



Surveillance de la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques : Prédiction des macrophytes à partir d'images satellitaires

SHF Eau et IA du 4 au 6 mars 2026



DATA
FACTORY



SOMMAIRE



- **Enjeux et objectifs**
- **Évolution des Méthodes de Surveillance**
 - Surveillance terrain, images aéroportées et images satellitaires
 - Quelles évolutions à venir ?
- **Automatisation du détournement des macrophytes par IA**
 - Prétraitement
 - Jeux de données
 - Modèle
 - Résultats
- **Conclusions et questions**



Cours d'eau colonisé par le Potamogeton Pectiné



Surveillance des macrophytes à partir d'images satellitaires



Enjeux et objectifs

Les grandes rivières françaises sont soumises à de multiples pressions anthropiques (chimiques, hydrologiques, eutrophisation, changement climatique).

Ces pressions impactent la structure et **l'évolution des communautés de macrophytes**.

EDF réalise depuis 2012 **une surveillance des macrophytes** dans les cours d'eau Rhône, Moselle, Garonne, Loire, Vienne

L'objectif est de développer un **outil de détection et de cartographie automatisée** qui sera à terme couplé à un modèle de prévision des macrophytes pour une meilleure anticipation du développement des macrophytes au droit des aménagements.

Auteurs : Estelle Fistarol et Sophie Meunier (EDF DTG) et Olivier COUDRAY (EDF DATA Factory)

Évolution des Méthodes de Surveillance



1. Surveillance Terrain (depuis 2012) :

Protocole basé sur l'**IBMR "Grands cours d'eau"** (inventaire des espèces, biomasse, recouvrement) avec la méthode du « **point-contact** » (taux de recouvrement) et des **placettes** (biomasse)

- Couverture : 16 stations sur 5 cours d'eau (Rhône, Moselle, Garonne, Loire, Vienne) de mai à novembre.
- Avantages : Base de données d'observation de référence, vérité terrain essentielle.
- Limitations : Coûteux en temps et ressources humaines, couverture spatiale et temporelle limitée.



Photographies illustrant le protocole de suivi des macrophytes : méthode du « point-contact » (en haut à gauche), placette (en bas à gauche) et données cartographiques des points de prélèvements et surface des herbiers – source Aquascop

Évolution des Méthodes de Surveillance



2. Imagerie Aérienne (2015-2019) :

Acquisition d'images prises depuis un avion en haute définition (**15 cm résolution**), **bandes RVB + PIR**.

- Couverture : tronçons de ~20 km, 2 fois par an
- Avantages : long linéaire, **couverture spatiale** importante
- Limitations : données uniquement en surface, coûteux, **préparation logistique importante** (autorisations, conditions de vol).



Images aéroportées de la Vienne et de la Loire avec détourage manuel des macrophytes (en vert) - source EDF

Évolution des Méthodes de Surveillance



3. Transition vers l'Imagerie Satellitaire

Acquisition d'images **PLEIADES (Airbus)** – Résolution 50 cm, bandes **RVB + PIR**.

- Couverture : la même que pour les images aéroportées - tronçons de ~20 km, 2 à 3 fois par an
- Avantages : long linéaire, couverture spatiale importante, suivi plus régulier, coûts réduits
- Limitations : données uniquement en surface, coûteux et **acquisition** plus complexe que prévue....



Images satellitaires de la Loire et du Rhône et détourage manuel - source EDF

Quelles évolutions envisagées ?



Objectifs : De l'analyse manuelle vers l'automatisation

Aujourd'hui, la prévision est basée sur le suivi des paramètres influençant le développement et l'arrachage des macrophytes :

La corrélation des paramètres physico-chimiques (T°eau, débit, O2...)

