



# Caractérisation des méso- habitats fluviaux par drone : domaines de recherche et d'application

**Jerôme Lejot**

# Les méso-habitats fluviaux

## ▪ Marqueurs hydro-morphologiques



- ✓ Radiers, mouilles, plats,
- ✓ Atterrissements



- ✓ Faciès granulométriques
- ✓ Faciès végétales



- ✓ Faciès thermiques/écoulements (stagnante, vive, phréatique, hyporhéique...)

# Les méso-habitats fluviaux

## Les processus physiques :

✓ Dynamiques latérales  
(érosion, rétrécissement...)

✓ Déplacement de charge amont / aval  
(incision, exhaussement)  
✓ Granulométrie (gradient amont / aval)  
✓ Evolution des annexes fluviales  
(Atterrissement, connectivité)

Dynamique de la végétation  
terrestre & aquatique  
(colonisation / eutrophisation)  
Spatialisation des habitats

## Les processus écologiques :

## Impact des facteurs anthropiques

Drôme (Luc-en-Diois)



# Drones : retour d'expériences

# Drones : retour d'expériences

Pixy drone



Drélio hélicoptère



Hoctocopter (prises de vue)



Avril 2012

DGAC S1, S2

2004

2007

2012

2017

2016

Hexacopter (Transpondeur)



DGAC S1, S2, S3

Hexacopter (LiDAR)



DGAC S1, S2, S3

2 Quadcopters (prises de vue)

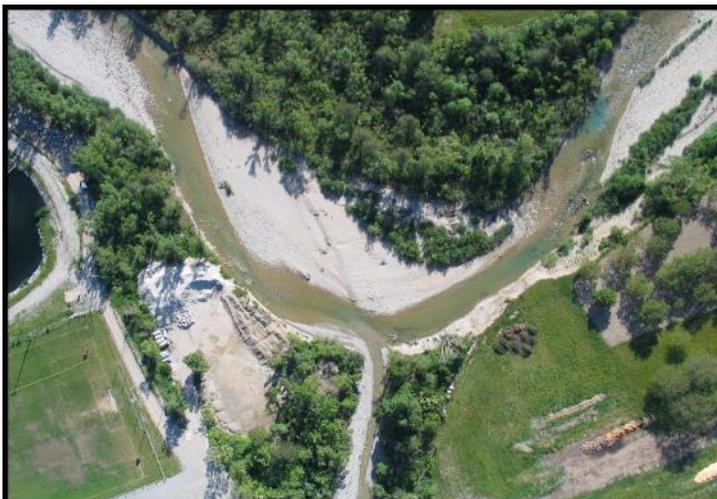


DGAC S1, S2, S3



Quatarob (prise de vue)

# Drones : retour d'expériences



Meander bend with small tributary  
(Luc-en-diois / Drôme - alt.: 210 m, res: 10 cm)



Oxbow lake section with power lines  
(Malourdie / Rhône - alt.: 178 m, res: 8.5 cm)



Limestone outcrops  
(Varambon / Ain - alt.: 335 m, res: 16 cm)



Sedimentary plume  
(Bellegarde / Ain - alt.: 141 m, res: 6.7 cm)

# Drones : retour d'expériences



Regenerating forest  
(Bellegarde / Ain - alt.: 258 m, res.: 12.3 cm)



Woody debris / grain size structure  
(Gévrieux / Ain - alt.: 36 m, res.: 1.7 cm)



Floating aquatic vegetation  
(Planet / Ain - alt.: 31 m, res.: 1.5 cm)



Submerged aquatic vegetation  
(Brotalet / Rhône - alt.: 160 m, res.: 7.7 cm)

# Capteurs



# Capteurs

## Entre 800 g et 1,3 Kg

- ✓ **Capteurs optiques dans le domaine du visible**  
(9 à 14 Mp)



- *Canon G9*
- *Canon G10*
- *Nikon D700*

- ✓ **Capteur optique proche infrarouge**  
(520 à 920 nm à 3.2 Mp)



*Tetracam ADC  
Multispectral  
camera system*

- ✓ **Capteur optique dans l'infrarouge thermique**  
(640 \* 480 pixels)



*VarioCAM®  
Infratec*

- ✓ **Capteur hyperspectral** (*Gamme Spectrale :  
380-1000 nm, rspectrale : 5-6 nm, 640  
bandes spatiales x 270 bandes spectrales*)



*Nano HyperSpec®  
VNIR*

- ✓ **LiDAR léger** (*32 lasers 360° x 40° - 700 000  
points/seconde*)



*Velodyne HDL-32E*



# Caractérisation des méso-habitats

- **Restitution bathymétrique (& surfaces émergées)**
- **Restitution des habitats thermiques**
- **Restitution granulométrique**
- **Restitution de la végétation**

# Restitution bathymétrique

- **Objectif :** Caractériser la topographie des lits mouillés (chenaux actifs, annexes fluviales)
- **Résultats attendus :**  
Quantifier les variations topographiques des chenaux : évolution de la charge de fond (spatiale, temporelle), sédimentation des bras morts (vitesse), durée de vie des restaurations

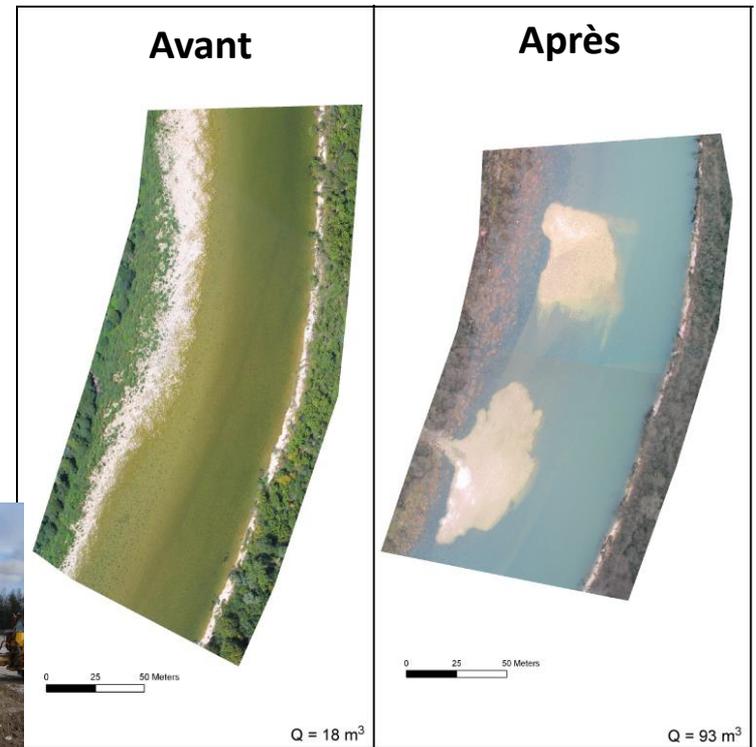


Lône de Malourdie (Chautagne – Rhône)

Avant



Après



Tronçon de Bellegarde (Ain)

# Restitution bathymétrique

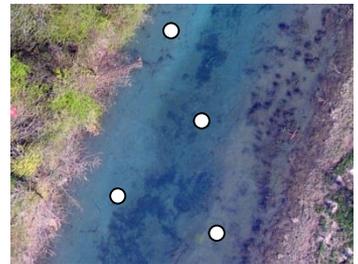


- ✓ Images très haute résolution (domaine du visible)

