



➤ **Caractérisation hydrogéomorphologique des cours d'eau**

Julien Godfroy – [julien.godfroy@inrae.fr](mailto:julien.godfroy@inrae.fr)

INRAE

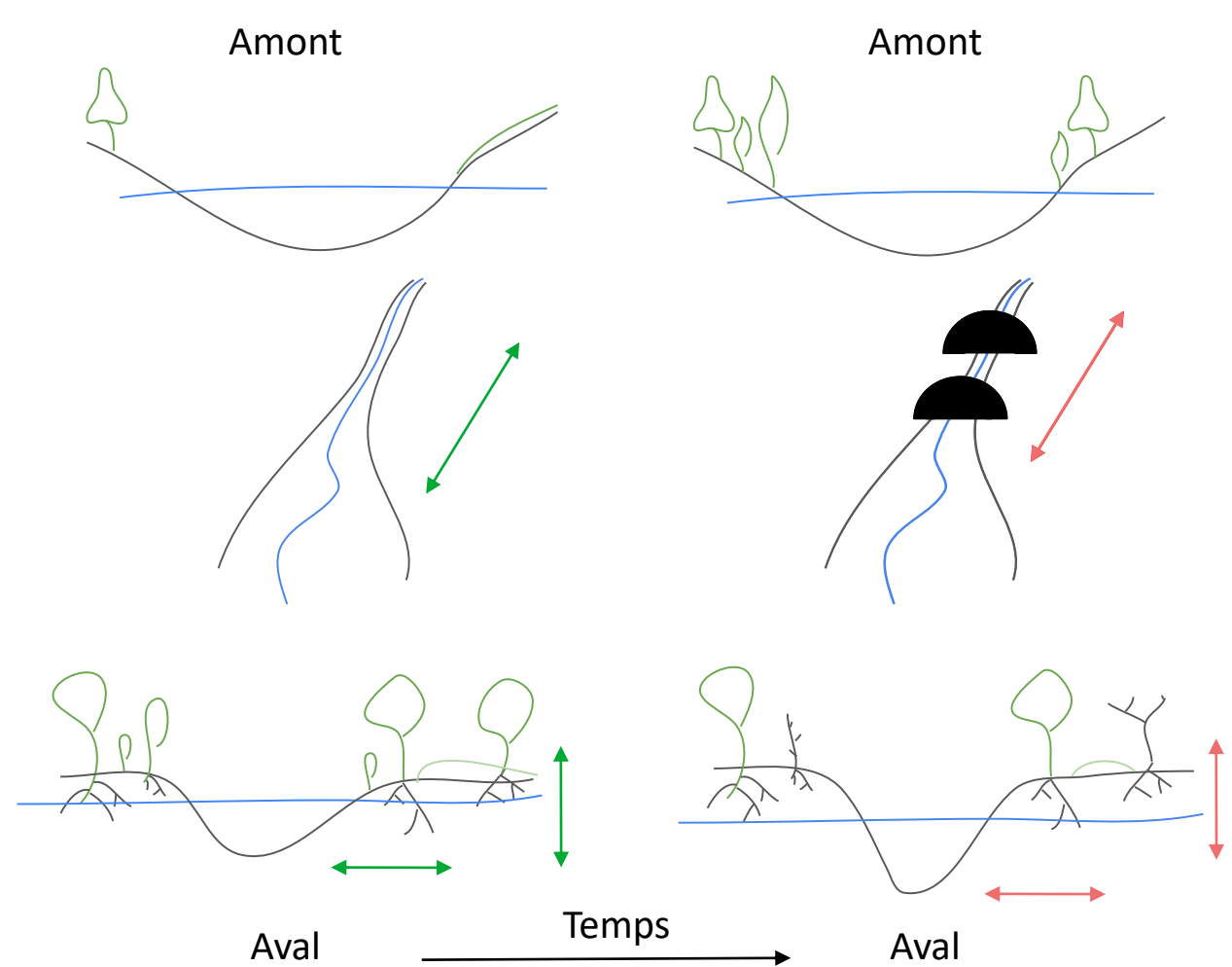
➤ Qu'est-ce qu'un cours d'eau ?



# ➤ Qu'est-ce qu'un cours d'eau ?

Des hydrosystèmes complexes...

... à l'échelle de bassins versants.



INRAE

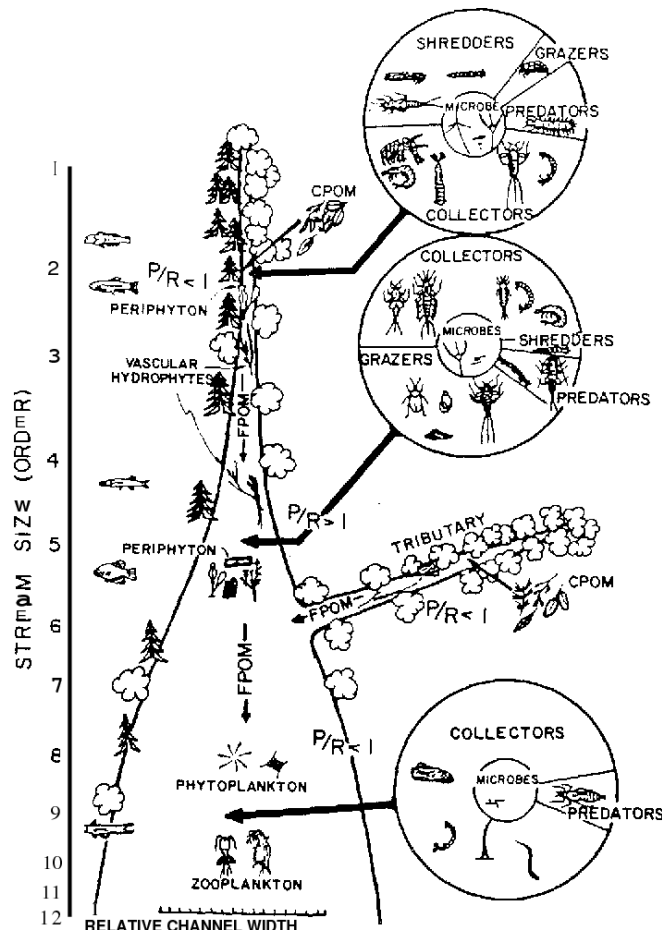
Caractérisation hydrogéomorphologique des cours d'eau

10/11/2023 – Atelier Télédétection Biosefair – Julien Godfroy – julien.godfroy@inrae.fr

# ➤ Qu'est-ce qu'un cours d'eau ?

## River Continuum Concept

Vanote *et al.*, 1980



La biodiversité d'un cours d'eau se structure en fonction de ces échanges et des gradients qu'ils créent.

