



# Initiation à la cartographie automatique des zones humides par télédétection et intelligence artificielle

Dans le cadre de la Journée d'information et d'échange :  
"La télédétection appliquée aux zones humides"

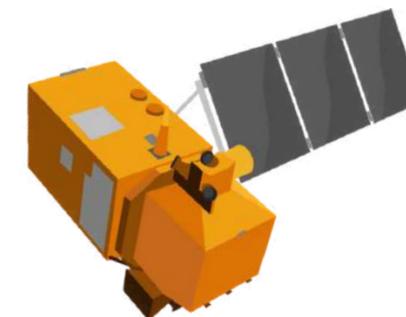


Adrien Le Guillou - Doctorant -  
LETG Brest UMR 6554



Contact : [adrien.leguillou@univ-brest.fr](mailto:adrien.leguillou@univ-brest.fr)

1. Introduction à la télédétection et et aux différents capteurs ●
2. Présentation des données, des outils et introduction à l'intelligence artificielle ● ●
3. Etudes de cas sur la presqu'île de Crozon et la baie d'Audierne ● ● ●
4. Tutoriel pour la réalisation d'une cartographie automatique d'OCS & méthodologie pour pré-localisation de zones humides





# Les atouts de la télédétection pour l'étude des zones humides

## Surveillance à distance

Permet une surveillance continue et à distance des marais littoraux. Il est possible de collecter des données sur l'évolution des marais, leur santé et leur dynamique en temps réel selon la capacité de revisite du capteur satellite.

## Détection des espèces et des habitats

Identification des différents habitats qui composent les zones humides littorales. Selon le choix du capteur (Satellite, aérien, drone),

Cartographie des **espèces végétales caractéristiques.**

Cartographie des **espèces invasives.**

## Suivi des changements environnementaux

- Occupation du sol
- Elévation de la mer
- Qualité de l'eau et de la végétation
- Pollution (marée noire)

Possibilité de spatialiser l'évolution et de quantifier l'évolution (augmentation / régression)

## Evaluation de la santé des écosystèmes

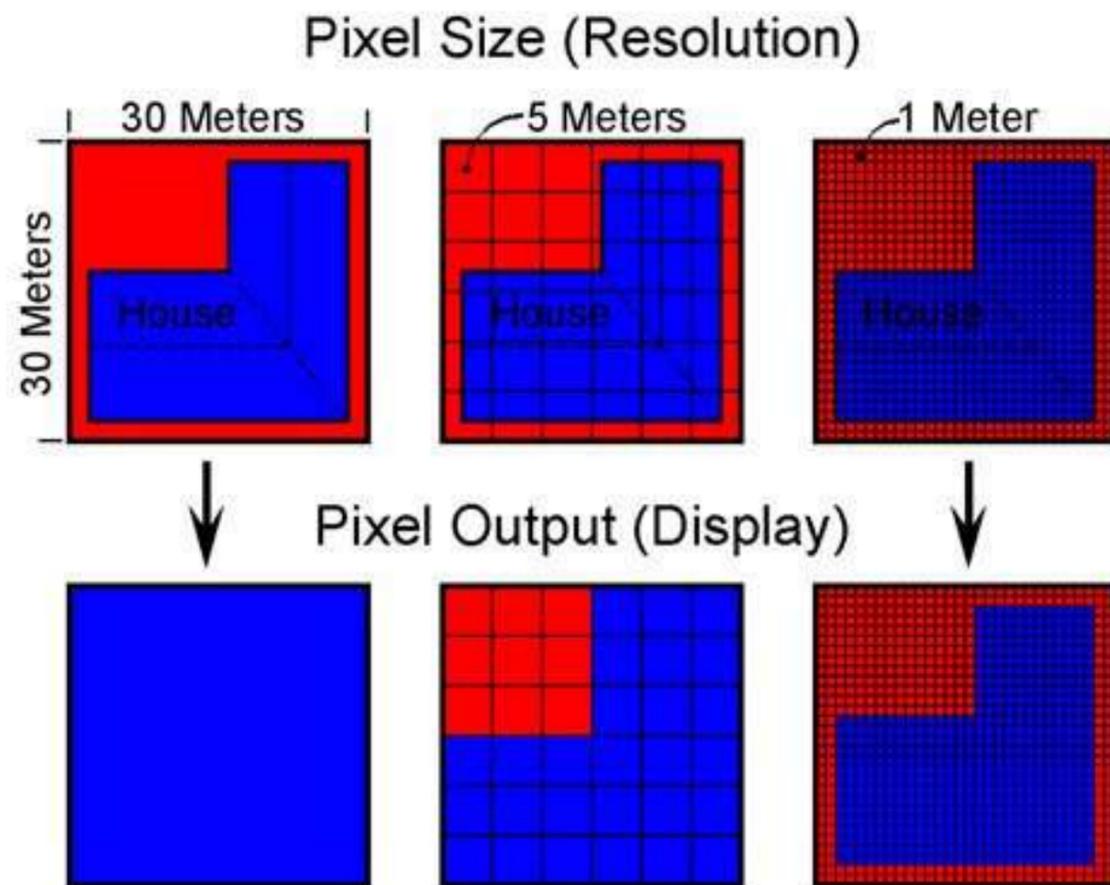
Evalue la santé des marais littoraux en mesurant la végétation à l'aide d'indices spectraux.

- **NDVI** (Indice de végétation par différence)
- **DVI** (indice de végétation brut) .

# Introduction à la Télédétection

“L'imagerie de télédétection optique est sensible aux propriétés biophysiques du type de couverture terrestre et de la végétation. Les systèmes de télédétection optique par satellite reçoivent leurs informations du rayonnement électromagnétique réfléchi par la lumière du soleil.” - The Nature Conservancy

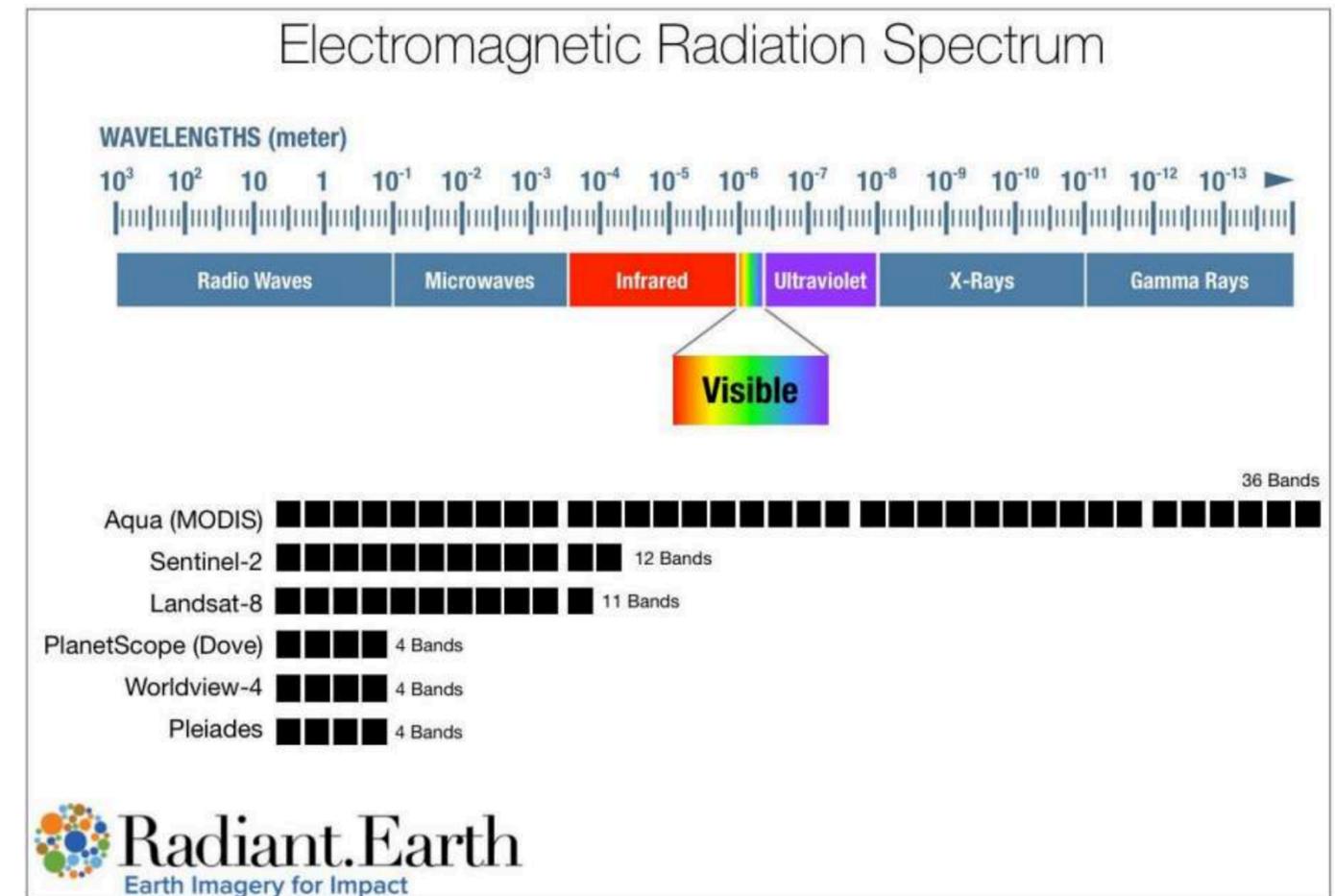
## La résolution spatiale



Source : Satellite Imaging Corporation

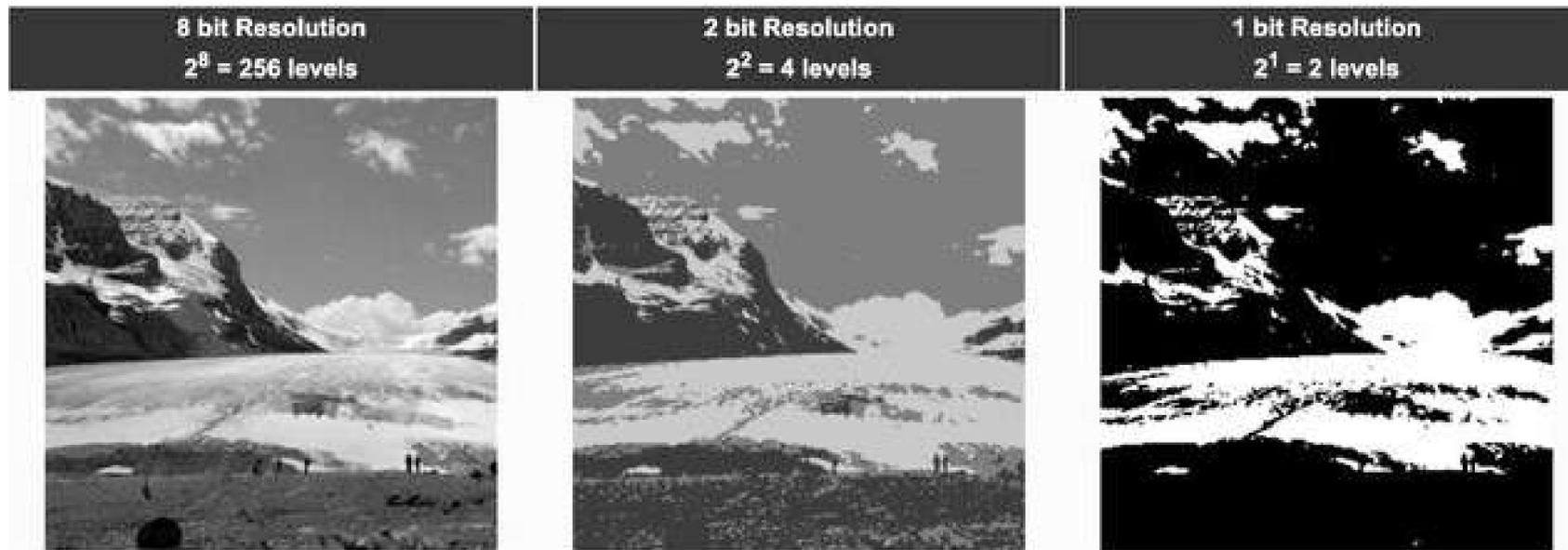
La taille du plus petit élément qu'il est possible de distinguer sur l'image. Elle est également définie comme étant la taille du pixel.

