

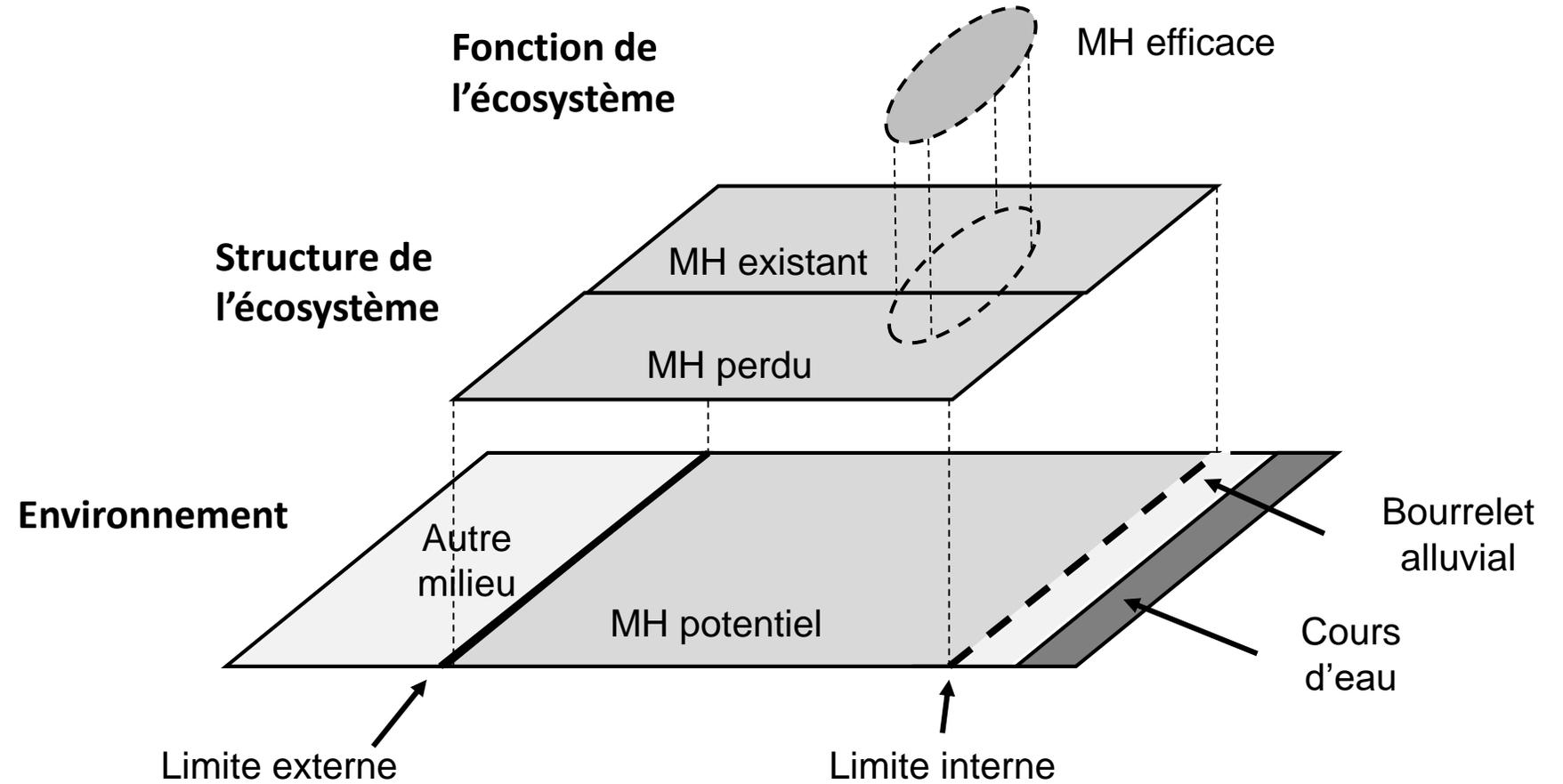
État d'avancement sur la cartographie des milieux humides par télédétection en France (2018-2022)

Sébastien Rapinel et Laurence Hubert-Moy

Université Rennes 2, UMR CNRS LETG 6554

Décembre 2022

Approche PEEW (*Potential Existing Efficient Wetlands*)



Délimitation des MH potentiels

En 2017, phase de recherche sur un site expérimental du CNRS (100km²)

Données :

- Acquisition LiDAR
- Collecte de relevés sol

Méthode :

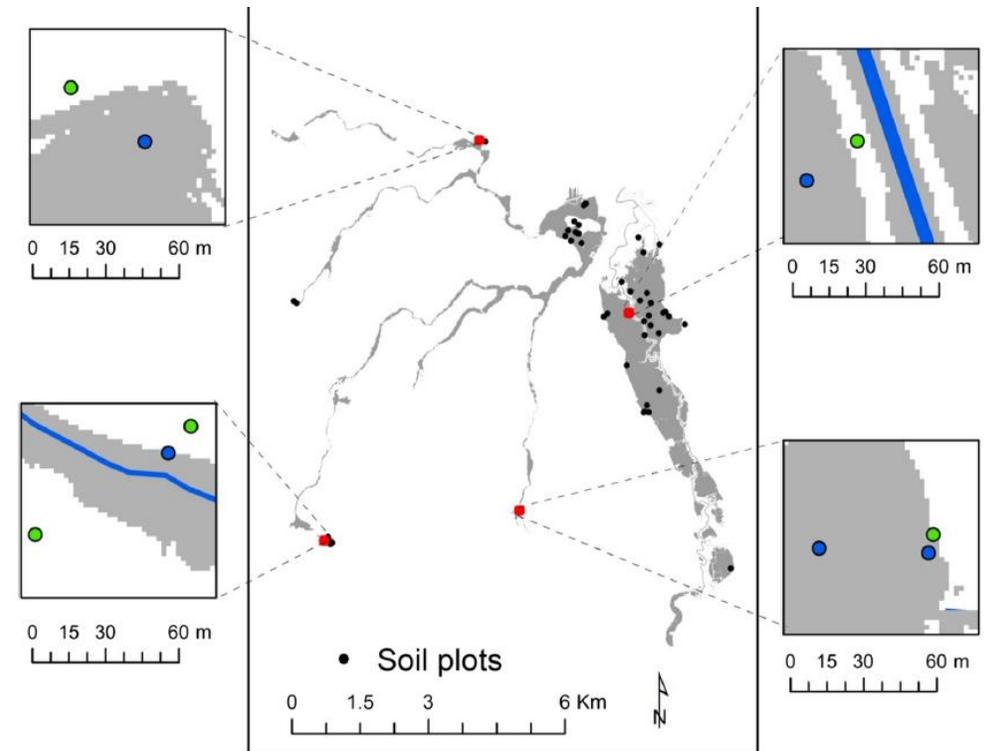
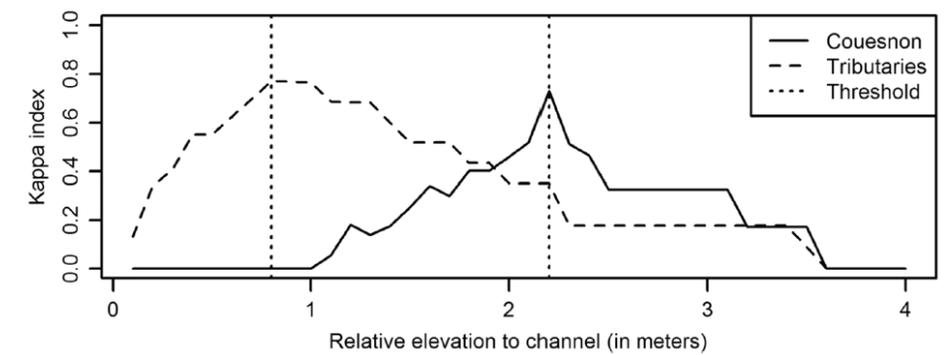
- Dénivelé au cours d'eau
- Seuillage en fonction de l'ordre de Strahler

Résultats:

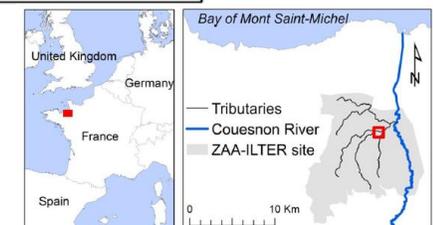
- Précision globale 88%
- identification des limites externes et internes des MH

Perspective :

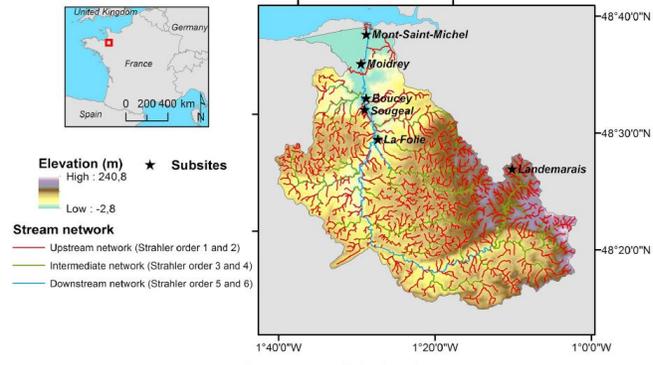
- Transfert de la méthode hors site expérimental



- Non-hydromorphic soil plot
- Hydromorphic soil plot
- Channel
- Potential wetlands



Délimitation des MH potentiels



En 2018, application au bassin versant du Couesnon (1000 km²)

Données :

- RGE ALTI (IGN)
- Collecte de relevés sol

Méthode :

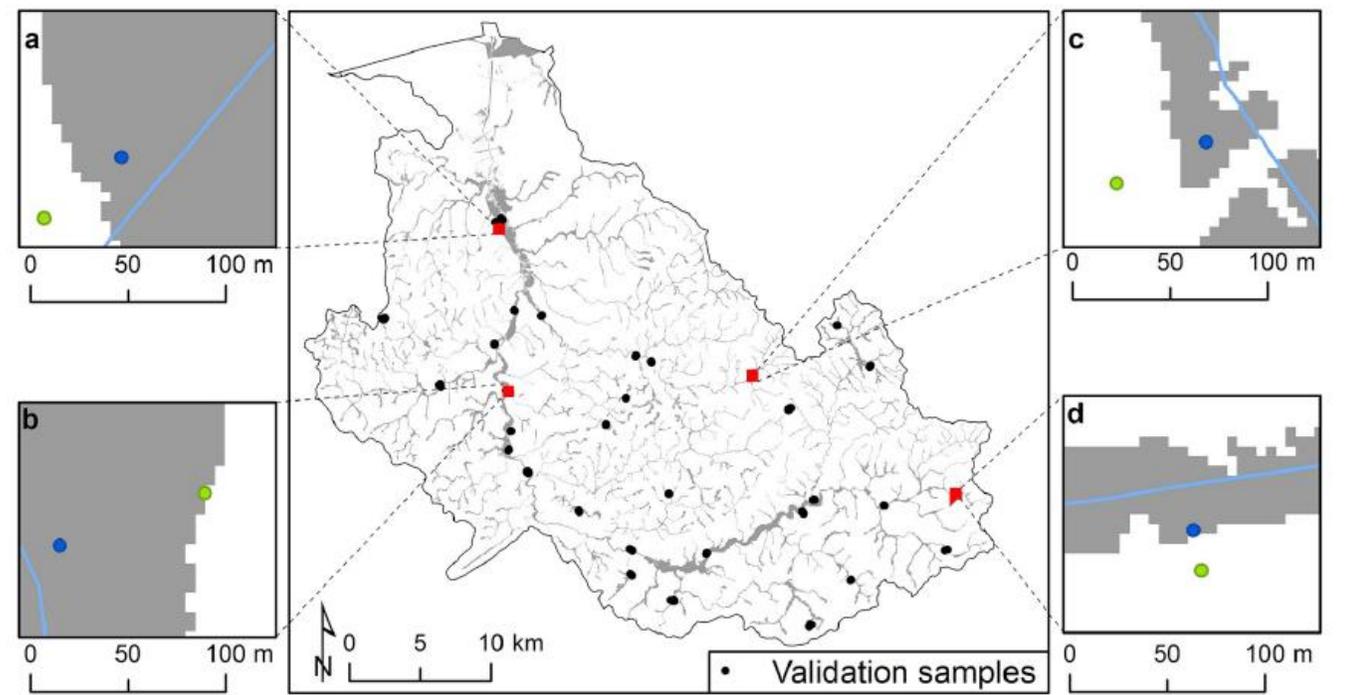
- Dénivelé au cours d'eau
- Seuillage en fonction de l'ordre de Strahler

