

# Apport de la géophysique pour la caractérisation des dépôts sédimentaires dans les retenues de barrage

-

## Exemples des barrages du Rhône

Anne WEIT (1),

Thierry WINIARSKI (1),

Brice MOURIER (1),

Thierry FRETAUD (2)

(1)

(2)



**ENTPE**

**LEHNA**

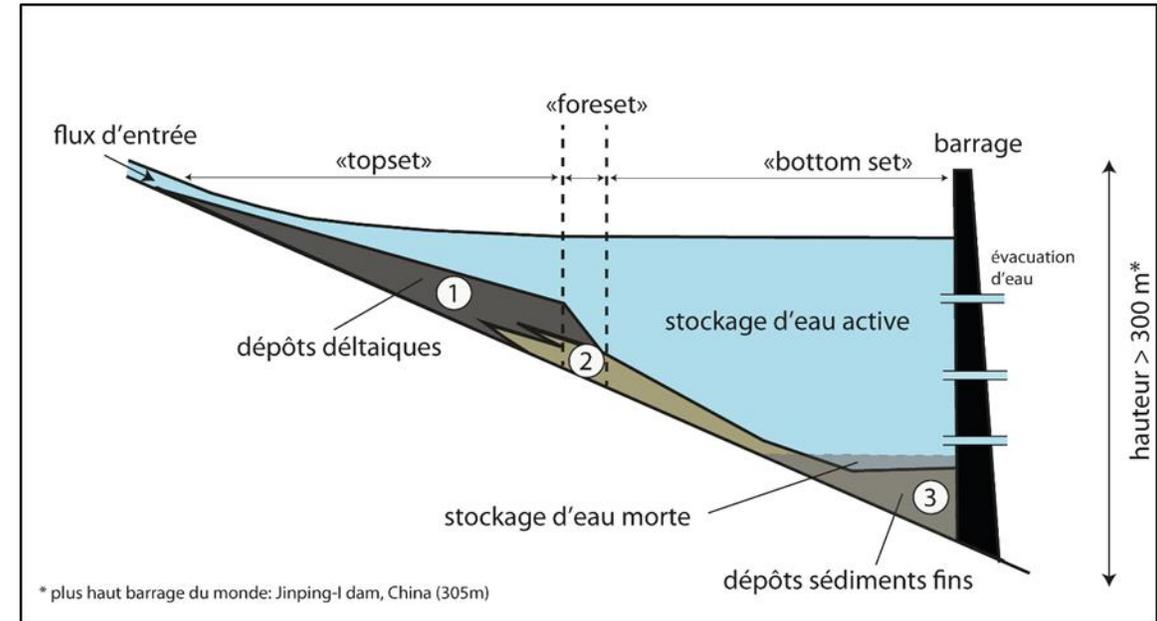
**CNR**



*Aménagement de Génissiat, 2021*

# Introduction et contexte

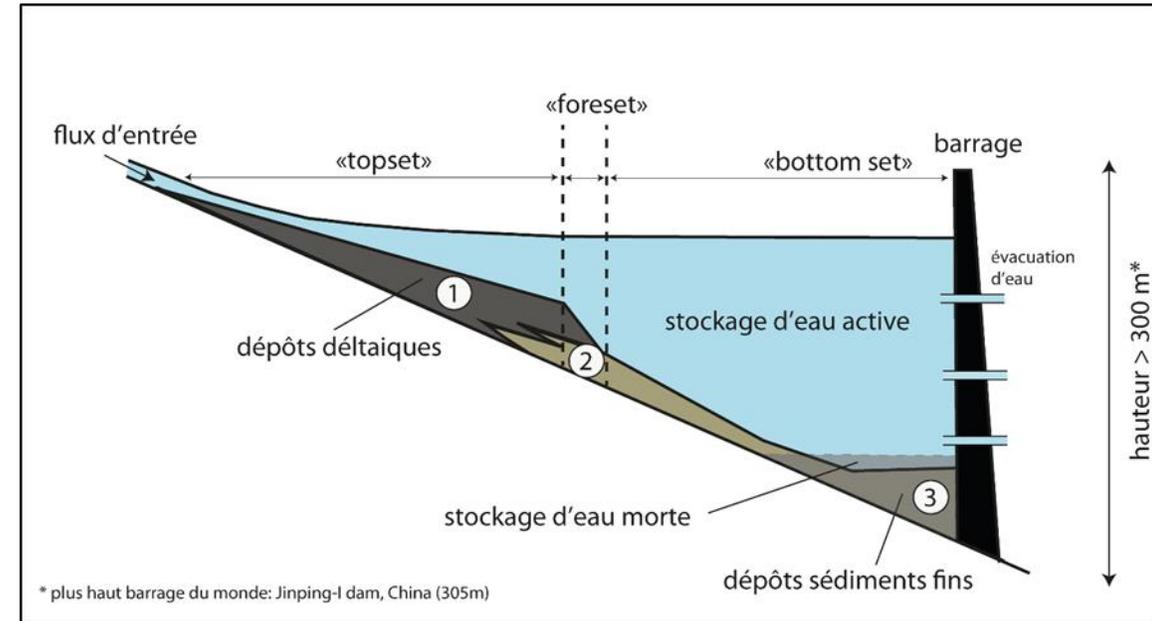
- La présence des barrages génère des stocks de sédiments qu'il faut actuellement gérer, et potentiellement remobiliser, dans un objectif de sûreté et de navigation.
- A l'échelle d'un barrage, les stocks sédimentaires présentent de fortes hétérogénéités de taille, de forme et de nature.



*modifié après Morris & Fan, 1998*

- La présence des barrages génère des stocks de sédiments qu'il faut actuellement gérer, et potentiellement remobiliser, dans un objectif de sûreté et de navigation.
- A l'échelle d'un barrage, les stocks sédimentaires présentent de fortes hétérogénéités de taille, de forme et de nature.

- **Comment l'organisation spatiale et la dynamique des dépôts sédimentaires sont contrôlée ?**
- **Quel est le rôle des crues et des opérations de gestion sédimentaire ?**



*modifié après Morris & Fan, 1998*

## Rhône:

- **19** barrages : **18** barrages de dérivation/ au fil de l'eau ( $H < 20\text{m}$ ) et **1** barrage voûte ( $H > 20\text{m}$ )

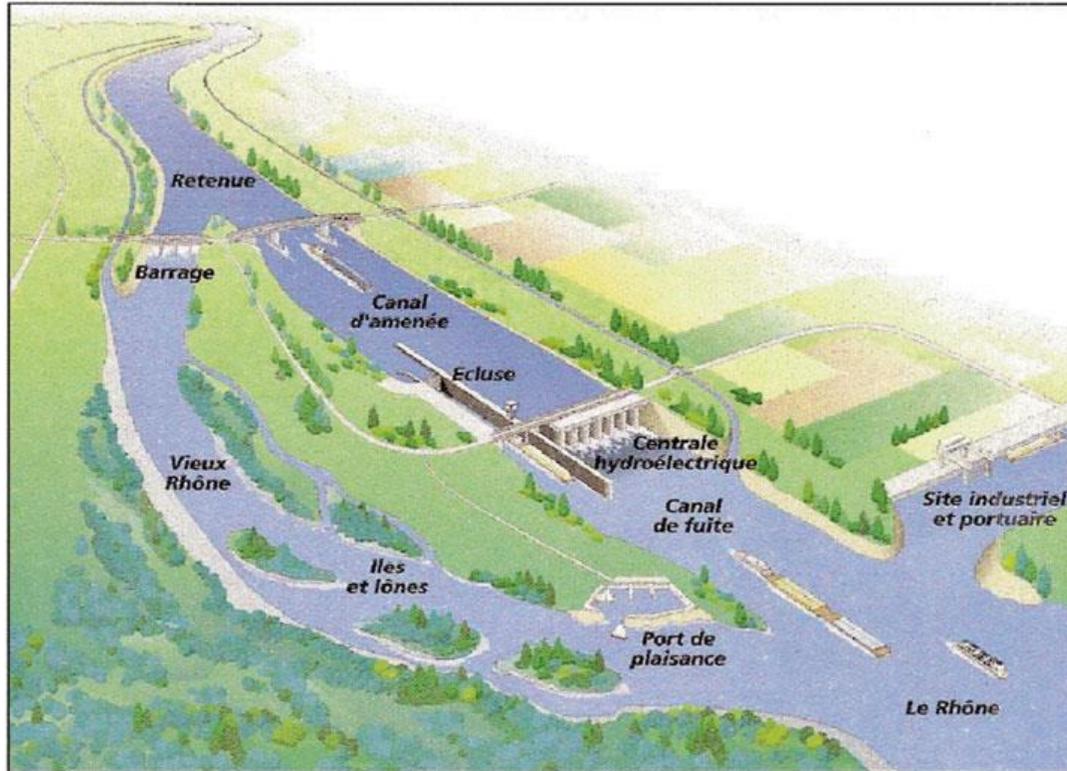
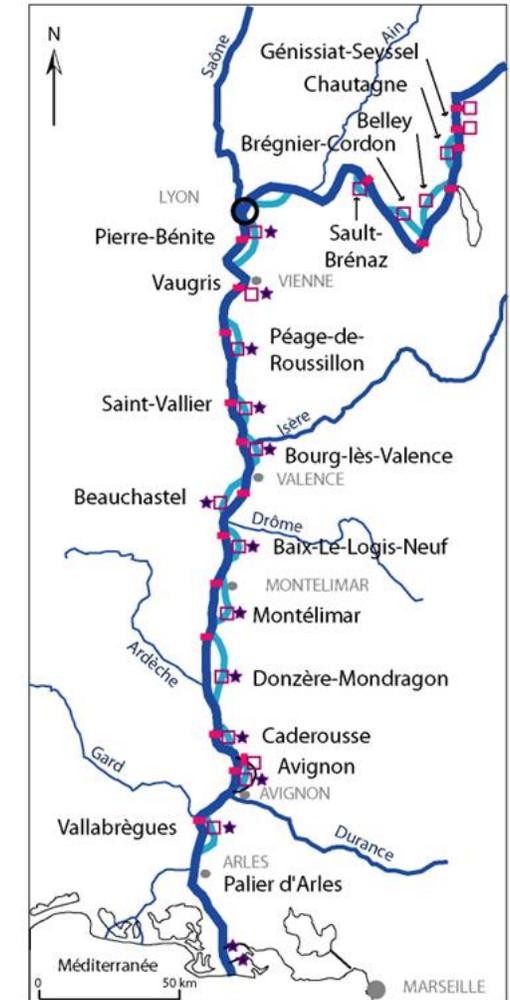


Schéma général d'un tronçon court-circuité (Image: CNR)



# Introduction et contexte

## Rhône:

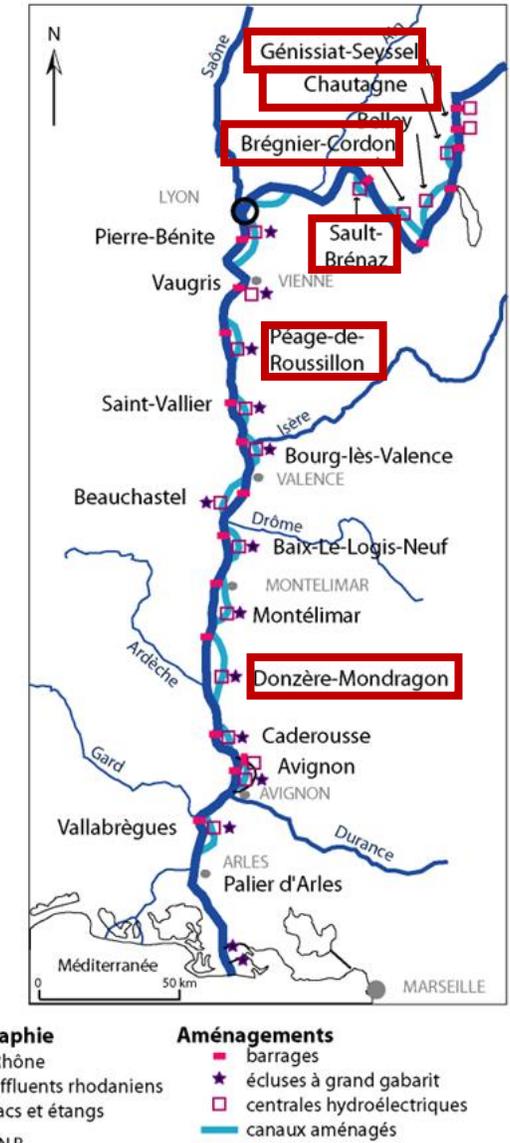
- **19** barrages : **18** barrages de dérivation/ au fil de l'eau (H<20m) et **1** barrage voûte (H>20m)

## Géophysique:

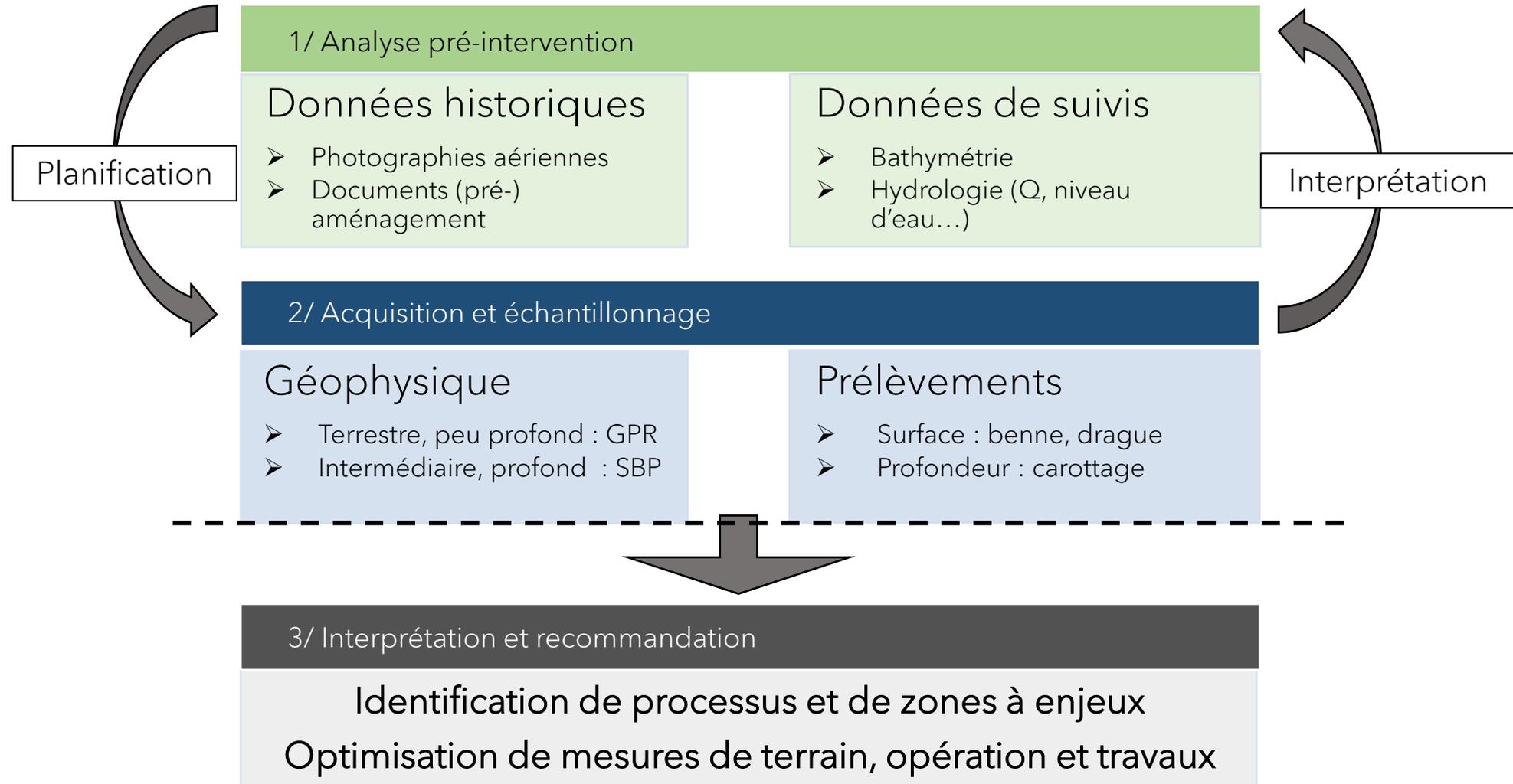
- ❖ Différents types de méthodes géophysiques peuvent être déployées
- ❖ Adaptation et miniaturisation des systèmes d'acquisition

## Mesures et échantillonnage :

- ❖ Géophysique effectuée sur 6 barrages, carottages sur 5 barrages
- ❖ Suivi géophysique avant et après l'APAVÉR de Juillet 2021 sur 3 barrages



E.D. 2005



## 1/ Analyse pré-intervention

### Données historiques

- Photographies aériennes
- Documents (pré-) aménagement

### Données de suivis

- Bathymétrie
- Hydrologie (Q, niveau d'eau...)