## La résolution spectrale



La résolution spectrale correspond aux nombres de bandes spectrales qu'un capteur peut collecter par rapport à la radiance réfléchie. La position des bandes dans le spectre électromagnétique est également importante.

## Résolution radiométrique



Source : Heffels, 2020

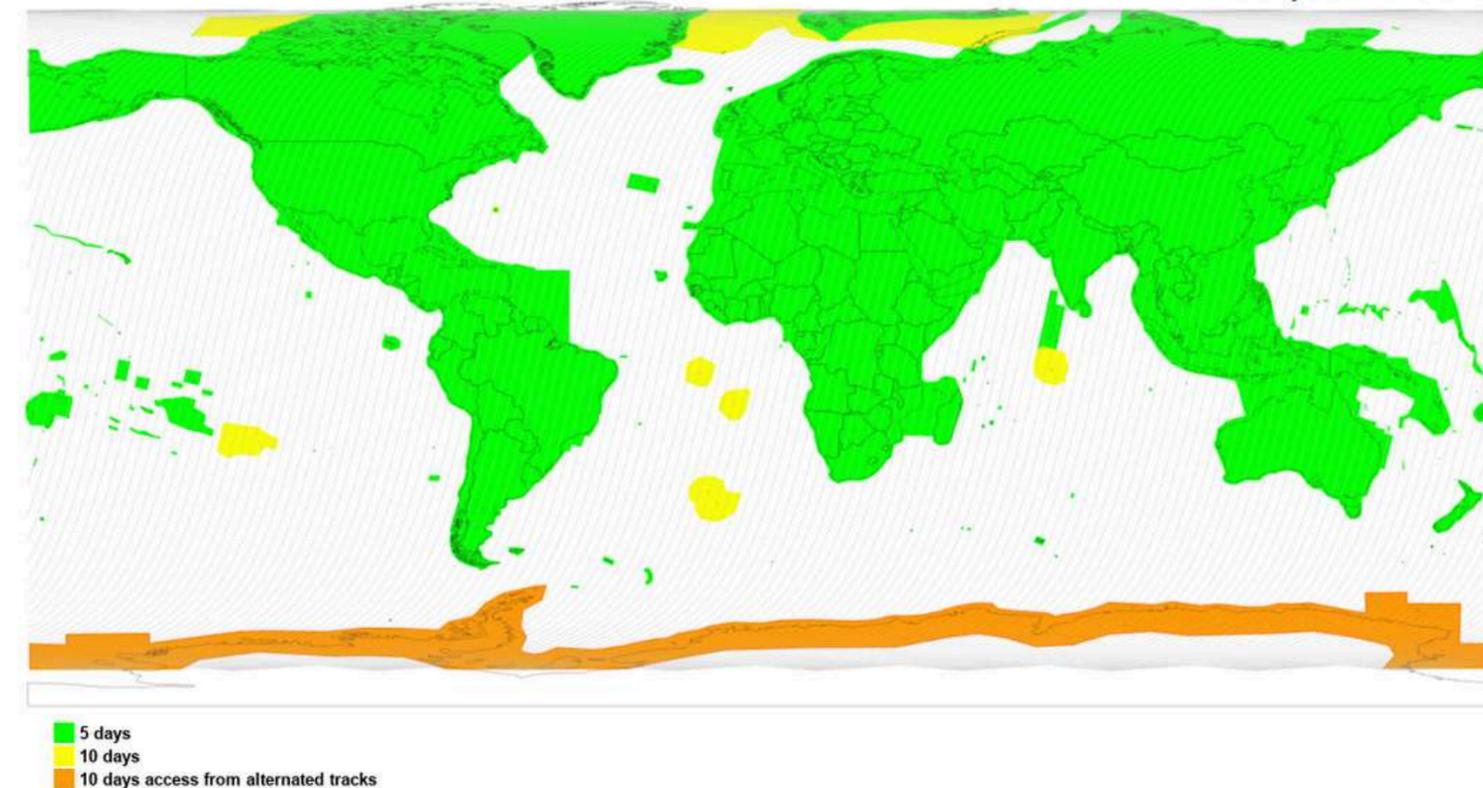
*La capacité du capteur à discriminer des petites variations d'énergie électromagnétique. C'est le nombre de bits utilisés pour enregistrer l'image qui régit le nombre maximum de niveaux d'intensités disponibles.*

## Résolution temporelle

Sentinel-2 Constellation Observation Scenario:  
Revisit Frequency



Validity start: June 2022



Source : ESA

*Correspond à son temps de revisite. Cette résolution peut être associée au temps que met le satellite pour repasser au-dessus de la même zone, mais en réalité elle est nettement améliorée par la capacité du satellite à dépointer (à regarder sur les côtés, devant, derrière ... ).*



# Présentation des différents capteurs satellites

## Sentinel-2



**Résolution spatiale** : Résolution de 10m (Bande visible et PIR, 20m (Red edge et IR) , 60m (Infrarouge thermique).

**Revisite** : Tous les 5 jours à l'équateur avec combinaison de Sentinel-2A et 2B ou jusqu'à 12 jours pour un seul des deux satellites.

**Coût** : Accès gratuit et en usage libre (recherche, commercial, éducatif)

**Résolution Spectrale** : 12 bandes spectrales couvrant une gamme étendue allant du visible (bleu, vert, rouge) au proche infrarouge et infrarouge à courte longueur d'onde.



# Présentation des différents capteurs satellites

## Pléiades

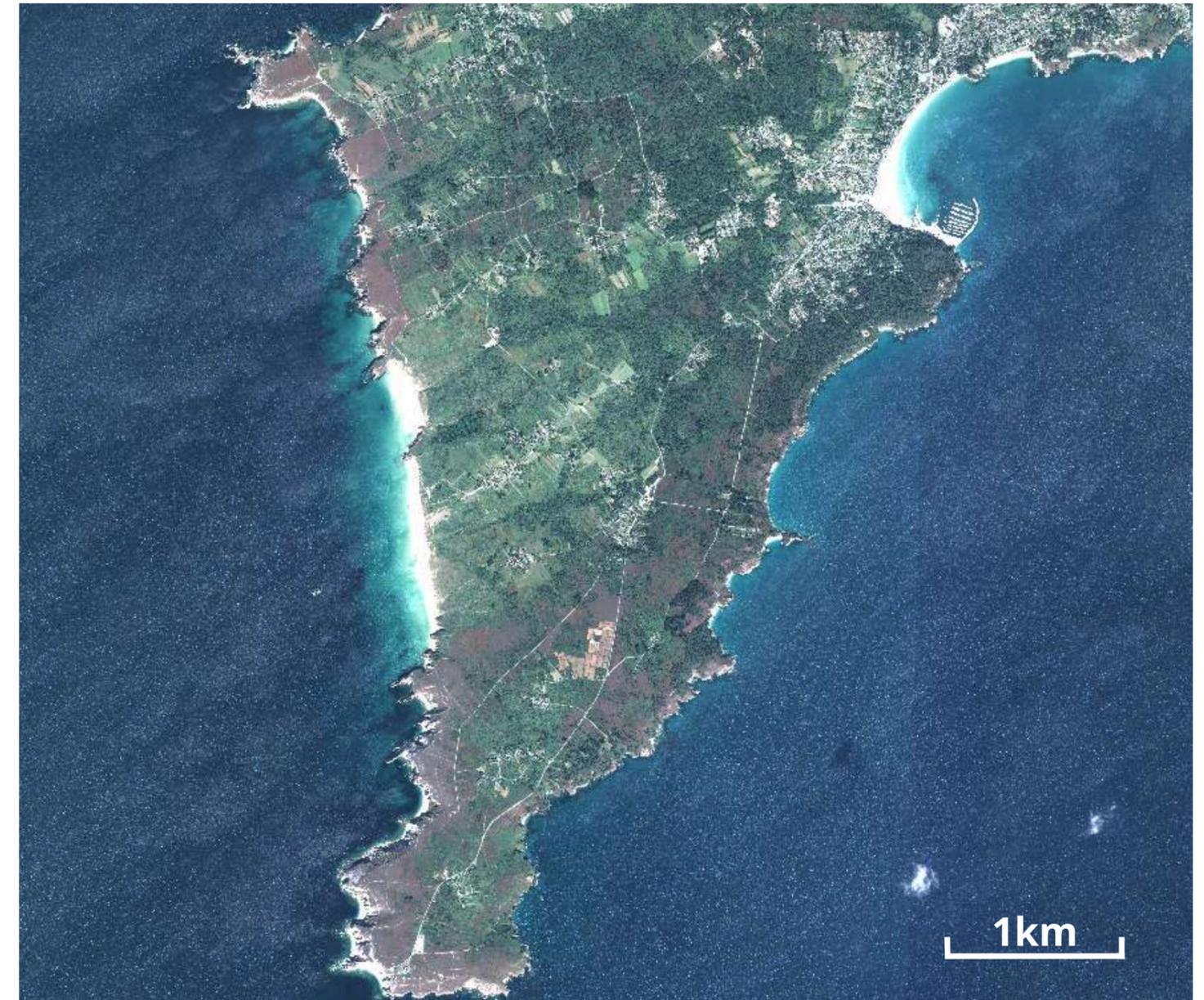


**Résolution spatiale :** Résolution de 50cm

**Revisite :** Capacité de revisite quotidienne

**Coût :** Accès payant selon les besoins, Possibilité d'avoir un accès gratuit pour les institutions de recherches , possibilité d'accessibilité gratuite aux archives.