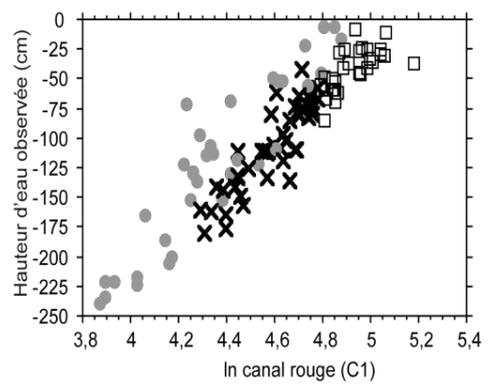


Lône de Malourdie (Chautagne – Rhône)

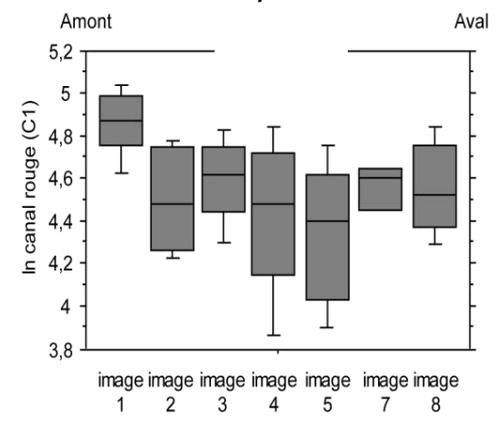
- ✓ Mesures *in situ* : DGPS - Capteur pression / écho-sondeur



- ✓ Méthode : Régression multiple (Couplage radiométrie / hauteur d'eau)



□ sédiment grossier    X limon    ● végétation



\* Aucun point de mesure n'est associé aux images 6 et 9

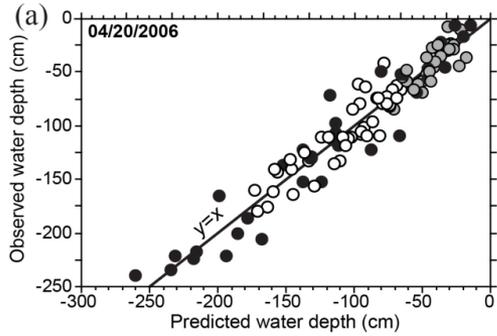
$$\text{Profondeur} = a \cdot \ln C1 + b \cdot \ln C2 + c \cdot \ln C3 + d$$

# Restitution bathymétrique

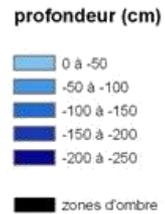
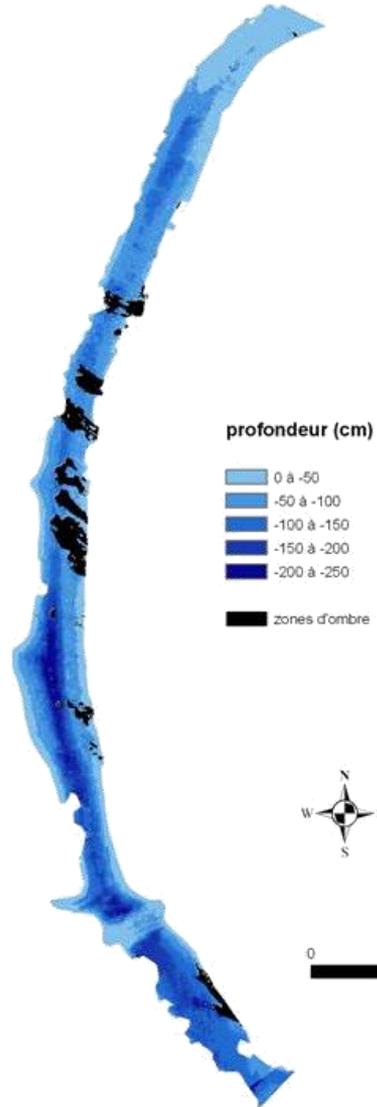


## ➤ Bathymétrie

### Modèle Bathymétrique



- Coarse sediment  
Depth =  $165.75 \ln(C1) - 81.92 \ln(C3) - 444.93$   
 $R^2 = 0.63; N = 33; P < 10^{-4}$
- Fine sediment  
Depth =  $217.48 \ln(C1) - 117.49 \ln(C2) + 111.45 \ln(C3) - 1\ 076.70$   
 $R^2 = 0.82; N = 44; P < 10^{-4}$
- Aquatic vegetation or debris  
Depth =  $294.14 \ln(C1) - 329.65 \ln(C2) - 167.82$   
 $R^2 = 0.92; N = 36; P < 10^{-4}$



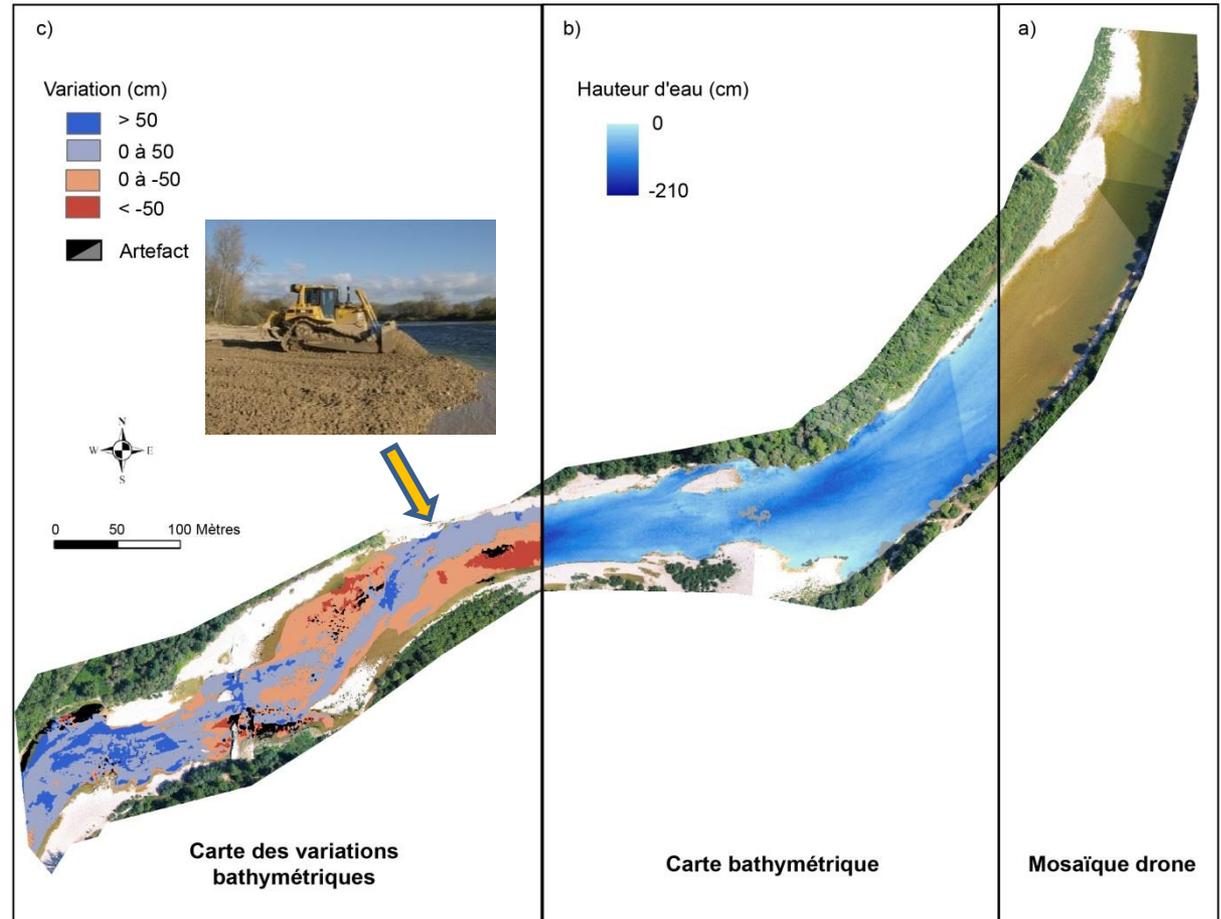
Rendu 3D

- MNT du chenal (précision décimétrique)