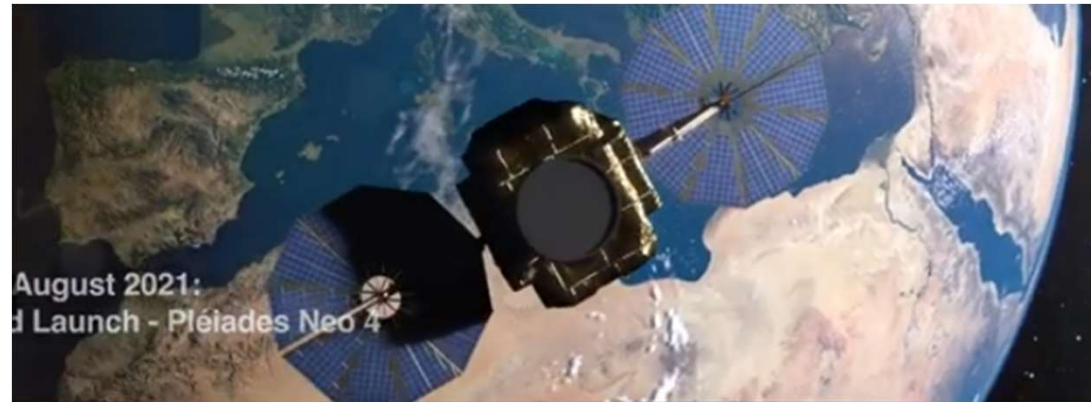
Prévision de débits en rivière

Le retour d'expérience des événements capitalisé par les prévisionnistes.

Demain, les perspectives pour améliorer la prévision des macrophytes :

L'IA pour la détection des macrophytes en temps réel depuis des images de caméra sur le terrain : développement, arrachage ou dérive.

Le développement d'un outil de prévision, basé sur la modélisation numérique, pour prévoir le temps de propagation et la quantité de macrophytes en une section de la rivière