## 2/ Acquisition et échantillonnage

### Géophysique

- Terrestre, peu profond : GPR
- Intermédiaire, profond : SBP

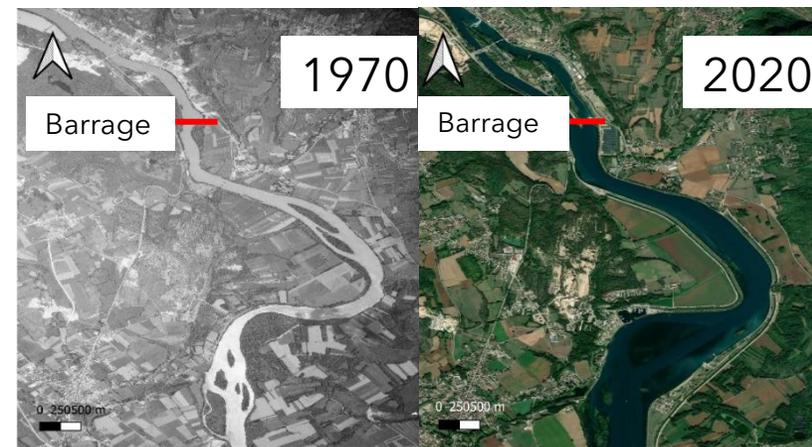
### Prélèvements

- Surface : benne, drague
- Profondeur : carottage



## 3/ Interprétation et recommandation

Identification de zones à enjeux  
Optimisation de mesures de terrain



TCC de Sault-Brénaz, Haut-Rhône

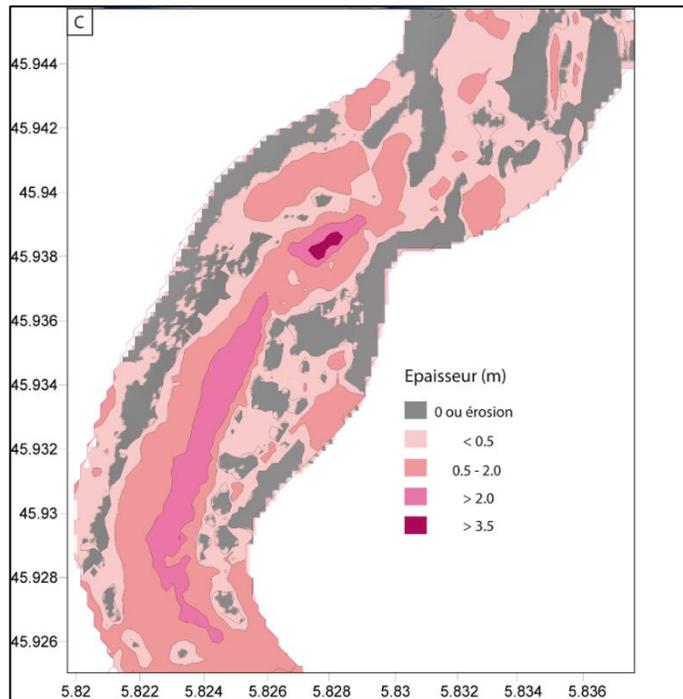
## 1/ Analyse pré-intervention

### Données historiques

- Photographies aériennes
- Documents (pré-)aménagement

### Données de suivis

- Bathymétrie
- Hydrologie (Q, niveau d'eau...)



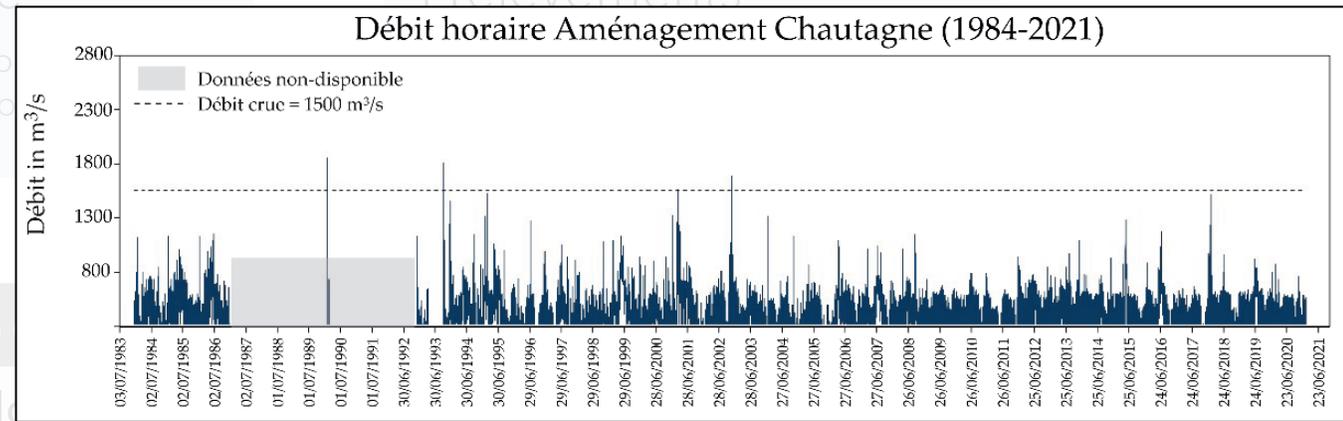
Acquisition et échantillonnage

Physique

terrestre, peu p  
intermédiaire, p

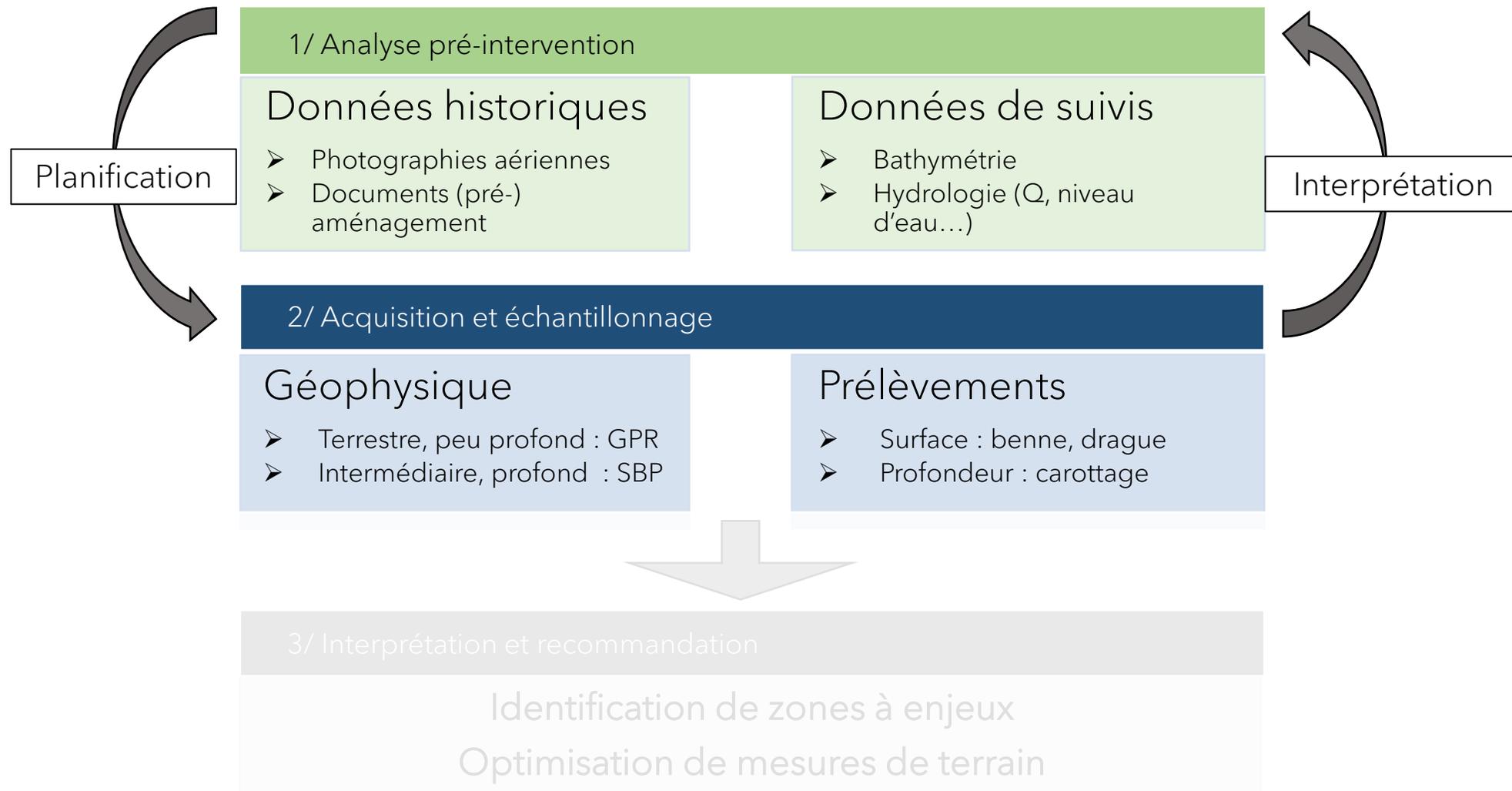
Interprétation

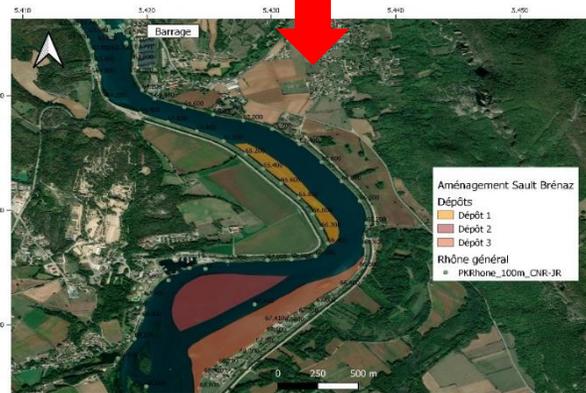
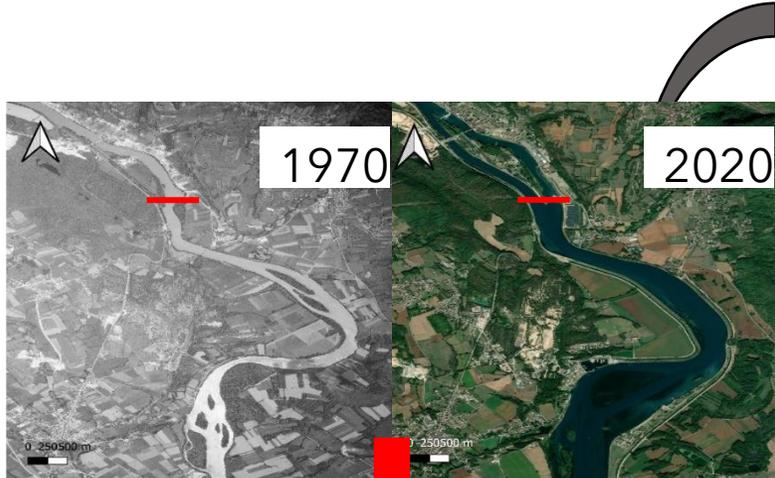
Prélèvements



Exemple du débit mesuré entre 1984 et 2021 à l'entrée de la retenue de Chautagne, Haut-Rhône

Différentiel bathymétrique de la retenue de Chautagne





## 1/ Analyse pré-intervention

### Données historiques

- Photographies aériennes
- Documents (pré-) aménagement

### Données de suivis

- Bathymétrie
- Hydrologie (Q, niveau d'eau...)

Interprétation

## 2/ Acquisition et échantillonnage

### Géophysique

- Terrestre, peu profond : GPR
- Intermédiaire, profond : SBP

### Prélèvements

- Surface : benne, drague
- Profondeur : carottage

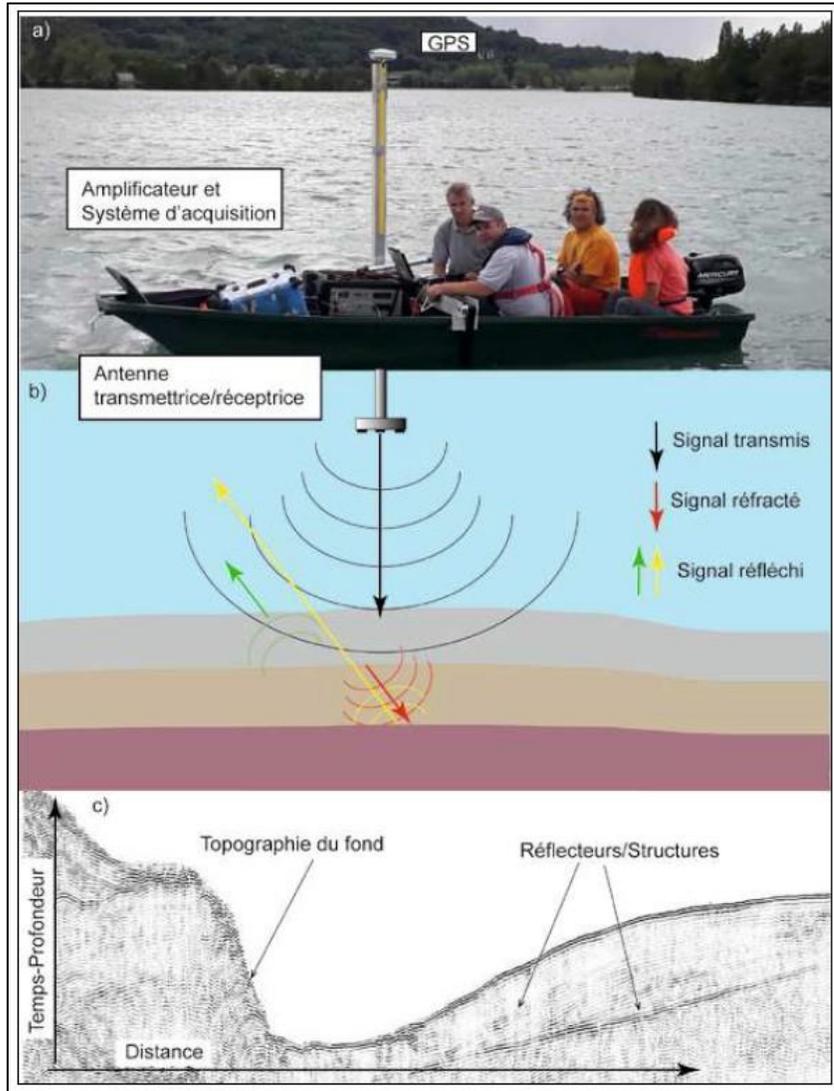
## 3/ Interprétation et recommandation

Identification de processus et de zones à enjeux  
Optimisation de mesures de terrain, opération et travaux

