

Développement d'une station de mesure hydroacoustique pour la mesure de la concentration et de la granulométrie du sable en suspension en continu

Jessica LAIBLE(1),

Benoît Camenen (1), Jérôme LE COZ (1), Guillaume

Dramais (1), François Lauters (2), Gilles Pierrefeu (3)

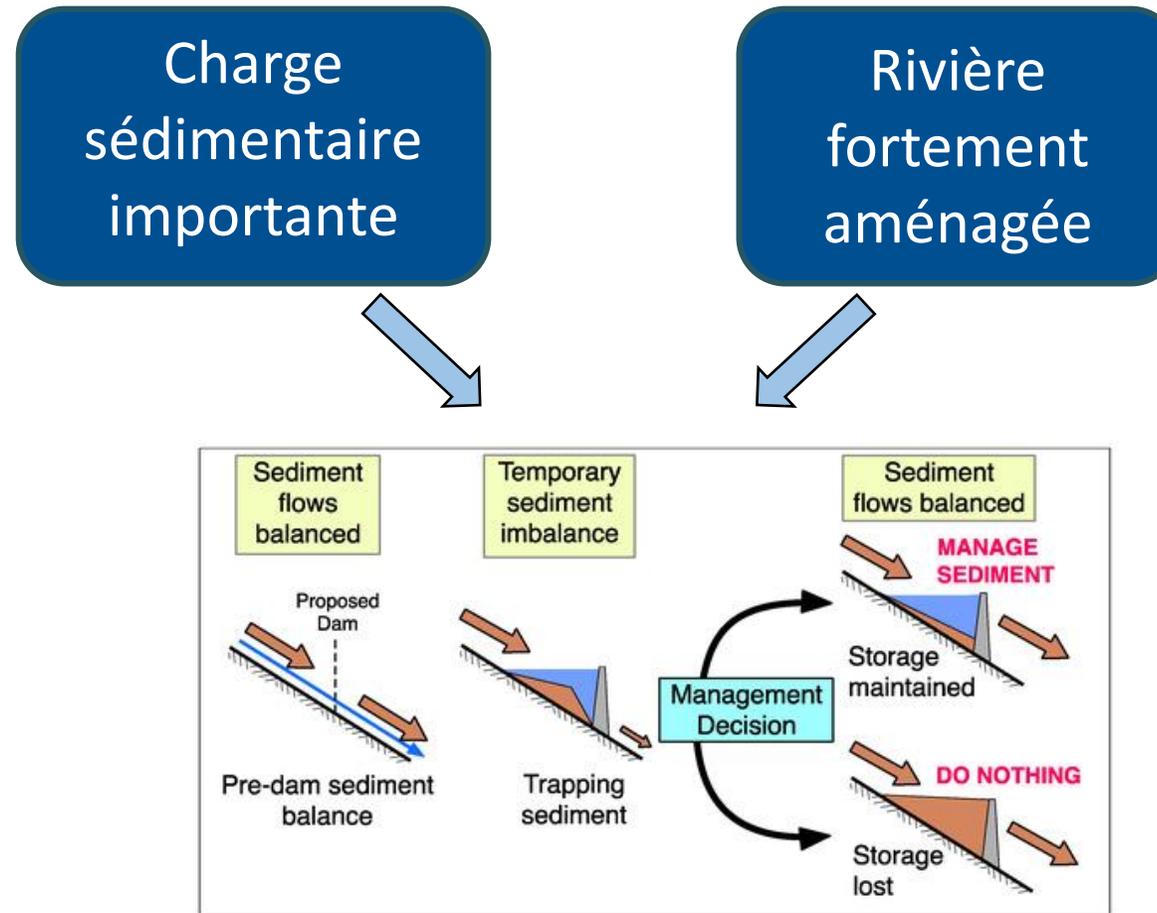
(1)

(2)

(3)



Gestion sédimentaire dans des rivières alpines aménagées



Morris (2020)