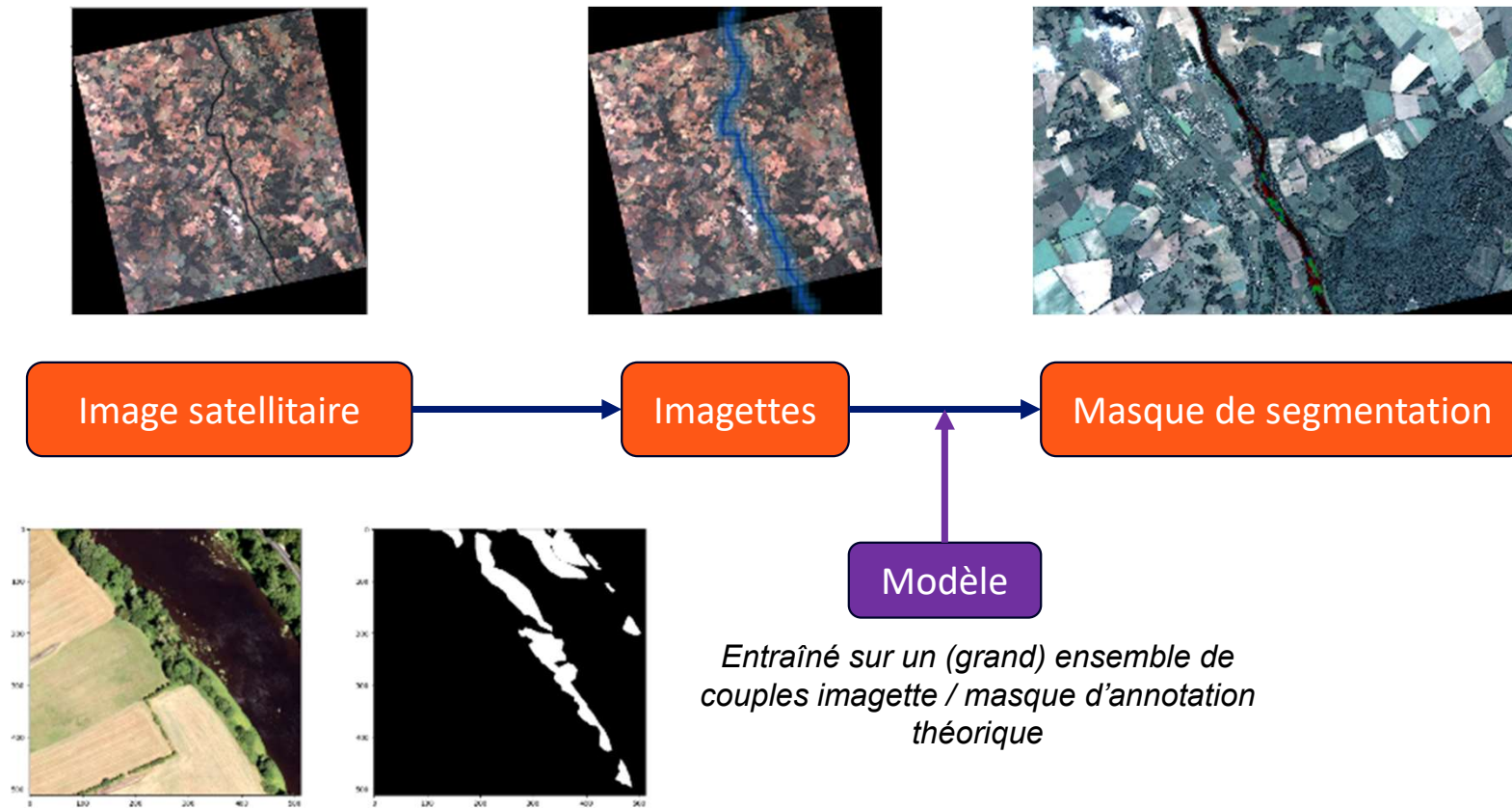


Satellites Airbus - @<https://space-solutions.airbus.com/>

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Principe de la solution



Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Détails des choix techniques : pré-traitements

Pré-traitements :

- Ajout d'une couche SIG pour la délimitation du cours d'eau
- Ajustement de la résolution des images par rééchantillonnage pour aligner l'ensemble sur la résolution cible des images PLEIADES (50 cm)