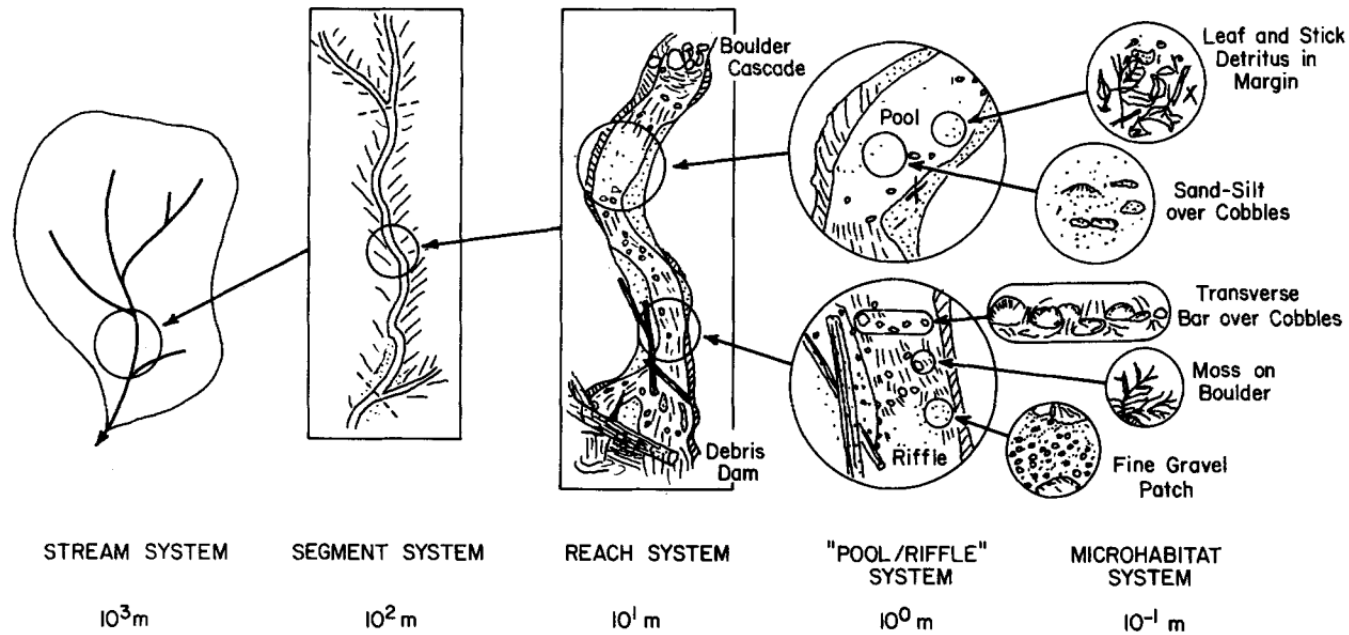
Exemples :

- Gradient amont / aval -> River Continuum Concept.
- Crues et connectivité latérale -> Flood Pulse Concept.
- Connectivité verticale -> Accès à la ressource en eau.

# ➤ Qu'est-ce qu'un cours d'eau ?

## Organisation hiérarchique d'un système fluvial

Frissell *et al.*, 1980



## Variété des résolutions spatiales en fonction des vecteurs d'acquisition.



Satellite : 30 m/pixel ; Avion : 1 m/pixel ; Drone : 1,6 cm/pixel

Basse vallée de l'Ain – J. Godfroy

INRAE

Caractérisation hydrogéomorphologique des cours d'eau

10/11/2023 – Atelier Télédétection Biosefair – Julien Godfroy – julien.godfroy@inrae.fr

## ➤ Qu'est-ce qu'un cours d'eau ?

Les milieux aquatiques et riverains sont complexes, hétérogènes et dynamiques.



Besoin : variables explicatives à des résolutions spatiales et temporelles variées pour en appréhender la biodiversité.



Les outils de télédétection peuvent fournir certaines de ces variables et interfacer avec les relevés terrains en écologie.

INRAE

➤ Restitution de variables hydrogéomorphologiques

# Restitution de variables hydrogéomorphologiques

Extraction d'informations surfaciques.

Classification d'images

Bande Active

Occupation du sol des berges

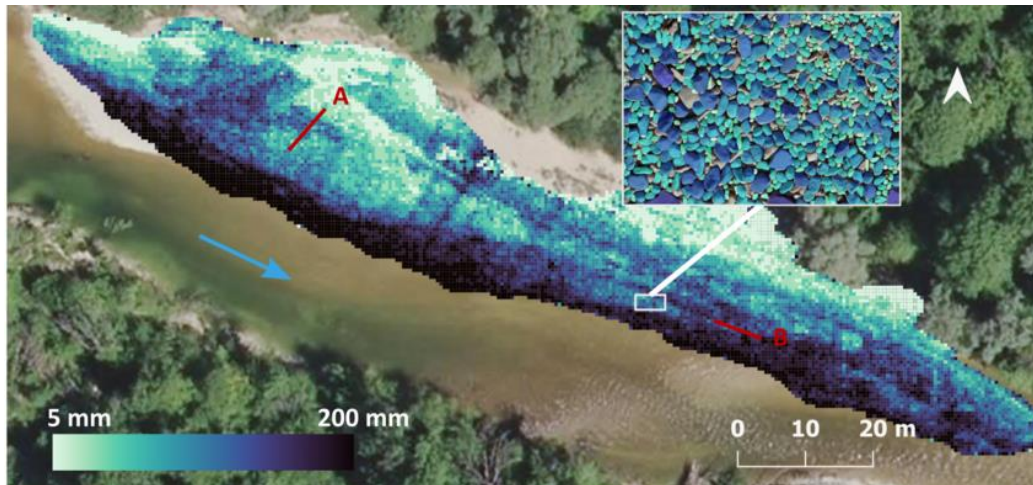


Extraction de métriques

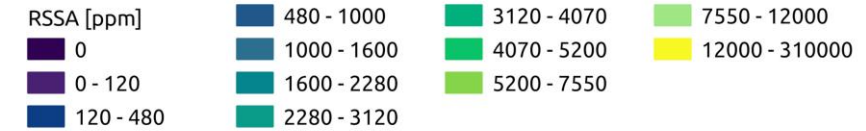
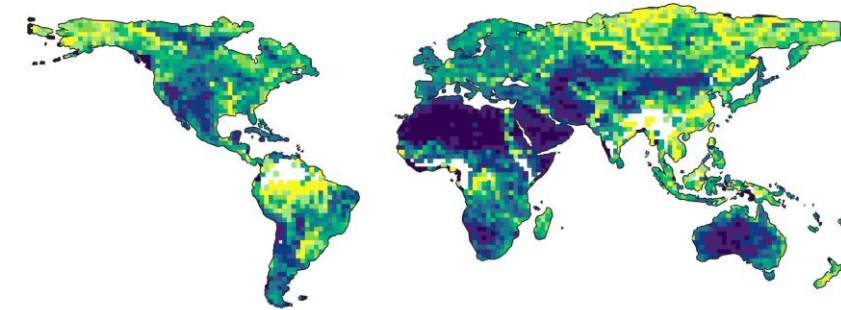
Largeur, sinuosité, granulométrie