**Résolution Spectrale :** 4 bandes spectrales couvrant le visible (bleu, vert, rouge) et le proche infrarouge.





# Comment accéder à des données satellites gratuitement ?



## Pour des données Landsat (Depuis 1972) :

- [earthexplorer.usgs.gov/](https://earthexplorer.usgs.gov/)
- [search.earthdata.nasa.gov/search](https://search.earthdata.nasa.gov/search)

The screenshot displays the Earth Explorer search interface. On the left, the 'Search Results' section shows a list of data sets for 'Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2'. The first result is highlighted, showing details: ID: LC08\_L2SP\_203026\_20240119\_20240129\_02\_T1, Date Acquired: 2024/01/19, Path: 203, Row: 026. Below this, two more results are visible, with the third showing a date of 2023/12/09. On the right, a map view shows the search area over a geographical region, with a red polygon indicating the search footprint. The map includes labels for 'English Channel', 't-Briec', 'ny', 'Lorient', and 'Vannes'.

Permet de télécharger des données d'archive landsat à 30m de résolution spatiale pour une étude diachronique par exemple.



# Comment accéder à des données satellites gratuitement ?



Pour des données Sentinel-1/2 (Avril 2014 ou Juin 2015) :

- <https://theia.cnes.fr/atdistrib/rocket/#/search>
- [browser.dataspace.copernicus.eu/](https://browser.dataspace.copernicus.eu/)

The screenshot shows the Theia satellite data search interface. The top navigation bar includes 'Accueil', 'RSS', 'Info', 'Contact', 'Se connecter', and 'S'enregistrer'. The main area features a map of France with a red square highlighting a region. To the right of the map is a search form with various filters: DATE MIN (2018-05-18), DATE MAX (2024-05-09), SATELLITE (SENTINEL2X), INSTRUMENT, NIVEAU DE TRAITEMENT, TYPE DE PRODUIT, CAPTEUR, ORGANISME (ex: THEIA), TUILE (EX: T31TC) (T30UUU), NUMÉRO D'ORBITE (ex: 7212), NUMÉRO D'ORBITE RELATIVE (ex: 7212), VERSION (ex: 1-4), and MOTS-CLEFS (ex: Toulouse). Below the search form are three buttons: 'Dessiner une zone d'intérêt', 'Réinitialiser les filtres', and 'Lancer la recherche'. Below the map is a table of search results with columns: QUICKLOOK, COLLECTION, LOCALISATION, DATE, PLATFORM, INSTRUMENT, PRODUCTTYPE, RESOLUTION, ORBITNUMBER, RELATIVEORBITNUMBER, PROCESSINGLEVEL, and SENSORMODE. The table shows two results for SENTINEL2 in France, dated 15 avril 2024 and 15 mars 2024, with a resolution of 10 m and processing level LEVEL3A.

QUICKLOOK	COLLECTION	LOCALISATION	DATE	PLATFORM	INSTRUMENT	PRODUCTTYPE	RESOLUTION	ORBITNUMBER	RELATIVEORBITNUMBER	PROCESSINGLEVEL	SENSORMODE
	SENTINEL2	France	15 avril 2024 - 00:00:00	SENTINEL2X	MSI	REFLECTANCE	10 m	-1	0	LEVEL3A	détails
	SENTINEL2	France	15 mars 2024 - 00:00:00	SENTINEL2X	MSI	REFLECTANCE	10 m	-1	0	LEVEL3A	détails

Particulièrement intéressant pour télécharger des données prêtes à l'emploi sous format L2A ou L3A.

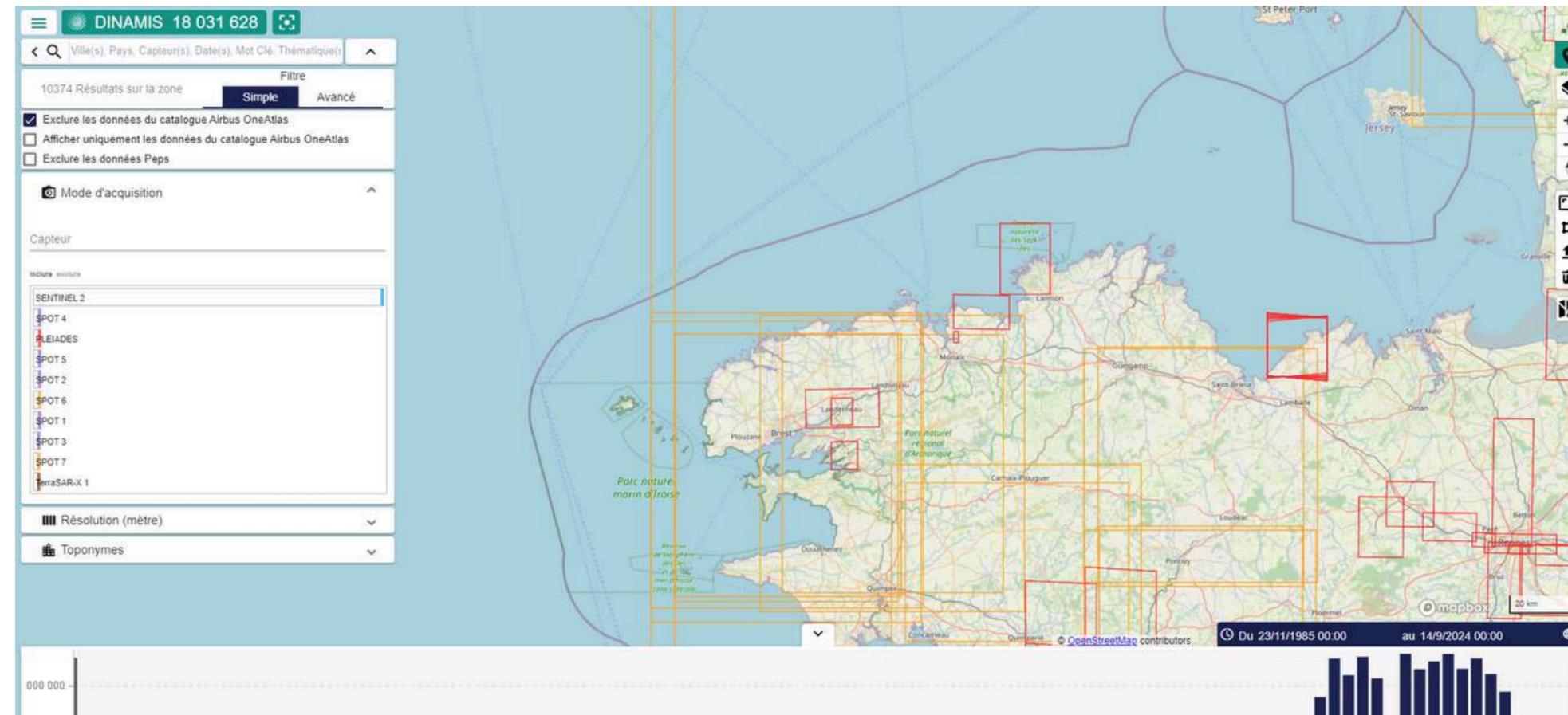


# Comment accéder à des données satellites gratuitement ?

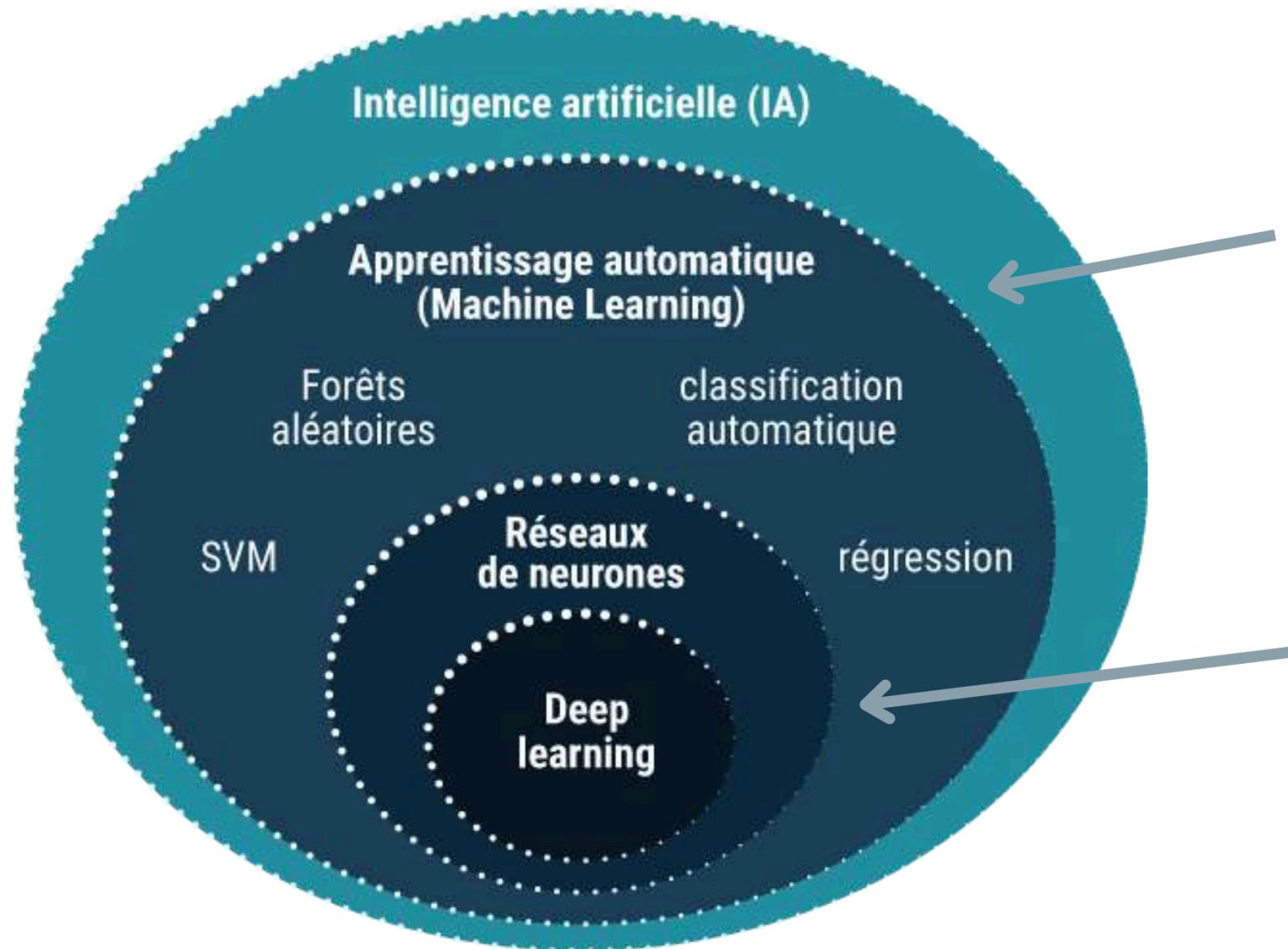


**Pour des données SPOT / Pléiades (Depuis 1986) :**

● <https://dinamis.data-terra.org/catalogue/>



Possibilité d'avoir accès à des images d'archives SPOT1 à SPOT6/7 , Pléiades , Sentinel-2 de 1986 à nos jours, en France principalement.



Source : Datavaloris

## Algorithme :

Random Forest (RF) , Support Vecteur Machine (SVM) ,Clustering

- Temps de calcul plus faible.
- Requier un dataset d'entraînement moins grand, mais structuré.
- Traitement seulement sur Processeur (CPU) .