- Découpage des images en imagerie de tailles identiques (512 * 512) avec sélection des zones intéressantes (intersectant le cours d'eau)
- Sauvegarde de chaque imagerie et de son annotation au format Geotiff avec 6 couches (R, V, B, PIR, masque rivière, masque annotation)



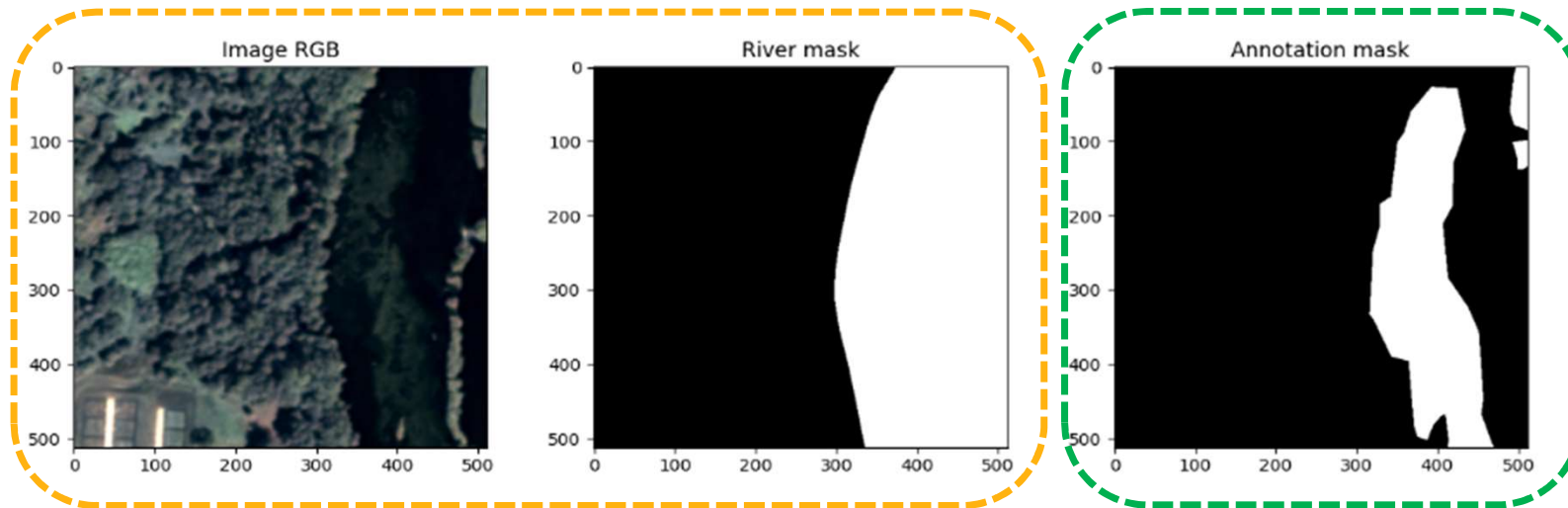
Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Détails des choix techniques : jeu de données