Résultats:

- Précision globale 82%

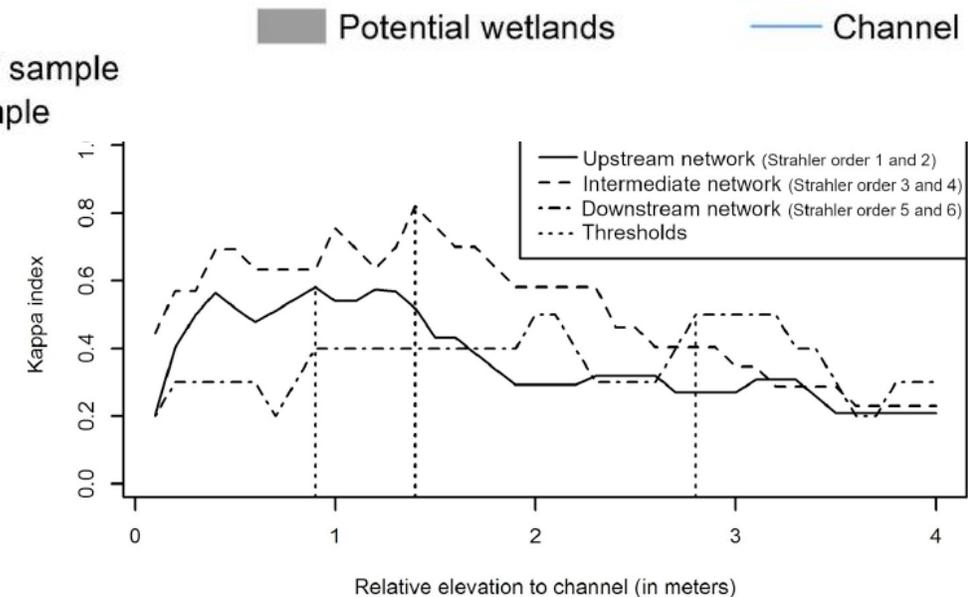
Perspectives :

- Transfert de la méthode sur plusieurs bassins versants
- Existe-t-il des BD de relevés sol ou flore ?



Validation samples

- Non-hydromorphic soil sample
- Hydromorphic soil sample



<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.098>

Délimitation des MH potentiels

En 2019, application au département de la Dordogne (9000 km²)

Données :

- RGE ALTI (IGN)
- Collecte de relevés sol
- Référentiel Régional Pédologique
- Relevés flore (CBN SA)

Méthode :

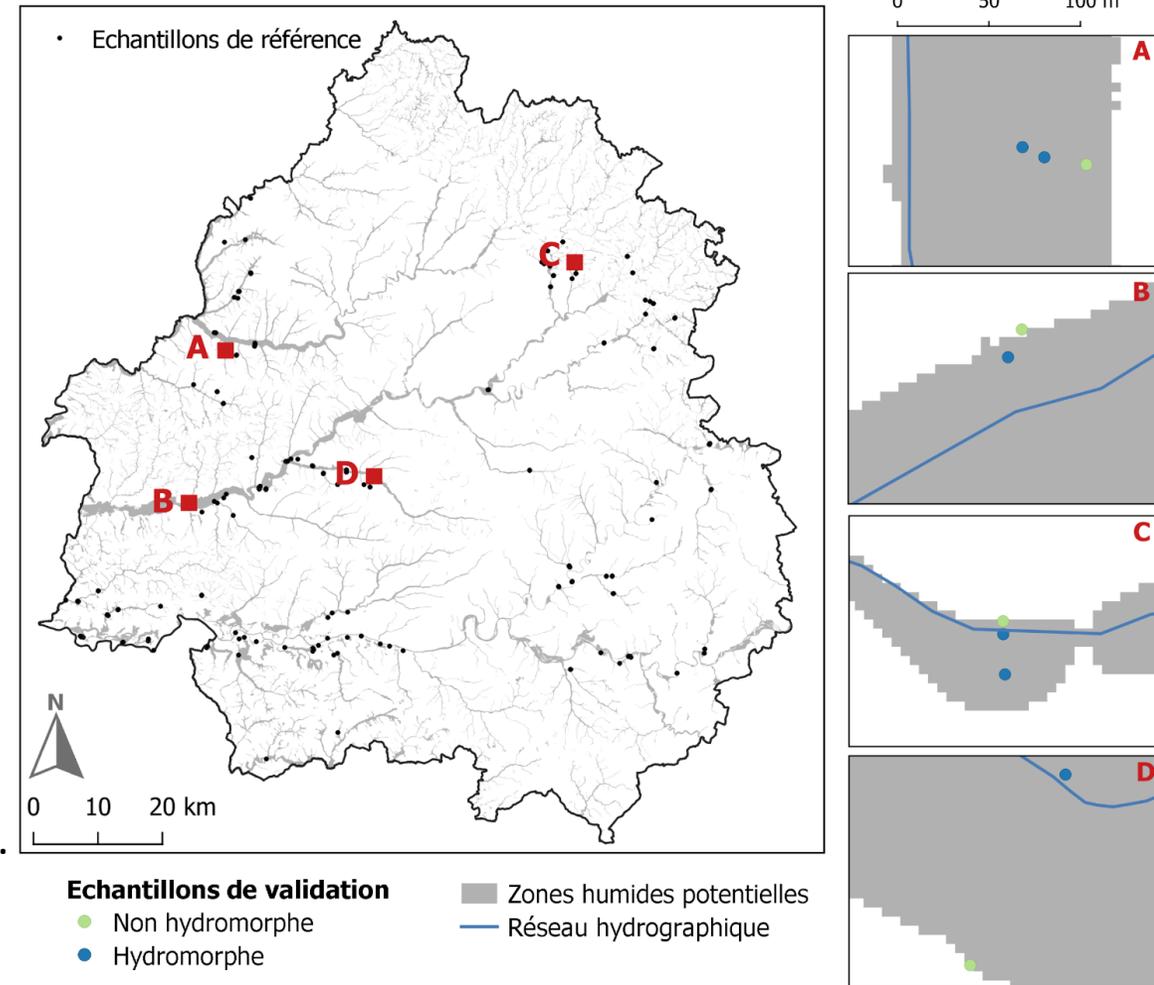
- Définition ZH
- Dénivelé au cours d'eau
- Seuillage en fonction de l'ordre de Strahler

Résultats:

- Précision globale 70%
- Difficulté à définir un seuil unique pour tous les bassins versants
- Non prise en compte des ZH de plateau, de dépression, de pente...

Perspectives :

- Transfert de la méthode à l'ensemble de la France
- Est il possible de s'affranchir de cette méthode de seuillage?
- Comment prendre en compte tous les types de MH ?



Délimitation des MH potentiels

En 2021, extrapolation à la France métropolitaine

Données :

- RGE ALTI (IGN)
- BD CHARM (BRGM)
- BD nationale relevés sol (DoneSol)
- BD nationale relevés flore (INPN)
- Collecte de relevés sol <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108632>

Méthode :

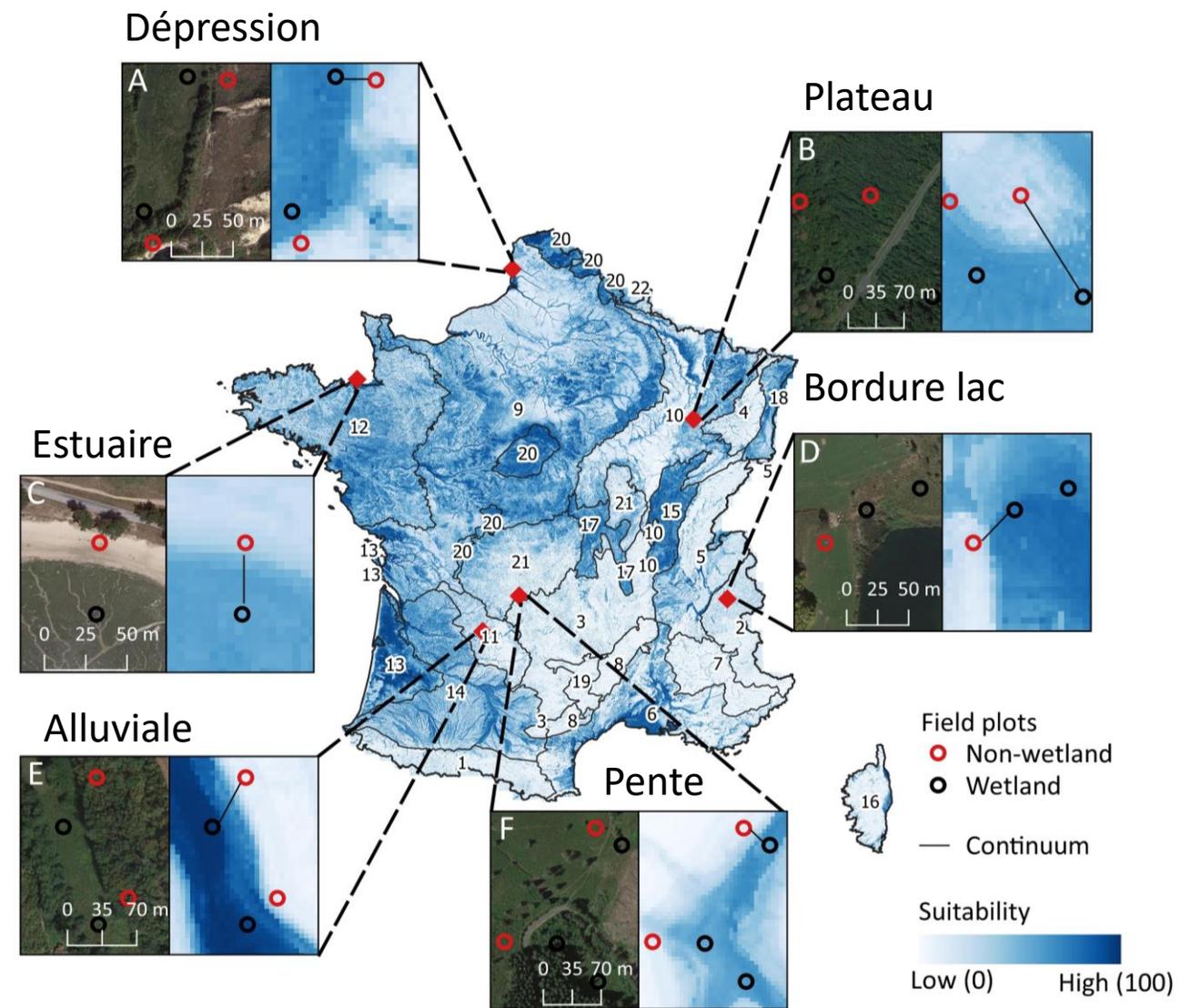
- dénivelé au cours d'eau
- indice topographique humidité
- indice topographique de position
- classes géologiques
- intelligence artificielle (random forest)

Résultats:

- Précision globale : 67%
- Identification de tous les types de MH
- Mise en évidence des écotones (*continuum*)
- Difficulté liée au seuillage par HER de niveau 1
- Précision plus faible sur MH de dépression et de pente

Perspectives :

- Comment améliorer la précision de cartographie des MH de dépression et de pente ?