Synthèses temporelles

Mörtl et al., 2023

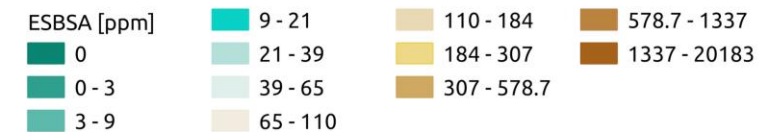
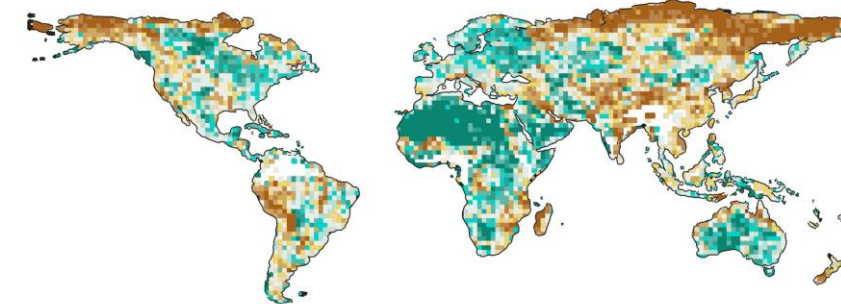


River and Stream Surface Area



Carbonneau & Bizzi, 2023

Exposed Sediment Bar Surface Area



INRAE

Caractérisation hydrogéomorphologique des cours d'eau

10/11/2023 – Atelier Télédétection Biosefair – Julien Godfroy – julien.godfroy@inrae.fr



# Restitution de variables hydrogéomorphologiques

Extraction d'informations topographiques.

LiDAR, Photogrammétrie



Topographie émergée

5-10 cm précision verticale

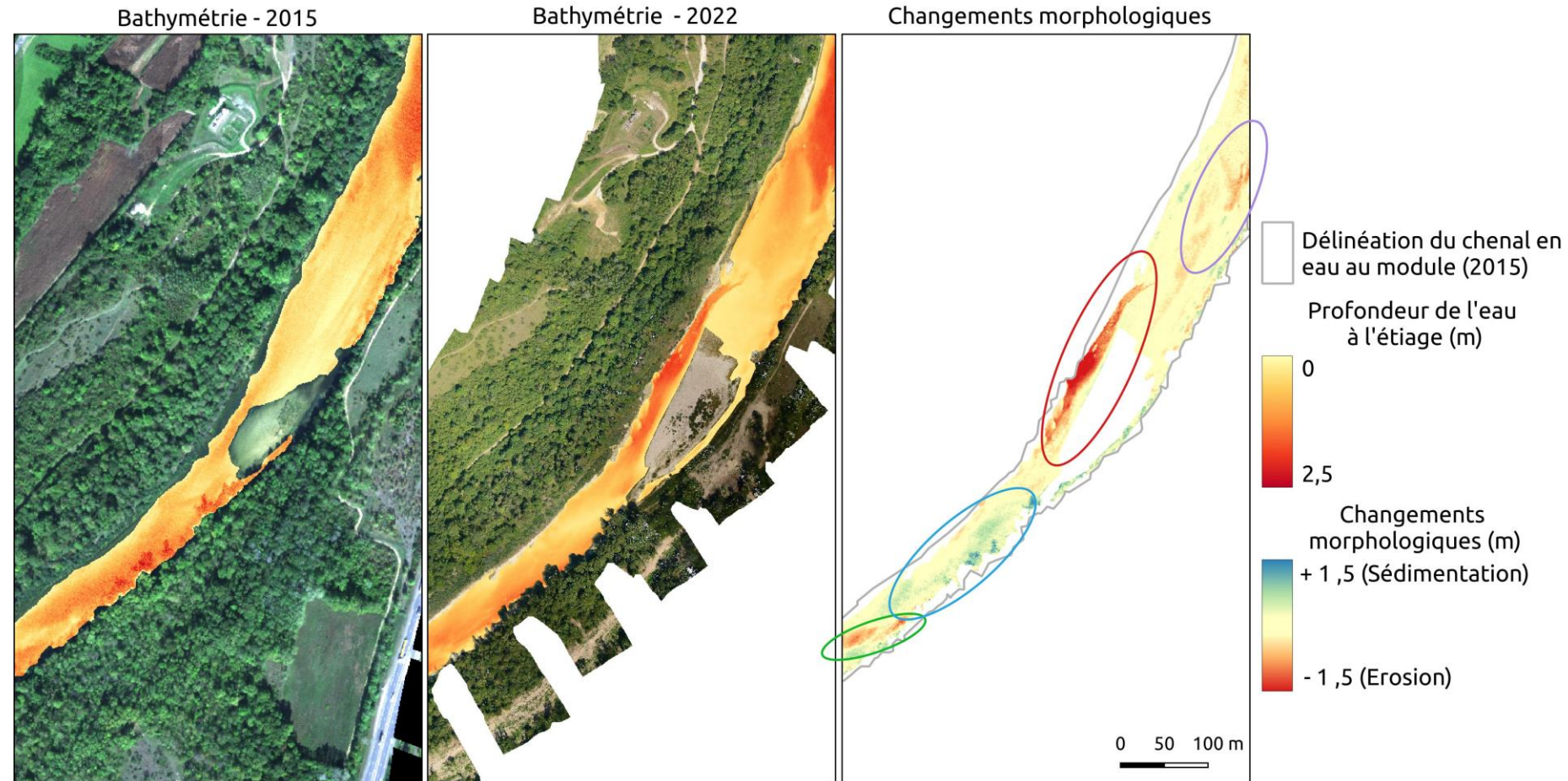
Topographie immergée

10-20 cm précision verticale



LiDAR vert,  
Photogrammétrie,  
Modèles optiques

Thèse J. Godfroy, 2023



- A. Incision au droit du banc.
- B. Incision d'un petit seuil.
- C. Zone de dépôts et ombrage.
- D. Incision au niveau de la mouille.