# Restitution bathymétrique

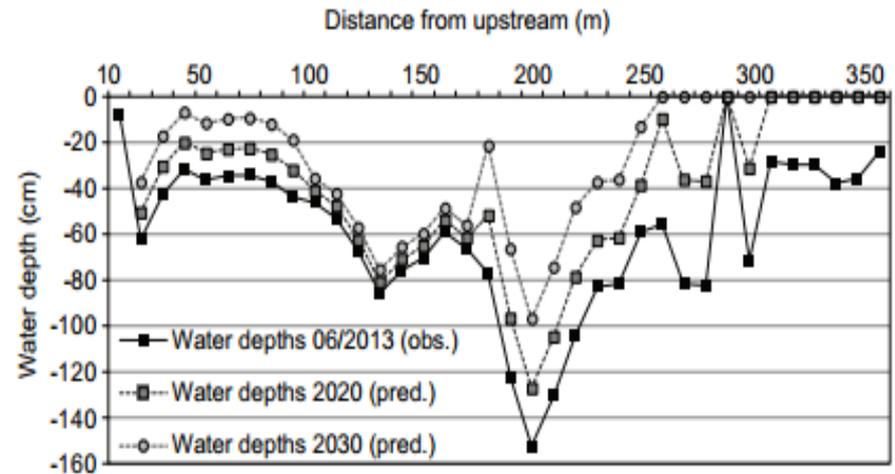
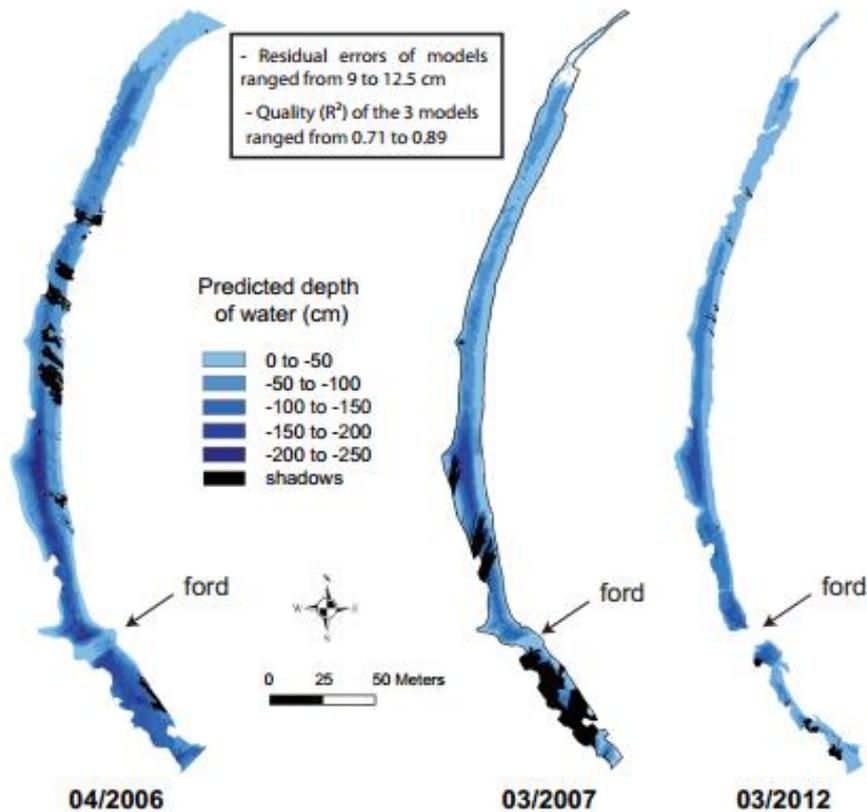
## ➤ Bathymétrie différentielle

- Spatialisation des dépôts, distances parcourues
- Bilan sédimentaire



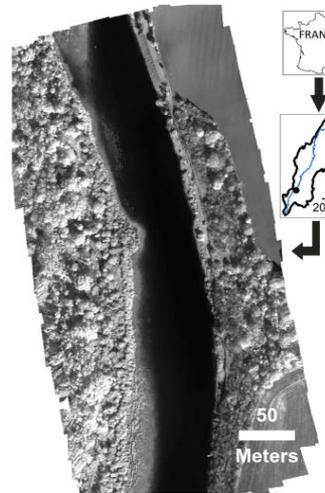
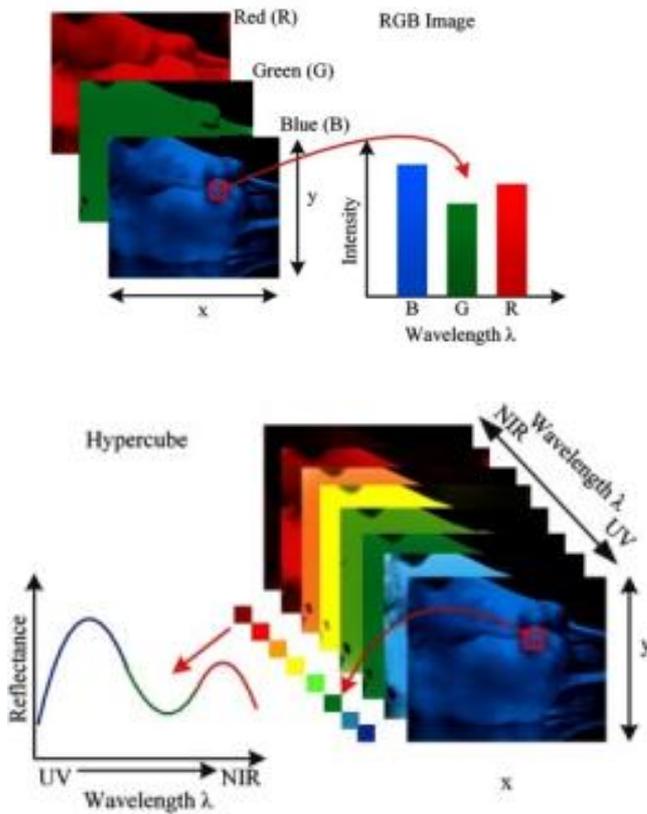
# Restitution bathymétrique

## ➤ Bathymétrie prédictive



# Restitution bathymétrique

## ➤ Bathymétrie par imagerie hyperspectrale



Tronçon de Bellegarde (Ain)

Depth samples from hydraulic model

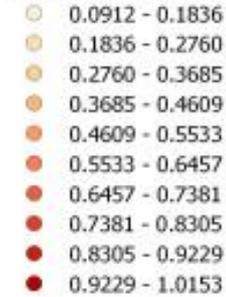
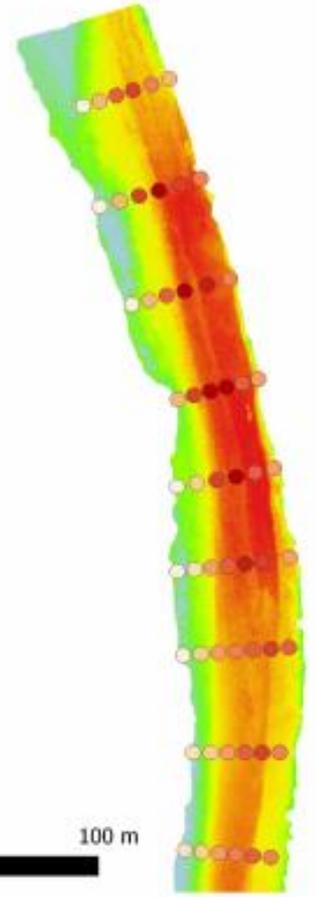
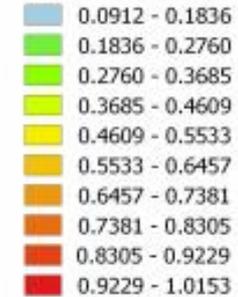