[Cartographie nationale des milieux humides \(ecologie.gouv.fr\)](https://ecologie.gouv.fr)

Rapinel et al (en révision)

Identification des MH perdus

Site:

- Bassin versant du Couesnon

Données :

- Série temporelle annuelle Sentinel-1/2

Méthode :

- Intelligence artificielle (random forest)

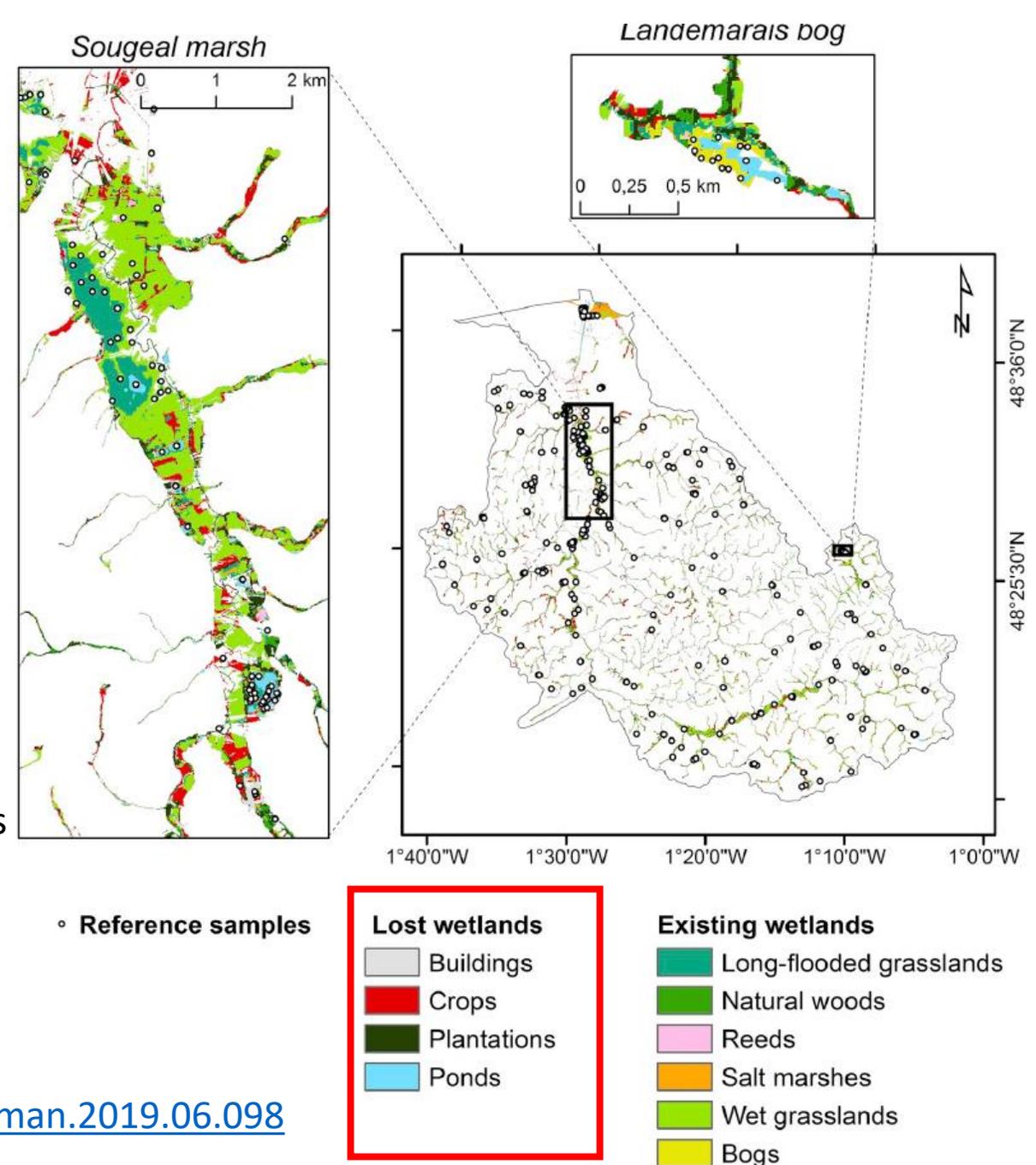
Résultats:

- Précision globale 87%
- Forte contribution des images Sentinel-2
- 44% de MH perdus
- Mais pas de discrimination des prairies naturelles/artificielles

Perspectives :

- Transfert de la méthode sur plusieurs bassins versant
- Discrimination des prairies naturelles / artificielles

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.098>



Identification des MH perdus

Site:

- Département de la Dordogne (zones humides)

Données :

- Série temporelle annuelle Sentinel-2

Méthode :

- Intelligence artificielle (random forest)

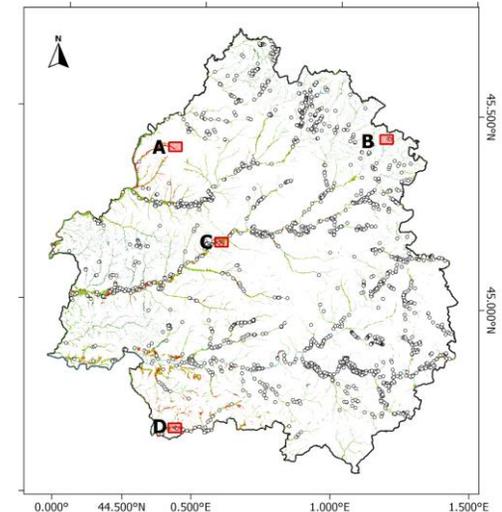
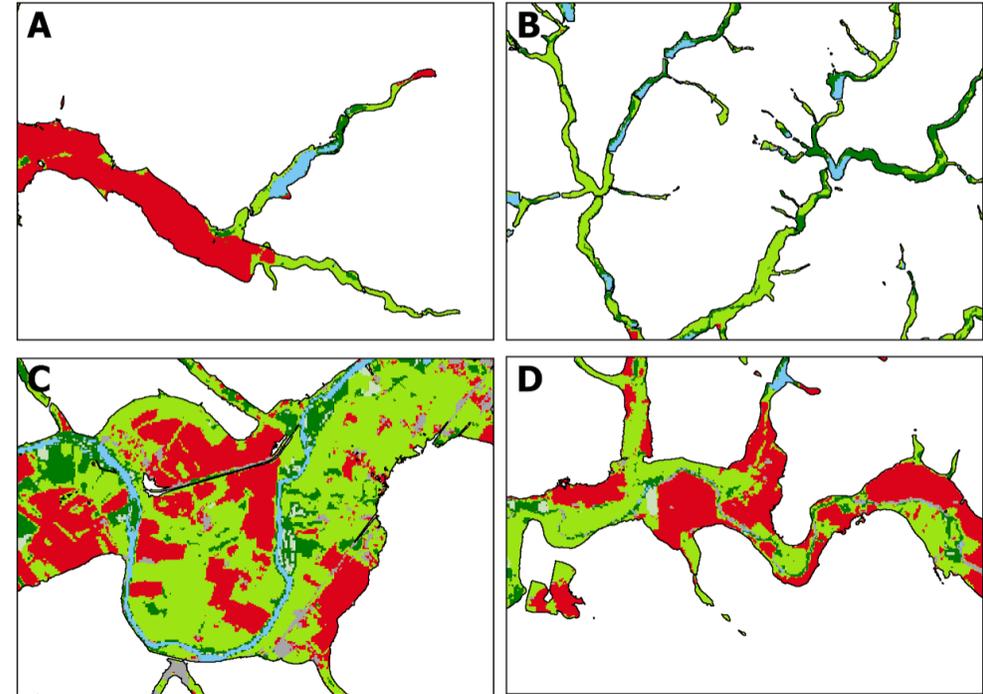
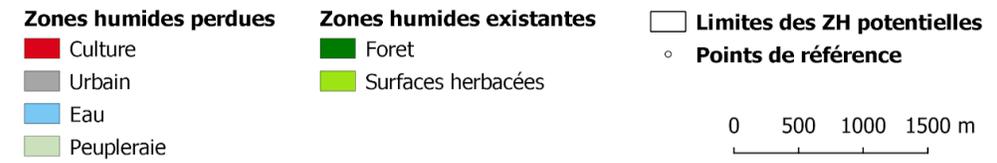
Résultats:

- Précision globale 95%
- 30% de MH perdus

- Mais pas de discrimination des prairies naturelles/artificielles

Perspectives :

- Transfert de la méthode à l'échelle nationale?
- Discrimination des prairies naturelles / artificielles ?
- Effet des actions de protection ?



Identification des MH perdus

Site:

- France métropolitaine

Données :

- Couches OSO 2016-2020 [Land Cover Map – Theia \(theia-land.fr\)](https://theia-land.fr)

Méthode :

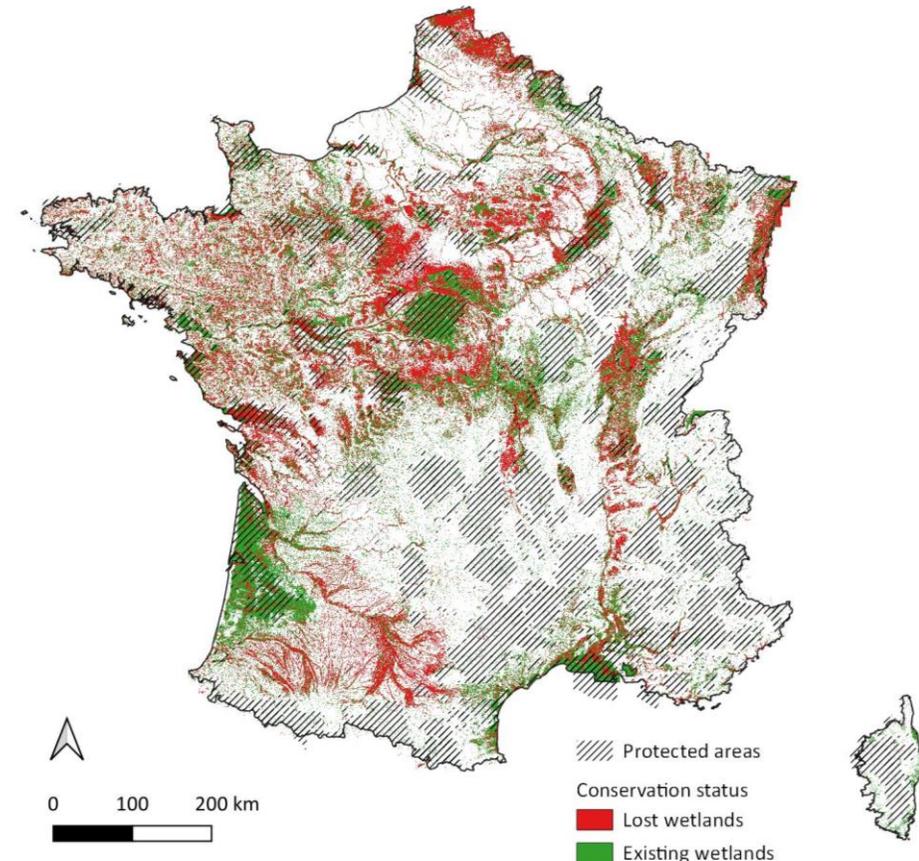
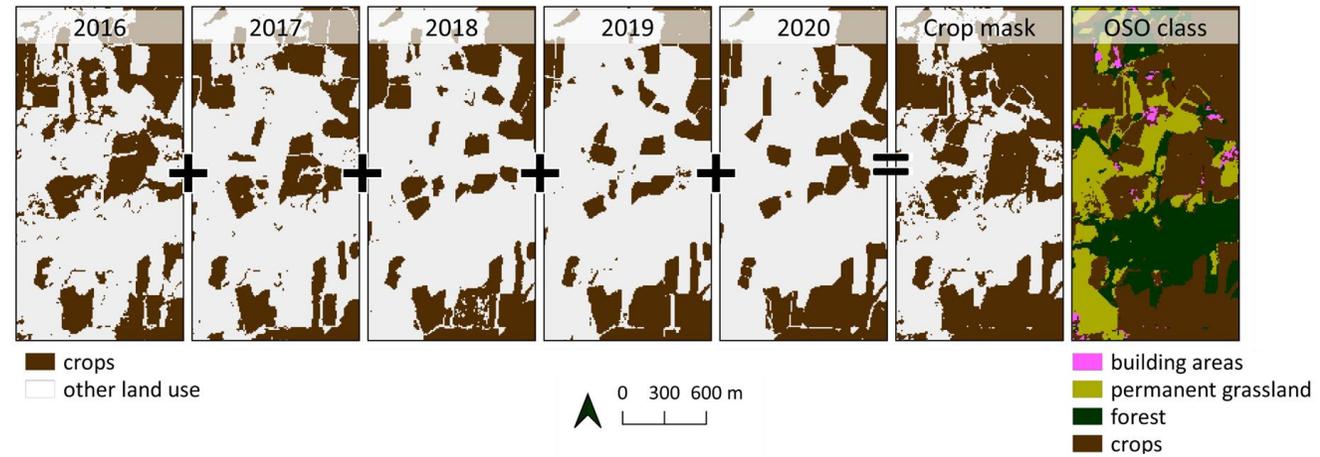
- Compilation des couches OSO
- Prairie naturelle => toujours classée en prairie pendant 5 ans