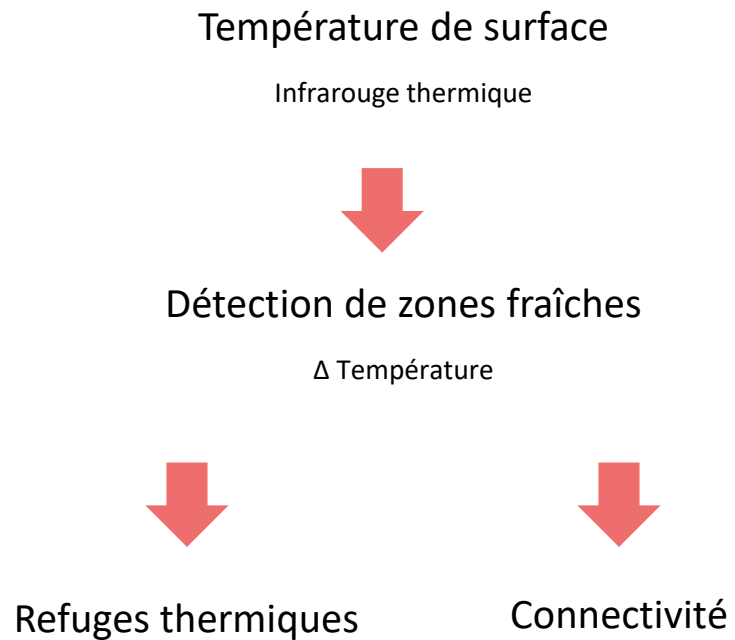
INRAE

Caractérisation hydrogéomorphologique des cours d'eau

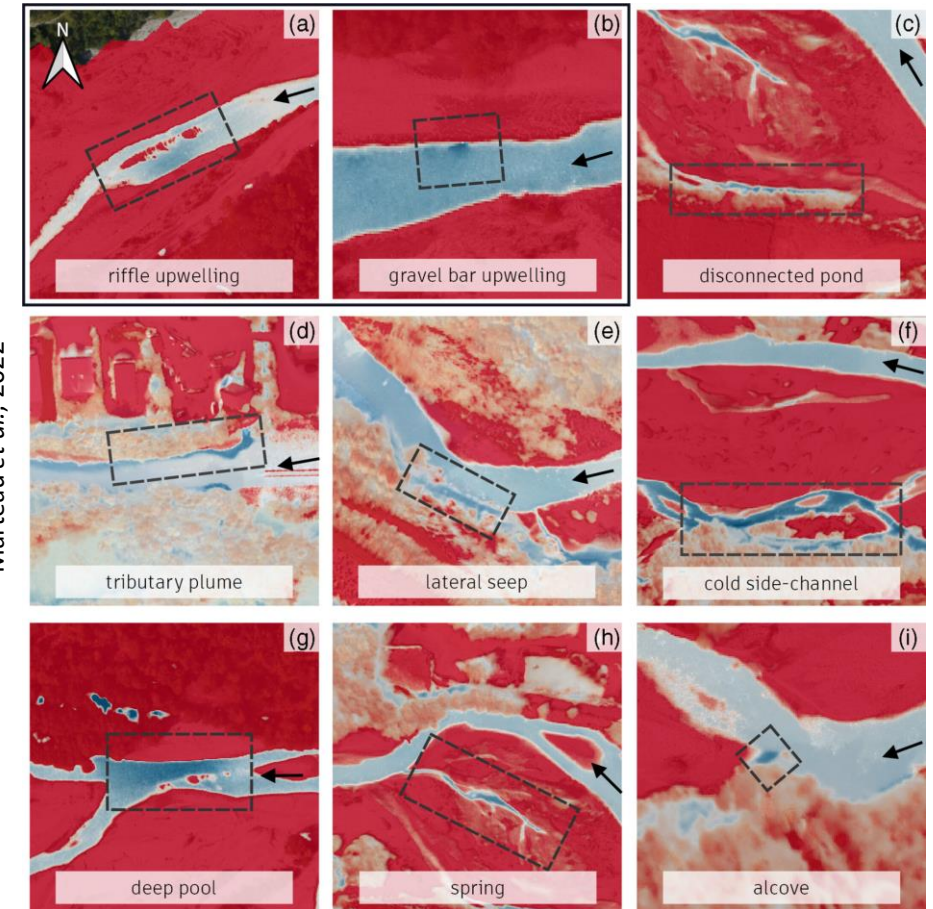
10/11/2023 – Atelier Télédétection Biosefair – Julien Godfroy – julien.godfroy@inrae.fr

# ➤ Restitution de variables hydrogéomorphologiques

Extraction d'informations fonctionnelles.



Refuges thermiques

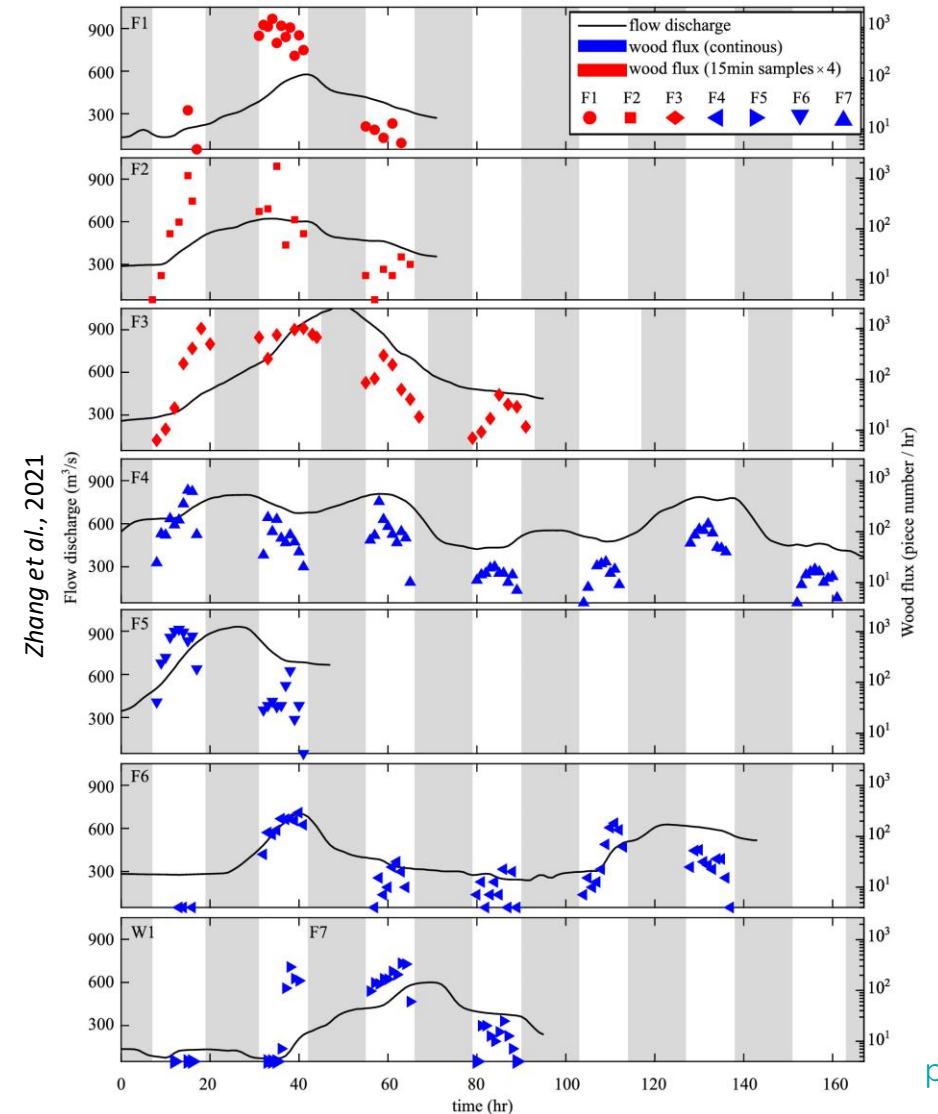


# ➤ Restitution de variables hydrogéomorphologiques

Extraction d'informations à très haute résolution temporelle.