## Algorithme :

Les réseaux simples (NN) , Réseau de neurones à Convolution (CNN) , Réseau de neurones récurrents (RNN)

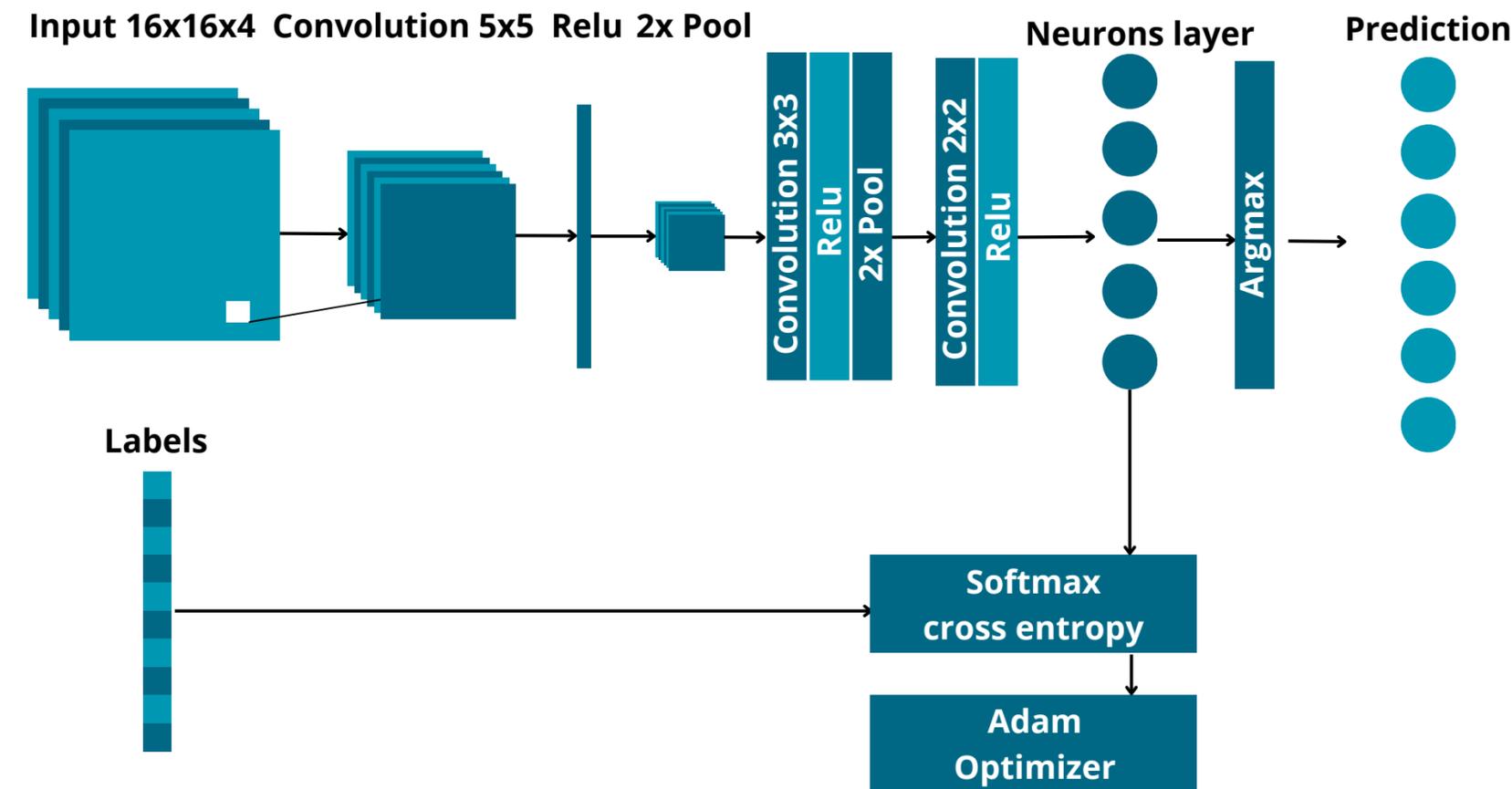
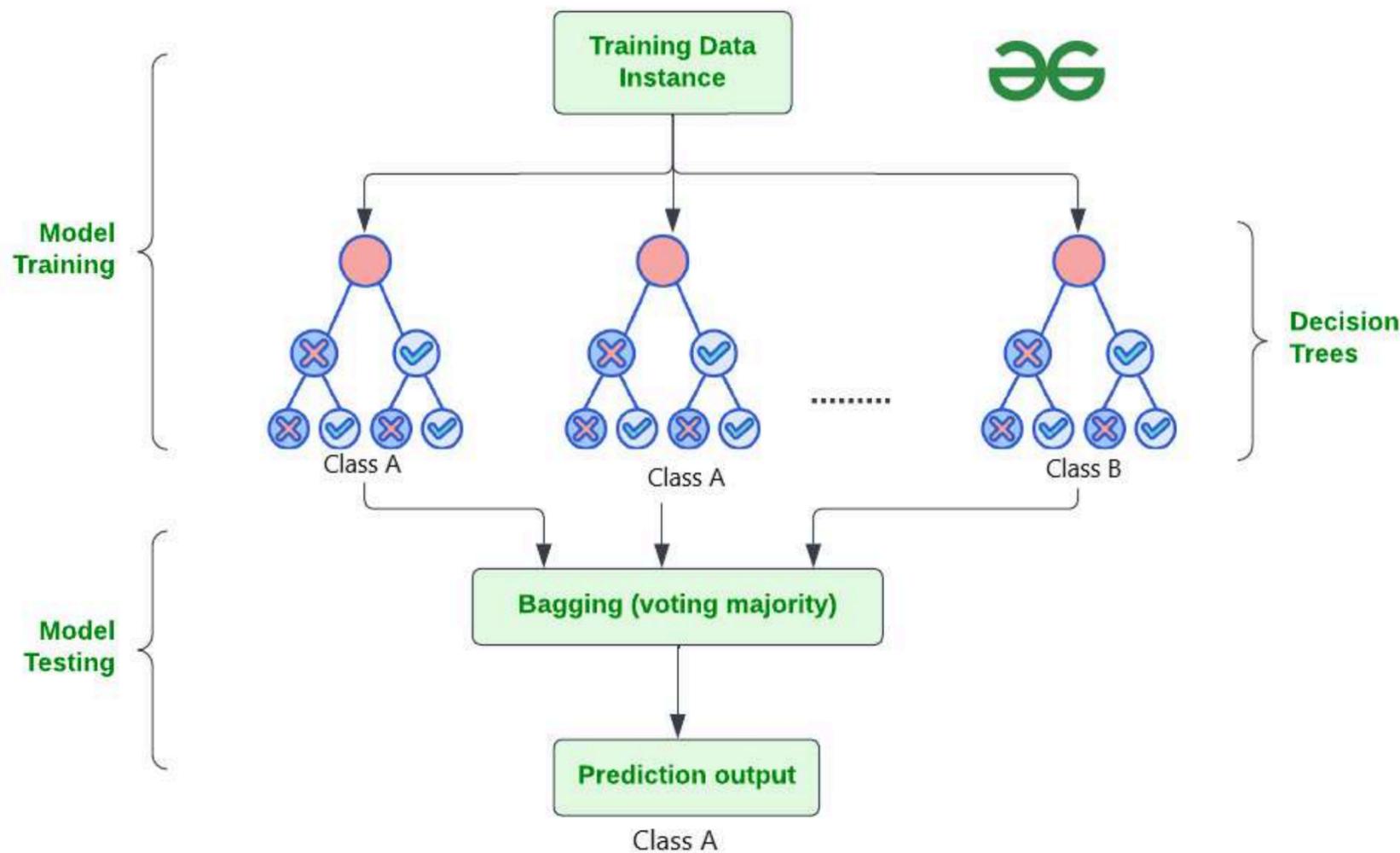
- Temps de calcul plus long.
- Requier un dataset d'entraînement très grand.
- Traitement avec carte graphique (GPU + CPU).
- Plus performant que le ML\* seulement si apprentissage avec très grande quantité de données.



# Le random forest et les réseaux de neurones

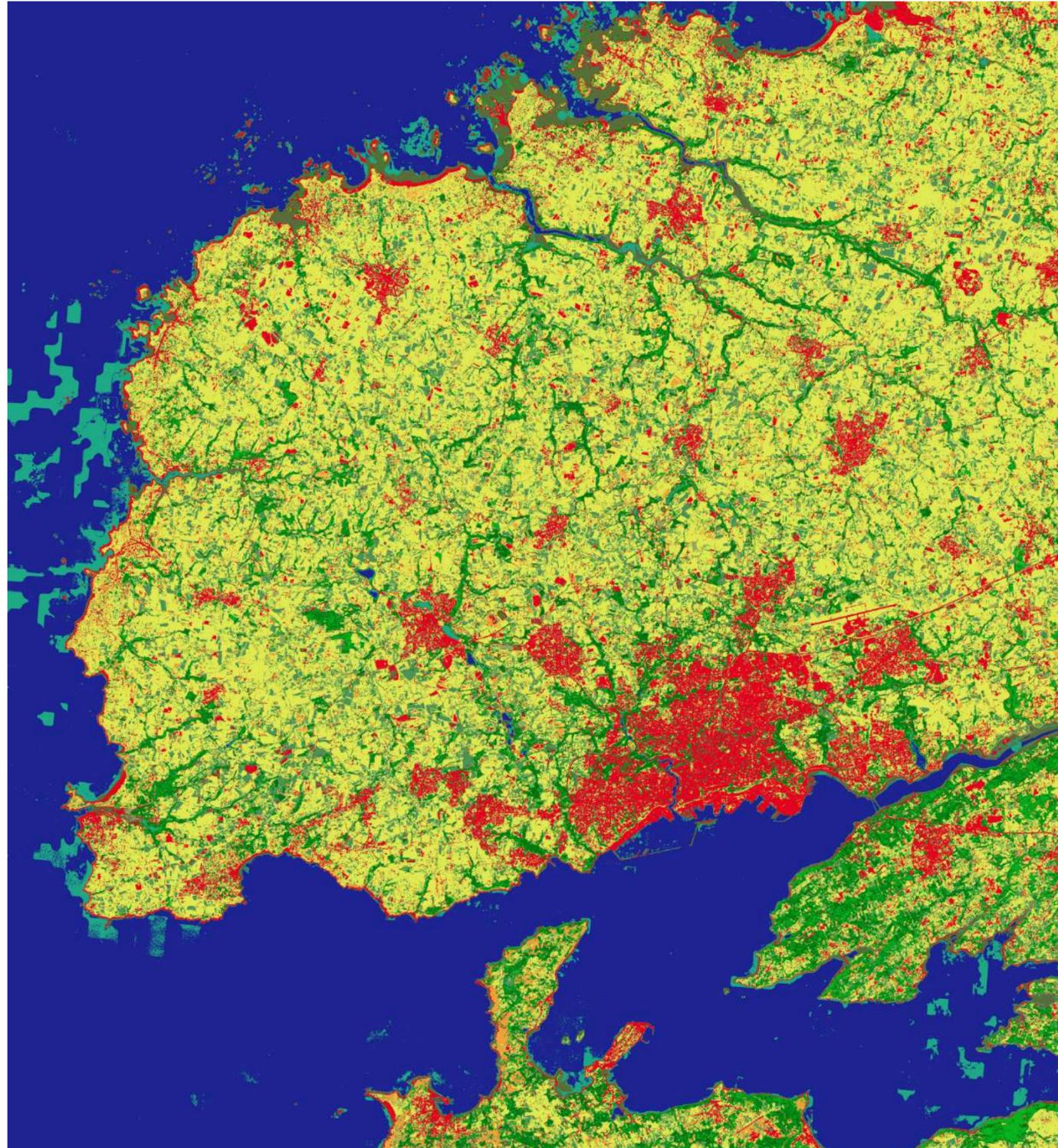
## Exemple d'un random forest (RF)