Image derived depth map [m]





# Restitution des habitats thermiques

# Restitution des habitats thermiques

➤ **Objectif** : Caractériser la thermie des lits mouillés

➤ **Résultats attendus** :

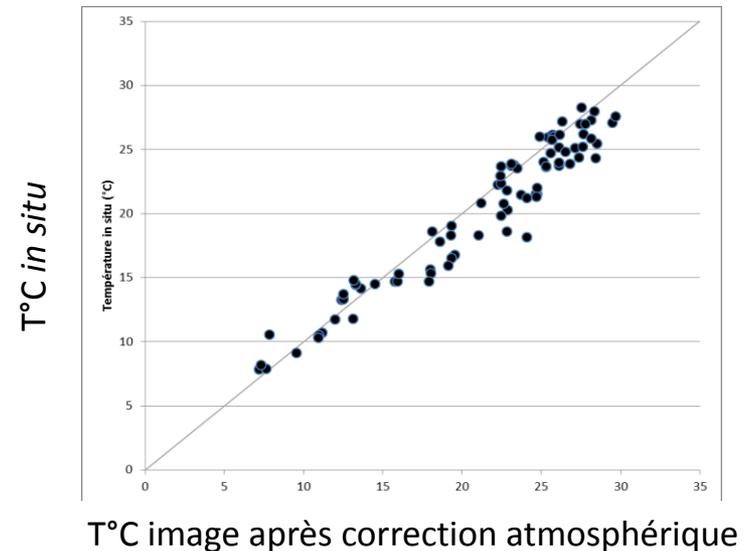
- i) Identifier les variabilités spatiales et temporelles
- ii) Liens avec morphologie des cours d'eau
- iii) Liens avec les habitats

✓ **Méthode** : Régression  
(Corrélation radiométrique /  $T^{\circ}$  *in situ*)  
Correction atmosphérique (MODTRAN)

✓ **Mesures *in situ*** :  
Calibration thermique

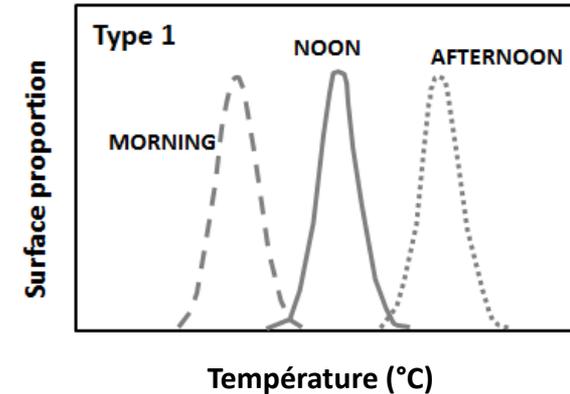


Vemco

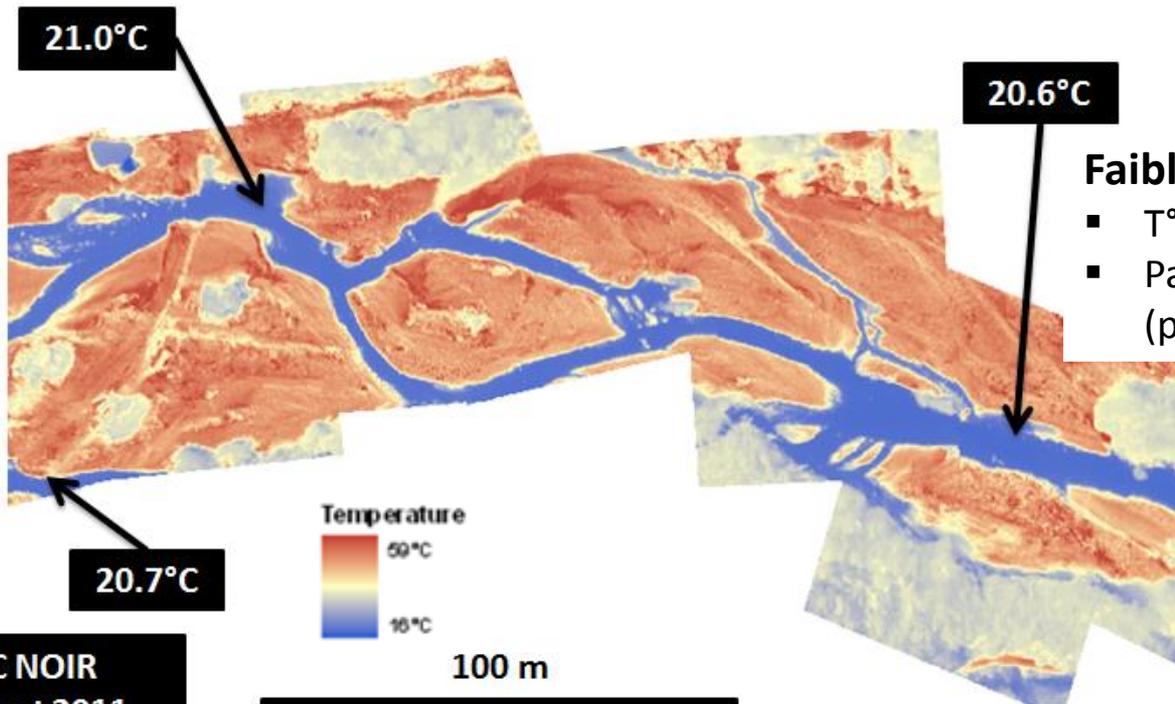


# Restitution des habitats thermiques

2 types de faciès thermiques  
(rivières en tresse)