L'installation de caméras ou d'appareils photographiques fixes permet un suivi continu des phénomènes.

- > Flux de bois.
- > Niveau d'eau et débit instantané.
- > Gel et fonte de glace en rivière.



# ➤ Restitution de variables hydrogéomorphologiques

Reconstruction de la trajectoire des systèmes étudiés et des contraintes sur les populations

Ex : Détection de changements géomorphologiques historiques à l'échelle de bassins versants.

Bizzi *et al.*, 2018

Métriques de géométrie hydraulique

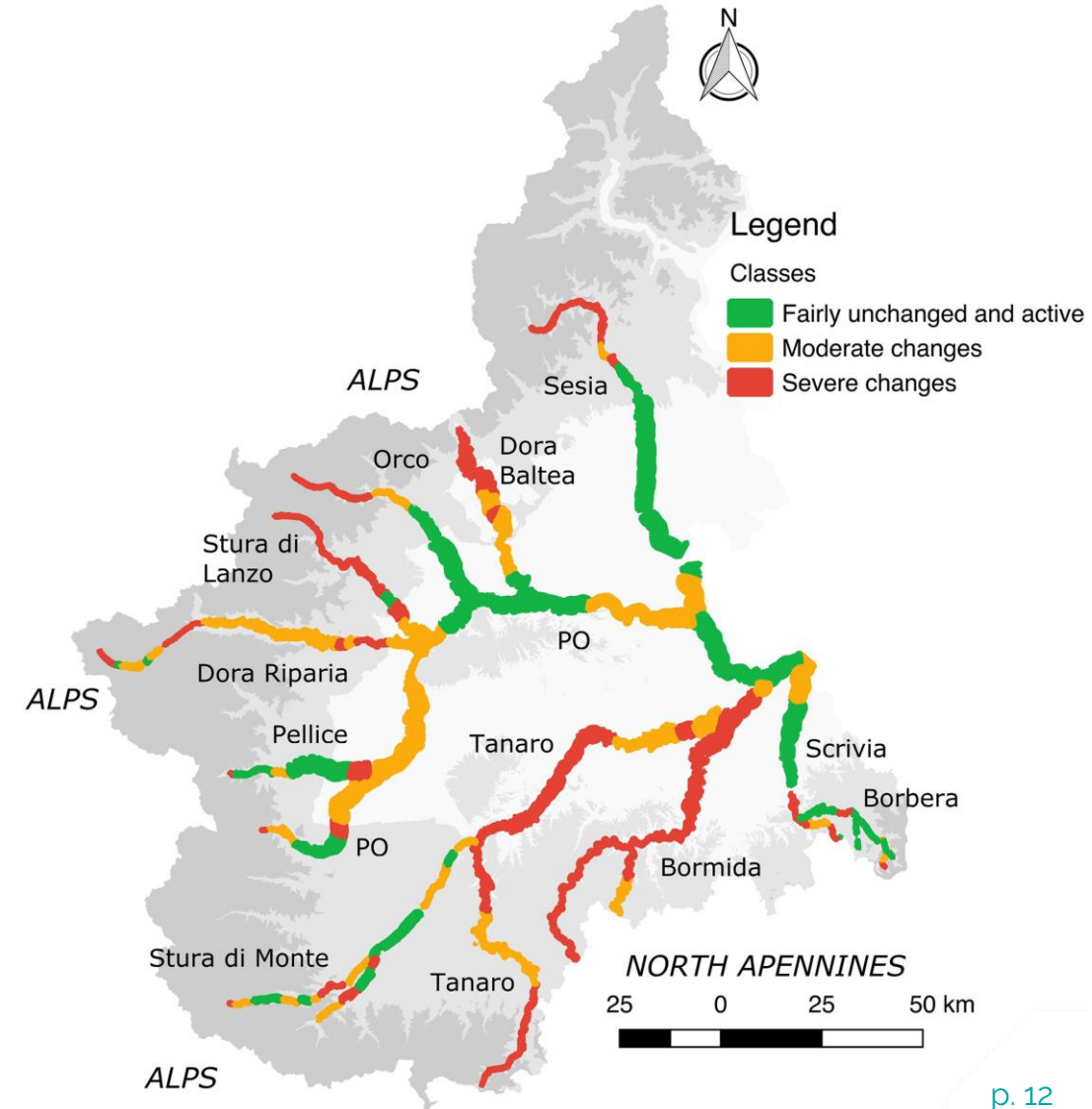
Ex: Largeur de chenal normalisée



Contrôle : rivières alpines en bon état morphologique



Impact de l'activité anthropique des 50-100 dernières années sur les rivières italiennes



INRAE

Caractérisation hydrogéomorphologique des cours d'eau

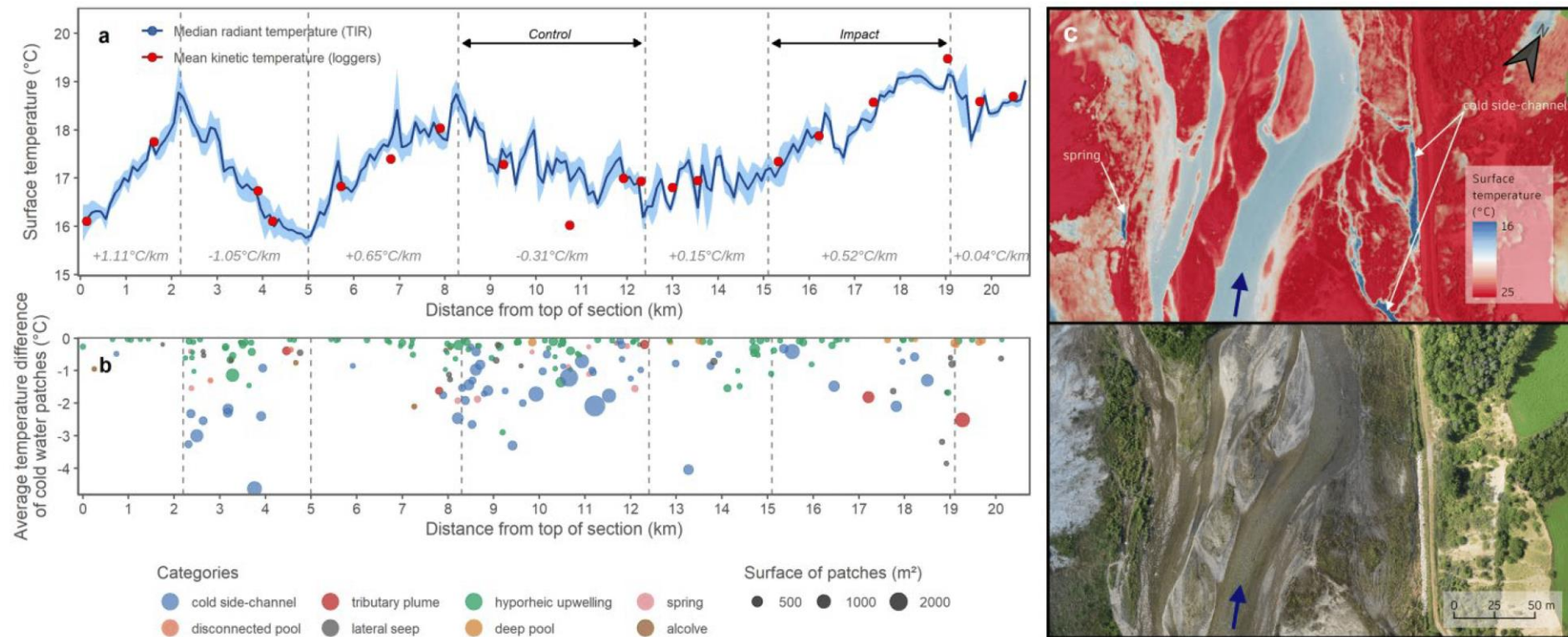
10/11/2023 – Atelier Télédétection Biosefair – Julien Godfroy – julien.godfroy@inrae.fr