## Architecture d'un réseau de neurones (CNN)

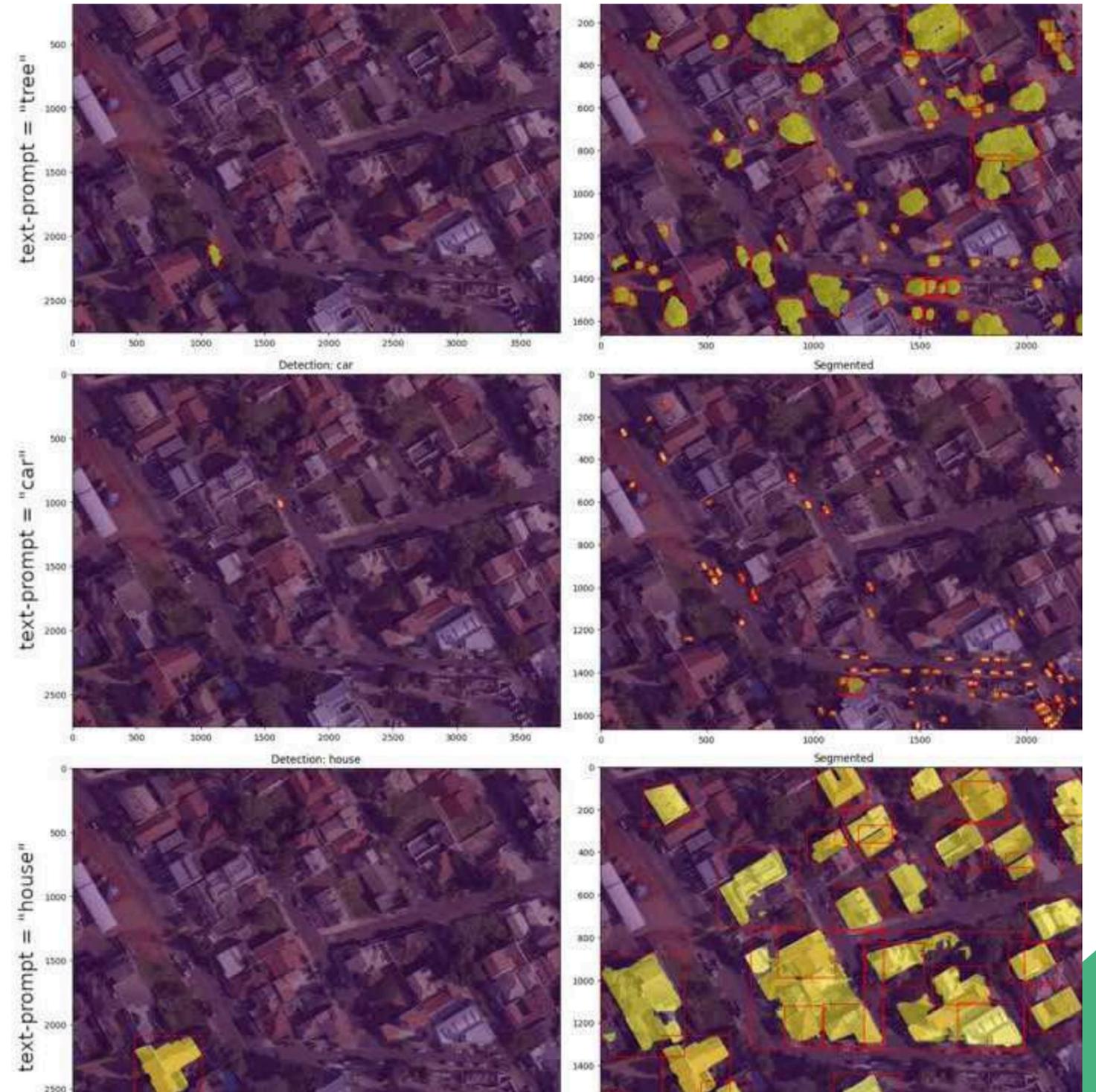




## Classification



## Segmentation (sémantique / Instance)



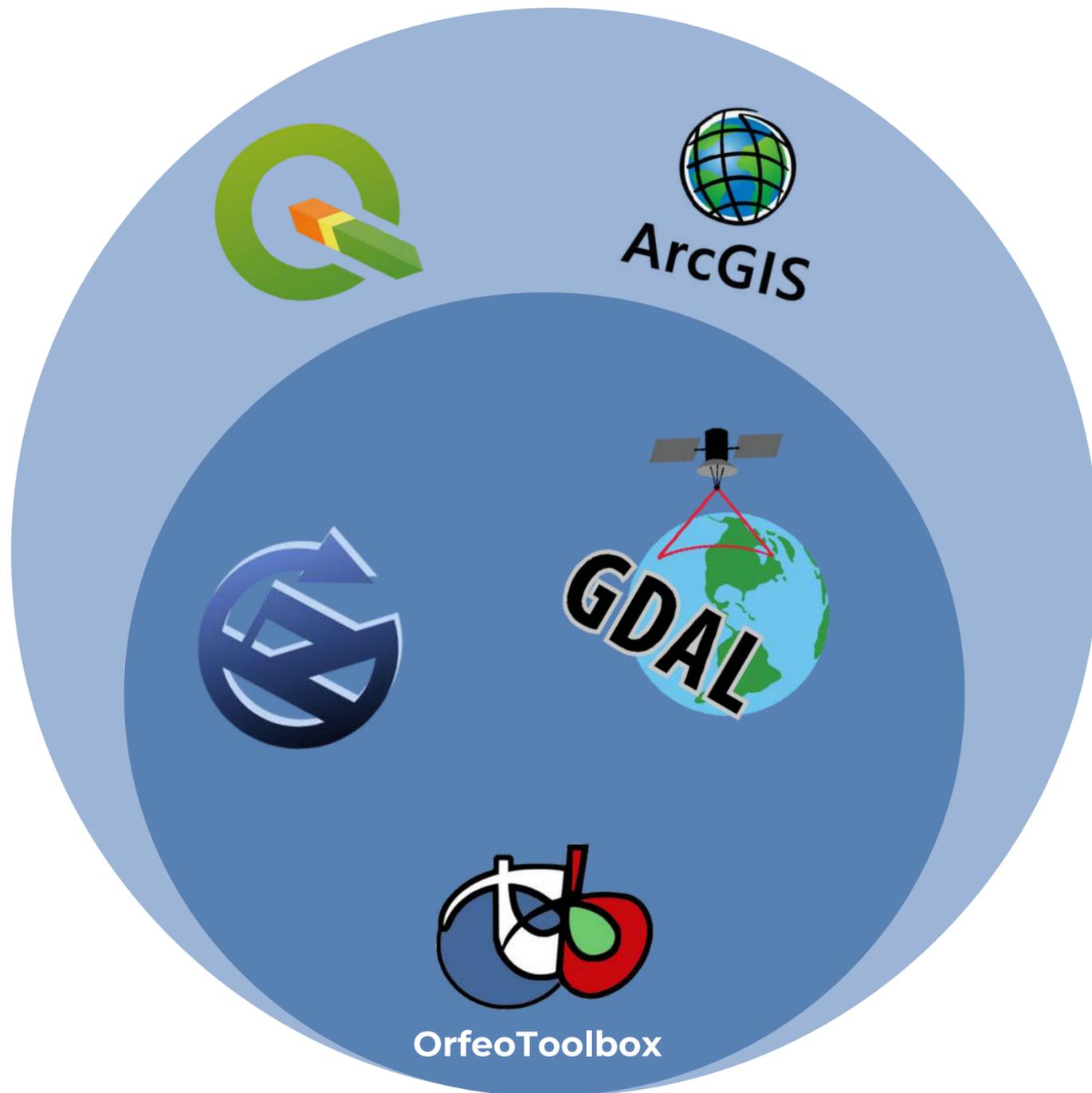
### Super-resolution



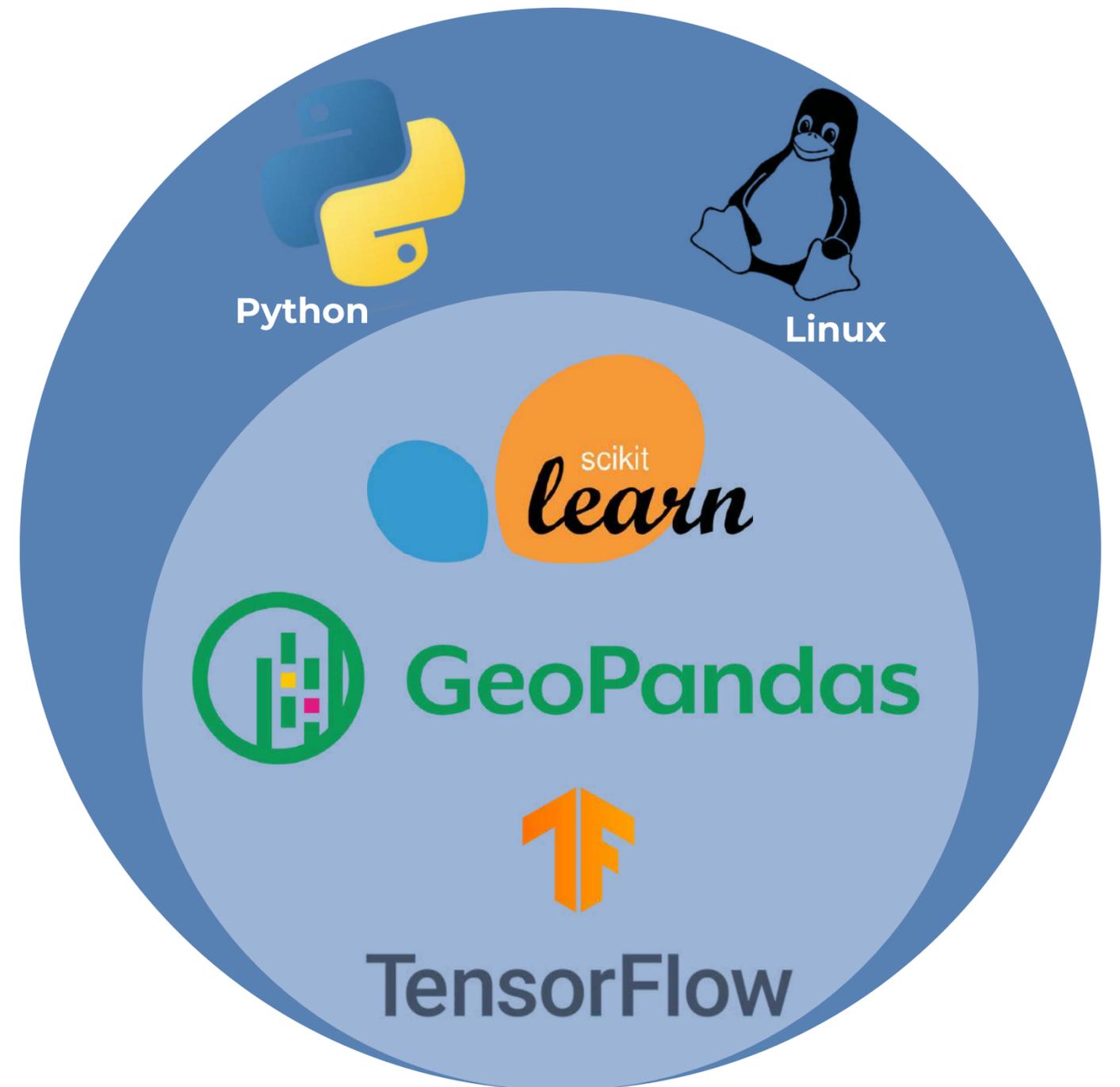
### Suppression de nuages (Decloud)



