



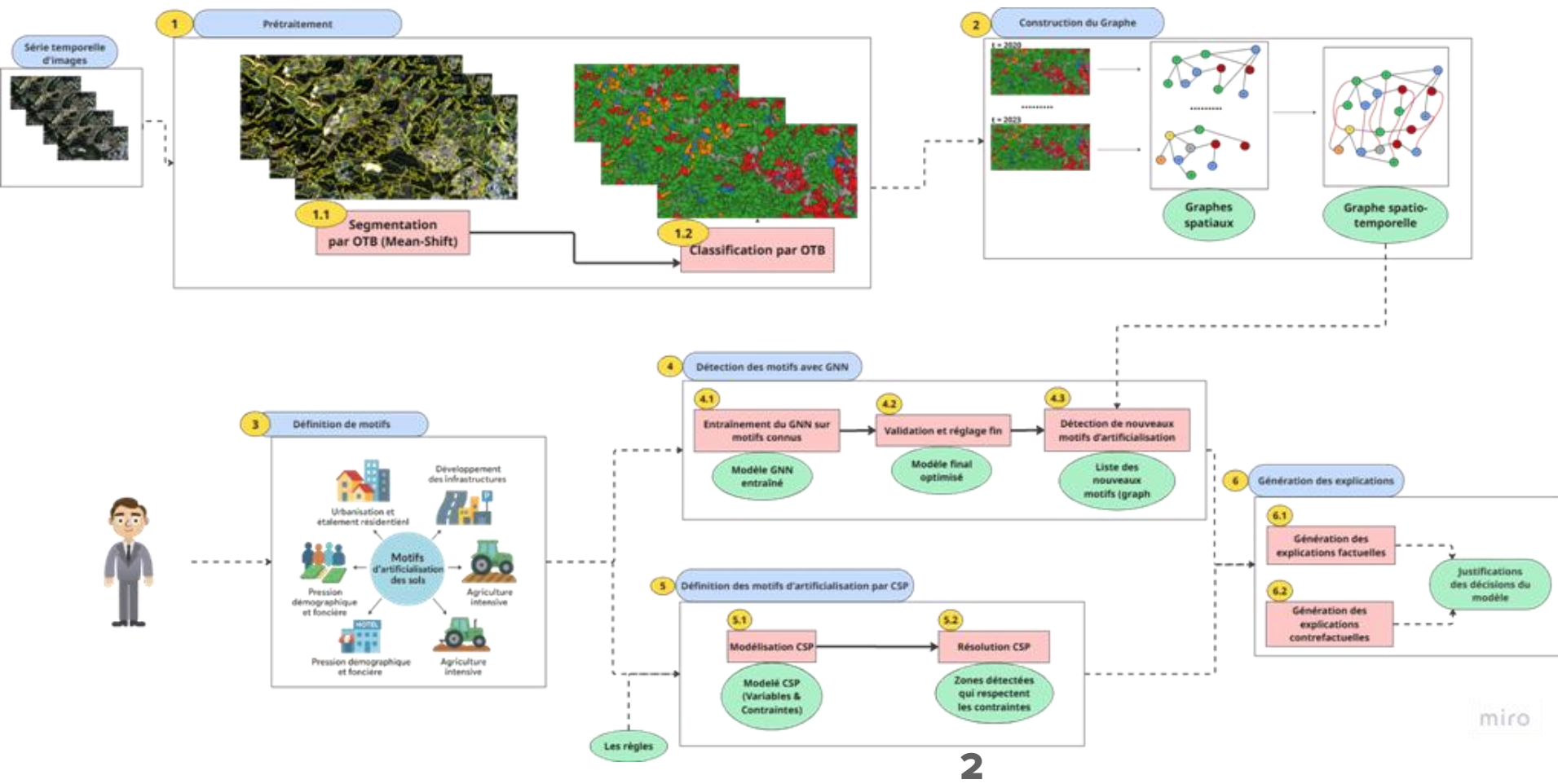
Analyse de l'artificialisation des terres à partir de données satellitaires haute résolution : une approche hybride combinant les Problèmes de Satisfaction de Contraintes (CSP) et les réseaux de neurones (Graph Neural Networks)