# Restitution de variables hydrogéomorphologiques

Reconstruction de la trajectoire des systèmes étudiés et des contraintes sur les populations

Ex : Restauration de formes et du transport solide mais pas des échanges thermiques.

Marteau et al., 2023



Drac



INRAE

Caractérisation hydrogéomorphologique des cours d'eau

10/11/2023 – Atelier Télédétection Biosefair – Julien Godfroy – julien.godfroy@inrae.fr

**INRAE**

➤ **Intérêt pour la biodiversité**



# ➤ Intérêt pour la biodiversité

Communautés aquatiques et espèces sentinelles ou d'intérêt

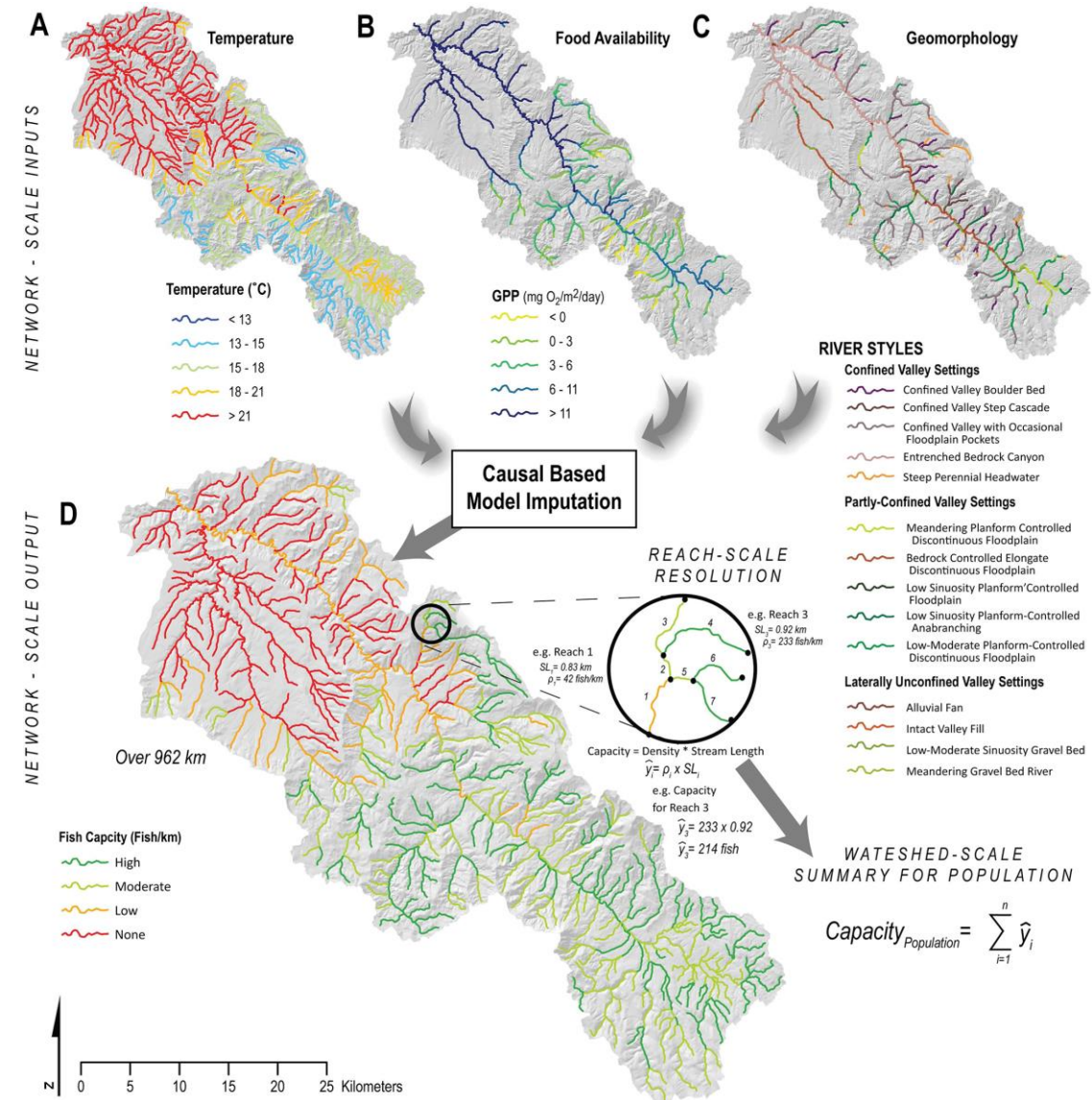
Ex : Populations de saumon dans le bassin du Colorado

Wheaton *et al.*, 2018

Données multi-sources en entrée d'un modèle de site.

- Température.
- Production primaire.
- Style fluvial.

Modélisation de la capacité de tronçons de rivière à subvenir aux besoins d'une population de saumons à l'échelle du bassin versant.