## Les SIG



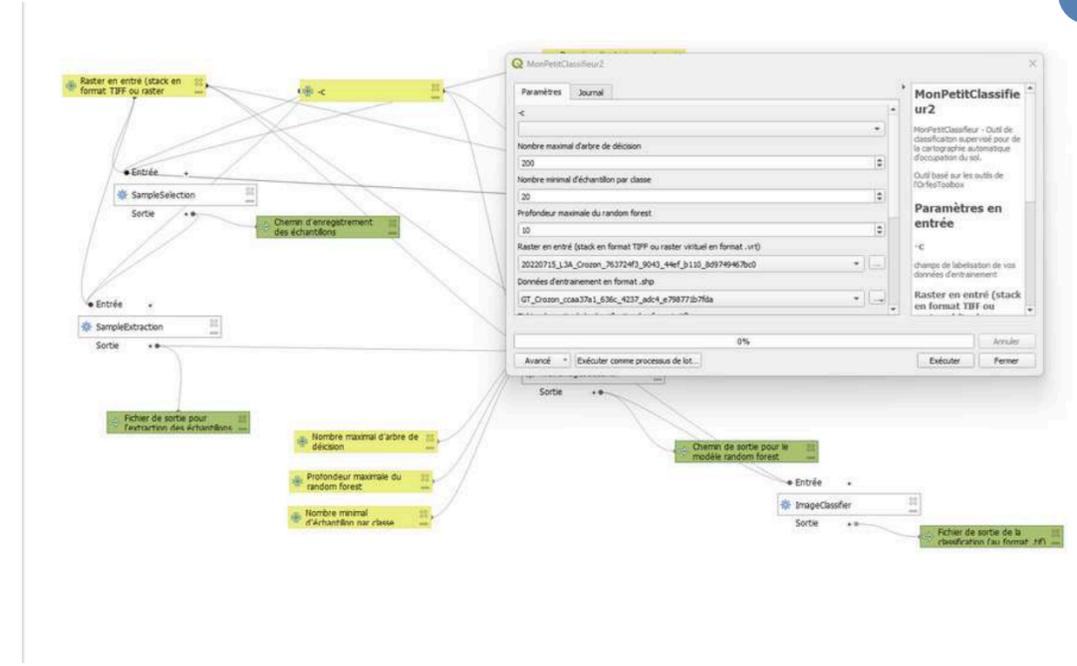
## Python & Ligne de commande



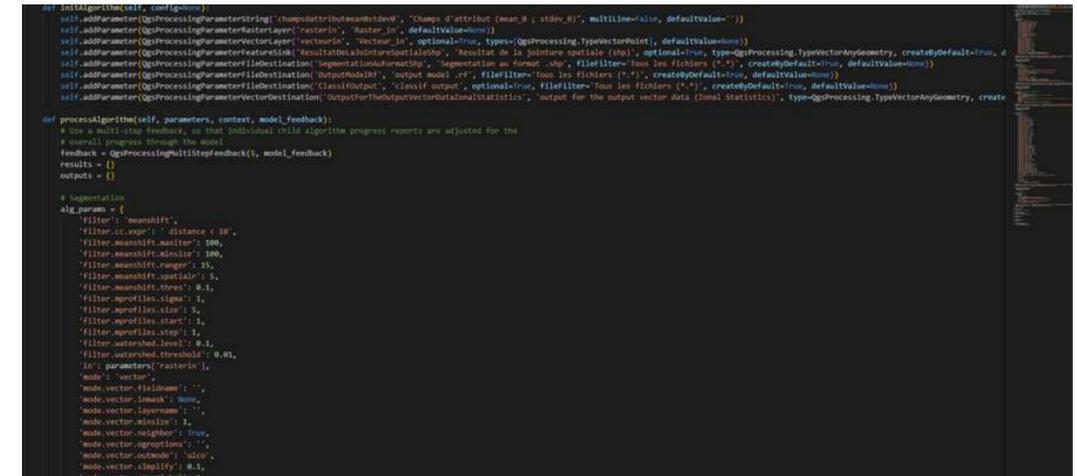


# Comment utiliser ces outils ?

● A partir d'un modeleur graphique (ex : modeleur graphique de Qgis)



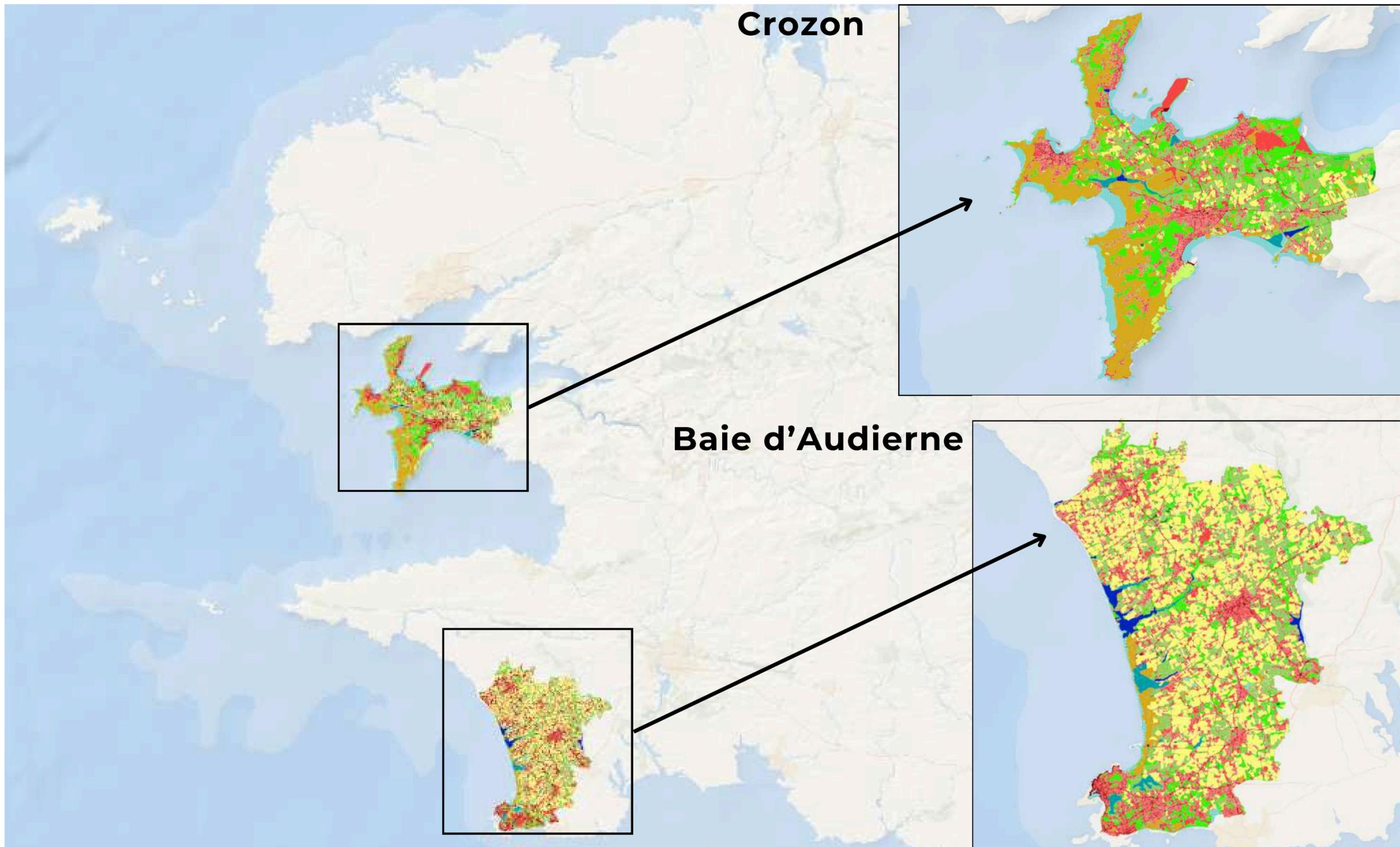
● A partir d'un code python



● En ligne de commande (Python, Docker)