Volumétrie de données :

- Environ 14 000 imagerie issues pour la majorité d'images aéroportées (12 000)
- Réparties en 3 sous-ensembles : apprentissage (60%), validation (20%) et test (20%)



Variables explicatives

Masque à prédire

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Détails des choix techniques : modèle

Architecture : modèle de segmentation U-NET

Fonction de perte : critère logistique évalué uniquement sur les pixels de rivière

Data augmentation : transformations aléatoires des données d'entrée pour augmenter la robustesse du modèle

- Transformations géométriques (flip, rotation, zoom)
- Transformations spectrales (luminosité, contraste, saturation)

Mécanisme d'*early stopping* : arrêt de l'apprentissage dès lors que les performances en validation cessent de s'améliorer

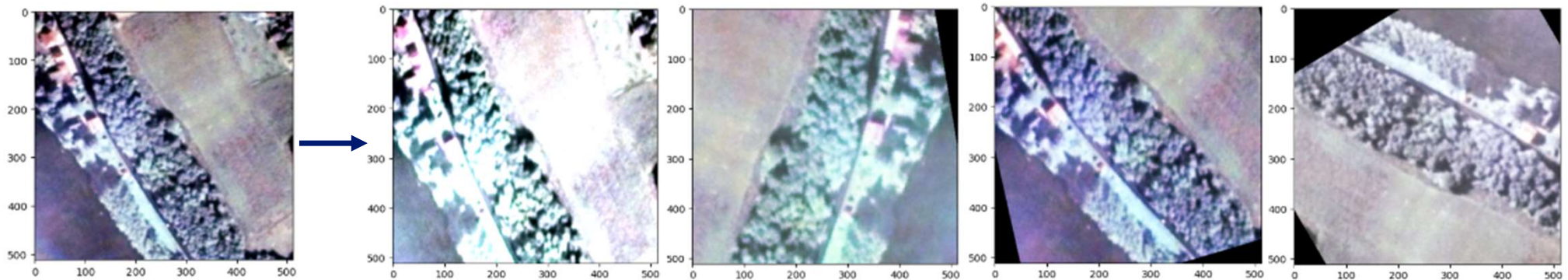


Image d'origine

Variantes obtenues par data augmentation

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



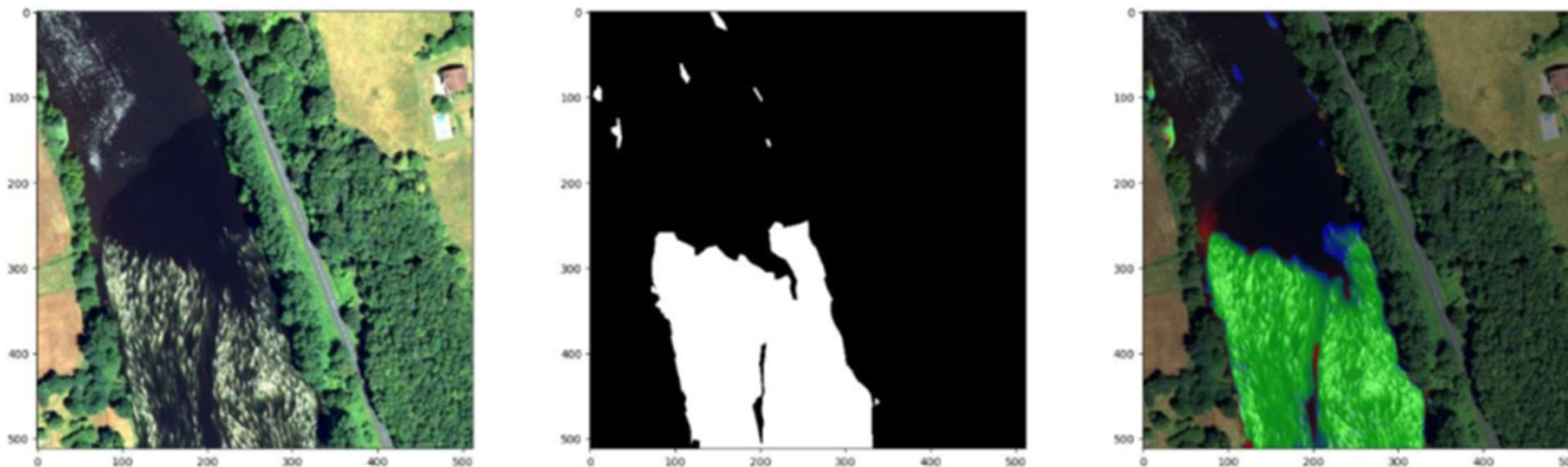
Résultats (qualitatifs)

- Les performances du modèle sont très dépendantes du périmètre d'apprentissage → un modèle par site ou cours d'eau est préférable à un modèle global
- Sensibilité des modèles au type d'image : un modèle entraîné sur des images aéroportées généralise très mal sur des images satellitaires et vice-versa
- Importance de la qualité de l'annotation (finesse des détourage) → une hétérogénéité dans les annotations nuit à la qualité du modèle
- Bonnes performances obtenues lorsque la quantité de données d'entraînement est suffisante (plusieurs campagnes annotées, idéalement une dizaine) et que les herbiers sont visibles

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Résultats (qualitatifs) : Vienne 1 - aéroporté