# ➤ Intérêt pour la biodiversité

Communautés aquatiques et espèces sentinelles ou d'intérêt

Ex : Zones de frai du saumon dans l'American River

(Sacramento, Californie)

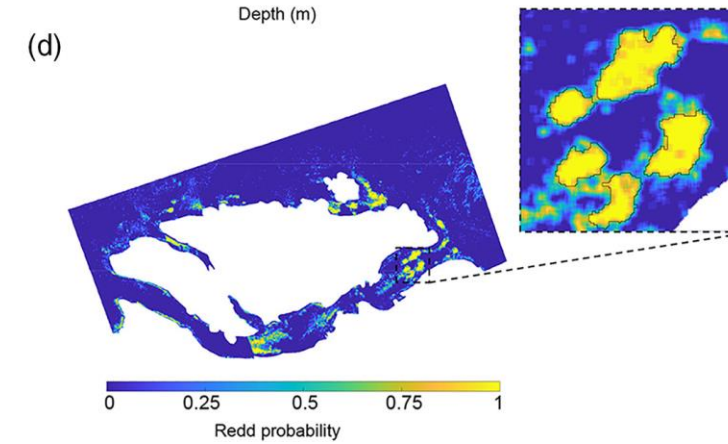
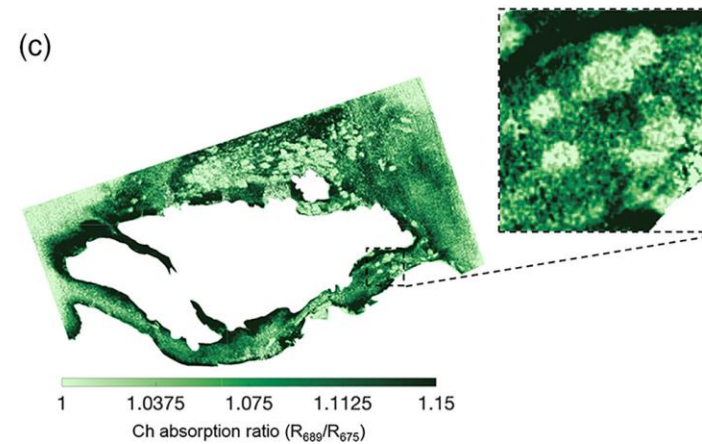
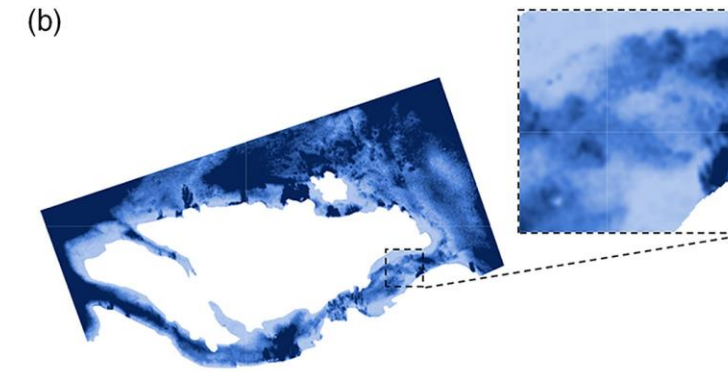
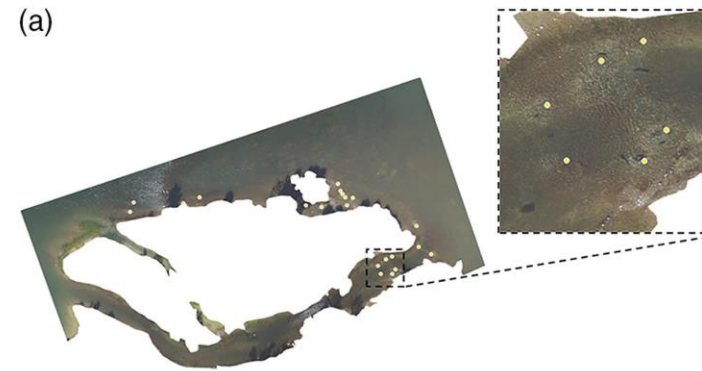
Harrison *et al.*, 2020

Profondeur d'eau.

Absorption de la chlorophylle (proxy périphyton)



Prédiction de la localisation de zones de frai localisées  
sur le terrain avec précision > 95%





## ➤ Intérêt pour la biodiversité

Communautés aquatiques et espèces sentinelles ou d'intérêt

### Ex : Réponse fonctionnelle des ripisylves

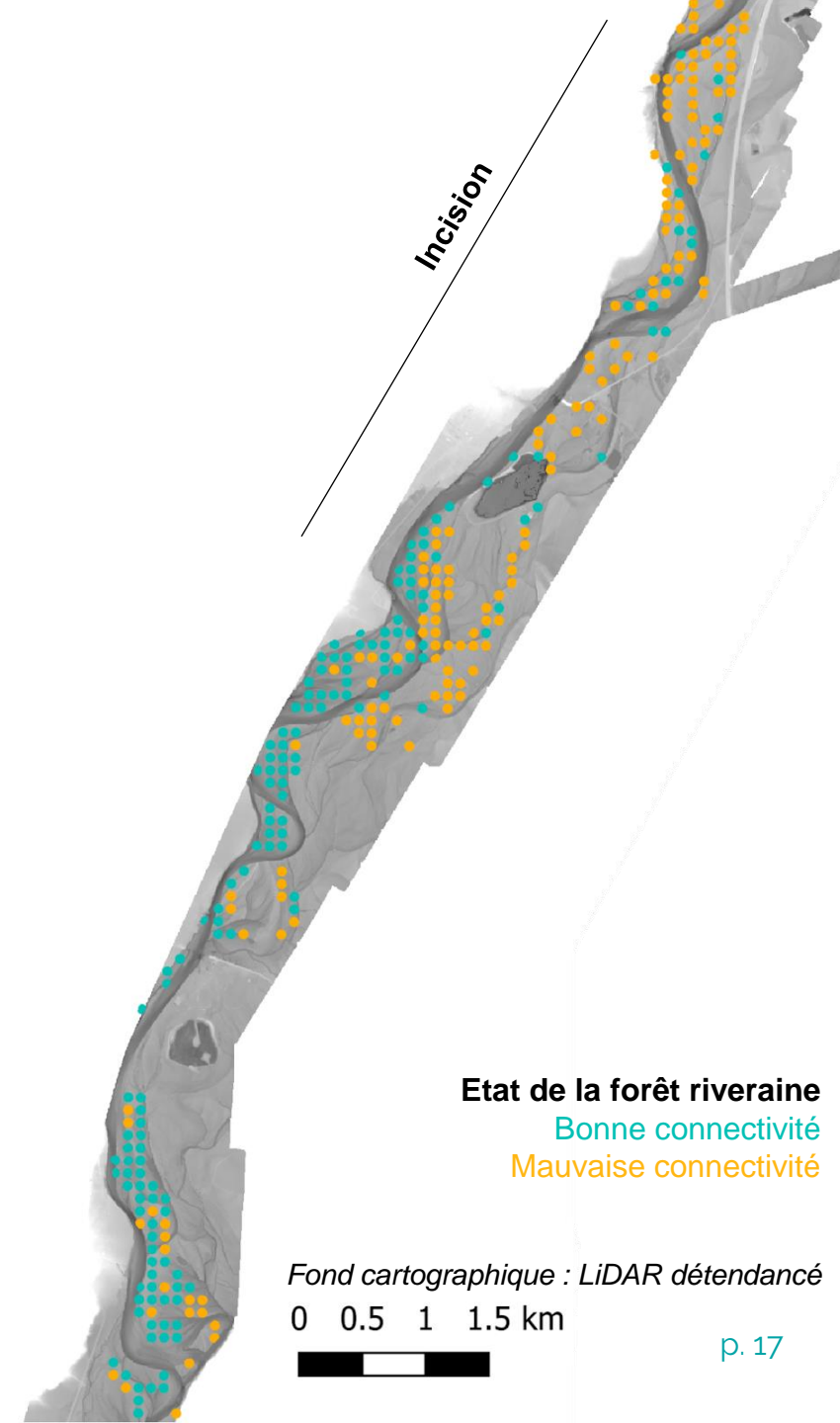
Thèse J. Godfroy (2023) ; Godfroy et al., 2023

Caractérisation des impacts de l'incision du chenal sur les sols.