17:00



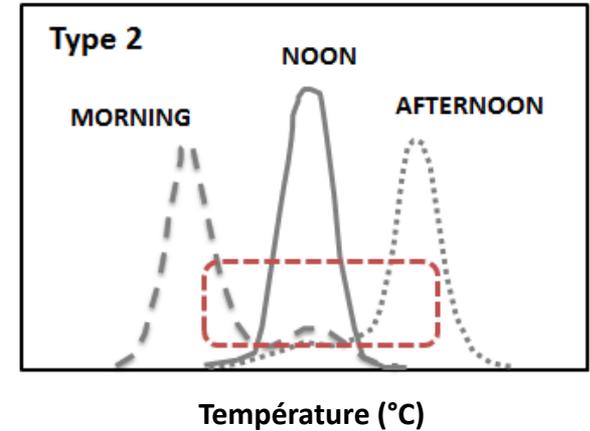
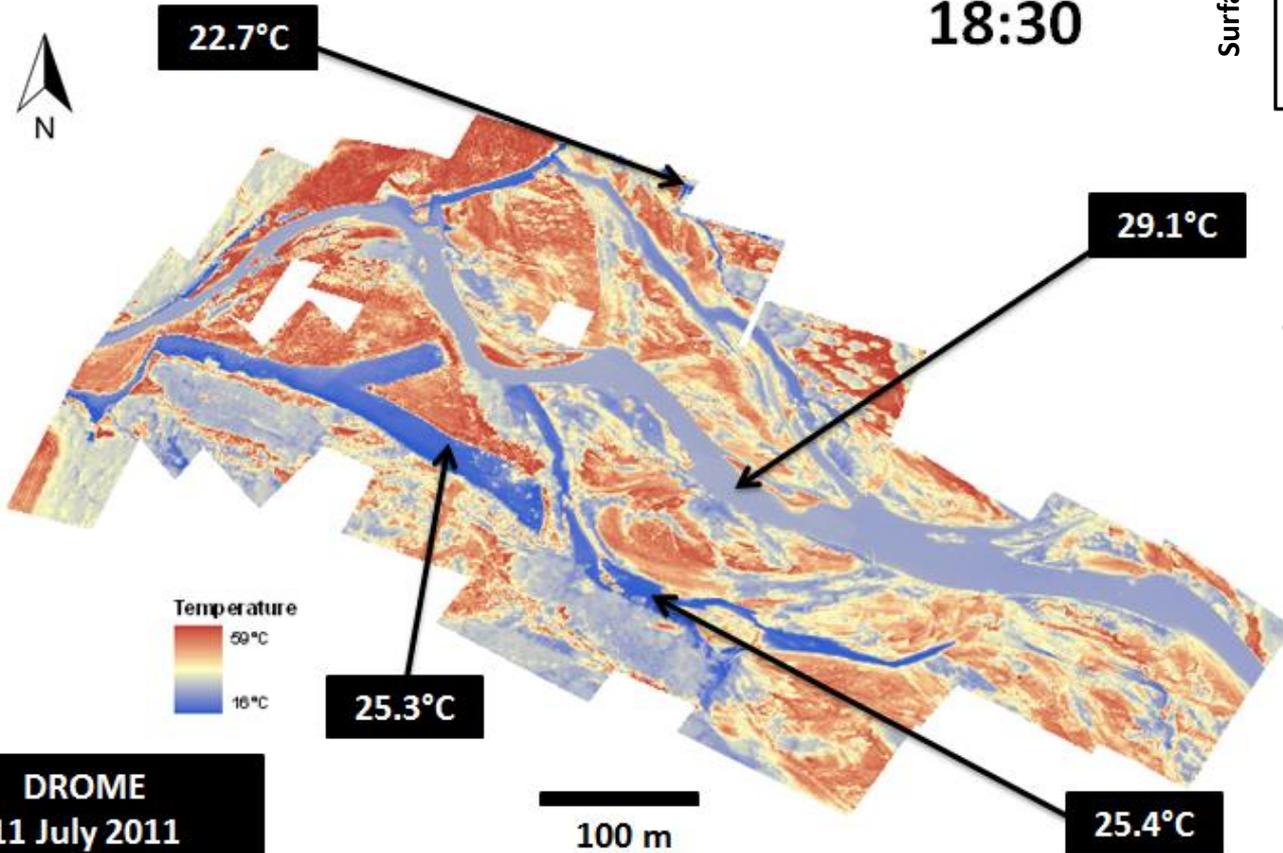
**Faible variabilité des T° intra jours :**

- T°C homogène
- Pas ou peu de contributions latérales (phréatique, hyporhéique)

DRAC NOIR  
22 August 2011

# Restitution des habitats thermiques

2 types de faciès thermiques  
(rivières en tresse)



**Forte variabilité des T° intra jour :**

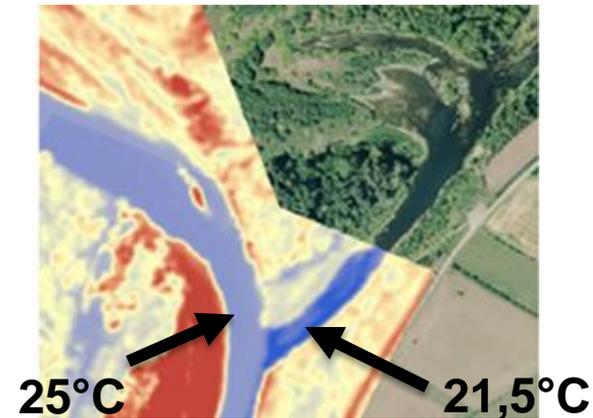
- T° changent en fonction de la température de l'air
- Contributions + forte d'apports latéraux

# Restitution des habitats thermiques

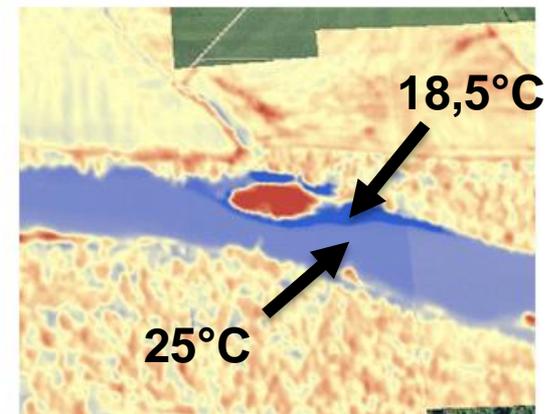
## 3 types de refuges thermiques (rivières à méandre)

Images IRT estivales  
(28 Juin 2011, fin d'après midi)

Bras morts



Résurgences



Hyporhéiques

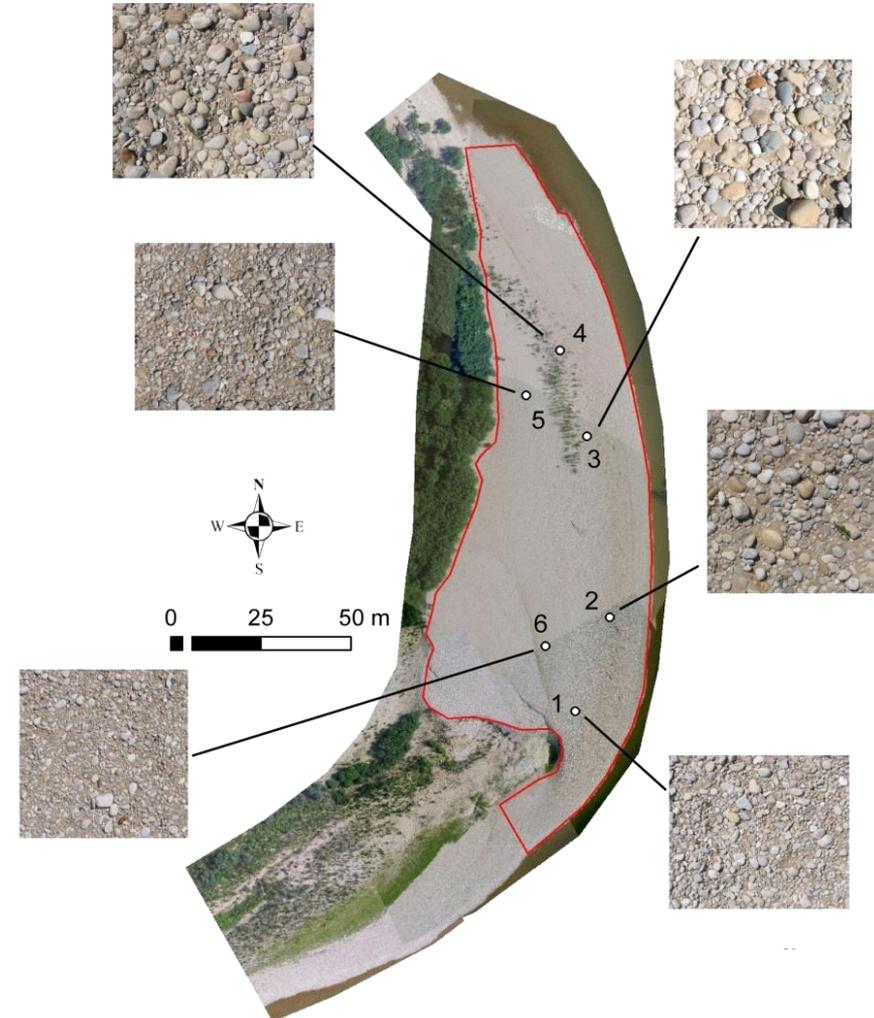


A wide river with a rocky bed and forested hills in the background. The text is overlaid on the center of the image.