# Etudes de cas sur la presqu'île de Crozon et la baie d'Audierne



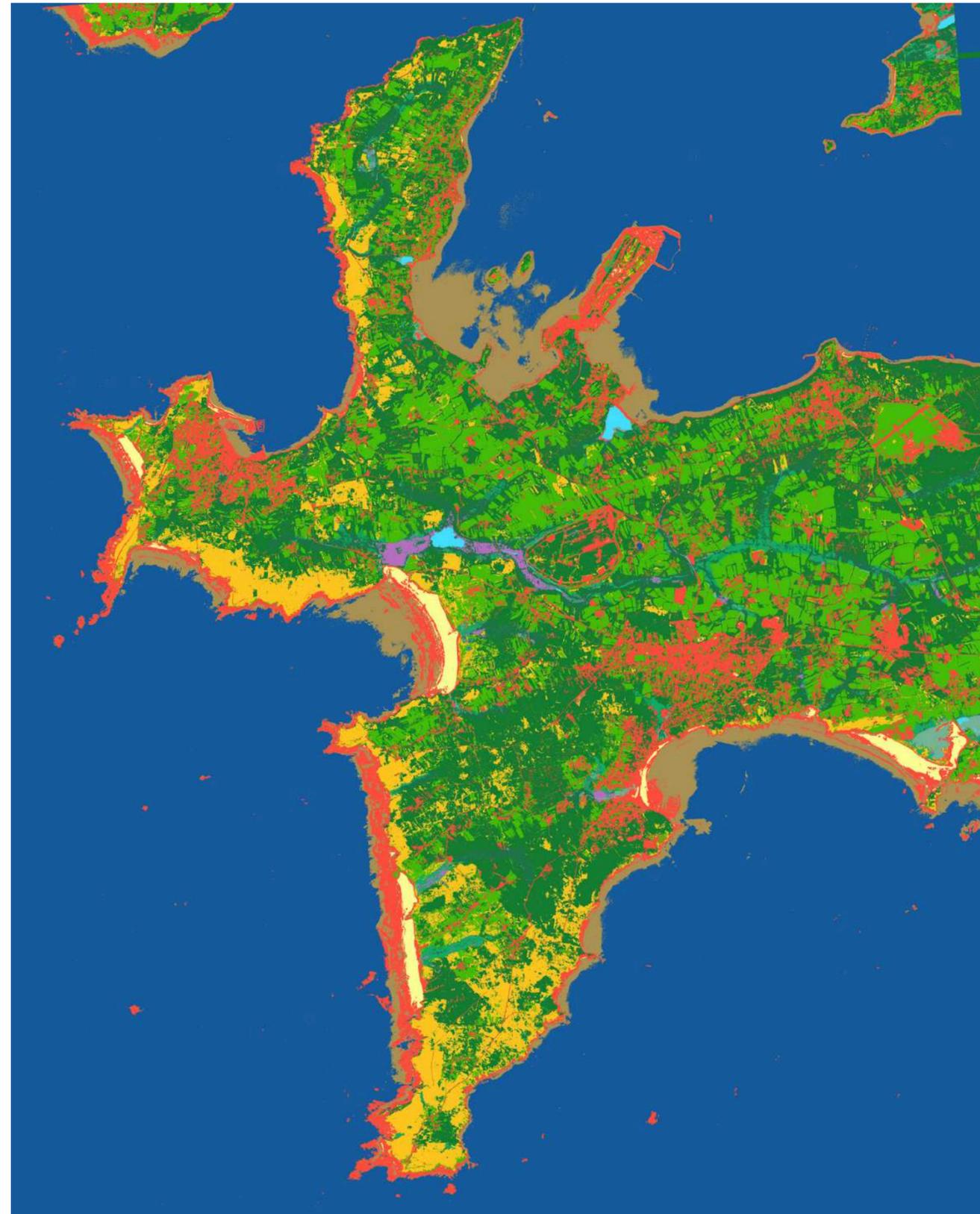
Légende :

-  **Urbain/Artificiel**
-  **Réseau Routier**
-  **Terre arable**
-  **Prairie**
-  **Forêt**
-  **Plan d'eau**
-  **Marais**
-  **Lande**

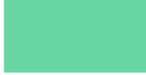
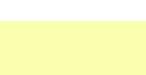
1km



# Exemple d'une cartographie sur Crozon



## Légende

-  **Forêt**
-  **Lande sèche**
-  **Prairie Humide**
-  **Tourbière**
-  **Pré-Salé**
-  **Estran**
-  **Imperméable**
-  **Eau profonde**
-  **Terre Agricole**
-  **Forêt Humide**
-  **Eau continental**
-  **Sable**

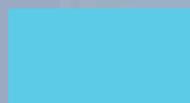
1km

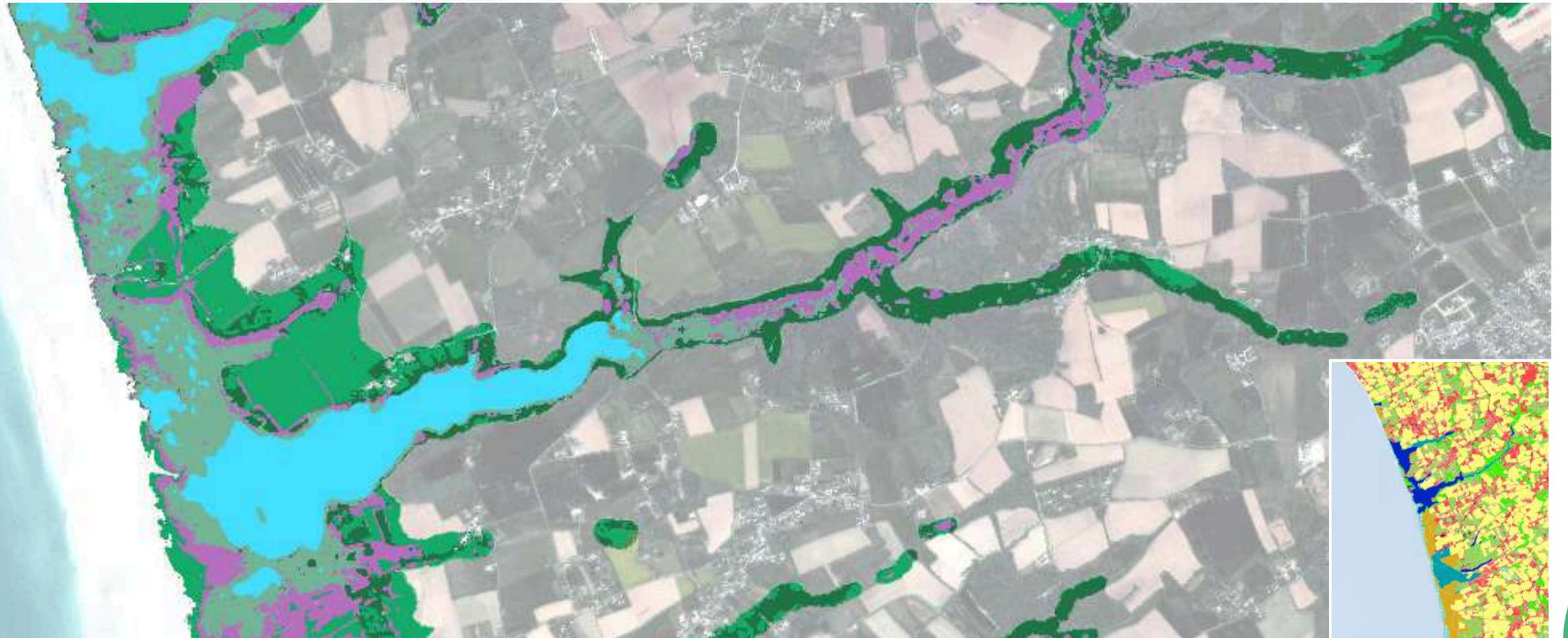


# Exemple d'une cartographie sur Audierne



## Légende

-  Estran
-  Pré-Salé
-  Eau continentale
-  Tourbière
-  Forêt Humide
-  Prairie Humide

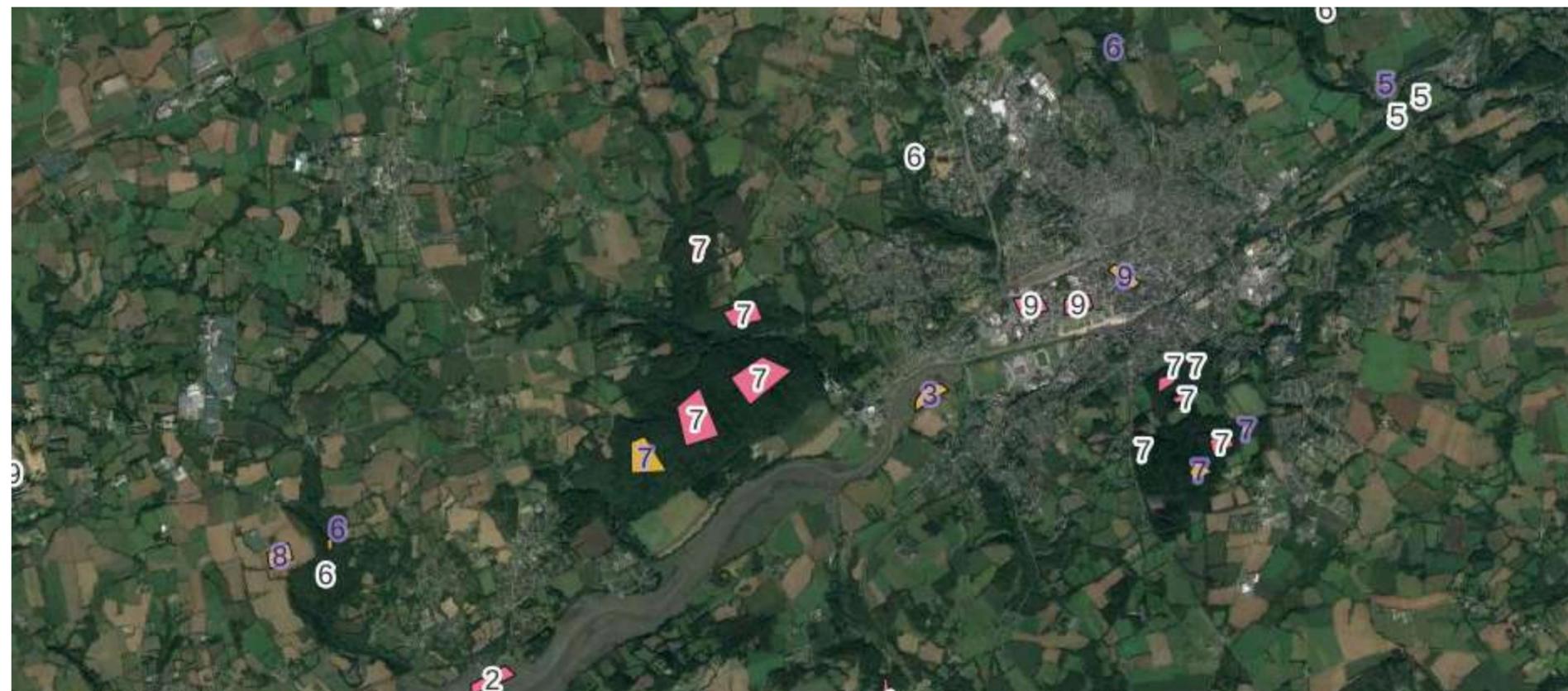
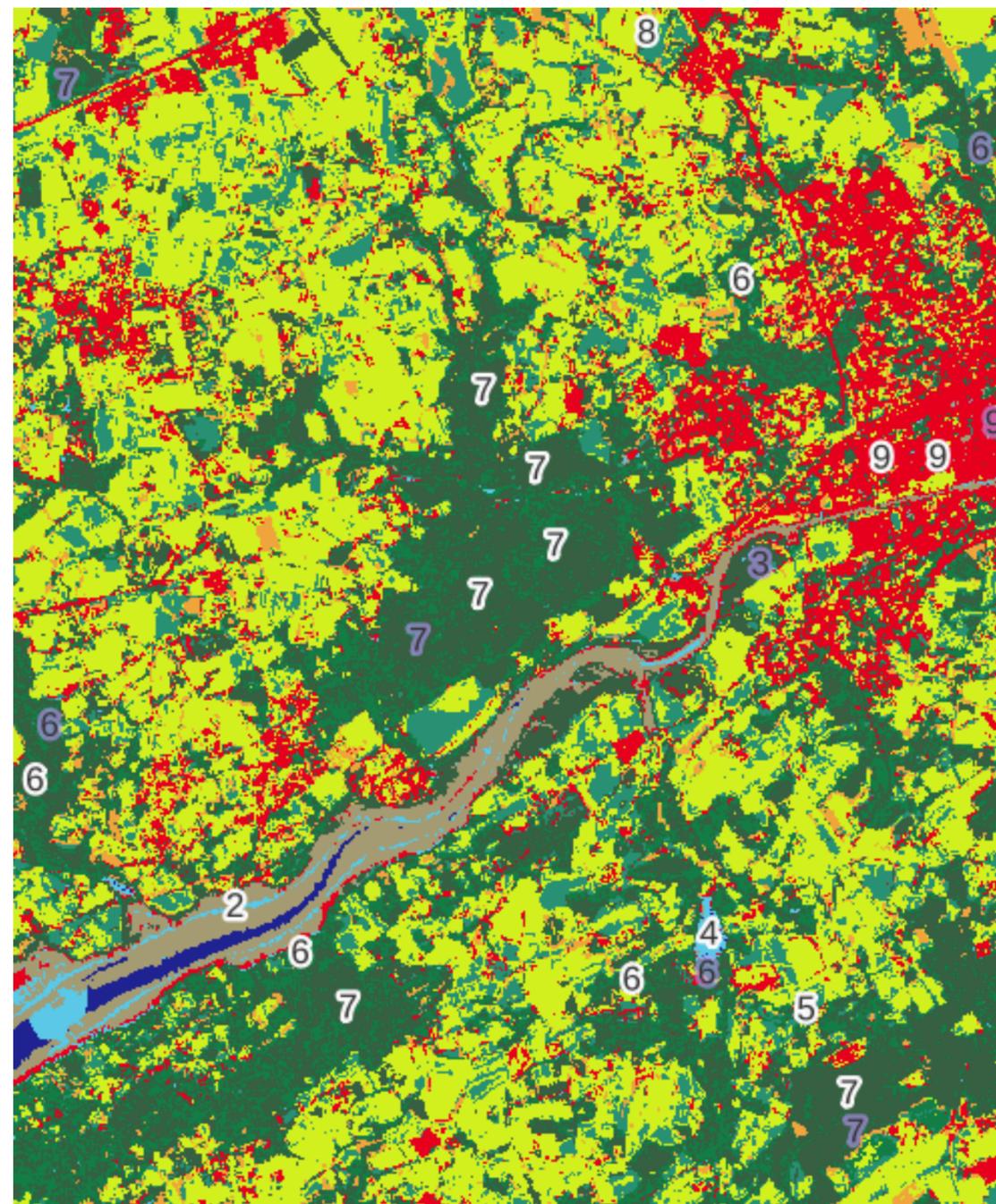