12/06/2025

Présenté par ASRI Rida

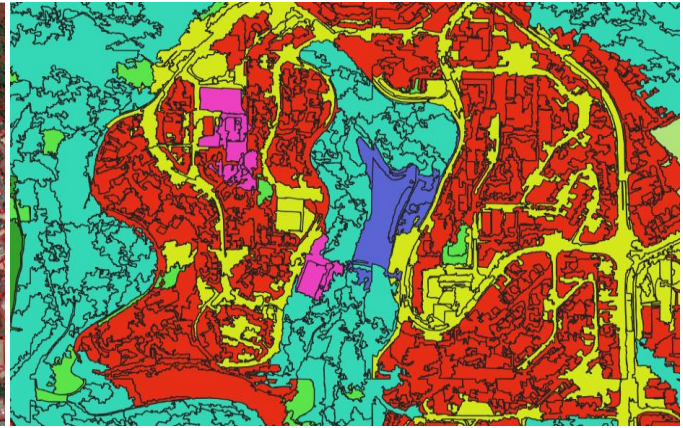
Encadré par Maguelonne Teisseire et Zouhaira Ayadi

Objectif du stage



Segmentation et Classification par QGIS

Classification RF 01 2015
 Chantiers
 Eaux continentales
 Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation
 Forêts
 Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
 Zones agricoles
 Zones de loisirs
 Zones urbanisées



| # | Nom de Classe | Description |
|---|--|--|
| 1 | Chantiers | Zones de construction active (bâtiments, infrastructures en travaux) |
| 2 | Eaux continentales | Plans d'eau naturels ou artificiels (lacs, rivières, réservoirs) |
| 3 | Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation | Terrains non bâtis à végétation rare (sols nus, parkings, terrains vagues) |
| 4 | Forêts | Zones boisées à couvert végétal dense |
| 5 | Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés | Infrastructures de transport et leurs abords (routes, gares, talus) |
| 6 | Zones agricoles | Terres cultivées, pâturages, vergers |
| 7 | Zones de loisirs | Espaces récréatifs (parcs, stades, terrains de golf) |
| 8 | Zones urbanisées | Bâtiments, quartiers résidentiels/commerciaux, zones industrielles |

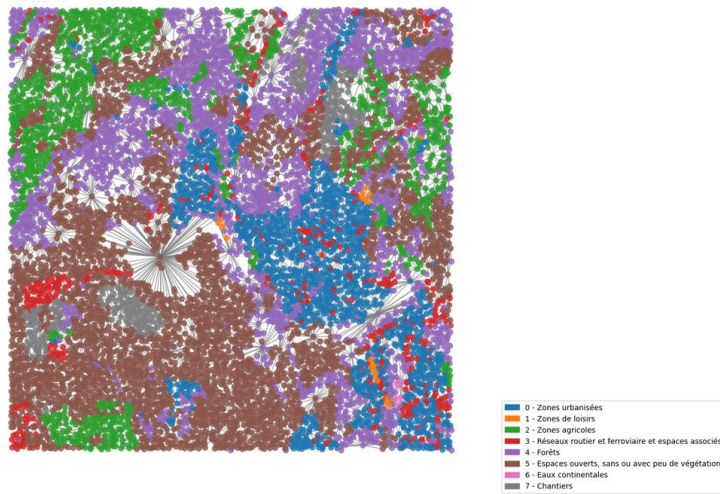
| Modèle | Accuracy (%) | Precision | Recall | F1-score |
|----------------------------|--------------|-----------|--------|----------|
| Random Forest (700 arbres) | 81.0 | 0.78 | 0.81 | 0.79 |
| Random Forest (100 arbres) | 55.1 | 0.54 | 0.55 | 0.52 |
| Boosting | 36.4 | 0.13 | 0.36 | 0.18 |
| KNN | 36.4 | 0.13 | 0.36 | 0.18 |
| Naive Bayes | 22.3 | 0.27 | 0.22 | 0.21 |
| SVM | 21.3 | 0.276 | 0.213 | 0.191 |