# Les méthodes géophysiques – Sub bottom Profiler (SBP)

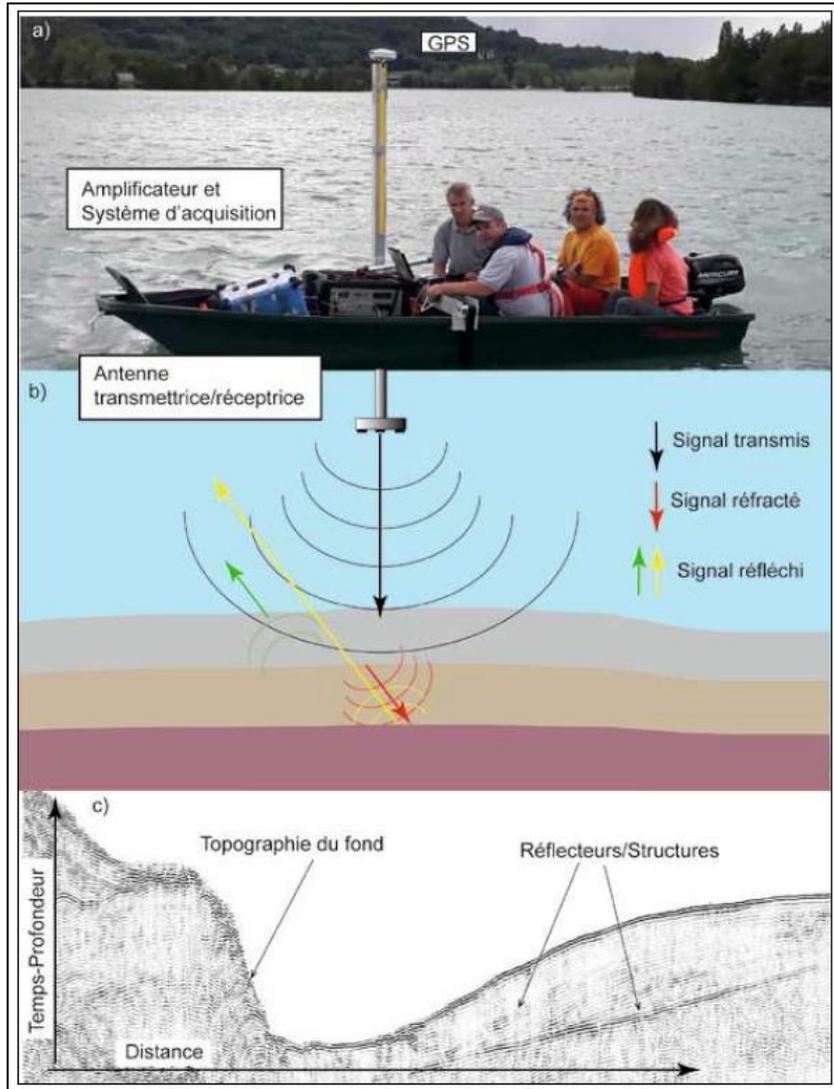
## Caractéristiques:

- Méthode acoustique basé sur le principe de la réfraction/réflexion
- Fréquence basse : **2-20 kHz**
- Marque et type du système : **Echoes 10000** de **IXBLUE**
- Traitement avec logiciel **Delph**
- Transportable et adaptable à des petites embarcations



**iXblue**

# Les méthodes géophysiques - Sub bottom Profiler (SBP)



## Caractéristiques:

- Méthode acoustique basé sur le principe de la réfraction/réflexion
- Fréquence basse : **2-20 kHz**
- Marque et type du système : **Echoes 10000** de **IXBLUE**
- Traitement avec logiciel **Delph**
- Transportable et adaptable à des petites embarcations



## Avantages et limites:

- 😊 Bonne pénétration dans des sédiments (environ 50m)
- 😊 Bon signal dans des sédiments fins
- 😊 utilisable dans une large gamme de hauteurs d'eau (2 - 100m)
- 😞 Peu de pénétration à travers les fonds de galets et en présence de gaz

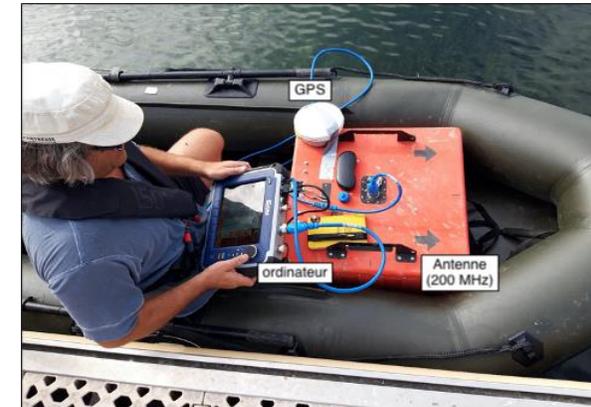
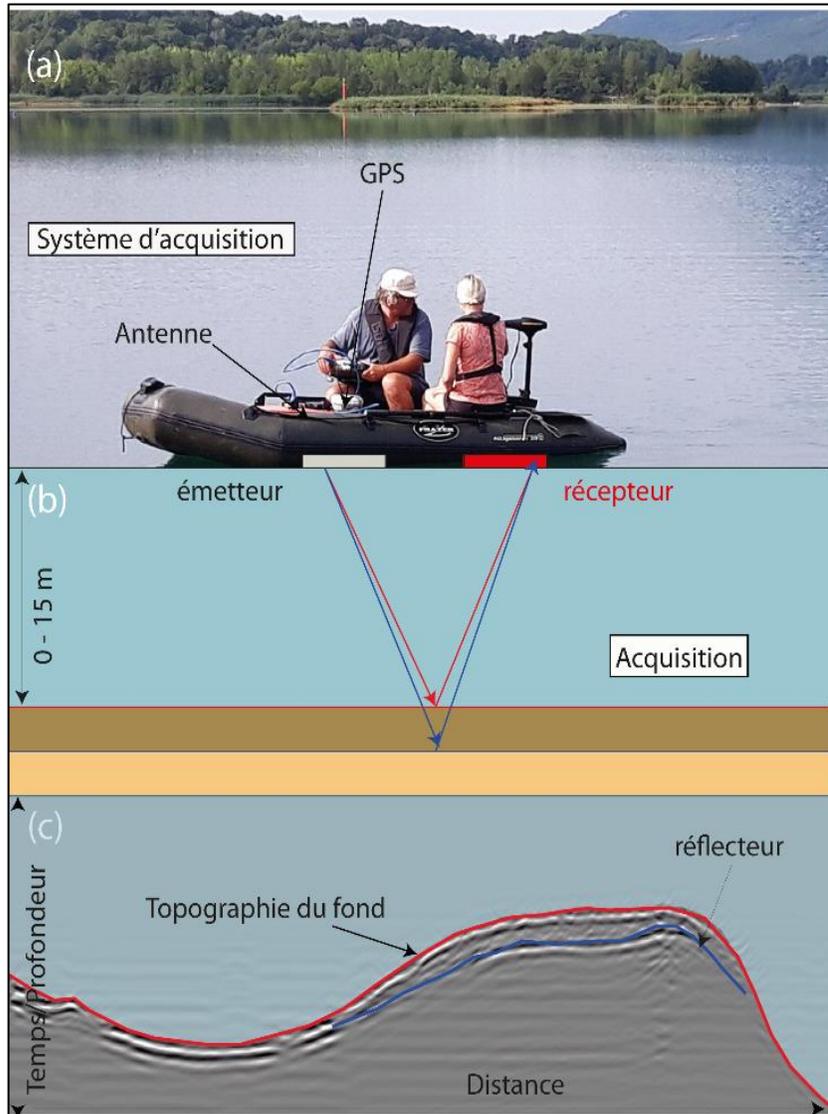


**iXblue**

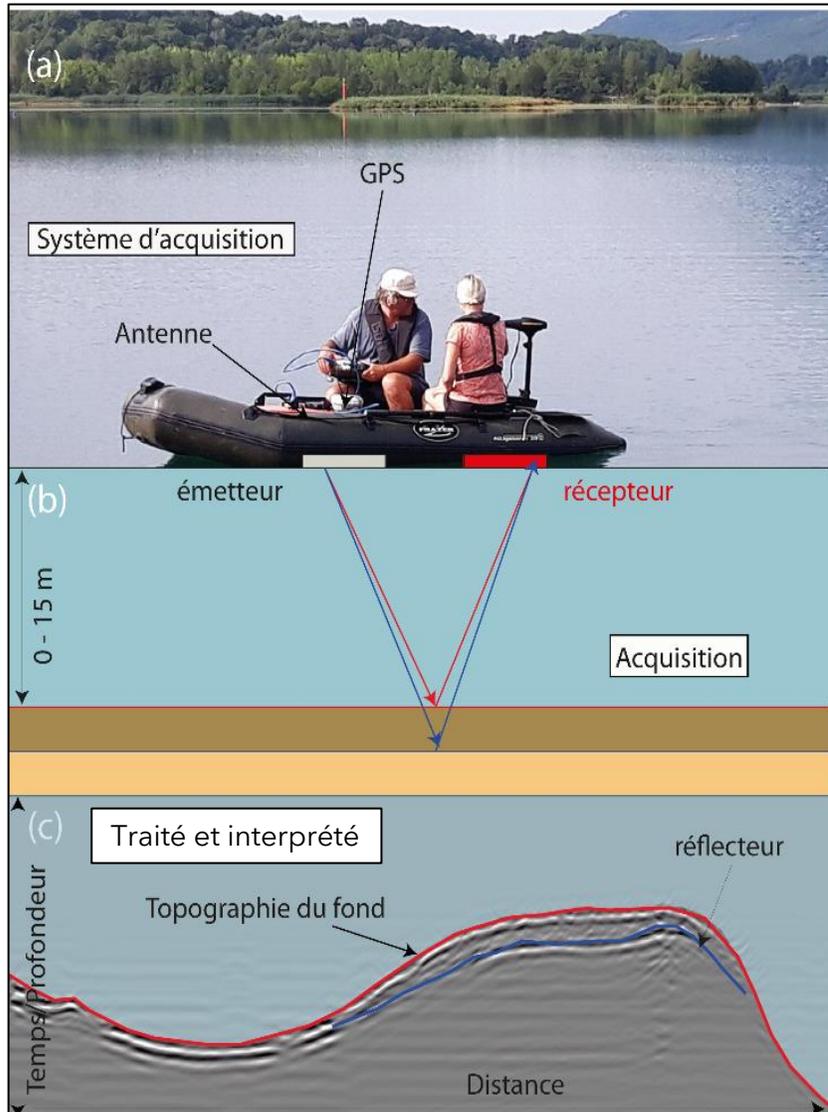
# Les méthodes géophysiques - Water Ground penetrating radar (WGPR)

## Caractéristiques:

- Méthode électromagnétique
- Fréquence : **10 MHz- 2.6 GHz**
- Marque et type du système : Antenne de **200 MHz** de **GSSI**
- Traitement avec logiciel **RADAN.7**
- Transportable et adaptable à une embarcation non - métallique



# Les méthodes géophysiques - Water Ground penetrating radar (WGPR)

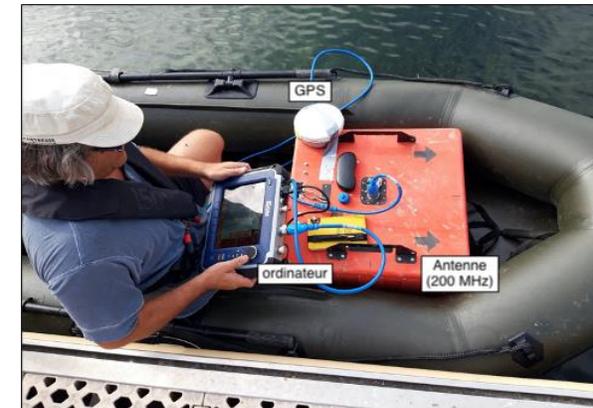


## Caractéristiques:

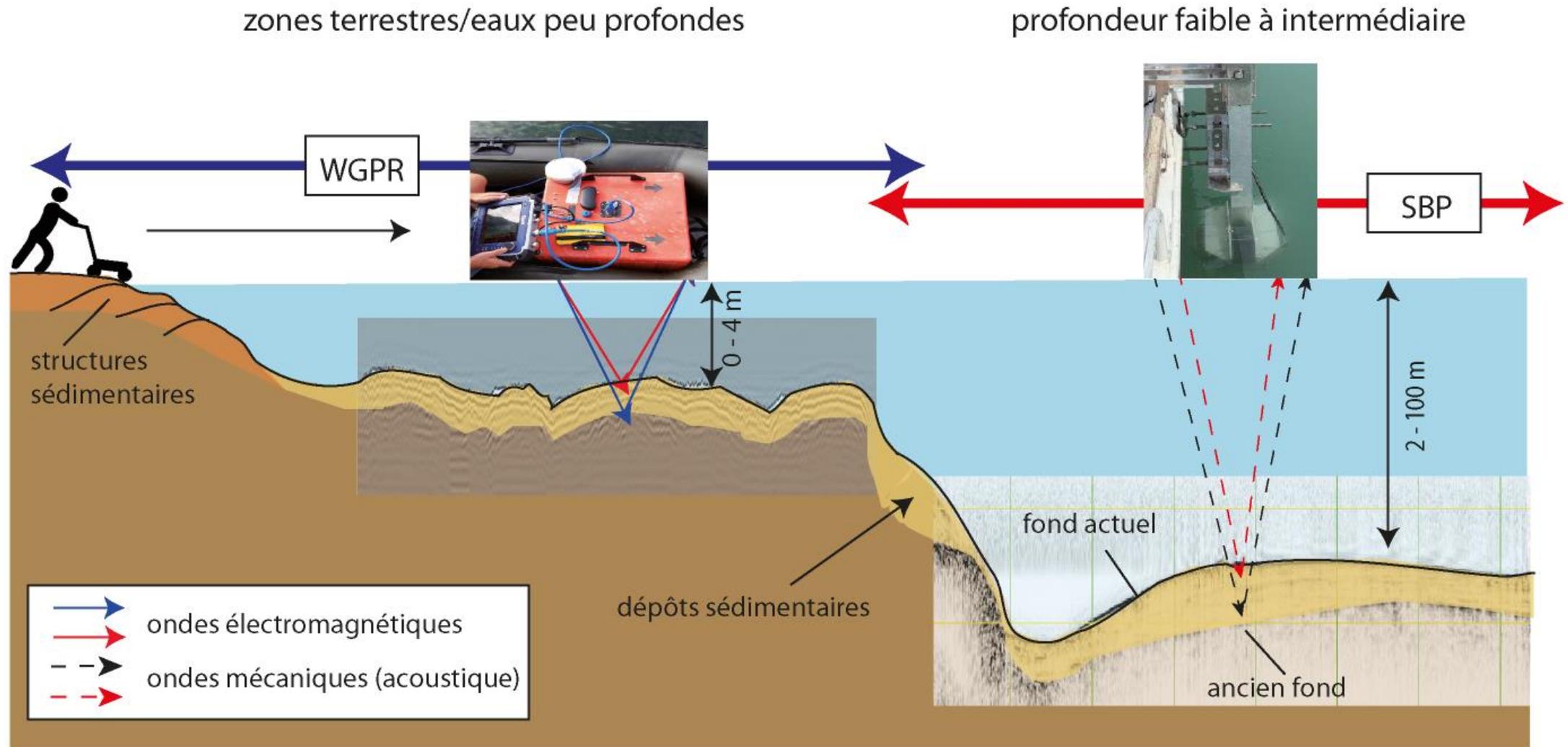
- Méthode électromagnétique
- Fréquence : **10 MHz- 2.6 GHz**
- Marque et type du système : Antenne de **200 MHz** de **GSSI**
- Traitement avec logiciel **RADAN.7**
- Transportable et adaptable à une embarcation non - métallique