Résultats:

- Précision globale : 91%
- Précision « prairie naturelle » : 86%
- Précision « prairie artificielle » : 91%
- 51% de MH perdus sur l'ensemble de la France métropolitaine
- 9% de MH perdus au sein des aires protégées

Perspectives 2023 :

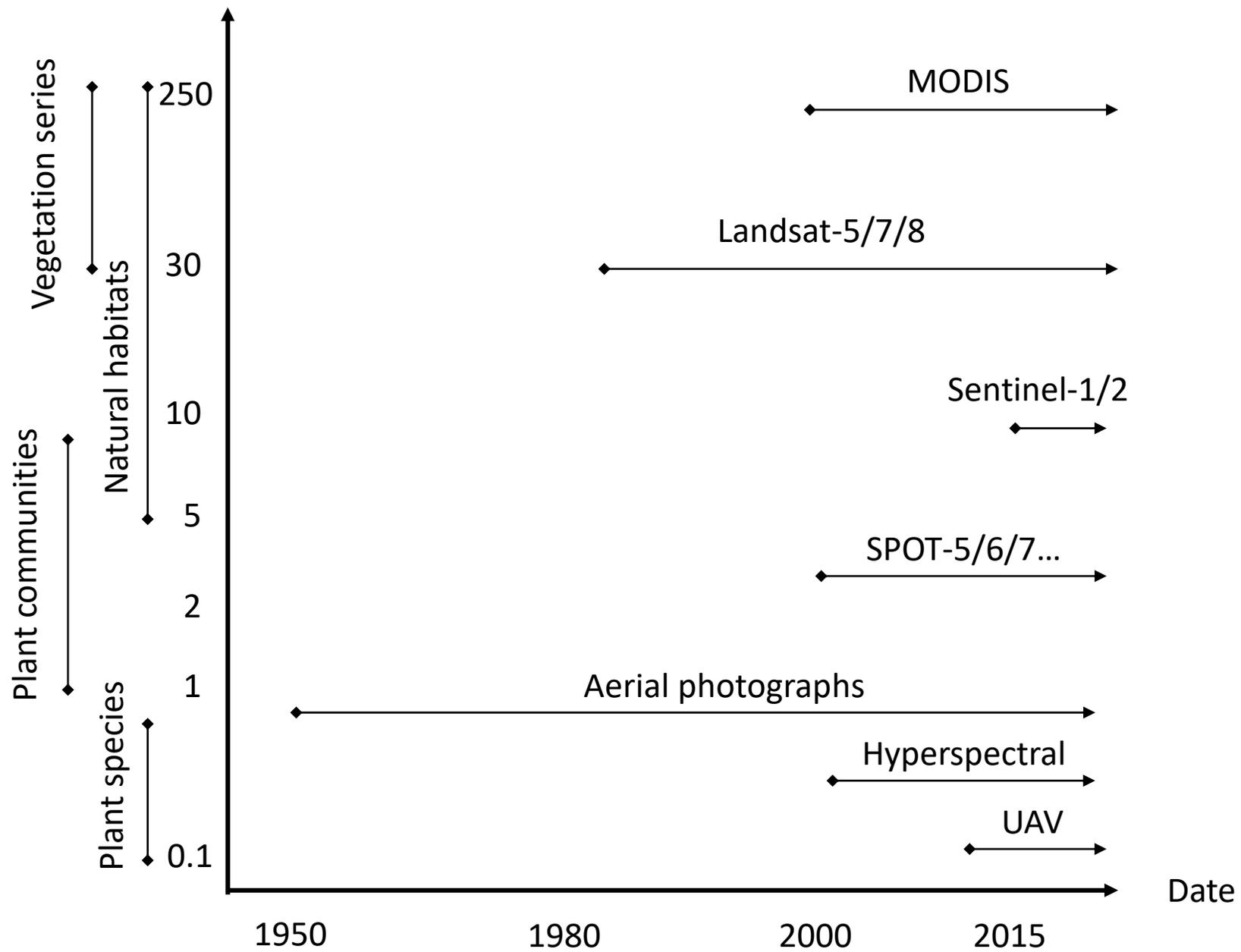
- Evaluation de l'impact sur la fragmentation de la TBV
- Suivi évolution de la dégradation des MH sur 50 ans



Hubert-Moy et al (*in prep*)

Caractérisation des MH existants

Spatial resolution (meters)



Caractérisation des MH existants – habitats

Types d'habitats :

Prairies - EUNIS / A2 et E3

Données télédétection:

- Série temporelle MODIS (250 m)
- Variables topographique (25 m)
- Variables pédologiques (250 m)
- Variables bioclimatiques (1 km)

Données terrain:

- Archives Natura 2000 (DREAL)

Méthode:

- Intelligence artificielle (random forest)

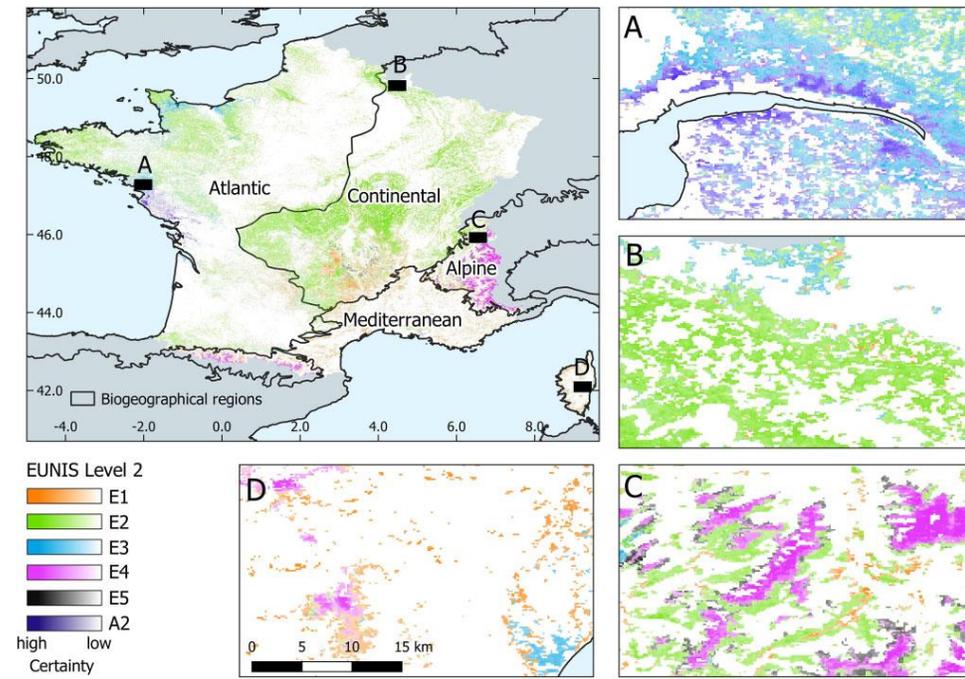
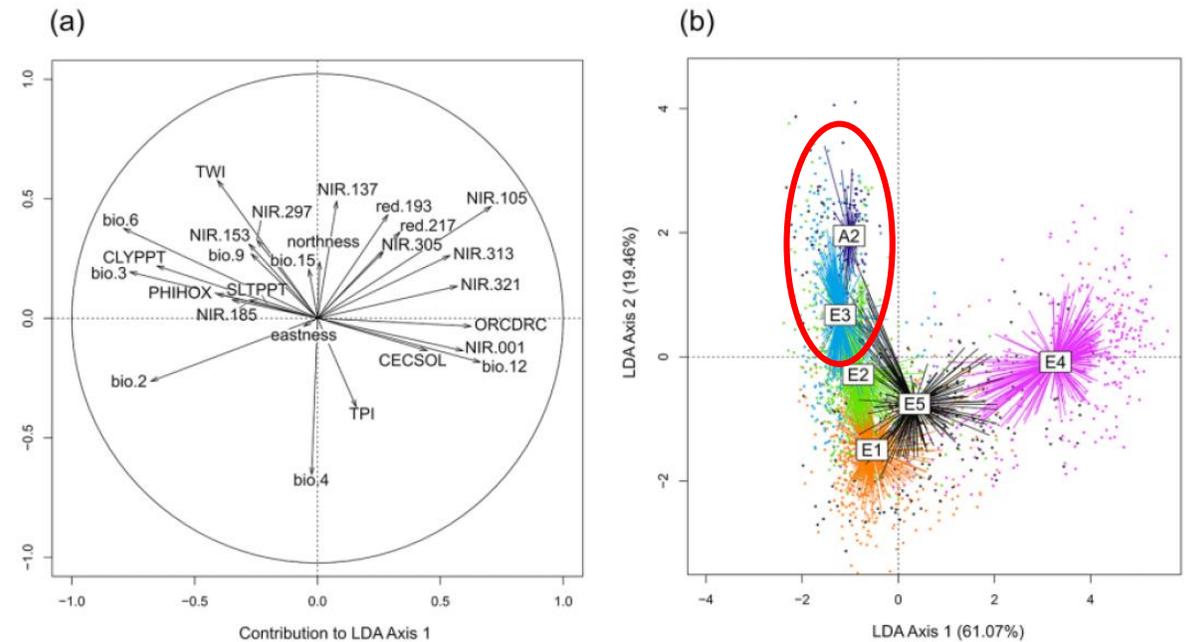
Résultats:

- F1 score global 0.68
- F1 score « prairies humides » (E3) : 0.56 (confusions avec E2)
- F1 score « sédiment intertidal » (A2) : 0.89

Perspectives:

- Utilisation de variables spectrales à haute résolution spatiale

<https://doi.org/10.1177/03091333211023689>



Caractérisation des MH existants – habitats

Types d'habitats :

Landes – EUR28 / 4010 et 4020

Données télédétection:

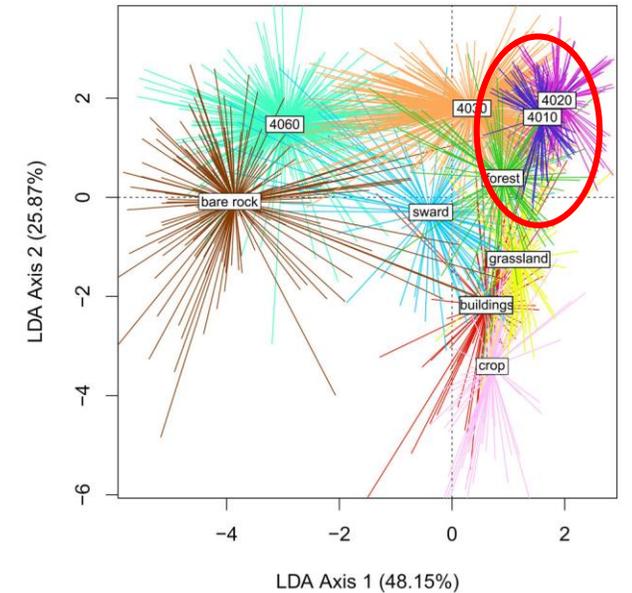
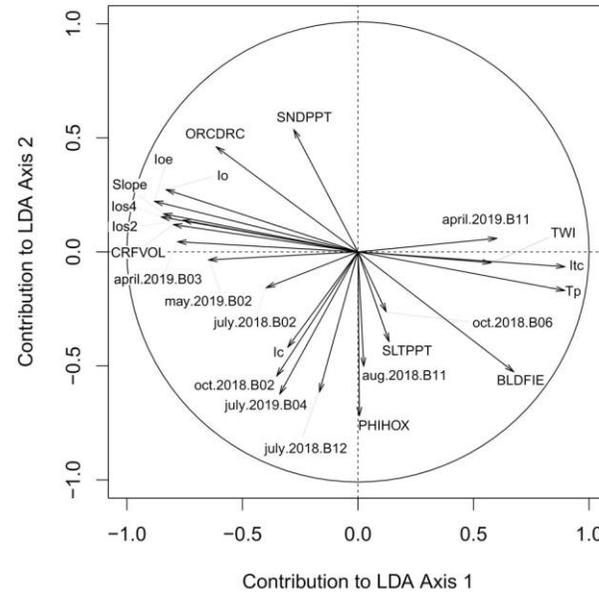
- Série temporelle Sentinel-2 (10 m)
- Variables topographique (25 m)
- Variables pédologiques (250 m)
- Variables bioclimatiques (1 km)