# Restitution granulométrique

# Restitution granulométrique

➤ **Objectif** : Caractériser les faciès granulométriques



➤ **Résultats attendus** :

- i) Identifier la taille des particules et leur distribution à l'échelle des tronçons
- ii) Identifier les habitats (piscicoles)

✓ **Mesures *in-situ*** :  
DGPS + Echantillonnage granulométrique (Wolman)

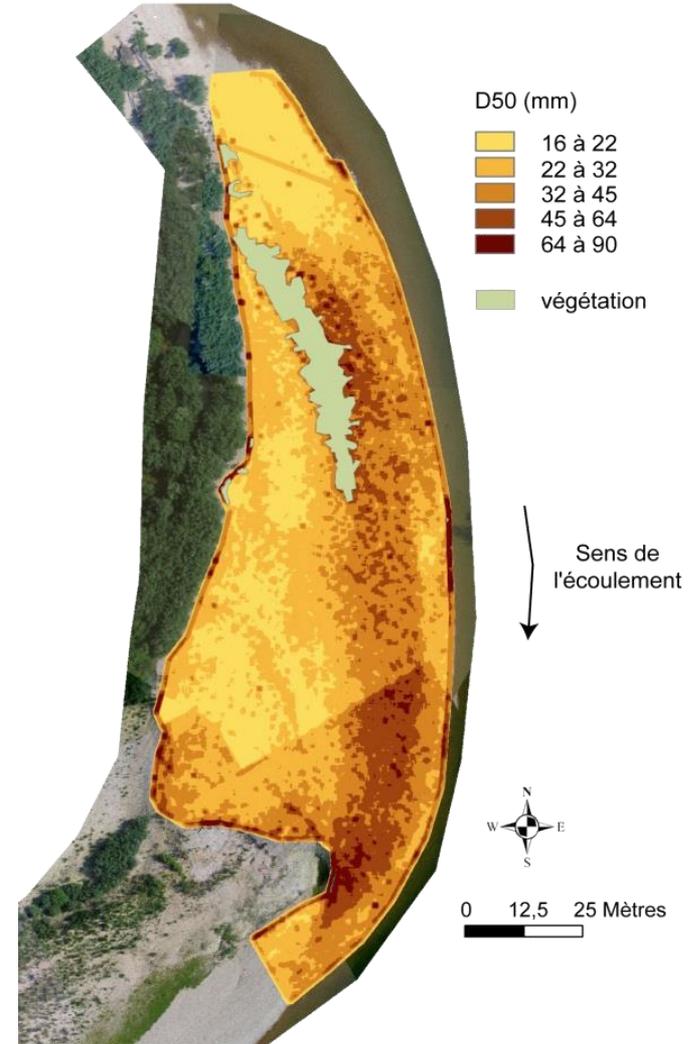
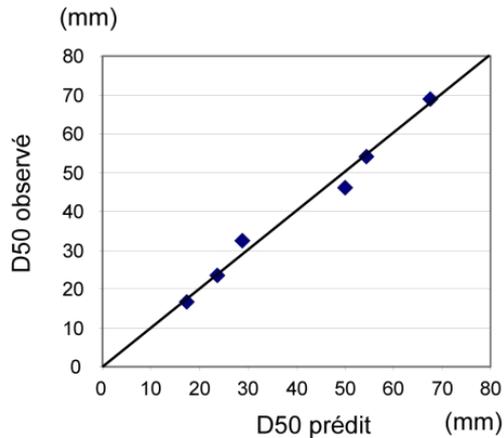
# Restitution granulométrique

## ✓ Méthode : Auto-corrélation spatiale

Semi-variance 2D : fréquence d'apparition des pixels pour extraire la taille médiane des particules (D50)

$$\gamma(p, q) = \frac{1}{2(N - |p|)(M - |q|)} \sum_{i=1+\frac{|p|-p}{2}}^{N-\frac{|p|+p}{2}} \sum_{j=1+\frac{|q|-q}{2}}^{M-\frac{|q|+q}{2}} [Z(i+p, j+q) - Z(i, j)]^2$$

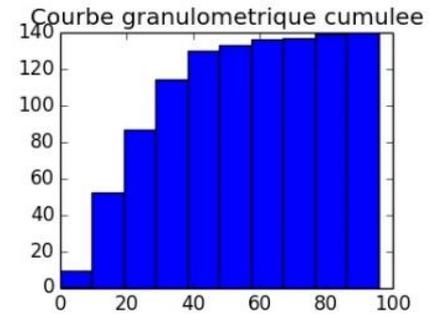
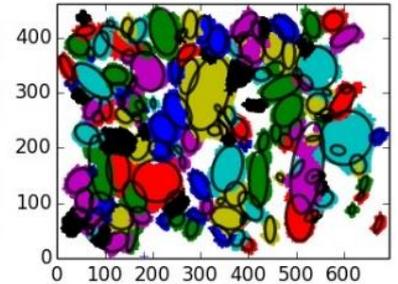
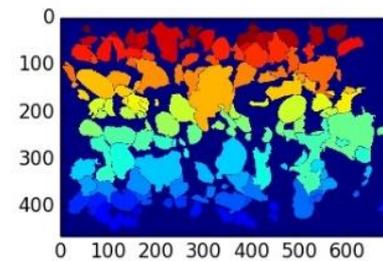
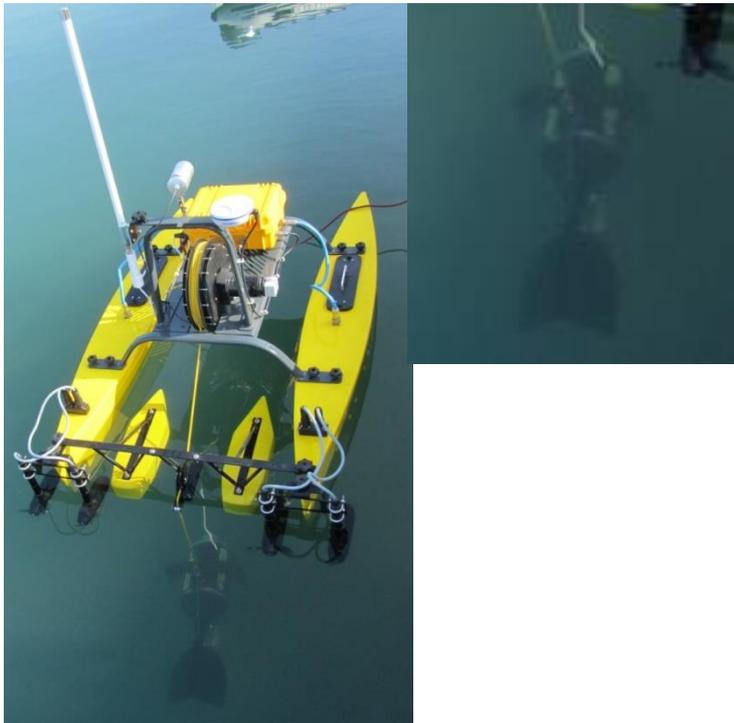
Modèle granulométrique



