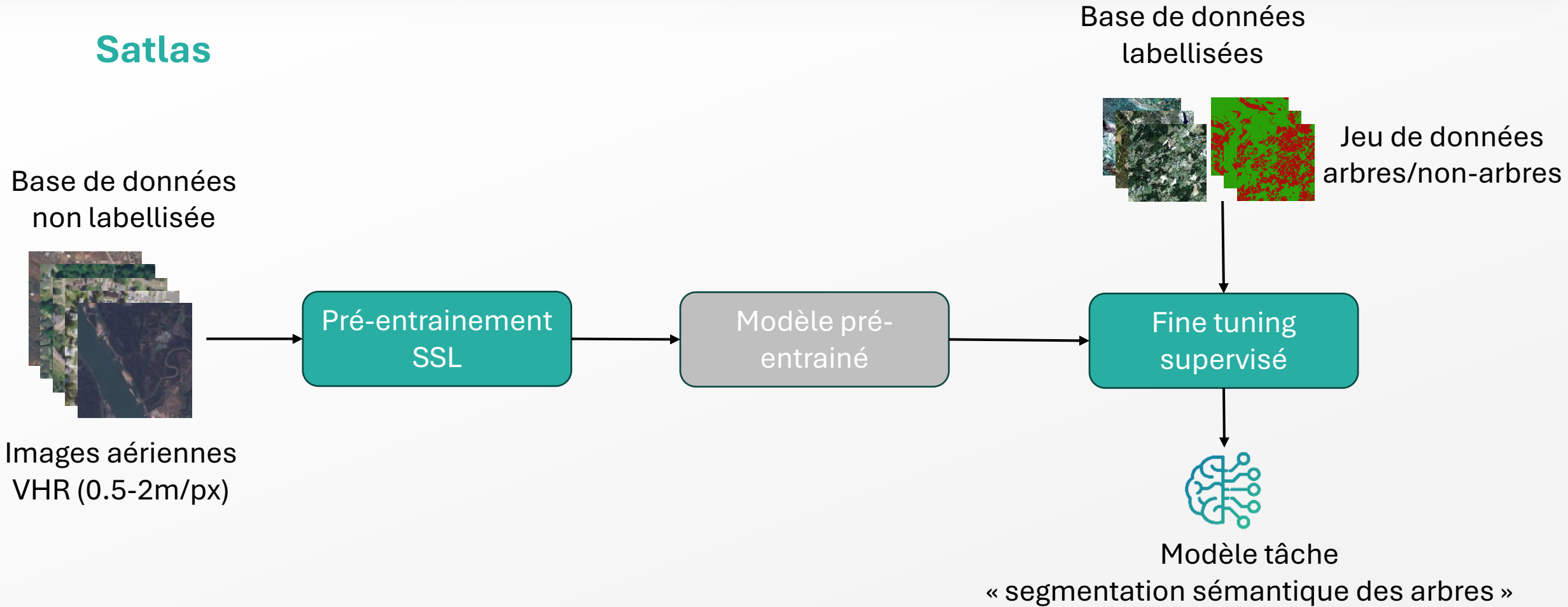


PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Entraînement – choix du modèle

Satlas



Résultats

Contrairement aux productions précédentes, aucune retouche manuelle n'est nécessaire

Les résultats atteignent la qualité cible en sortie de chaîne



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Benchmark – comparaison entre U-Net et Satlas

Référence

Réseau U-Net (Ronneberger et al, 2015) avec un encodeur Resnet50 (He et al, 2015)

Influence du nombre d'échantillons d'entraînement

Satlas et U-Net ont été entraînés avec 5, 50, 500, 5000 et 10000 images labellisées, puis testés sur les mêmes 1000 images de test indépendantes.

| # training samples | 5 | | | 50 | | | 500 | | | 5000 | | | 10000 | | |
|--------------------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|
| | Model | Satlas | U-Net | Diff | Satlas | U-Net | Diff | Satlas | U-Net | Diff | Satlas | U-Net | Diff | Satlas | U-Net |
| Acc | 0.789 | 0.645 | 14.4% | 0.846 | 0.822 | 2.4% | 0.888 | 0.860 | 2.8% | 0.890 | 0.867 | 2.3% | 0.884 | 0.878 | 0.6% |
| F1 | 0.769 | 0.632 | 13.7% | 0.826 | 0.800 | 2.6% | 0.873 | 0.841 | 3.2% | 0.875 | 0.852 | 2.3% | 0.869 | 0.864 | 0.5% |
| IoU | 0.539 | 0.393 | 14.6% | 0.623 | 0.579 | 4.4% | 0.706 | 0.649 | 5.7% | 0.711 | 0.672 | 3.9% | 0.702 | 0.698 | 0.4% |

Satlas VS U-Net entraînés sur différents nombres d'échantillons d'entraînement

Conclusions

Dans notre cas, l'utilisation d'un FM tel que Satlas peut réduire par 20 le nombre d'annotations nécessaires pour classer automatiquement les pixels en arbre/non-arbre.



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



An aerial photograph of a city area with a river and surrounding fields. The map is overlaid with bright green, irregular shapes that appear to be highlighting specific zones or areas of interest. The green areas are scattered throughout the urban and rural landscape.

Merci !



Loïc Faucqueur
Ingénieur d'Etudes
lfaucqueur@groupcls.com
<https://www.cls.fr/>



Matthias Albanese
Ingénieur Affaires
malbanese@groupcls.com
<https://www.cls.fr/>

Lien vers le produit