Données terrain:

- Archives Natura 2000 (DREAL)

Méthode:

- Intelligence artificielle (Maxent)



Caractérisation des MH existants – habitats

Types d'habitats :

Landes – EUR28 / 4010 et 4020

Données télédétection:

- Série temporelle Sentinel-2 (10 m)
- Variables topographique (25 m)
- Variables pédologiques (250 m)
- Variables bioclimatiques (1 km)

Données terrain:

- Archives Natura 2000 (DREAL)

Méthode:

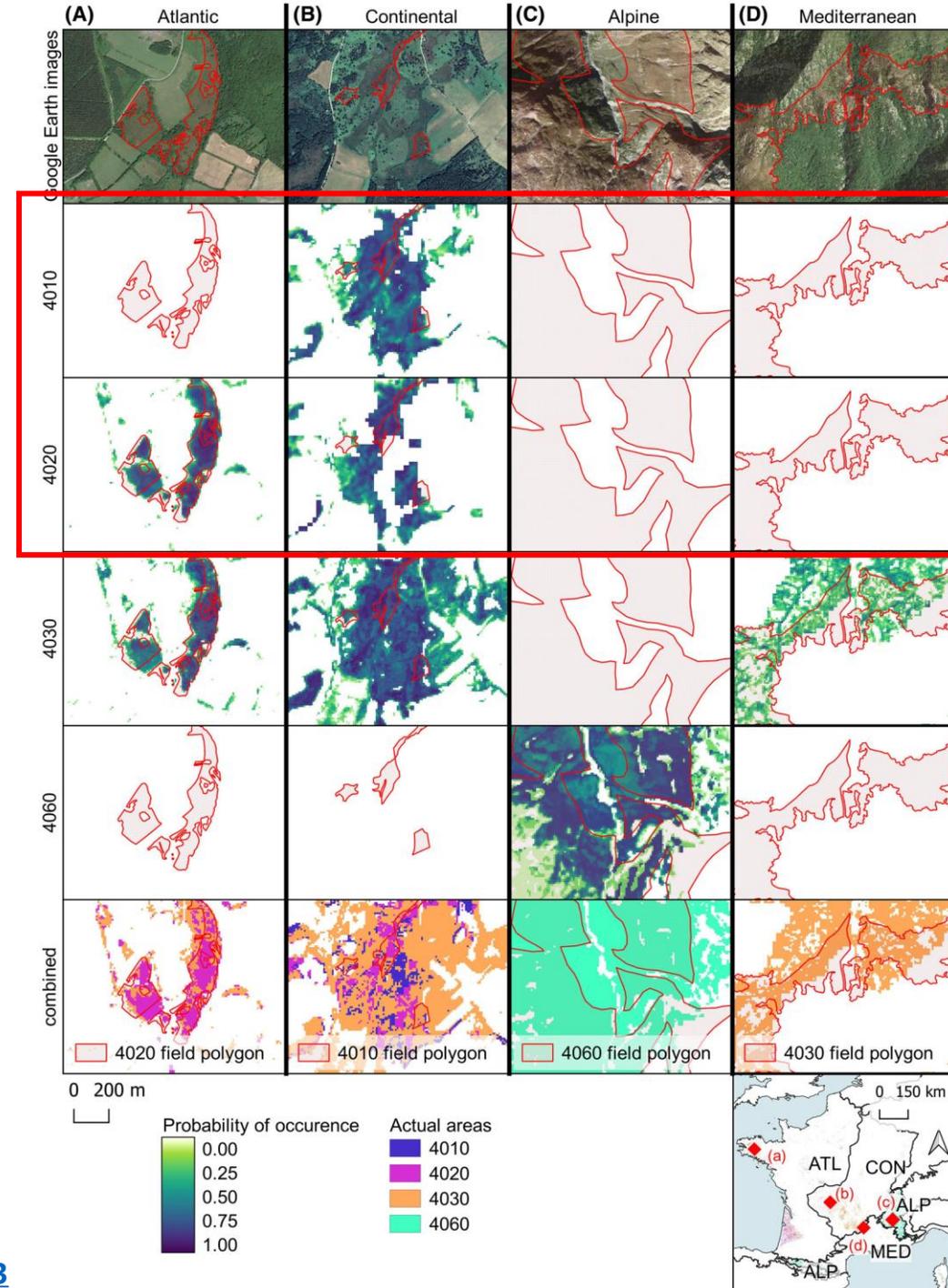
- Intelligence artificielle (Maxent)

Résultats:

- Précision globale : 72 %
- Mise en évidence de petits patches
- Confusion avec 4030 due au type de modèle

Perspectives 2022:

- Utilisation de séries temporelles pluri-annuelles
- Utilisation d'un modèle multi-classes



Caractérisation des MH existants – communautés végétales

Site:

N2000 marais poitevin

Niveau syntaxonomique:

Association végétale

Données télédétection:

- 1 image Pléiades (0.5 m)
- RGE ALTI (1 m)

Données terrain:

- 213 relevés collectés dans le cadre de l'étude

Méthode:

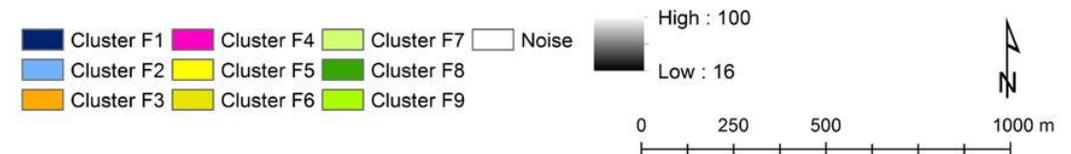
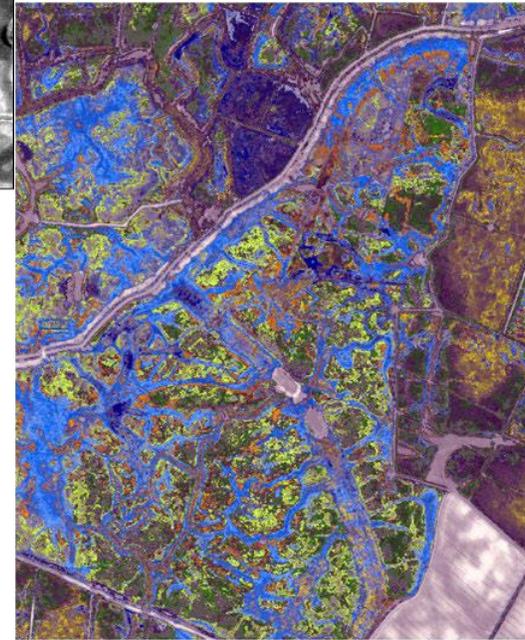
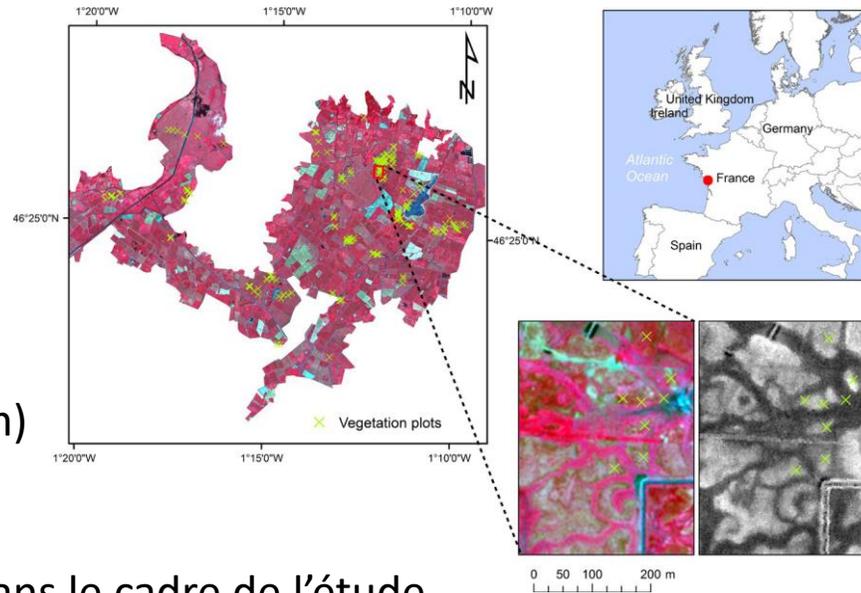
- Intelligence artificielle (*Noise-clustering*)

Résultats:

- Précision globale : 62 %
- Mise en évidence de petits patches
- Mise en évidence du *continuum*
- Confusions avec associations même physiologies

Perspectives:

- Amélioration de la précision de modélisation avec une série temporelle satellitaire



Caractérisation des MH existants – communautés végétales

Site:

N2000 marais Sougéal

Niveau syntaxonomique:

Association végétale

Données télédétection:

- 4 images SPOT-7 (1.5 m)

Données terrain:

- 170 relevés collectés dans le cadre de l'étude

Méthode:

- Intelligence artificielle (*random forest*)

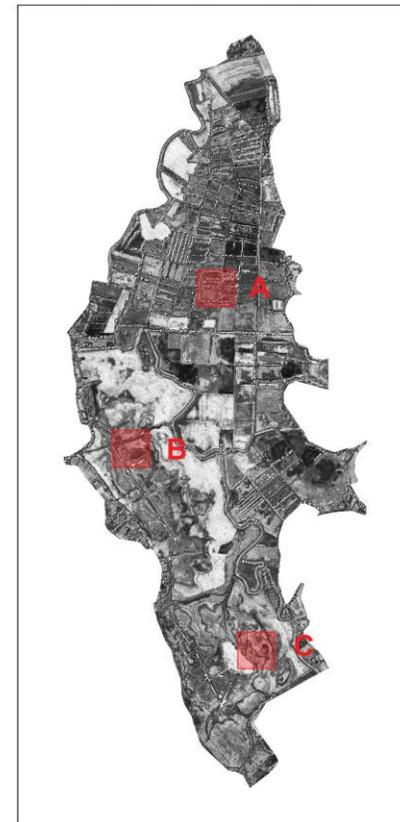
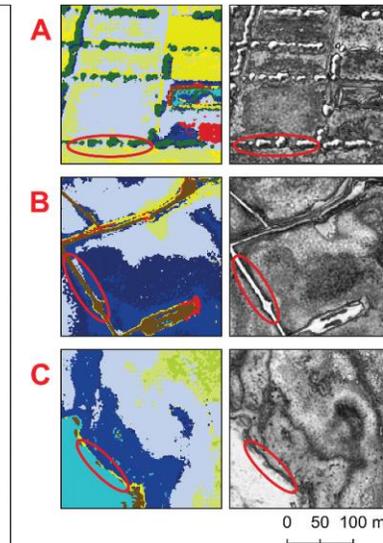
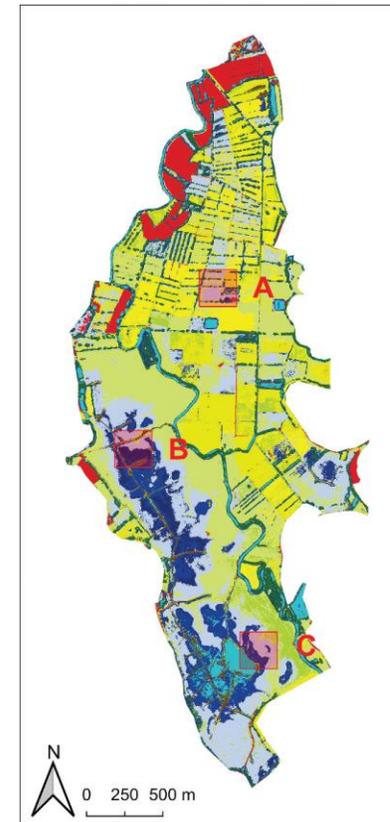
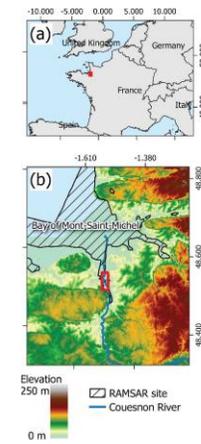
Résultats:

- Multi-temporel : Amélioration de la précision de 0.64 à 0.88
- Mise en évidence de petits patches
- Mise en évidence de l'impact du mode de gestion sur la végétation

- Difficultés à acquérir plusieurs images SPOT-7

Perspectives:

- Série temporelle Sentinel-2 (10m) adaptée à la détection d'association végétale



Caractérisation des MH existants – communautés végétales

Site:

N2000 marais Sougéal

Niveau syntaxonomique:

Association végétale / alliance

Données télédétection:

- 12 images Sentinel-2 (10 m)

Données terrain:

- 123 relevés collectés dans le cadre de l'étude

Méthode:

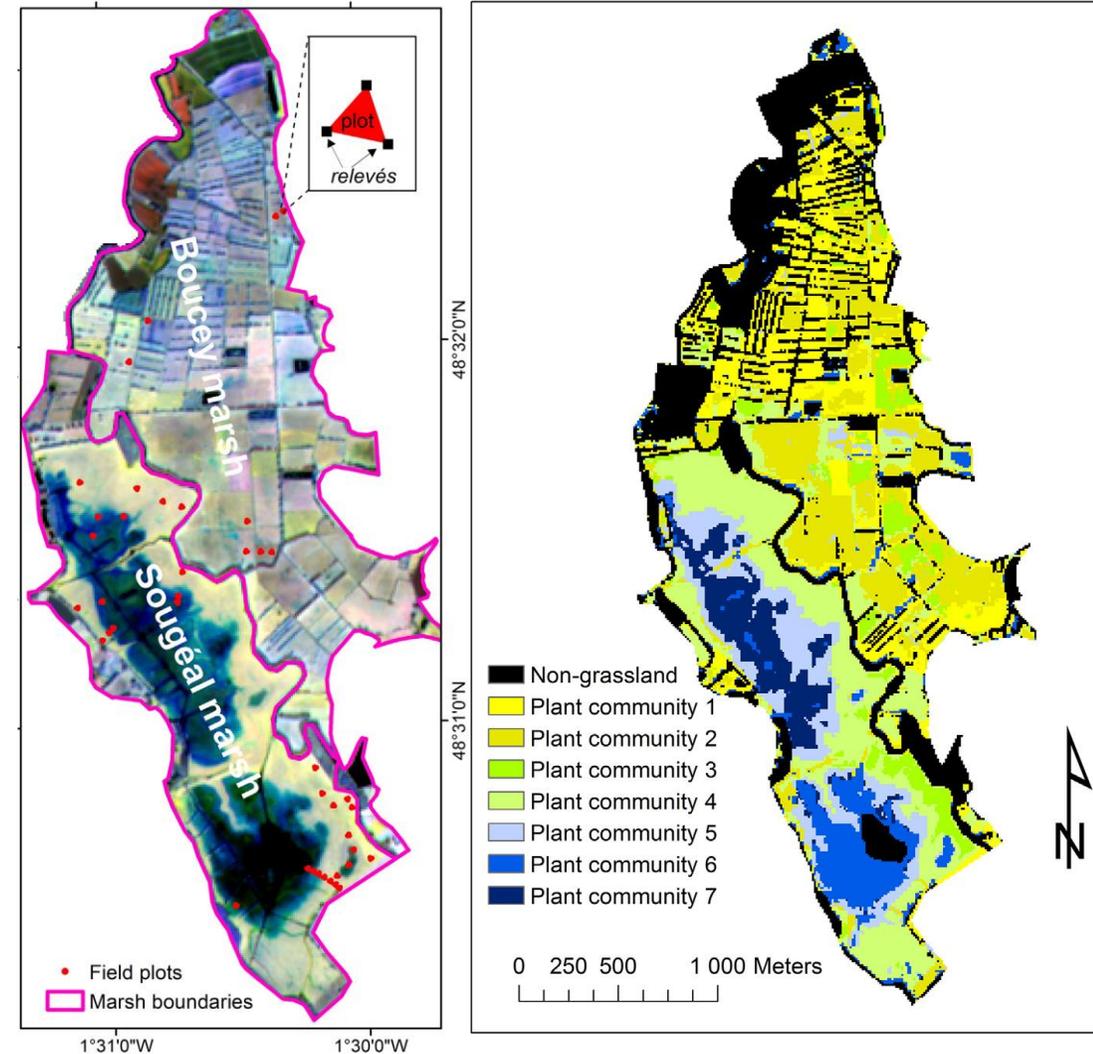
- Intelligence artificielle (SVM)

Résultats:

- Multi-temporel : Amélioration de la précision de 0.67 à 0.78
- **Résolution temporelle plus importante que résolution spatiale**
- Discrimination sur variation temporelle de la phénologie
- Pas de détection des petits patches de végétation

Perspectives:

- Transfert de l'approche à d'autres types de MH



Caractérisation des MH existants – communautés végétales

Site:

N2000 Étang de Biguglia (Lagune, Corse)

Niveau syntaxonomique:

Association végétale / alliance

Données télédétection:

- 6 images Sentinel-2 (10 m)

Données terrain:

- Carte terrain https://doi.org/10.1007/978-3-030-35776-4_3

Méthode:

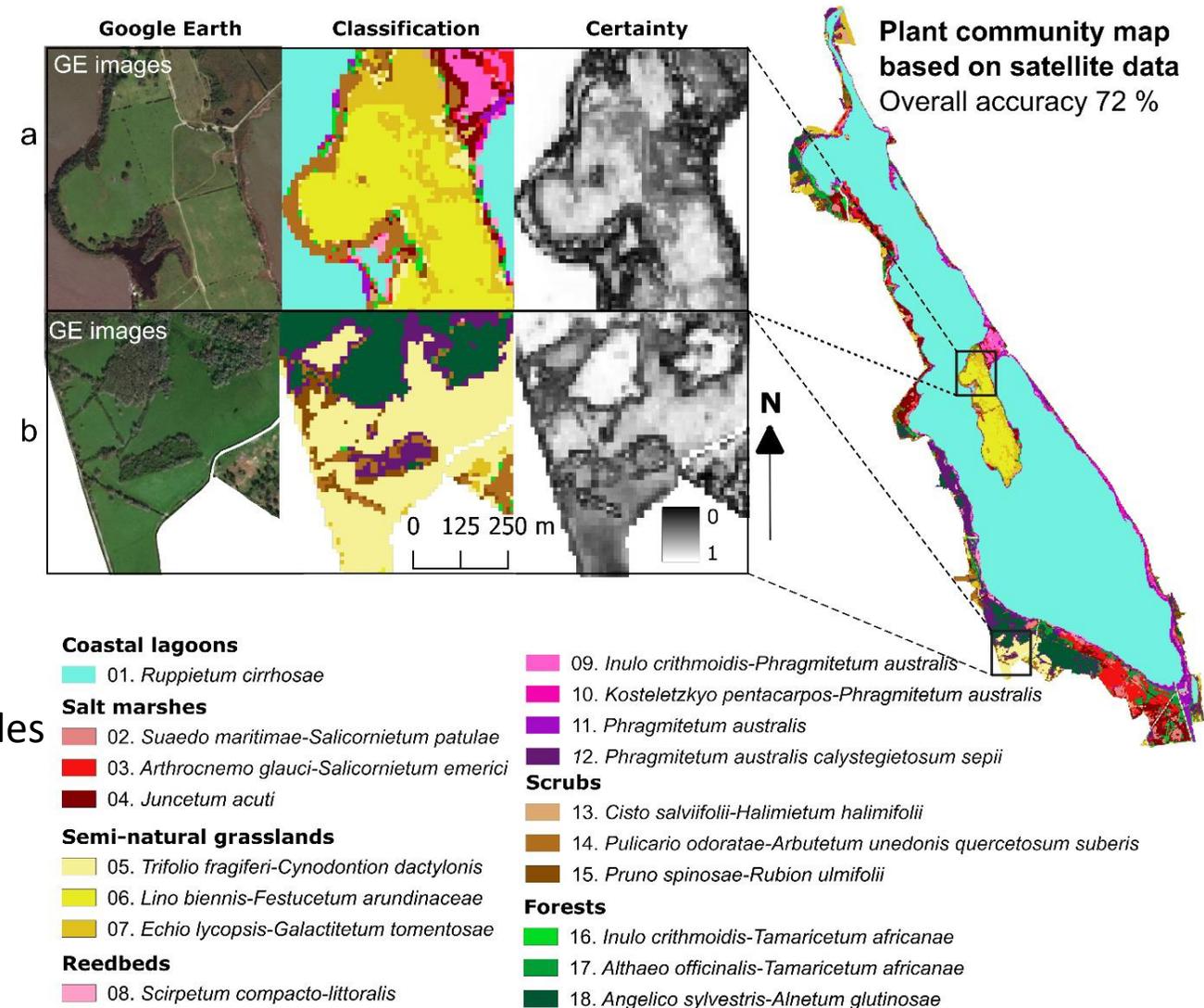
- Intelligence artificielle (*random forest*)

Résultats:

- Précision globale 72%
- Mise en évidence des zones d'incertitude correspondant à des *continuum* ou des classes non prises en compte.
- Pas de détection des petits patches de végétation

Perspectives:

- Apport d'images tri-stéréoscopiques (strates végétation)
- Utilisation de relevés de végétation issus de BD archive (INPN...)