- Restitution de la granulométrie à l'échelle d'un banc
- Distribution des D50

# Restitution granulométrique

## Quatarob



# Restitution granulométrique

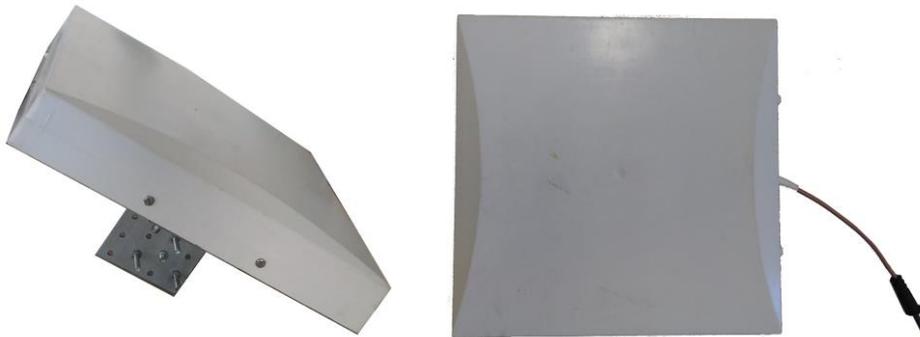
## Hexacopter (DJI - ZABR)



*DGAC S1, S2, S3*



*Galets artificiels équipés de  
transpondeur actif*



*Antenne passive*



# Caractérisation de la végétation

# Caractérisation de la végétation

➤ **Objectif :** Caractériser la végétation alluviale, riparienne, les invasifs

➤ **Résultats attendus :**

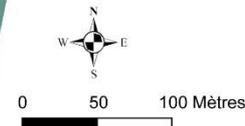
- i) Identification des espèces, des patrons
- ii) Comprendre les logiques de colonisation des invasives
- iii) Analyser les dynamiques de recolonisation alluviale après restauration



Jun 2006



Jun 2007

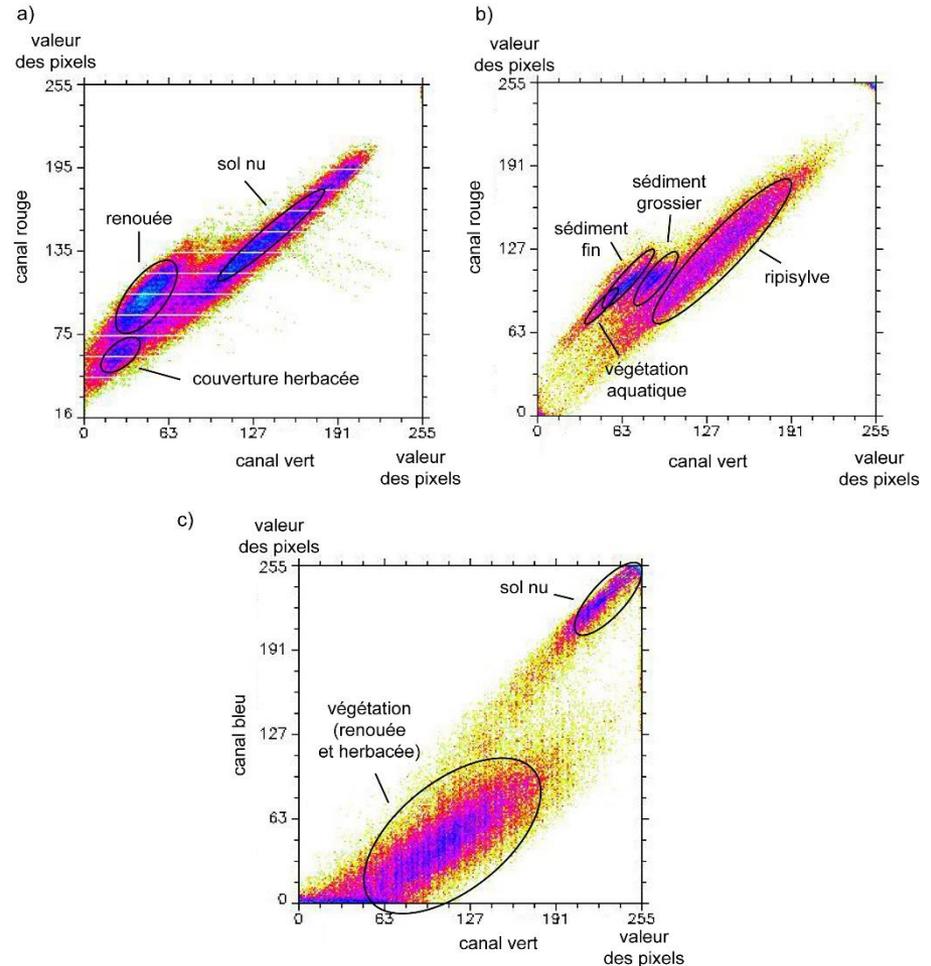
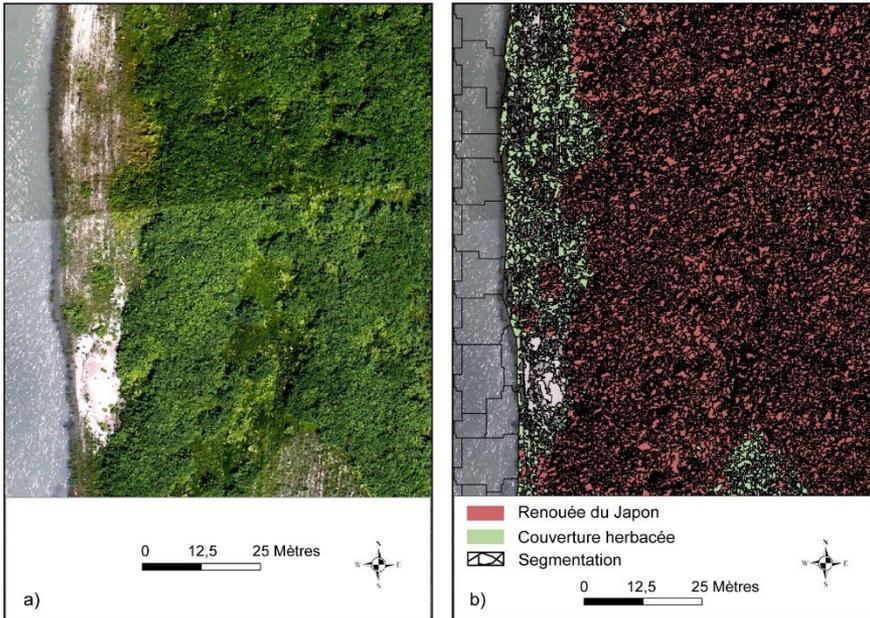


Grandes Iles (Chautagne – Rhône)