# Comment évaluer la qualité de sa classification ?



## Une classification

## Un jeu de données "test"



## Exemple d'une matrice de confusion

n=165	Predicted: NO	Predicted: YES
Actual: NO	50	10
Actual: YES	5	100

Source : datascience.eu

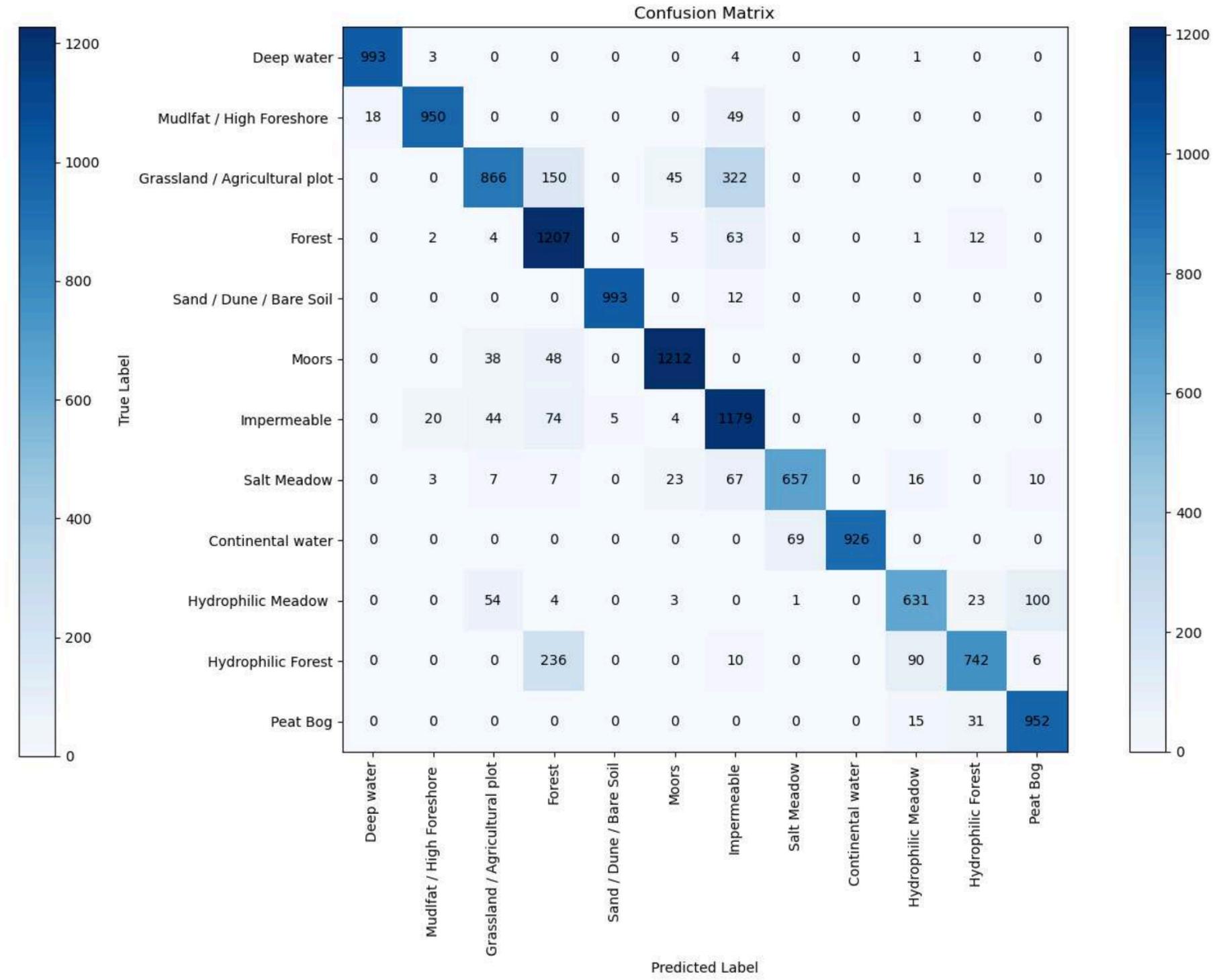
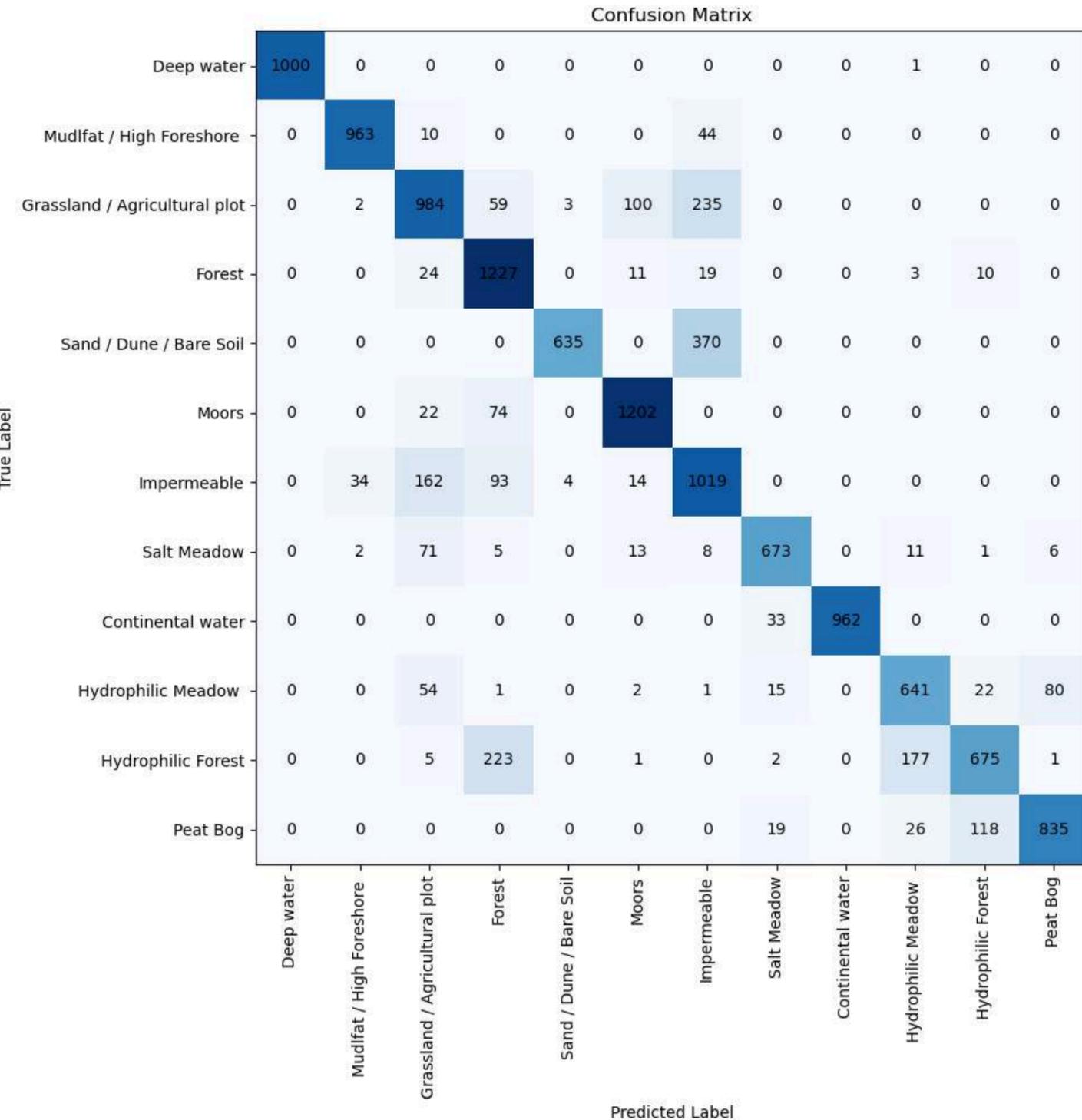


# Comment évaluer la qualité de sa classification ?



## Matrice de confusion Classification RF Crozon

## Matrice de confusion Classification CNN Crozon



## Pour plus d'information à ce sujet

Un tutoriel sur Youtube pour réaliser une classification CNN avec OTBTF: <https://www.youtube.com/watch?v=7LaPdHag7x8>

Le Guillou, A., Niculescu, S., & Schmulius, C. (2023, October). Machine and deep learning methods for detection and mapping of coastal wetlands of Crozon Peninsula (Brittany, France) used metric and sub-metric spatial resolution. In Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications XIV (Vol. 12734, pp. 55-74). SPIE.