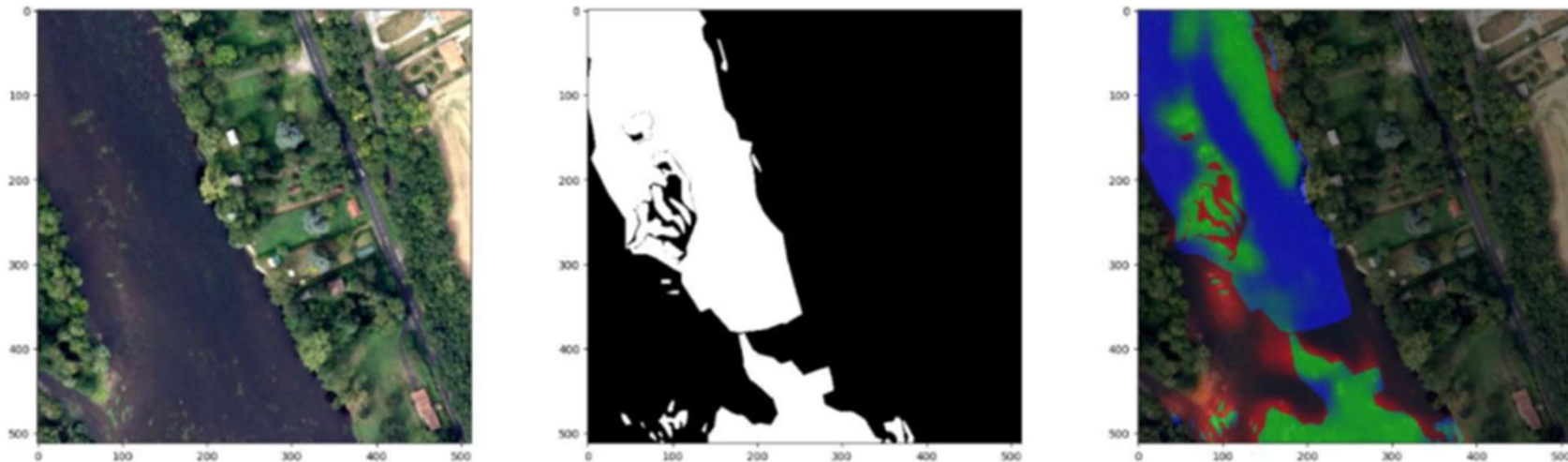


-  Herbiers détectés par le modèle et l'annotation
-  Herbiers détectés par le modèle mais non annotés
-  Herbiers annotés mais non détectés par le modèle

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Résultats (qualitatifs) : Vienne 1 - aéroporté

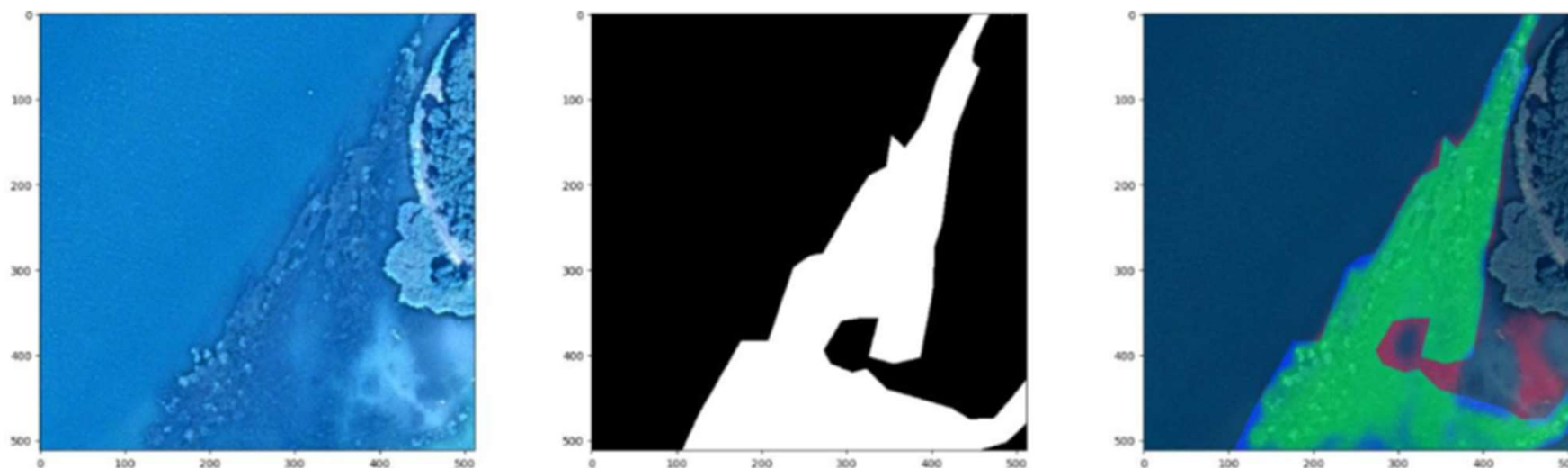


-  Herbiers détectés par le modèle et l'annotation
-  Herbiers détectés par le modèle mais non annotés
-  Herbiers annotés mais non détectés par le modèle

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Résultats (qualitatifs) : Rhône 2 – satellitaire PLEIADES