## Avantages et limites:

- 😊 Utilisation terrestre et aquatique
- 😊 Bon signal dans des sédiments peu conducteur: sable, gravier
- 😐 utilisable dans des petits fonds (< 4m)
- 😐 interférences d'autres sources électromagnétiques
- 😞 Peu de pénétration dans des sédiments strictement argileux

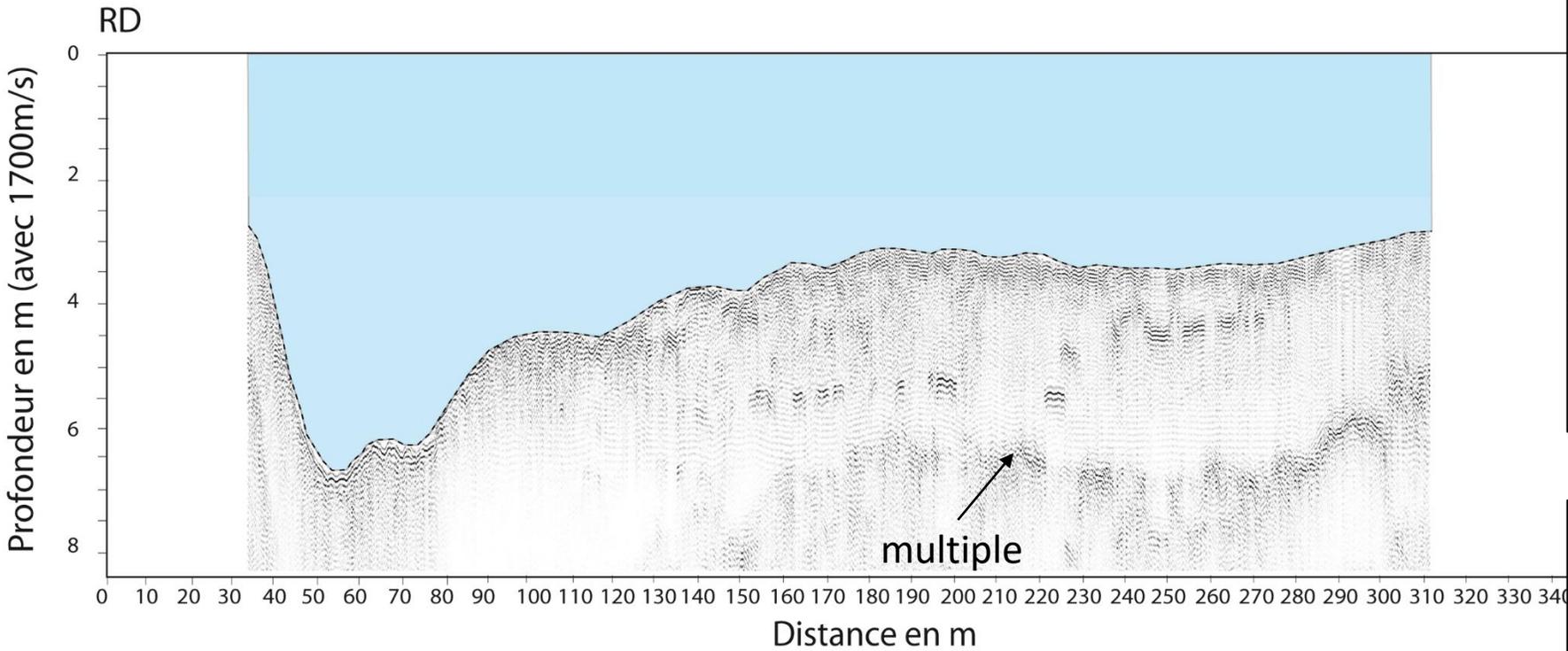


# Combinaison des deux méthodes

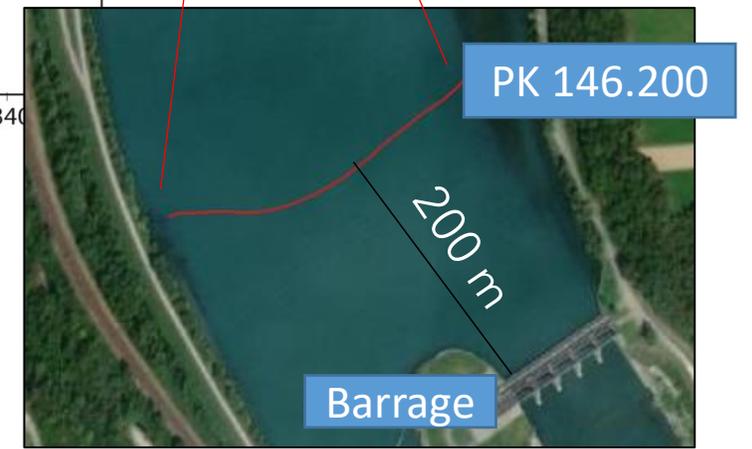
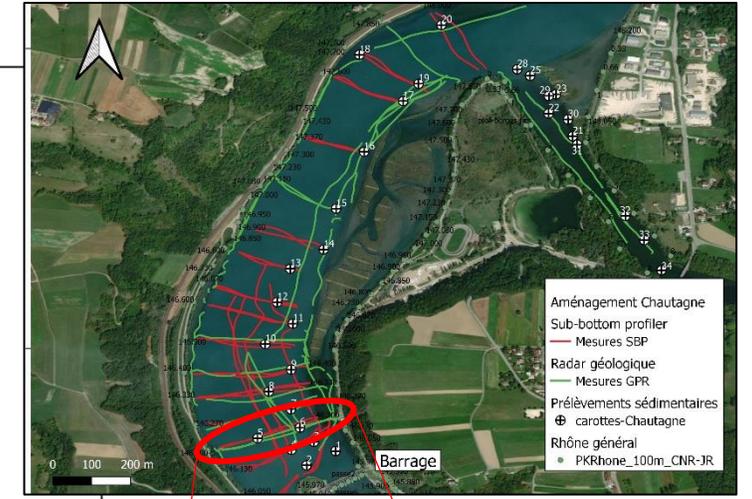


# Résultats - Exemple du barrage de Chautagne

## Chautagne PK 146.200



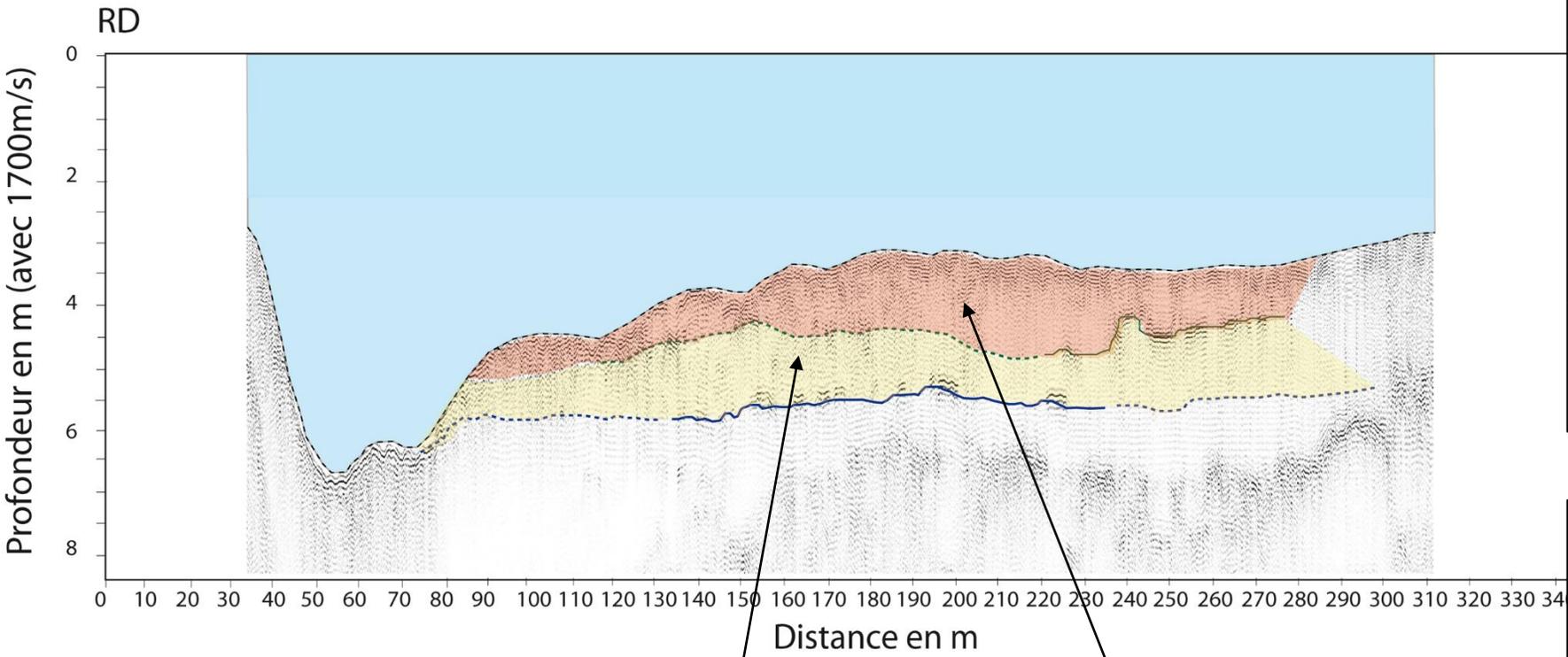
## Retenue de Chautagne



- Profil sismique obtenu avec le SBP
- Profil traité et non interprété

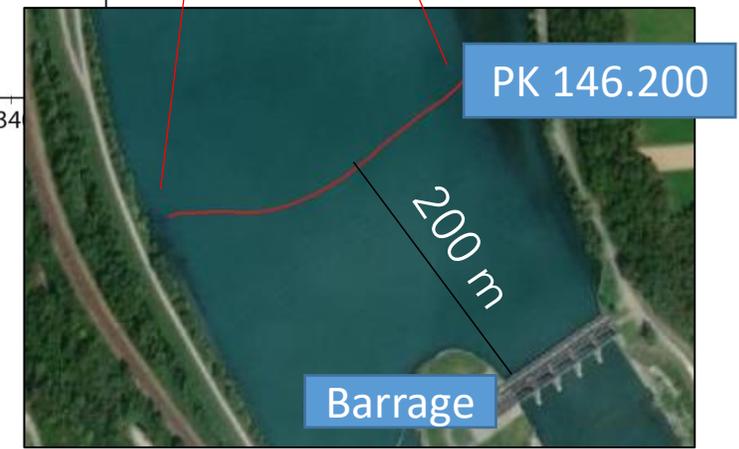
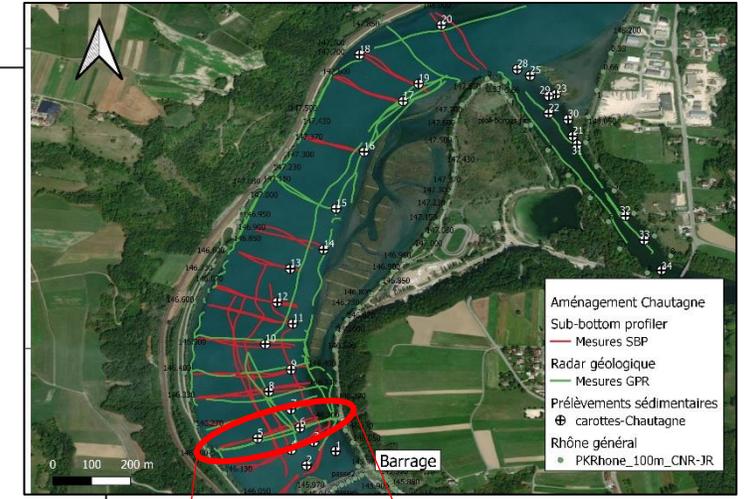
# Résultats - Exemple du barrage de Chautagne