Graphes spatiaux

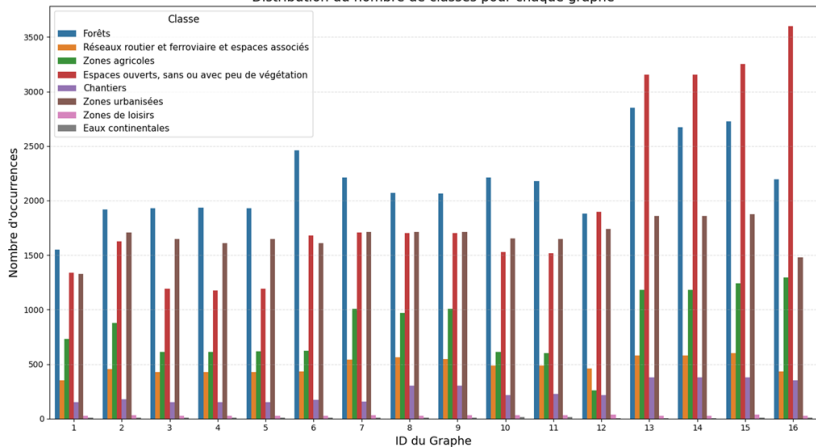
| Variante | Description | Unité typique |
|-----------------|---|--|
| DN | Identifiant unique du nœud | — (identifiant) |
| year | Année d'acquisition ou de création du polygone | Année (ex : 2024) |
| Aire | Surface totale du polygone | m ² (mètres carrés) |
| Perimeter | Longueur totale du contour du polygone | m (mètres) |
| Largeur | Largeur maximale du polygone | m (mètres) |
| Hauteur | Hauteur maximale du polygone | m (mètres) |
| Rectangularity | Mesure de la "rectangularité" du polygone (ratio surface/rectangle englobant) | Sans unité (ratio) |
| Elongation | Rapport longueur/largeur, mesure d'étirement | Sans unité (ratio) |
| L.Miller | Indice de compacité du polygone | Sans unité (ratio) |
| multipolygone | Objet géométrique représentant le polygone | — (objet géométrique) |
| centroid | Centre de gravité géométrique du polygone | Coordonnées (x, y) |
| Nbr_Voisins | Nombre de polygones voisins adjacents | Nombre entier |
| surface_voisins | Somme des surfaces des polygones voisins | m ² (mètres carrés) |
| Liste de Pixels | Liste des valeurs de pixels contenus dans le polygone | Valeurs numériques (ex: entiers 0-255) |
| classe | Classe ou catégorie du polygone | — (catégorie nominale) |

| N° Graphe | Date | Nœuds | Arêtes | Degré moyen | Deg max | Deg min | Composantes | Taille comp. max |
|-----------|---------|-------|--------|-------------|---------|---------|-------------|------------------|
| 1 | 2015.01 | 5479 | 15658 | 5.72 | 85 | 1 | 1 | 5479 |
| 2 | 2015.05 | 6796 | 19471 | 5.73 | 100 | 1 | 1 | 6796 |
| 3 | 2016.05 | 5987 | 17020 | 5.69 | 73 | 1 | 1 | 5987 |
| 4 | 2016.11 | 5948 | 16923 | 5.69 | 78 | 1 | 1 | 5948 |
| 5 | 2017.03 | 5988 | 17022 | 5.69 | 73 | 1 | 1 | 5988 |
| 6 | 2017.11 | 7010 | 20189 | 5.76 | 104 | 1 | 1 | 7010 |
| 7 | 2018.11 | 7366 | 21142 | 5.74 | 63 | 1 | 1 | 7366 |
| 8 | 2019.03 | 7354 | 21124 | 5.74 | 63 | 1 | 1 | 7354 |
| 9 | 2020.03 | 7366 | 21142 | 5.74 | 63 | 1 | 1 | 7366 |
| 10 | 2020.11 | 6749 | 19377 | 5.74 | 127 | 1 | 1 | 6749 |
| 11 | 2021.03 | 6700 | 19203 | 5.73 | 129 | 1 | 1 | 6700 |
| 12 | 2021.11 | 6491 | 18536 | 5.71 | 79 | 1 | 1 | 6491 |
| 13 | 2022.06 | 10040 | 29330 | 5.84 | 52 | 1 | 1 | 10040 |
| 14 | 2023.09 | 10040 | 29330 | 5.84 | 52 | 1 | 1 | 10040 |
| 15 | 2024.01 | 10123 | 29564 | 5.84 | 66 | 1 | 1 | 10123 |
| 16 | 2025.02 | 9390 | 27601 | 5.88 | 123 | 1 | 1 | 9390 |

Visualisation du graphe spatial_2025_02 (basé sur centroid, couleur=classe)



Distribution du nombre de classes pour chaque graphe



Graphe spatio-temporel