Délimitation des MH efficaces

Schéma de répartition théorique des unités hydrogéomorphologiques (Hx) au sein d'un fond de vallée

Définition : Une unité hydrogéomorphologique (HGMU = Hx) est une unité homogène délimitée à partir de critères géomorphologiques et pédologiques déterminant un mode spécifique de fonctionnement hydrologique

H0 : Ruisseau / rivière

H1 : Levée ou bourrelet alluvial, sol drainé

H2 : Fond de vallée humide inondable, nappe variable

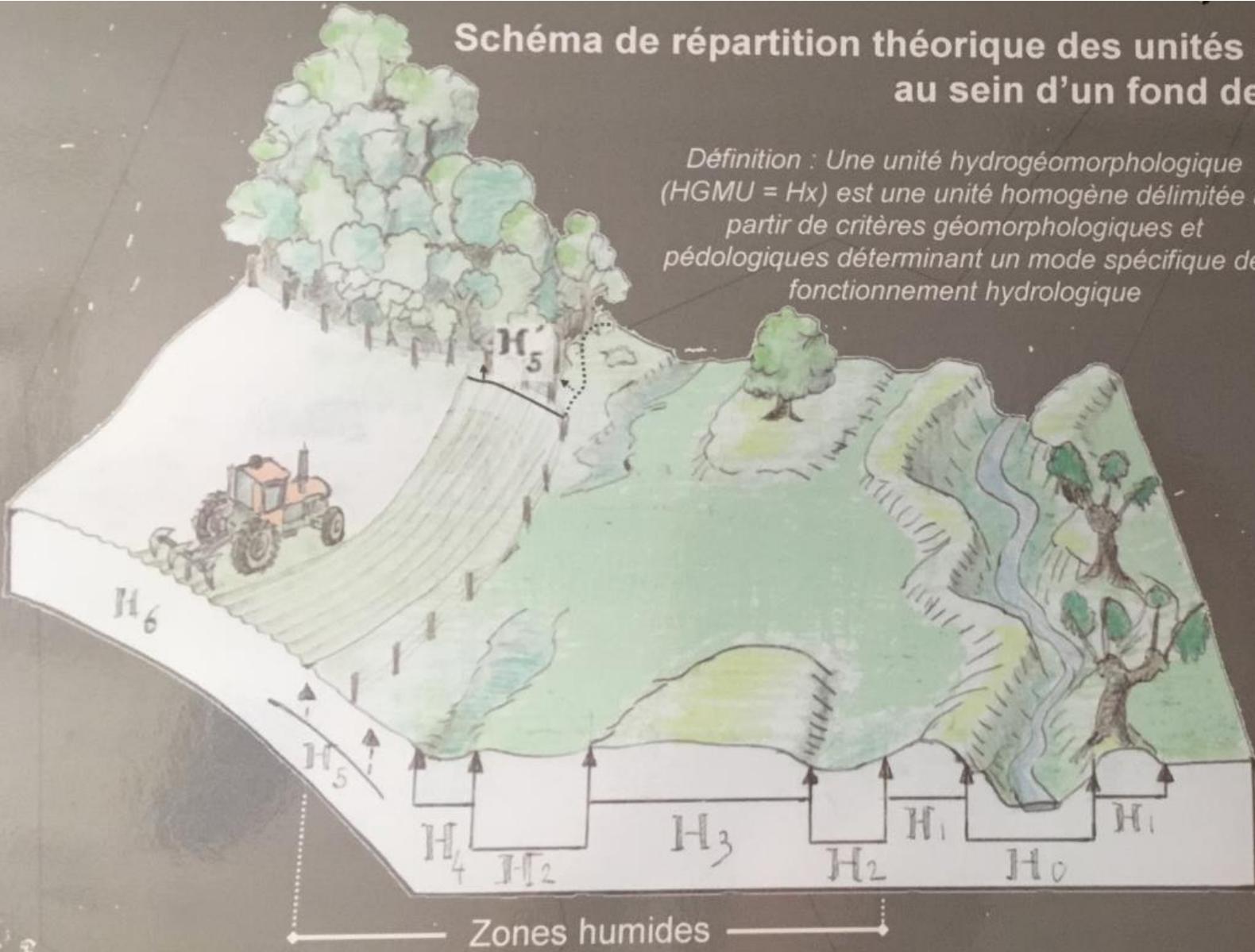
H3 : Fond de vallée humide non inondable, nappe variable (oligotrophe)

H4 : Dépression ouverte inondable de bas de pente, ruisseau temporaire

H5 : Zone humide sur pente, décharge de nappe perchée

H5' : Idem, variante oligotrophe sous boisement

H6 : Zone contributive, sols drainés



Délimitation des MH efficaces

Site:

Département de la Dordogne

Données:

RGE ALTI 5 m

Méthode:

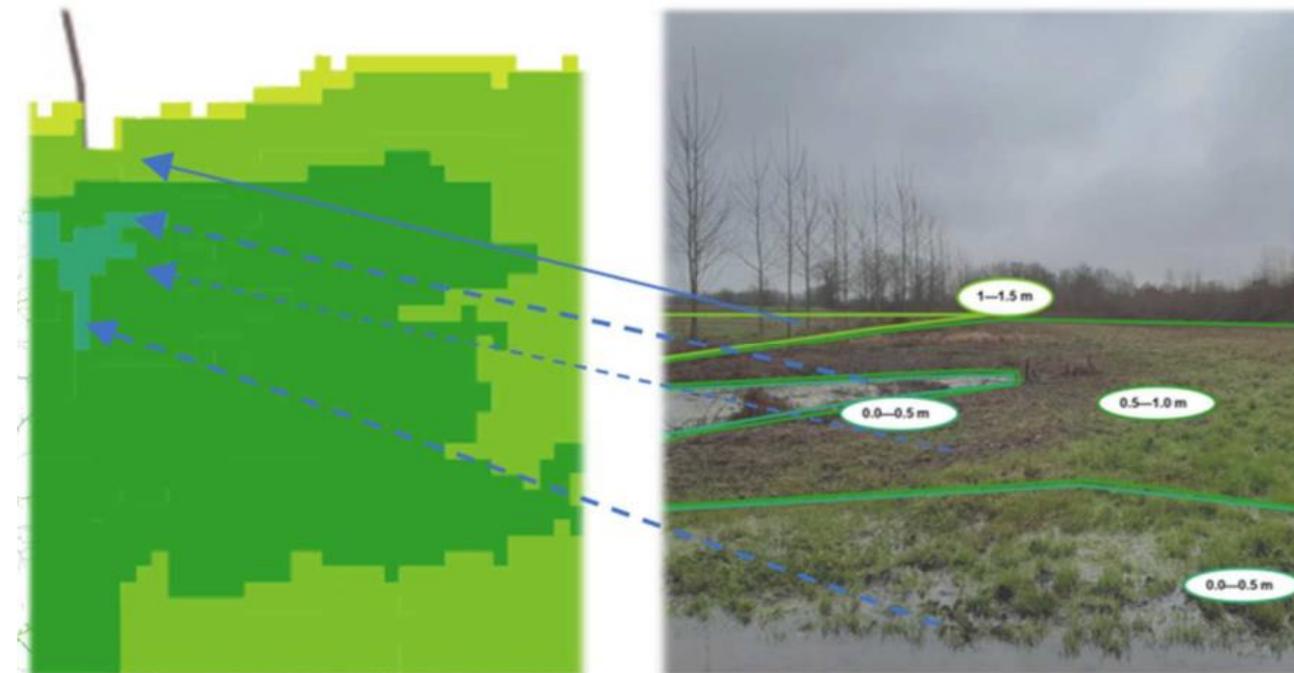
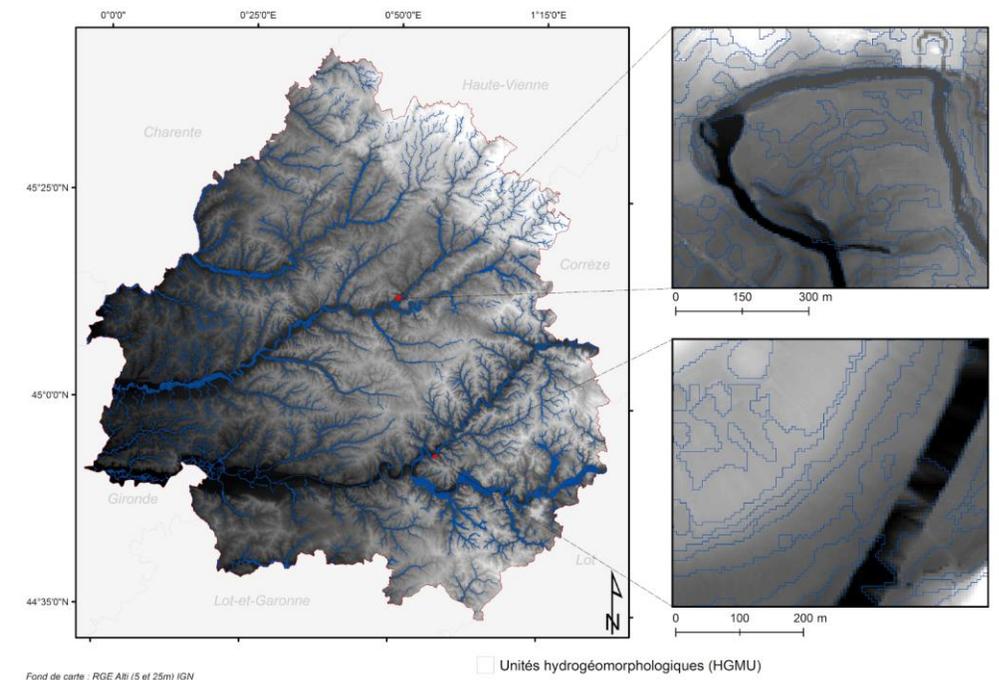
- Segmentation du dénivelé au cours d'eau

Résultats:

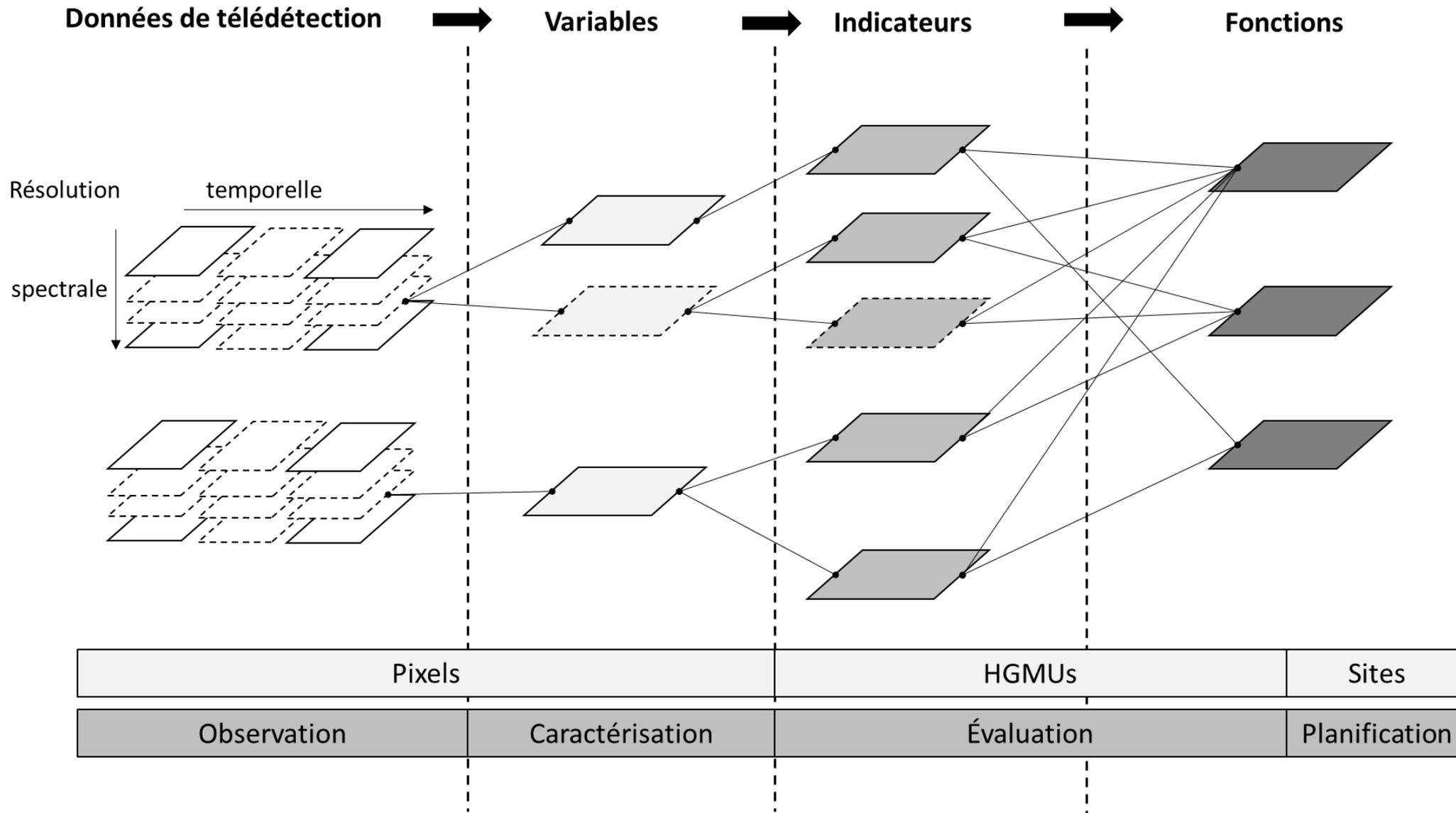
- Bonne appropriation carte par les gestionnaires
- *En cours de validation scientifique*