## Chautagne PK 146.200

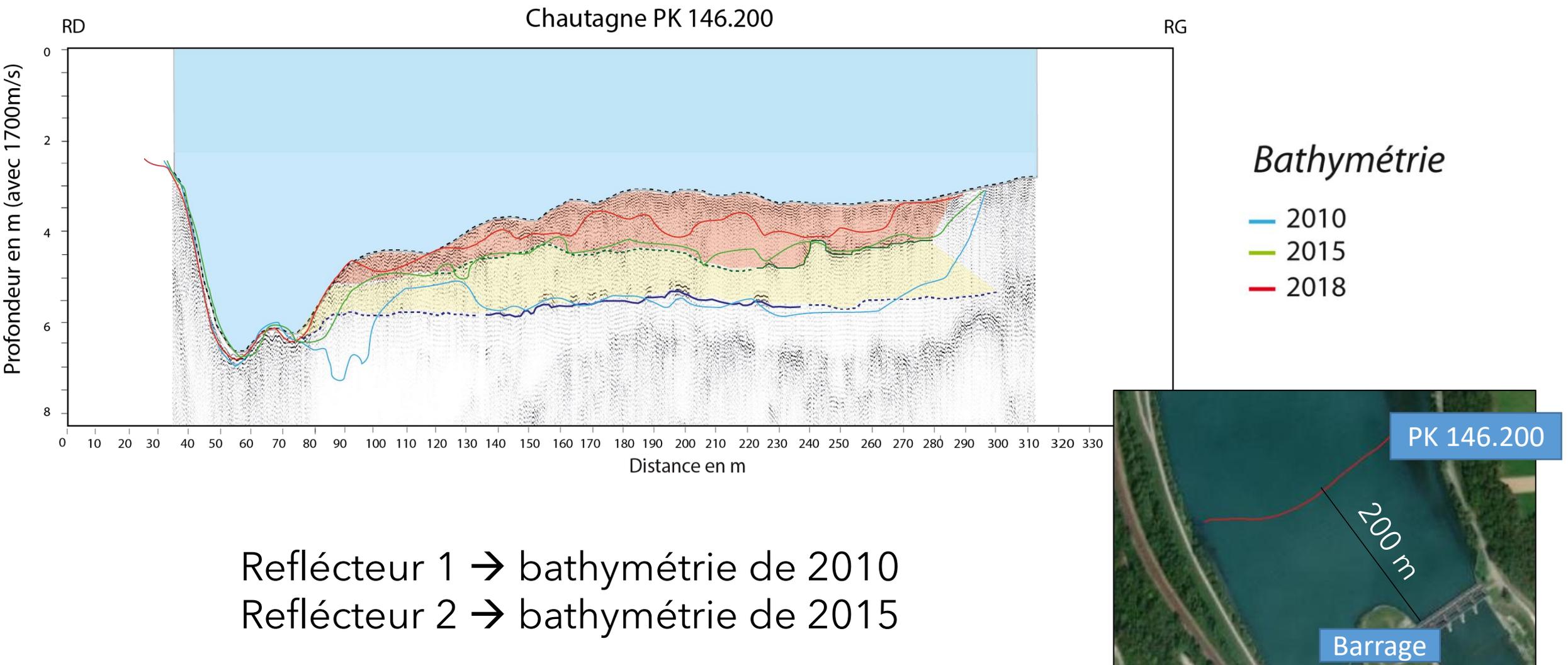


Identification des **unités sédimentaires**

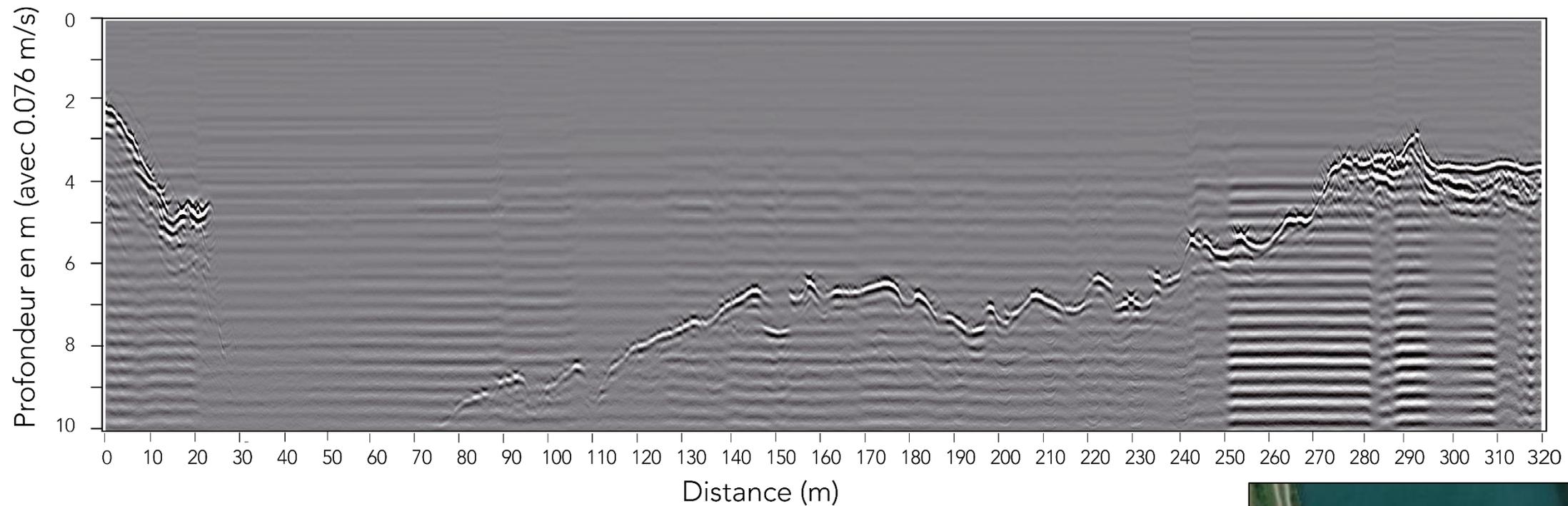
## Retenue de Chautagne



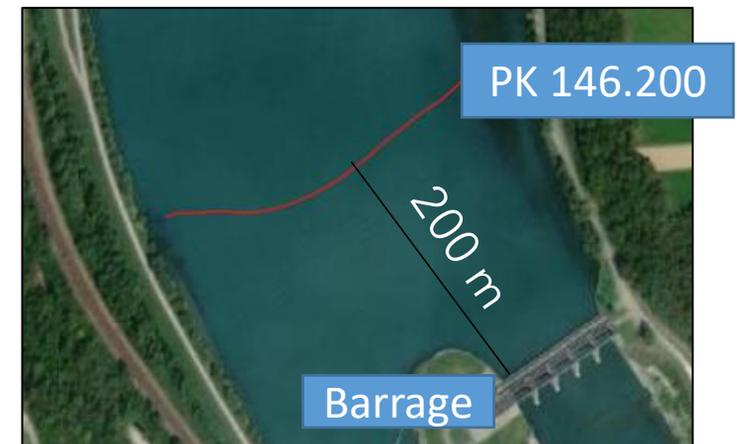
# Résultats - Exemple du barrage de Chautagne



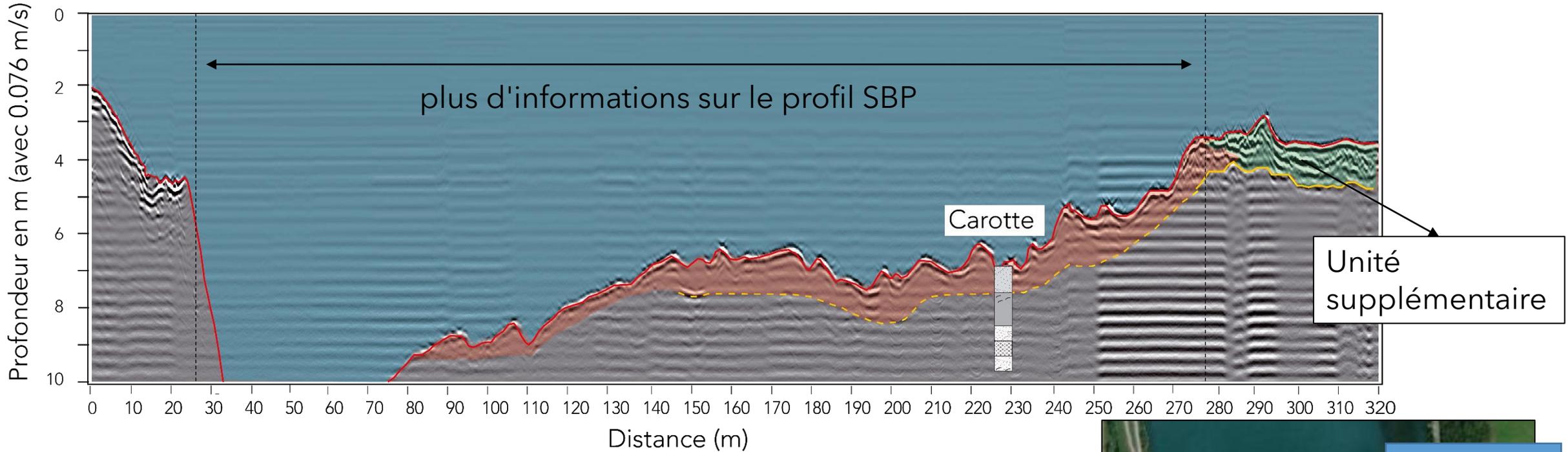
# Résultats - Exemple du barrage de Chautagne



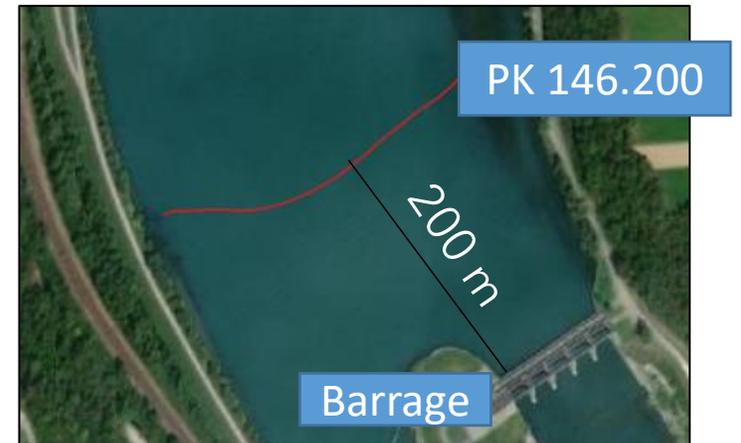
- Radargramme obtenu avec le WGPR
- Profil traité et non interprété



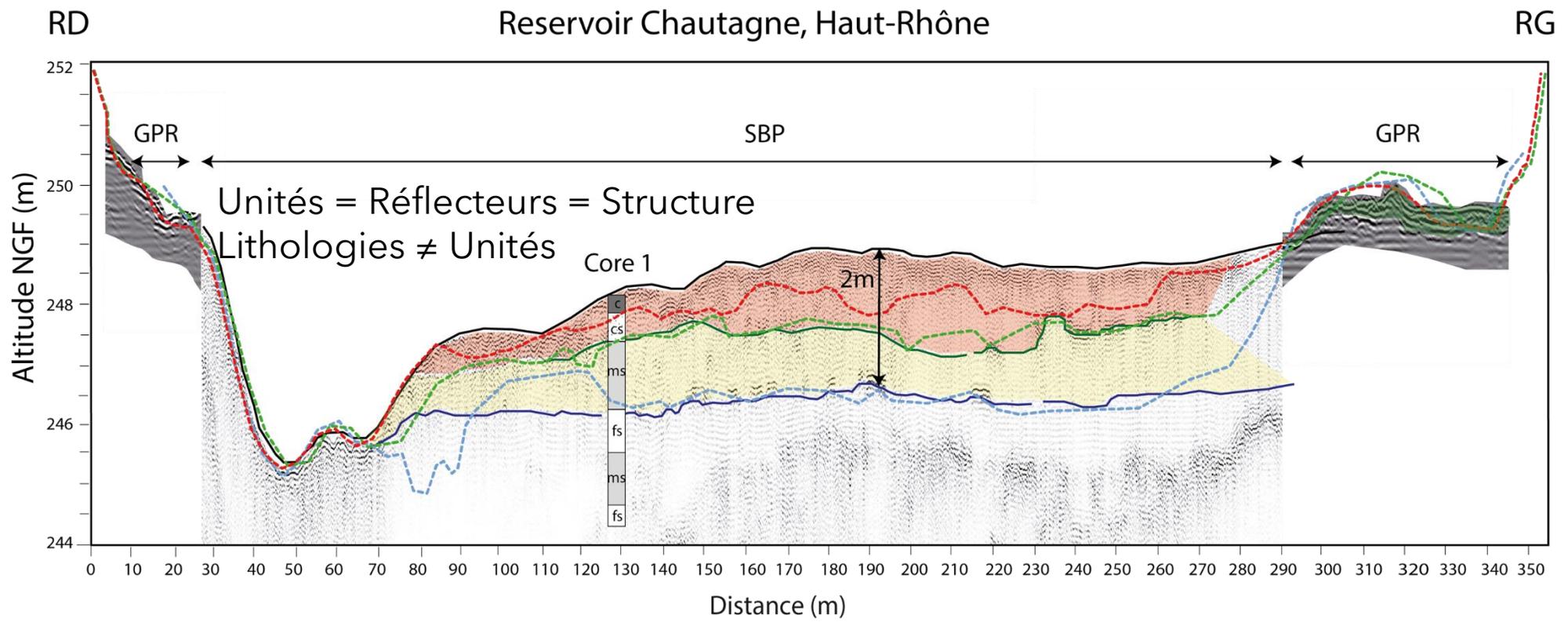
# Résultats - Exemple du barrage de Chautagne



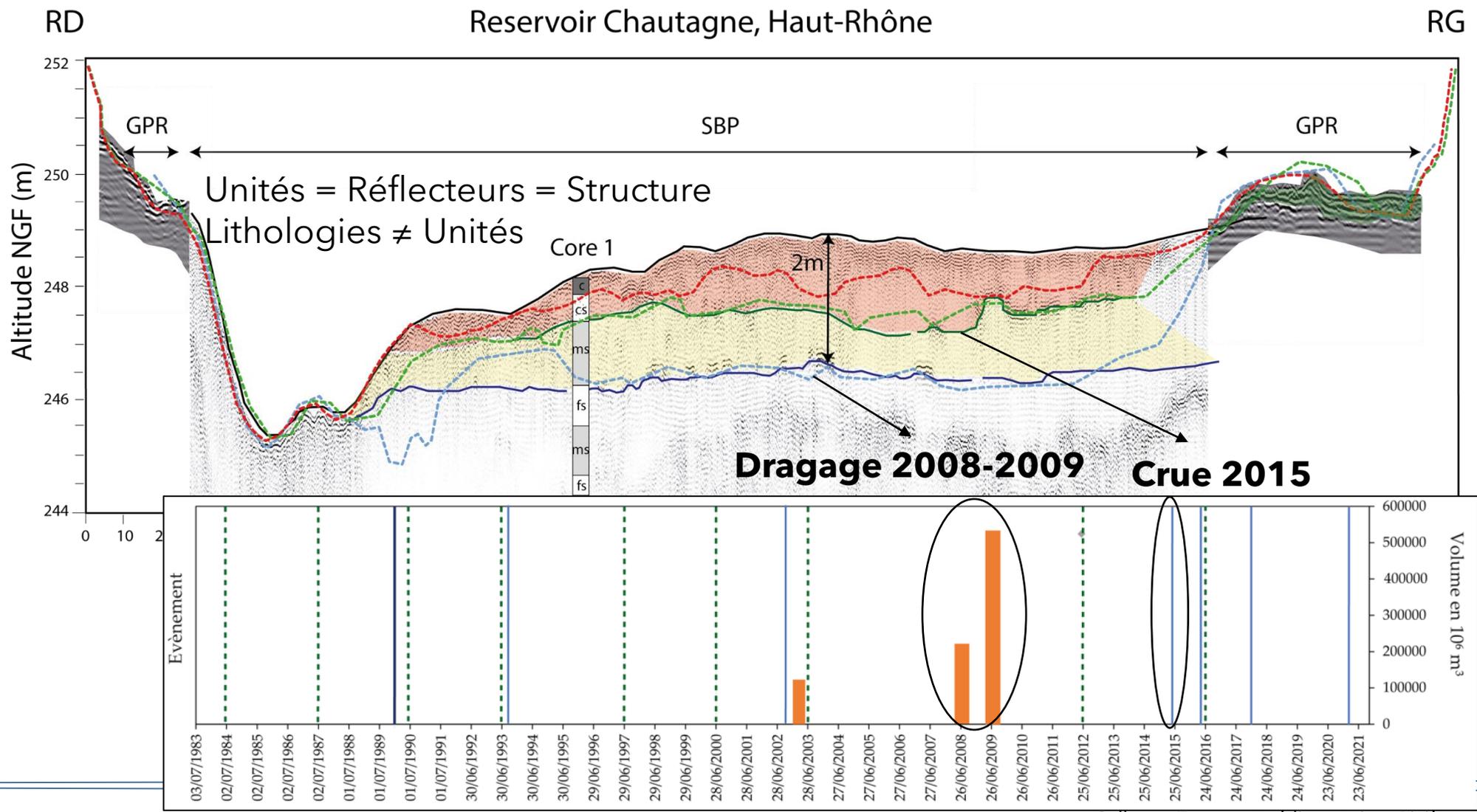
- Radargramme interprété
- 2 unités identifiés