- > Augmente l'altitude à la ligne d'eau.
- > Réduit la fréquence d'inondation et la sédimentation sous forêt
- => Sols plus pauvres et toit de galets plus élevé (cf. nappe)

Distance à la ligne d'eau et à la nappe d'accompagnement est un bon prédicteur des communautés et de l'humidité du milieu.

- > Affecte les transitions vers des communautés plus sèches
- > Impacte le statut hydrique et la résistance aux sécheresses



## ➤ Intérêt pour la biodiversité

Ex: Etudier la végétalisation des bancs de l'Isère.

Éléments contextuels : conflit d'acteurs dans un système fortement anthropisé et régulé

Isère en combe de Savoie.

- > Lit endigué, contrôle de l'hydrologie par les barrages.
- > Risque inondation sur les routes et la plaine de la combe.
- > Entretien régulier de la végétation par les acteurs locaux.

Des conflits d'acteurs.

- > Travaux de restauration par le syndicat de rivière.
- > Arasement de la végétation et lâchers d'eau par EDF.

*Quelles modalités de gestion pour ne pas répéter des travaux lourds et coûteux ?*



## ➤ Intérêt pour la biodiversité

Ex: Etudier la végétalisation des bancs de l'Isère.

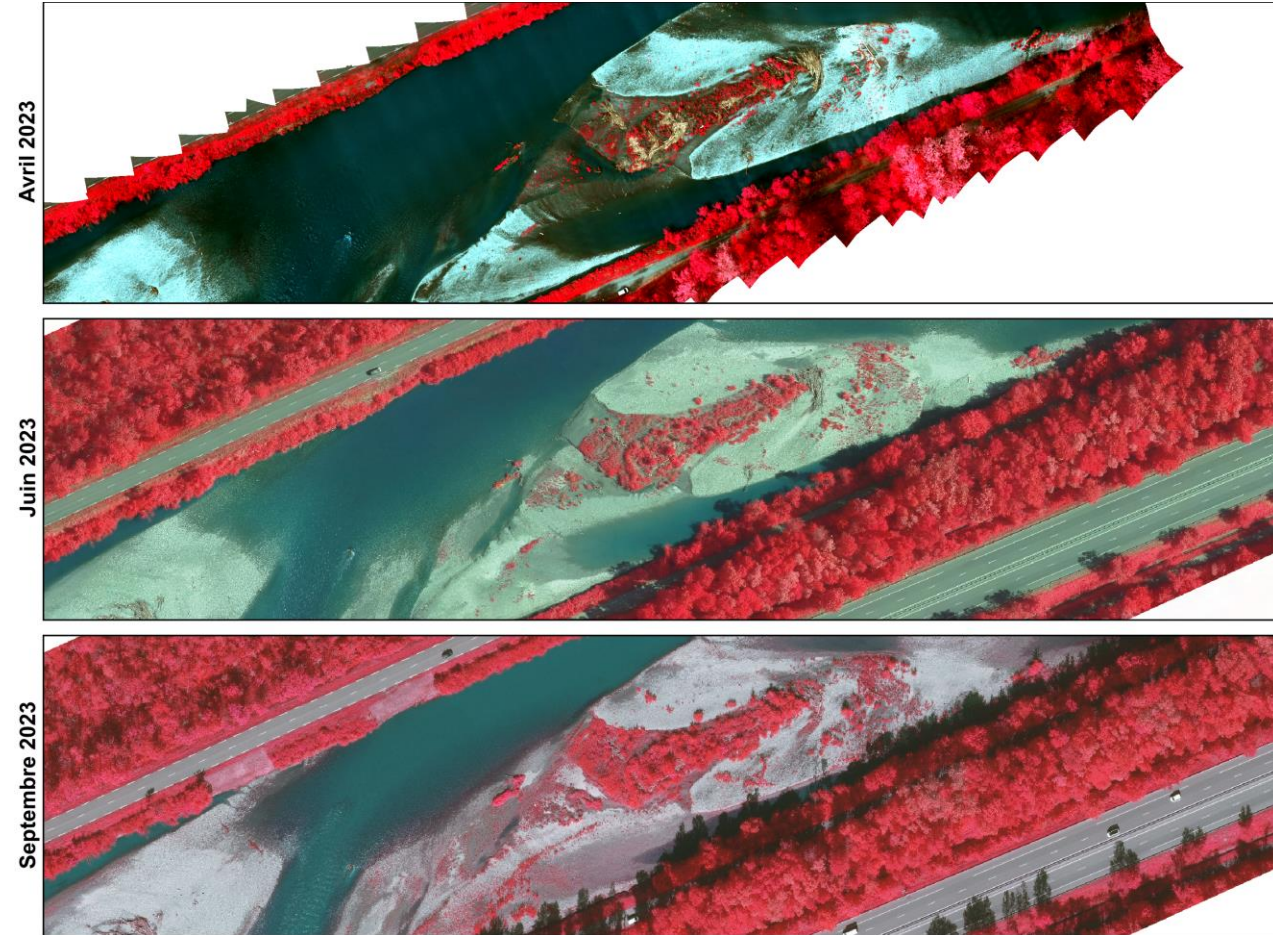
En quoi un couplage télédétection – écologie peut-il aider ?

- Localisation de la végétation pionnière ligneuse et herbacée.
- Extraction de variables morphologiques explicatives (e.g. topographie, granulométrie).
- Approche multi-scalaire.



*Qu'est-ce qui pousse, où et pourquoi ?*

*Quels leviers d'action pour les acteurs (e.g. hydrologie) ?*



INRAE

➤ Conclusions – perspectives



## ➤ Conclusions – perspectives.

Géomorphologie  Télédétection  Good !

Une richesse en données spatialisées pour des approches multi-scalaires et pluri-temporelles.

Passage d'un manque de données en géomorphologies à la possibilité d'approches *data-driven*.

Des techniques de plus en plus matures qui permettent une vision globale de la trajectoire hydrogéomorphologique des cours d'eau

## ➤ Conclusions – perspectives.

Géomorphologie + Télédéttection + Ecologie = Better ?

À vous de jouer !