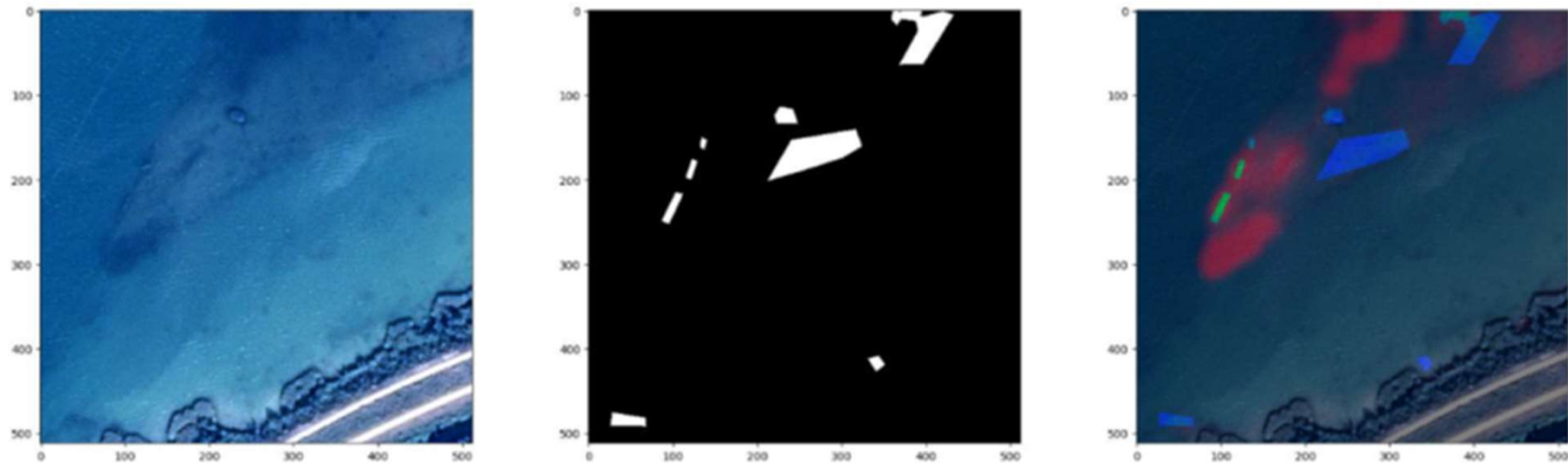


-  Herbiers détectés par le modèle et l'annotation
-  Herbiers détectés par le modèle mais non annotés
-  Herbiers annotés mais non détectés par le modèle

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Résultats (qualitatifs) : Rhône 2 – satellitaire PLEIADES



-  Herbiers détectés par le modèle et l'annotation
-  Herbiers détectés par le modèle mais non annotés
-  Herbiers annotés mais non détectés par le modèle

Automatisation du détourage des macrophytes par IA



Résultats (quantitatifs)

Evaluation des modèles :

- Tâche de segmentation vue comme une classification binaire par pixel
- Utilisation de métriques de classification binaire (précision, rappel, F1-score, ROC AUC, PR AUC) pour l'évaluation

Résultats sur images aéroportées

	ROC AUC	PR AUC	Rappel	Precision	F1-score
Vienne1	0,958	0,929	0,747	0,923	0,825
Rhône2	0,969	0,935	0,530	0,963	0,683
Loire3	0,963	0,865	0,758	0,779	0,768

Résultats sur images satellitaires

	ROC AUC	PR AUC	Rappel	Precision	F1-score
Rhône2	0,949	0,706	0,452	0,801	0,578
Loire3	0,966	0,694	0,536	0,705	0,609

Conclusion & Questions



Synthèse

- Développement d'une approche prometteuse de segmentation sémantique pour l'automatisation du détourage d'herbiers.
- Preuve de concept validée avec de bonnes performances sur des jeux de données suffisants (imagerie aéroportée).
- Identification des limites et axes pour l'amélioration des performances pour les images satellitaires

Perspectives

- Enrichissement de la base d'apprentissage grâce aux acquisitions Pléiades obtenues en 2025 et annotées
- Pistes de travail pour améliorer la qualité des images obtenues (angle d'incidence maximum, date d'acquisition...) et harmoniser les détourages (guide d'annotation rédigé)
- Amélioration de la modélisation : hard negative mining, fine tuning de plus gros modèles pré-entraînés, amélioration de la normalisation des images satellitaires et aéroportées