## Identification des évènements qui créent des structures sédimentaires dans les retenues

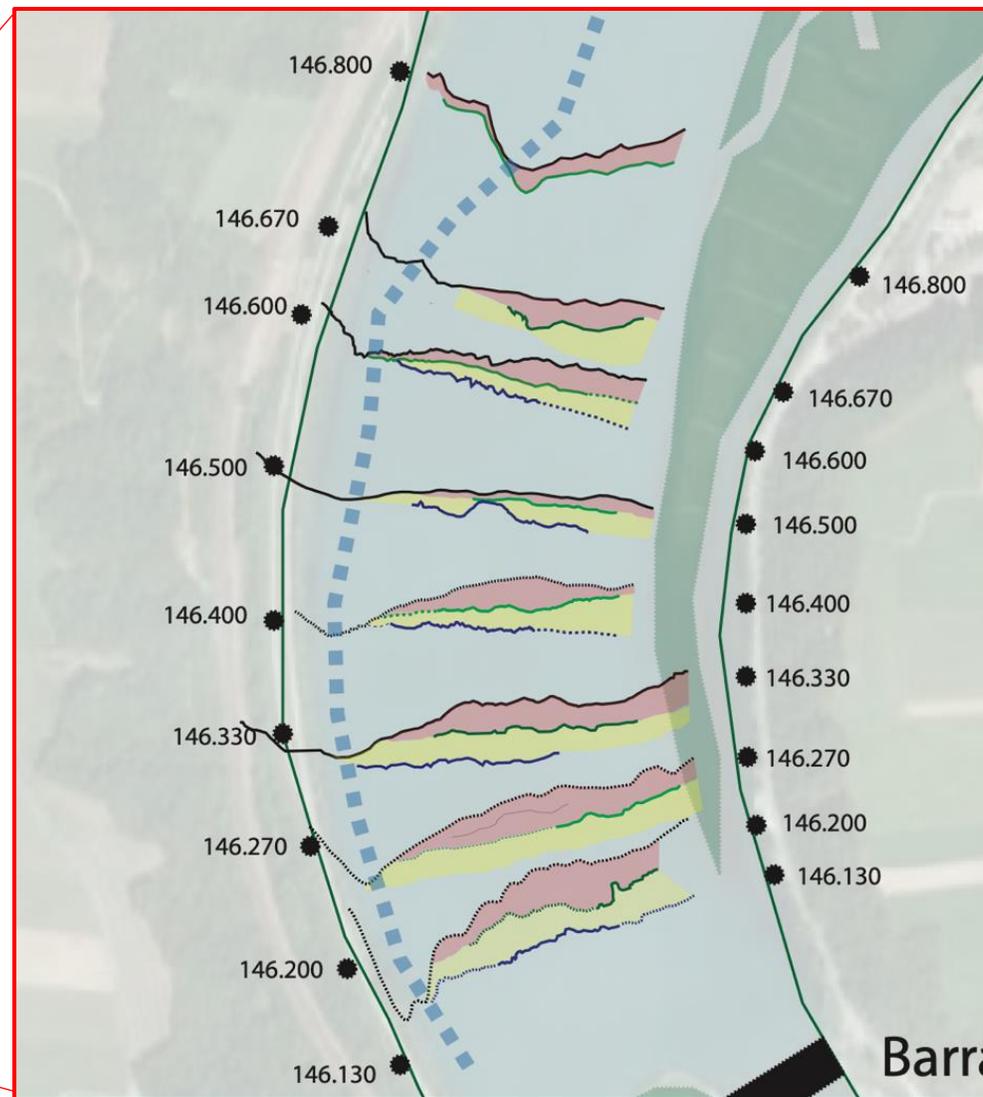
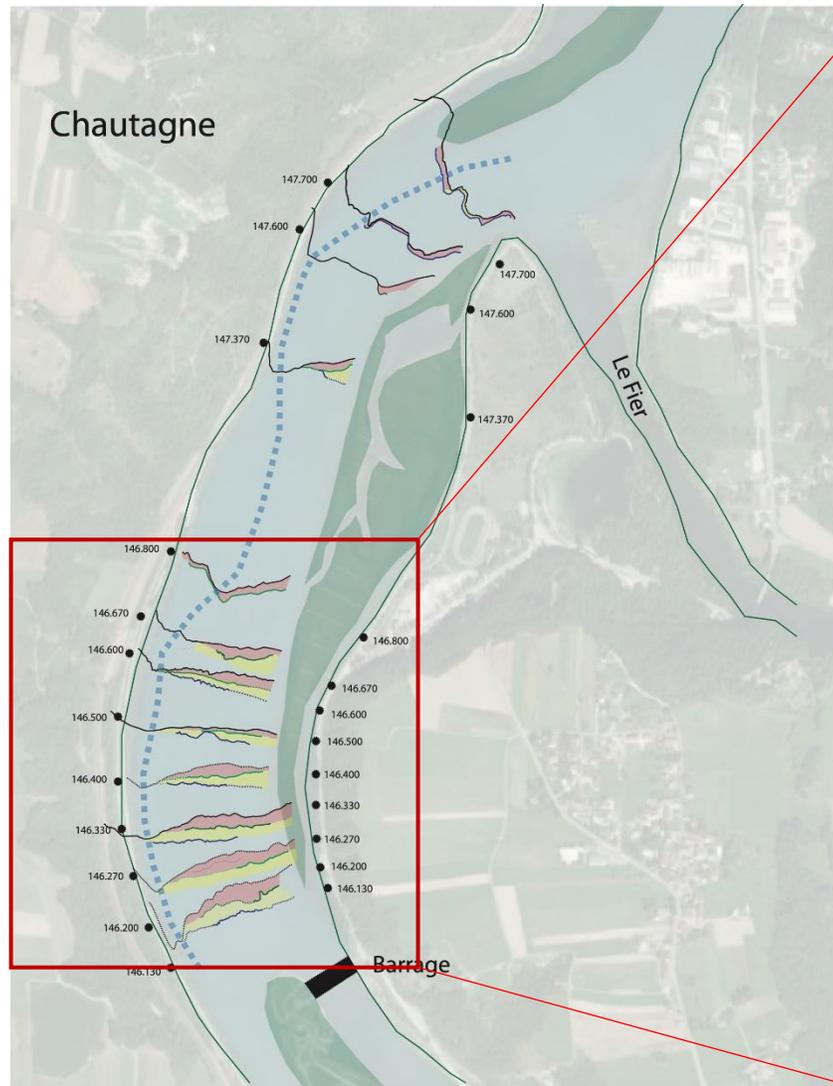


## Identification des évènements qui créent des structures sédimentaires dans les retenues



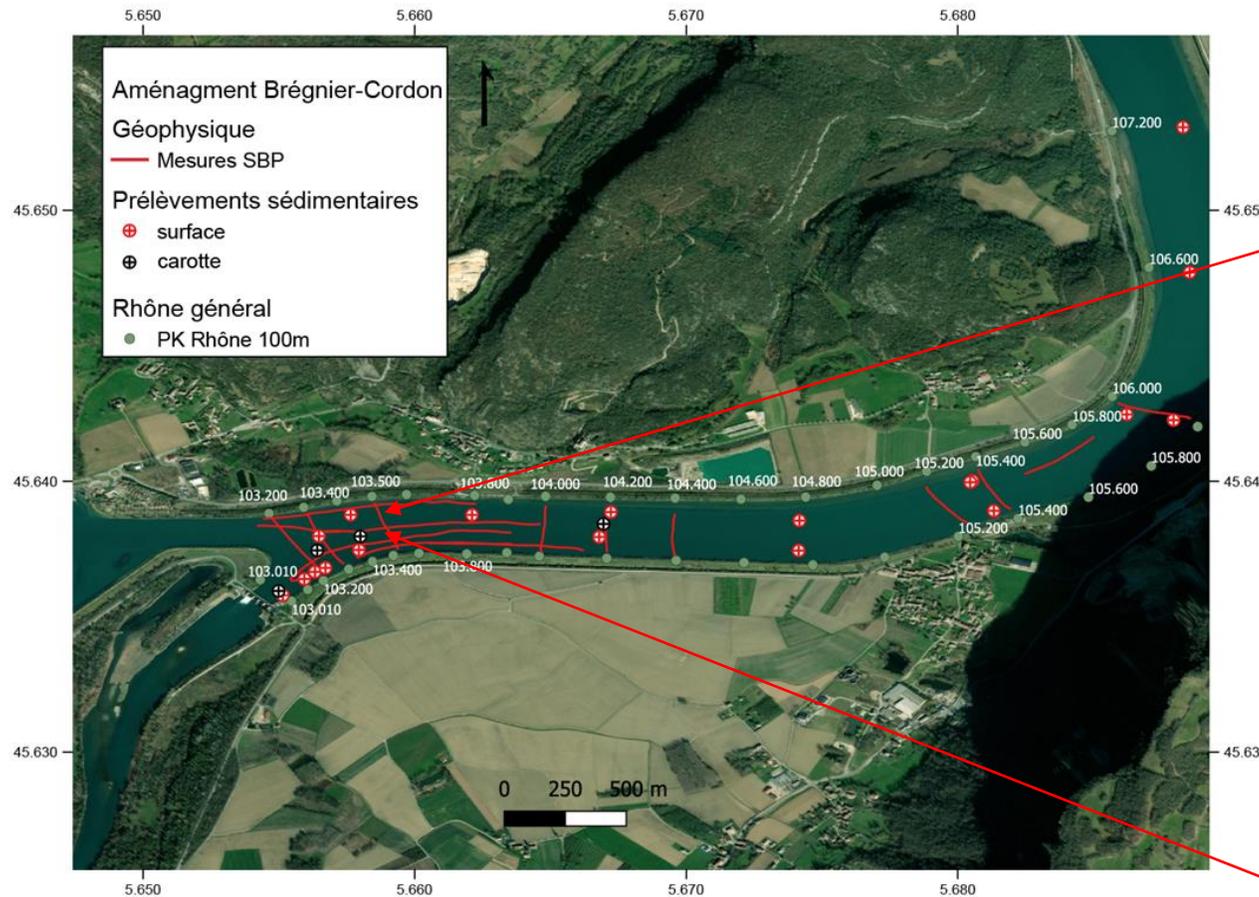
Interpretation des réflecteurs avec les informations hydrologiques et gestion sédimentaires

# Résultats - Exemple du barrage de Chautagne

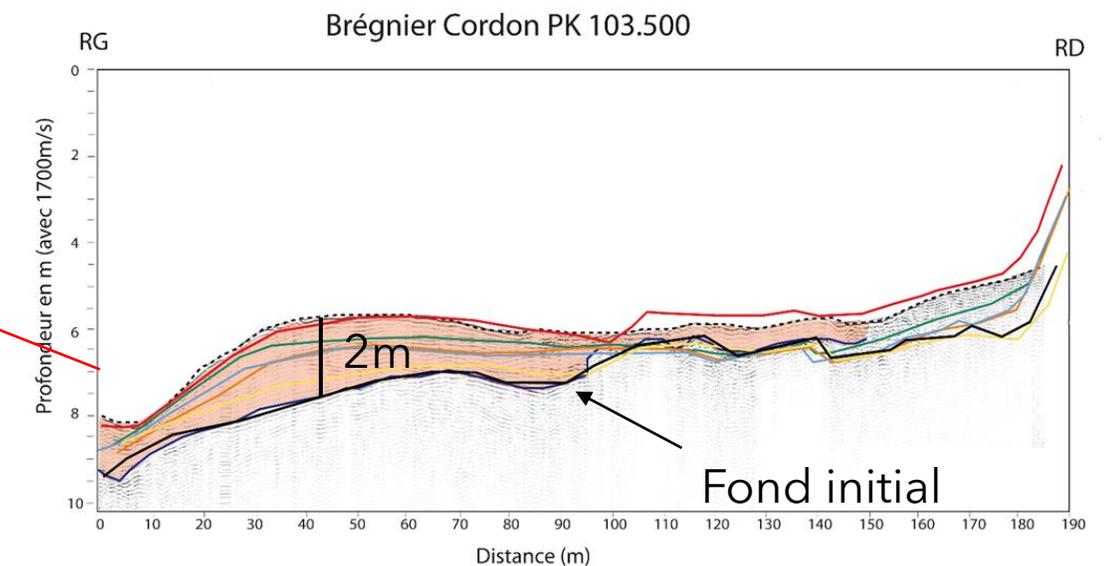
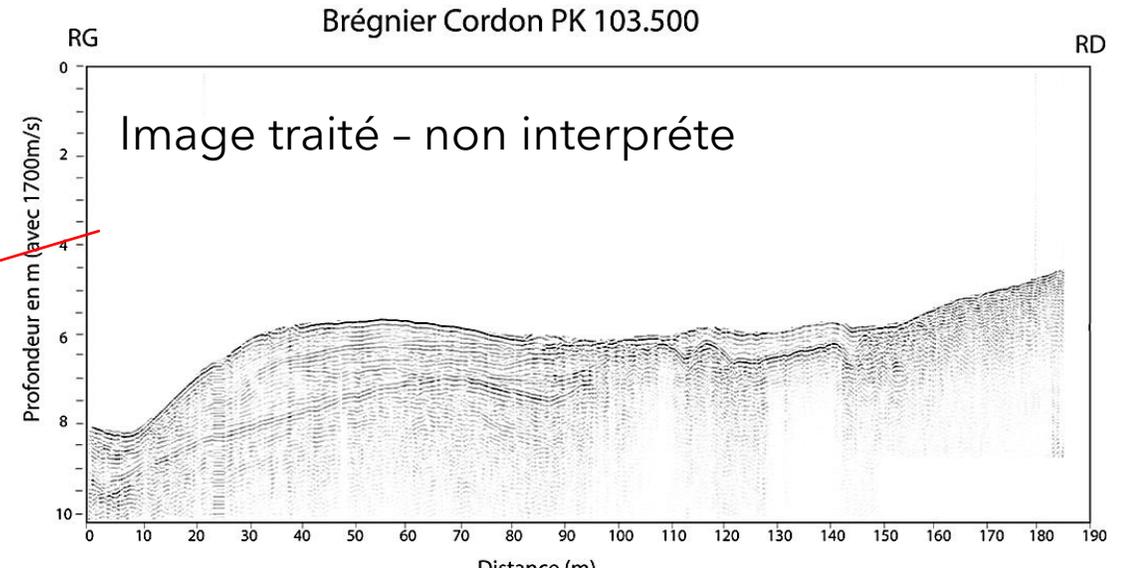


- Surface de 2010 identifiable sur 14 profils
- Surface de 2015 sur 9 profils
- Interpolation et calcul des volumes en cours