Perspectives:

- Application en cours sur l'estuaire de la Seine (GIP Seine-Aval/i-Sea)
- Corrélation spatiale entre HGM et indicateurs fonctionnels



Caractérisation des MH efficaces



Caractérisation des MH efficaces

Site : Bassin versant du Couesnon

Indicateurs :

- Productivité primaire (NDVI-I)
- Saisonnalité des flux de carbone (RREL)
- Mois de l'activité photosynthétique maximale (MMAX)

⇒ Fonctions biogéochimiques et écologiques

Donnée source : 2 séries temporelles annuelles MODIS (250 m)

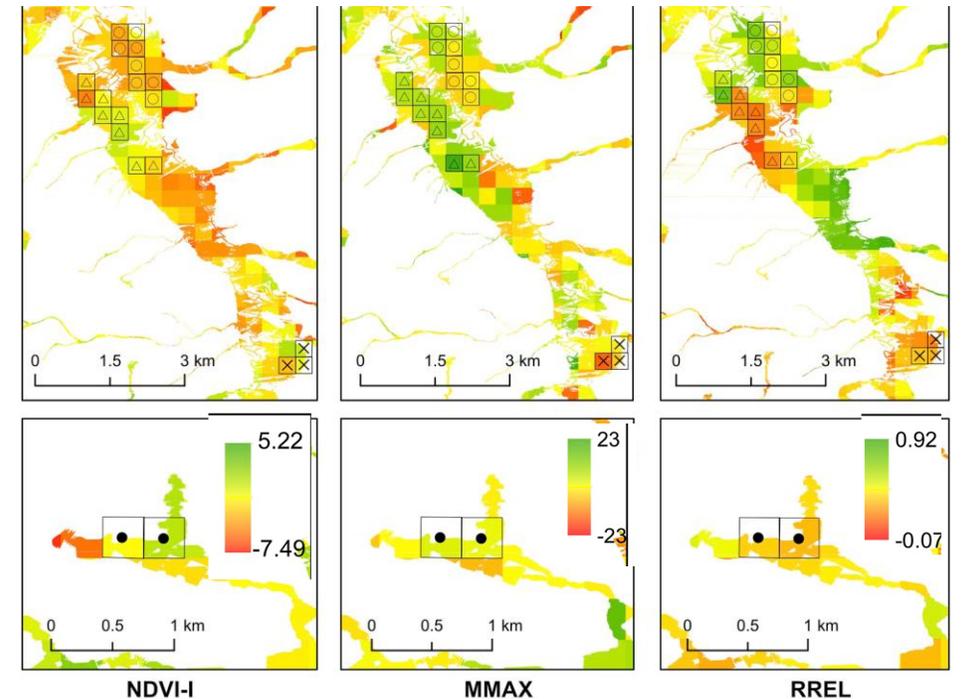
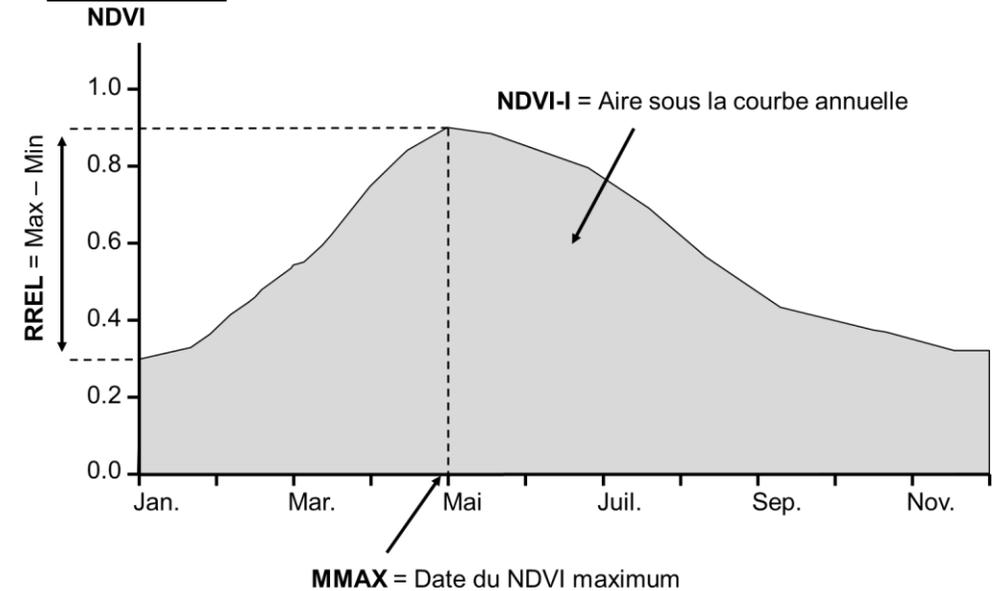
Résultats :

- Variations inter-annuelles des valeurs des indicateurs fonctionnels selon le mode de gestion et le climat
- MH efficaces = pixels contigus avec une même variation inter-annuelle

Perspectives :

- Générer ces indicateurs à une meilleure résolution spatiale
- Corrélation entre HGMU et indicateurs fonctionnels

Méthode :



Caractérisation des MH efficaces

Site : Bassin versant du Couesnon

Indicateurs :

- Productivité primaire (NDVI-I)
- Saisonnalité des flux de carbone (RREL)
- Mois de l'activité photosynthétique maximale (MMAX)

⇒ Fonctions biogéochimiques et écologiques

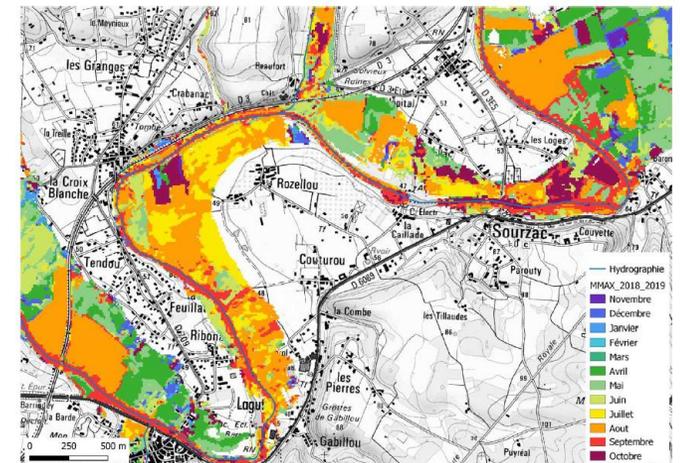
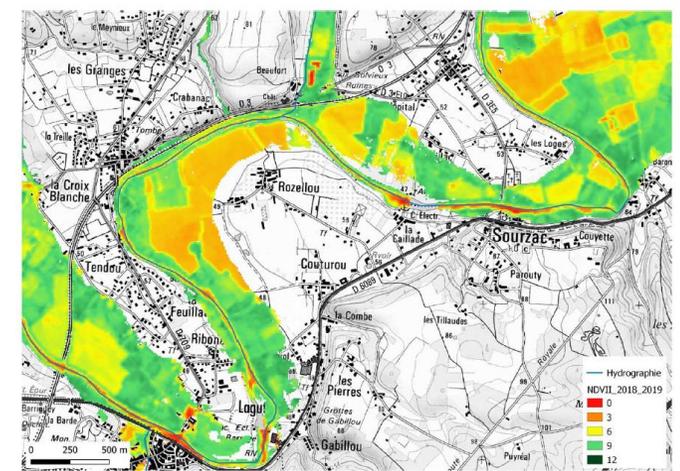
Donnée source : 2 séries temporelles annuelles Sentinel-2 (10m)

Résultats :

- Variations spatiales intra-parcellaires
- Variations inter-annuelles entre deux années successives

Perspectives :

- Application à la France métropolitaine
- Validation avec mesures terrain biogéochimiques (GIP Seine-Aval/i-Sea)
- Validation avec données climatiques et plans de gestion
- Compréhension de l'information par les gestionnaires des MH/ZH



Caractérisation des MH efficaces

Site : Département de la Dordogne

Indicateur : Fréquence annuelle d'inondation

Donnée source : série temporelle Sentinel-1

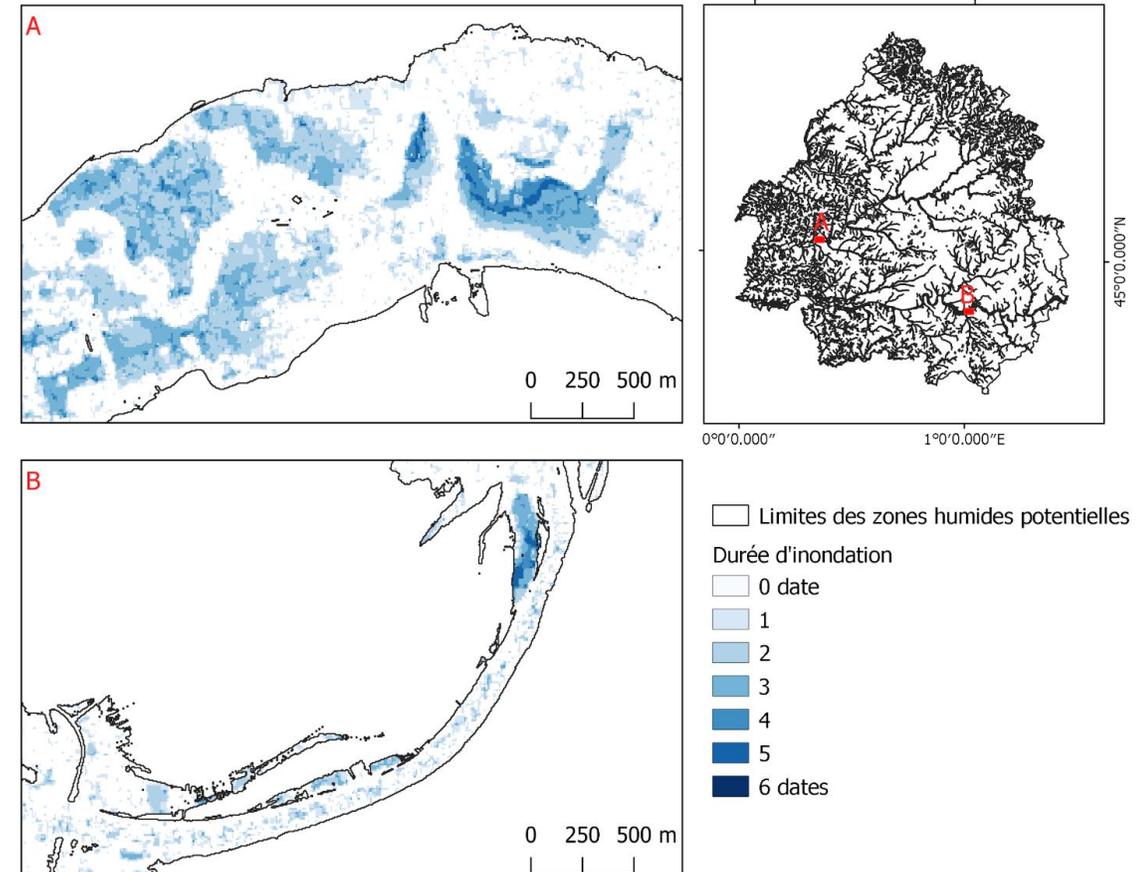
Méthode : *Normalized difference flood index*

Résultats :

- Problème d'accès à des données terrain de validation
- Mauvaise détection des zones faiblement inondées
- *Big data* => *cloud-computing* => mais manque d'outils

Perspectives:

- Amélioration méthodologique incluant les zones faiblement inondées



Caractérisation des MH efficaces

Travail en cours...

Apport des données ouvertes pour l'évaluation des fonctions des zones humides ?

- Stage CEN Normandie (2022)
- Thèse à l'Université Rennes 2 (2022-2025)

Produits satellitaires



+

Produits aéroportés



+

Relevés terrain



?



[Gayet et al 2016](#)