# Caractérisation de la végétation

✓ **Méthode** : Classification orientée objet

## Segmentation d'images

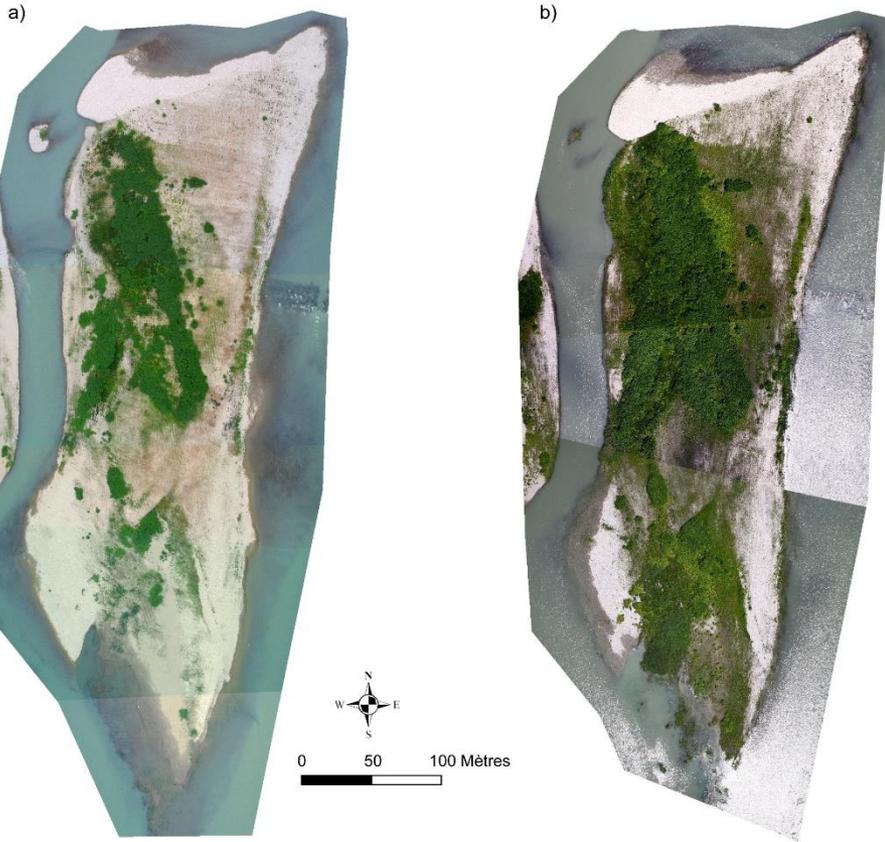


## Analyse radiométrique

# Caractérisation de la végétation

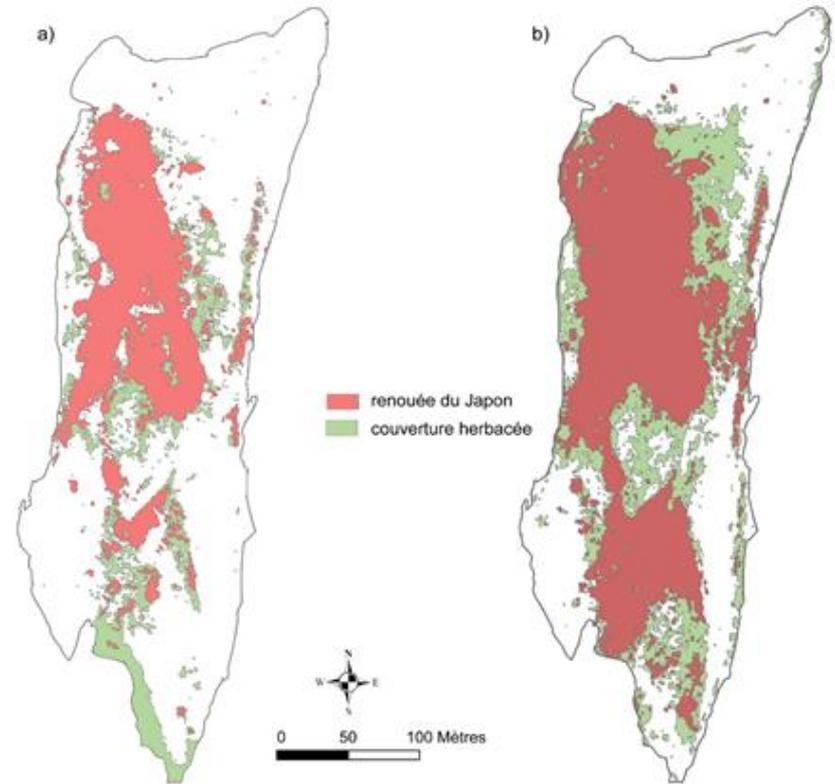


## ➤ Végétation terrestre (Renouée du Japon)



Jun 2006

Jun 2007



23 %

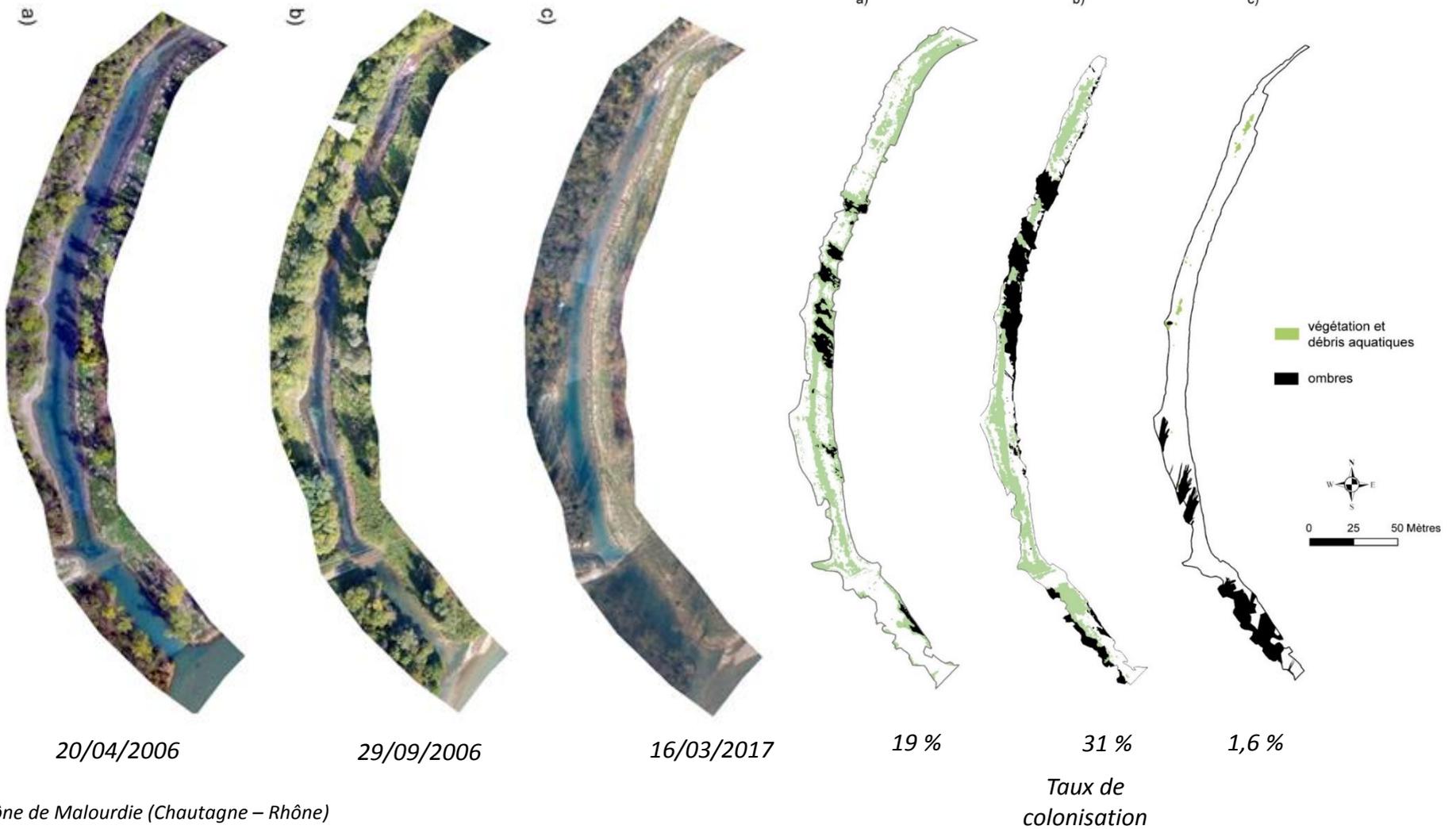
Taux de colonisation

40 %

# Caractérisation de la végétation



## ➤ Végétation aquatique





## Réflexions / Perspectives

- ✓ **La course aux pixels...**
- ✓ **Résolution spatiale / spectrale**
- ✓ **Le mythe du terrain au bureau**
- ✓ **La diversité des capteurs miniaturisés (longueurs d'ondes)**



**Merci de votre  
attention**