# Exemple de résultats - barrage de Brégnier Cordon

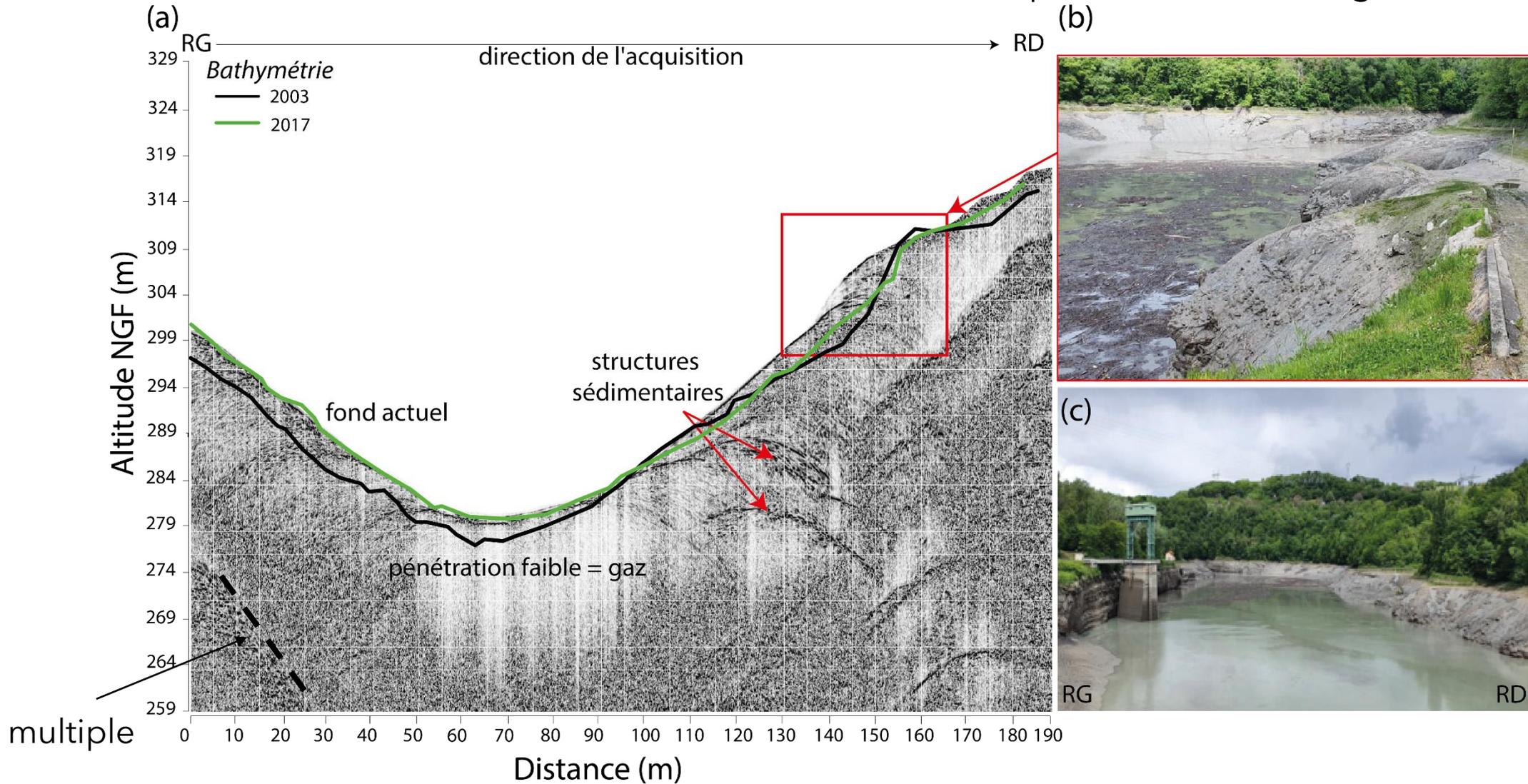


Identification de la Bathymétrie  
initiale (avant barrage)



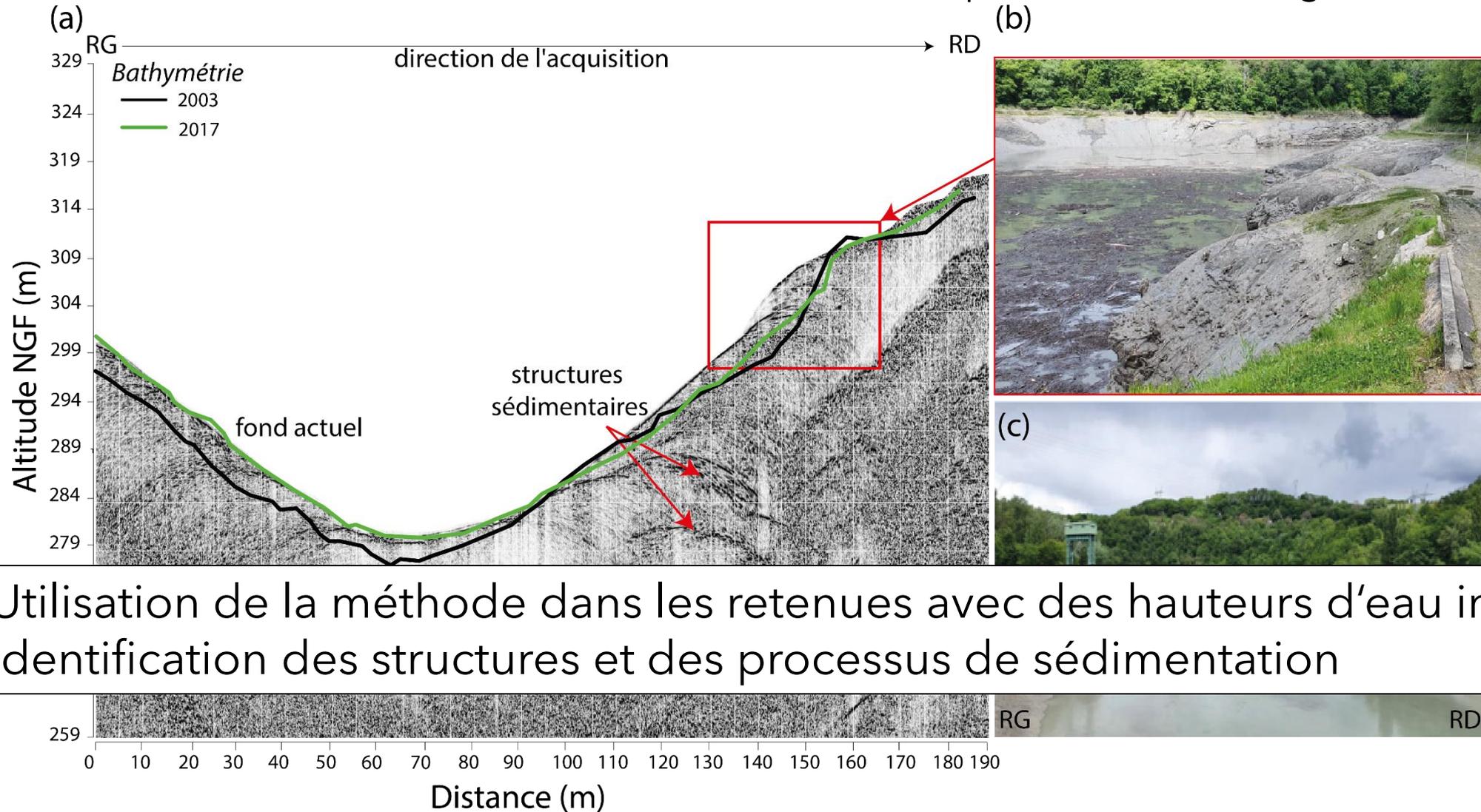
# Exemple de résultats - barrage de Génissiat

## Structure d'accumulation sur les rives à proximité du barrage



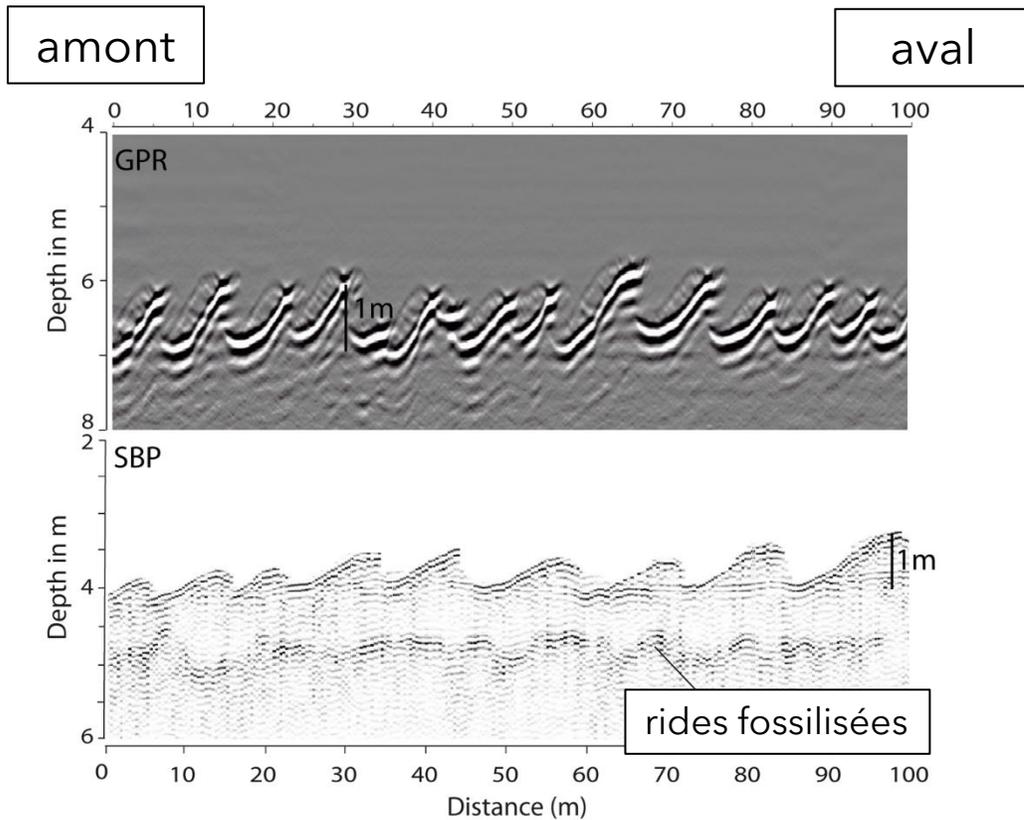
# Exemple de résultats - barrage de Génissiat

## Structure d'accumulation sur les rives à proximité du barrage



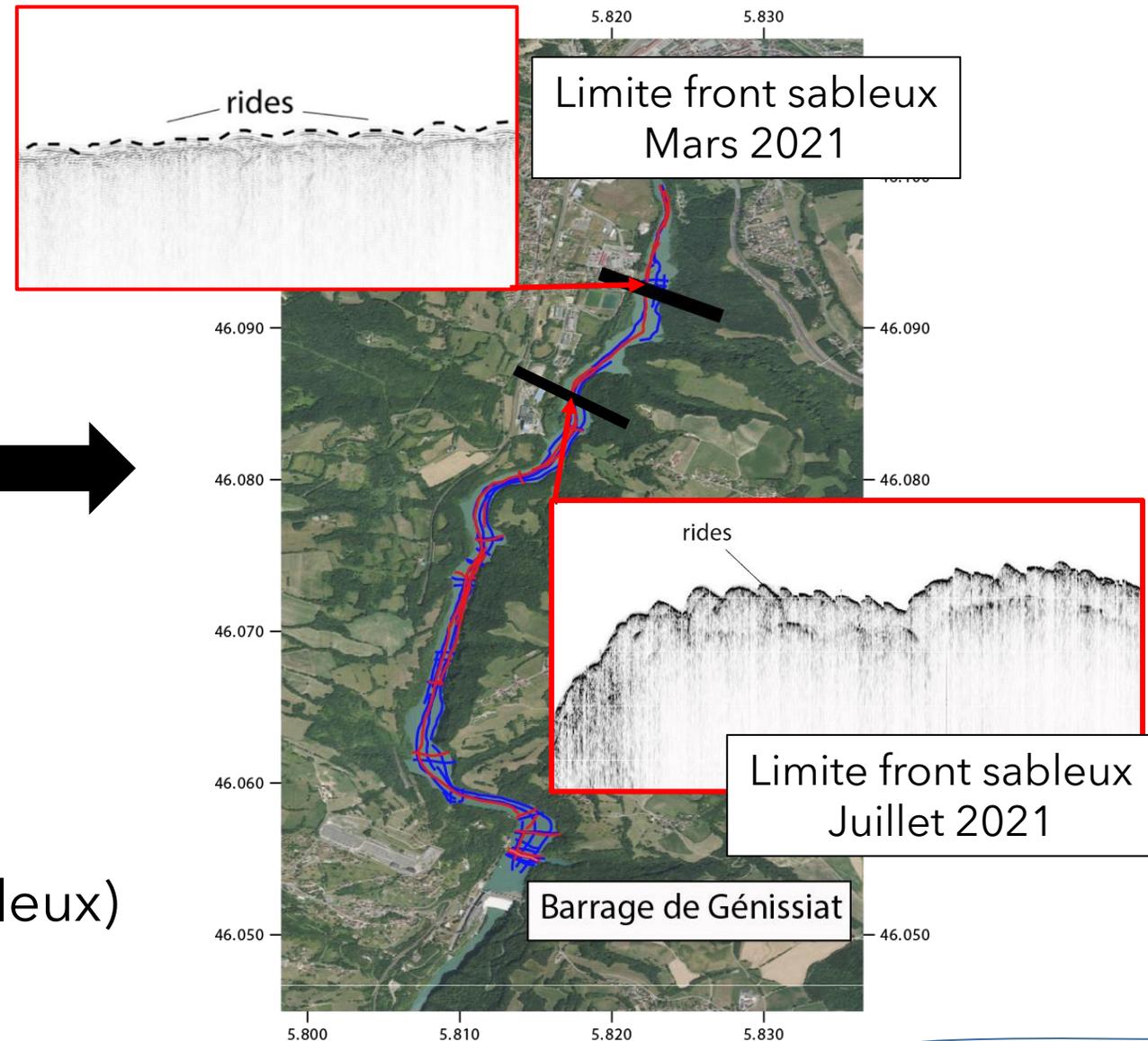
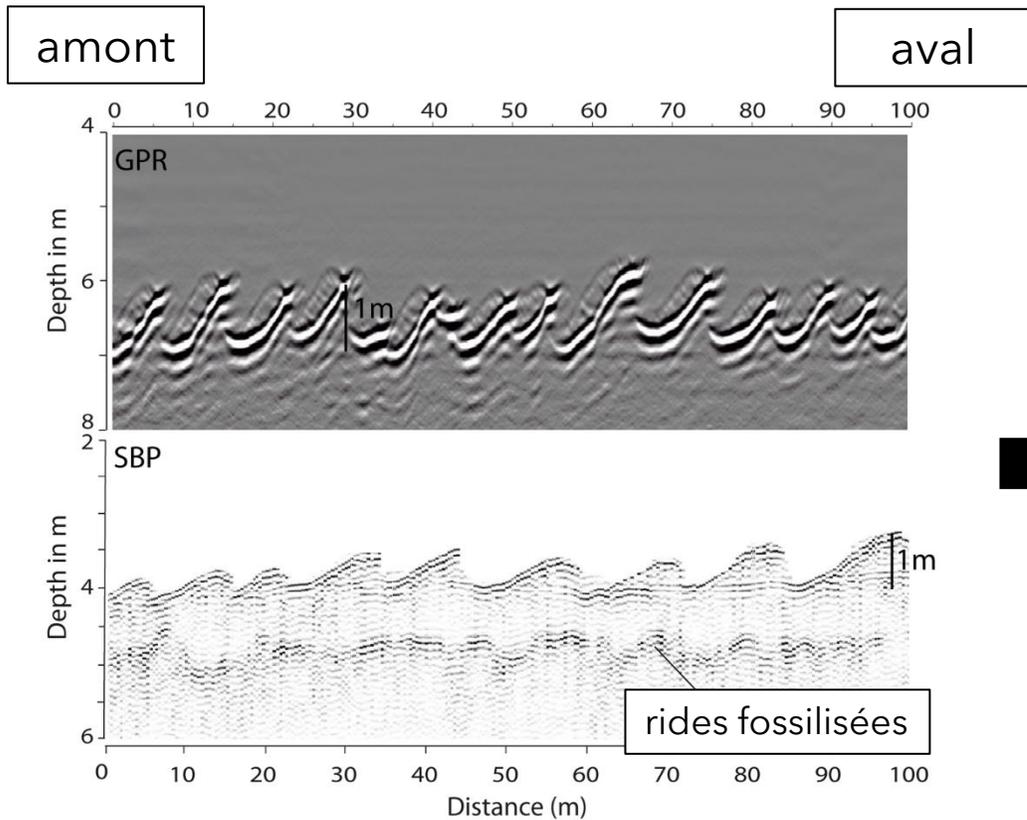
- ✓ Utilisation de la méthode dans les retenues avec des hauteurs d'eau importantes
- ✓ Identification des structures et des processus de sédimentation

# Exemple de résultats - dynamique des sables



Identification des rides (sédiments sableux) → dynamique hydro-sédimentaire

# Exemple de résultats - dynamique des sables



Identification des rides (sédiments sableux)

## Recommandations et conclusions techniques :

- ✓ **Connaissance du site** (surface, hauteur d'eau, zones à enjeux) pour planifier le nombre de profils et les techniques géophysiques adaptées,
- ✓ **Acquisition rapide des profils pour une retenue (1 à 2 jours),**
- ✓ **Identification des** zones à risque et de la distribution spatiale des sédiments
- ✓ Optimiser le **nombre et le positionnement de carottes** industrielles sur une retenue,
- ✓ Estimation des volumes de zones de dépôt → travaux ou opérations

## Recommandations et conclusions techniques :

- ✓ Connaissance du site (surface, hauteur d'eau, zones à enjeux) pour planifier le nombre de profils et les techniques géophysiques adaptées,
- ✓ Acquisition rapide des profils pour une retenue (1 à 2 jours),
- ✓ Identification des zones à risque et de la distribution spatiale des sédiments
- ✓ Optimiser le nombre et le positionnement de carottes industrielles sur une retenue,
- ✓ Estimation des volumes de zones de dépôt → travaux ou opérations

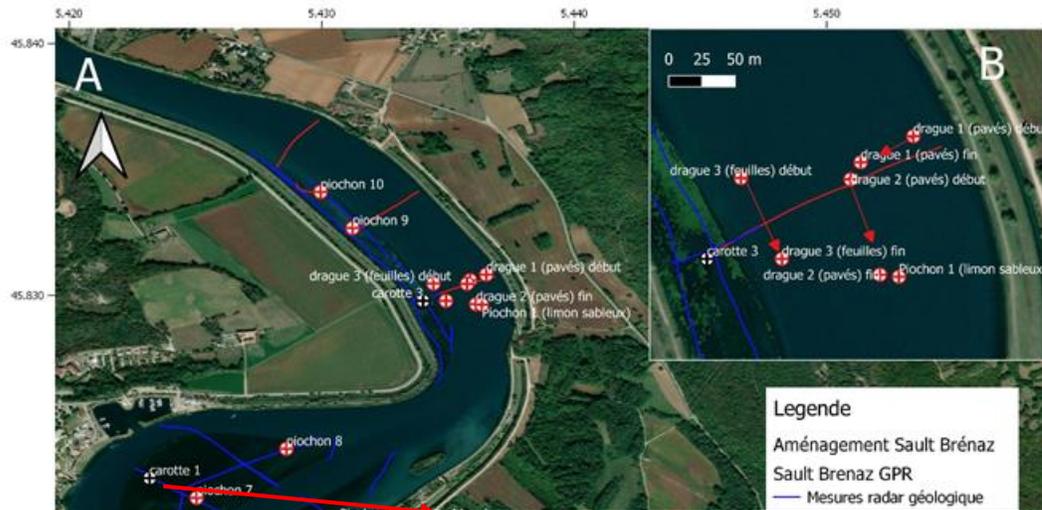
## Conclusions scientifiques :

- ✓ **Identification des structures sédimentaires** (unités, réflecteurs, fond pré-fondation..), de processus sédimentaires (rides, zones de dépôt évènementiel ou continu...),
- ✓ **Identification des facteurs** (naturel ou anthropique) qui créent des réflecteurs et qui influencent la dynamique de stockage

A photograph taken from the perspective of someone on a boat, looking out over a large reservoir. In the foreground, the boat's deck is visible, featuring a vertical metal post on the left and a curved metal railing on the right. The water is a calm, light blue-green color. In the background, a large dam structure is visible, surrounded by steep, rocky hillsides with sparse, brownish vegetation. The sky is clear and blue.

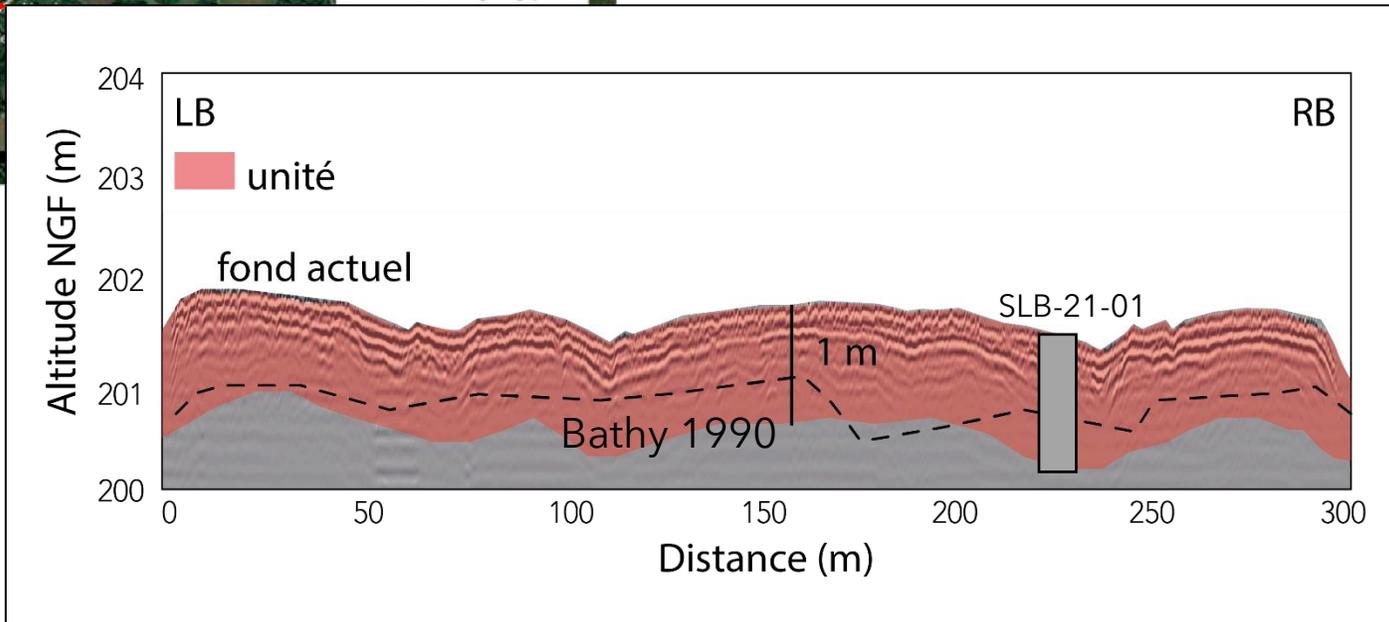
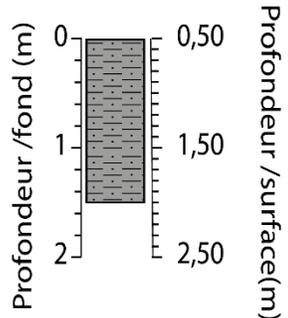
Merci pour votre attention !

# Exemple de résultats - barrage de Sault-Brénaz

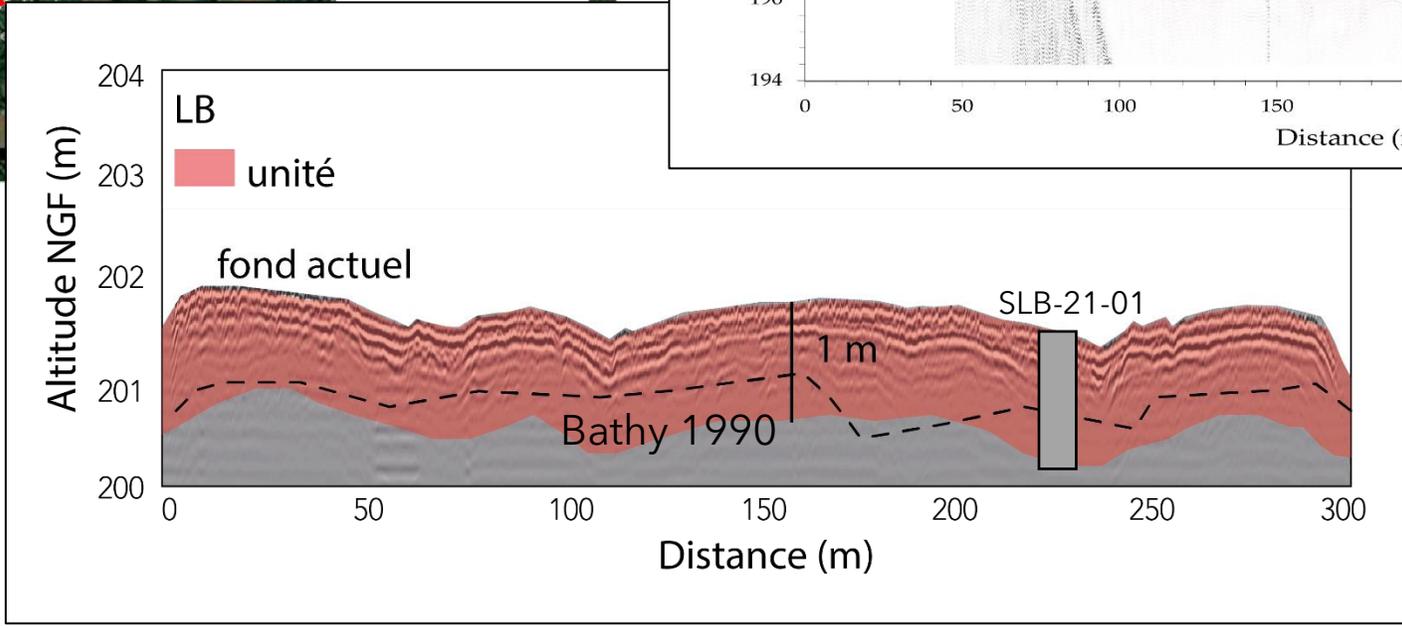
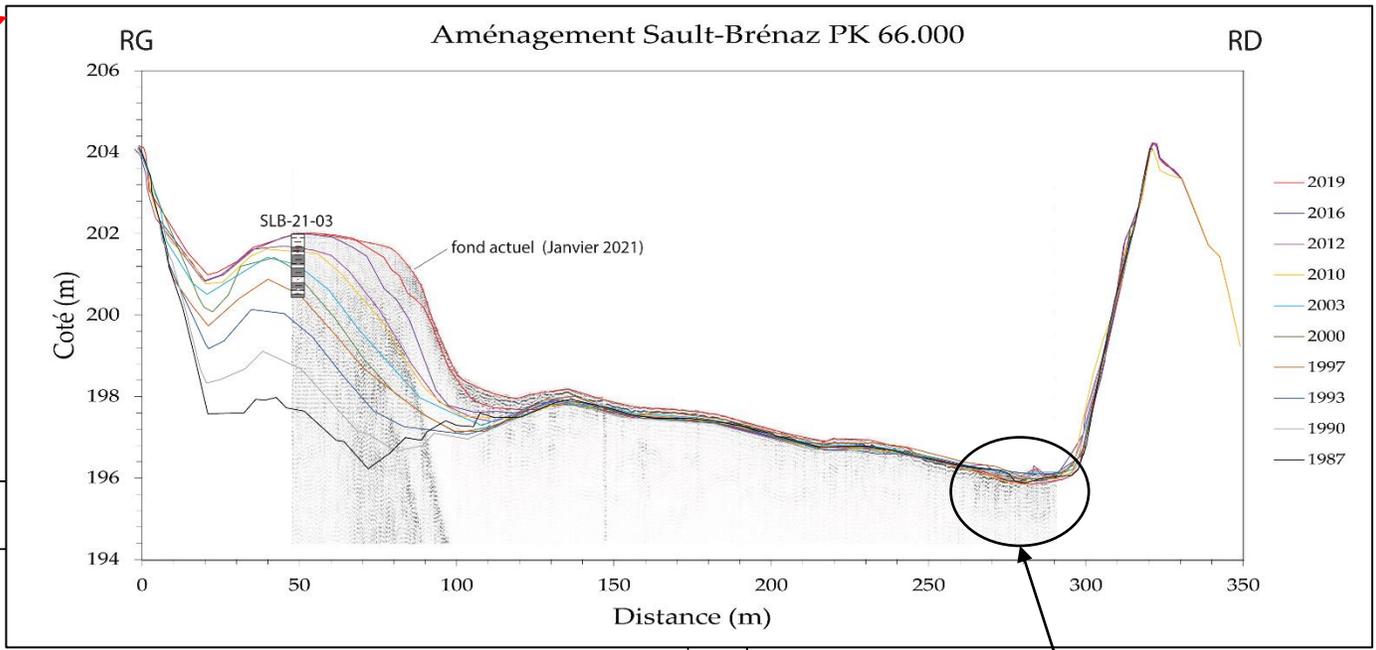
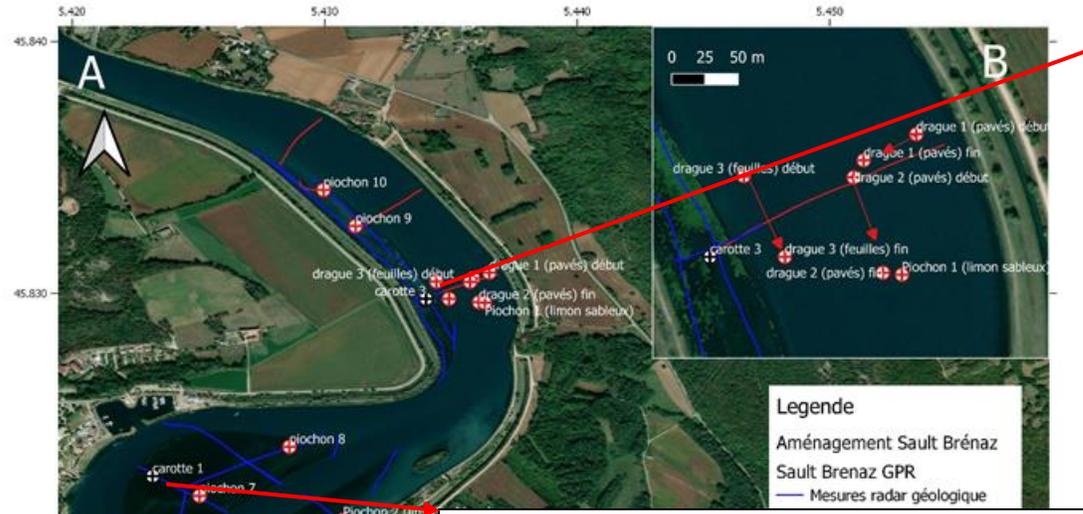


## SLB 21-01

Limon gris +MO



# Exemple de résultats - barrage de Sault-Brénaz



Peu de penetration  
→ galets

## SLB 21-01

Limon gris +MO