Zone d'étude

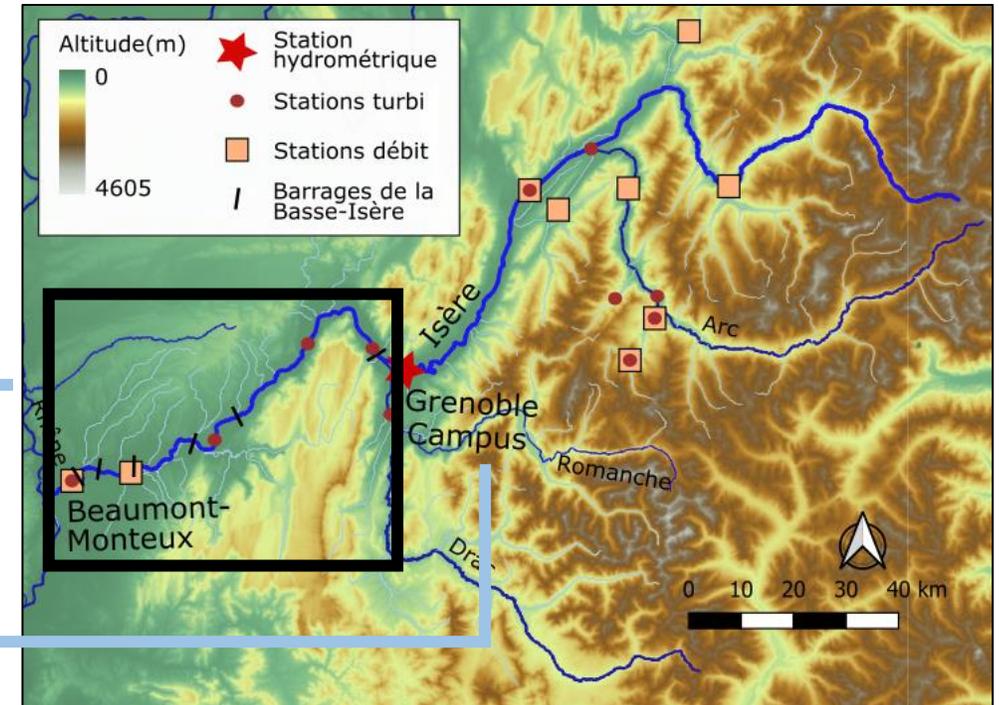
Isère

- Riche en sédiment
- Fortement aménagée (endiguement, barrages hydrauliques)

Basse-Isère

Station Grenoble Campus

- Flux sableux \pm en continu
- Station hydrométrique



Données: IGN

Gestion sédimentaire dans l'Isère

- Chasses régulières (2008, 2015, 2021)
- Conséquences problématiques:
 - Dépôts dans la zone de confluence
 - Évacuation par dragage
 - Arrêt de la navigation



Chasse 2021

→ Problématique appliquée:

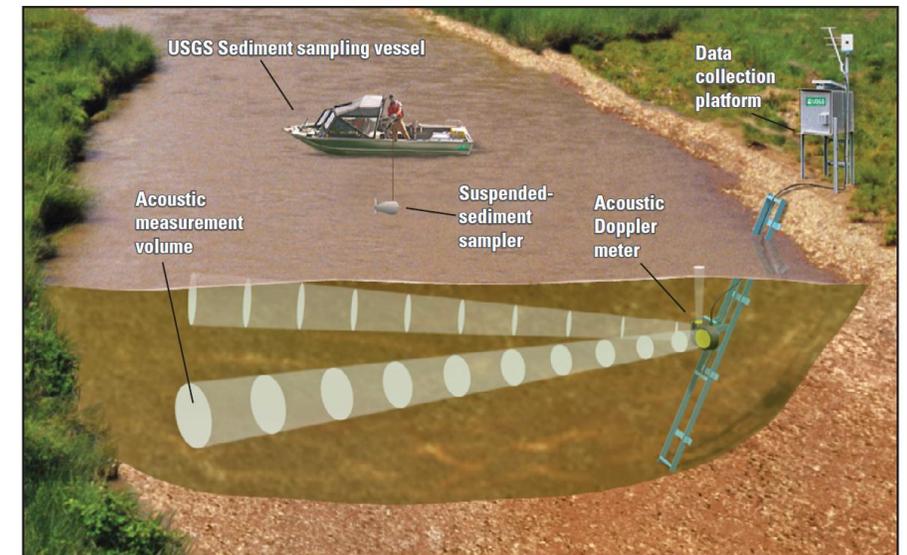
- Comment améliorer la gestion sédimentaire dans l'Isère ?
- Combien de sable est transporté ? Quelle est sa granulométrie et sa distribution spatiale et temporelle ?
- Comment obtenir des informations en continu et en temps réel ?

Objectif de recherche:

Etablir des séries temporelles en continu de la concentration et la granulométrie du sable en suspension dans l'Isère utilisant une méthode acoustique

Méthode bi-fréquentielle (Topping & Wright 2016)

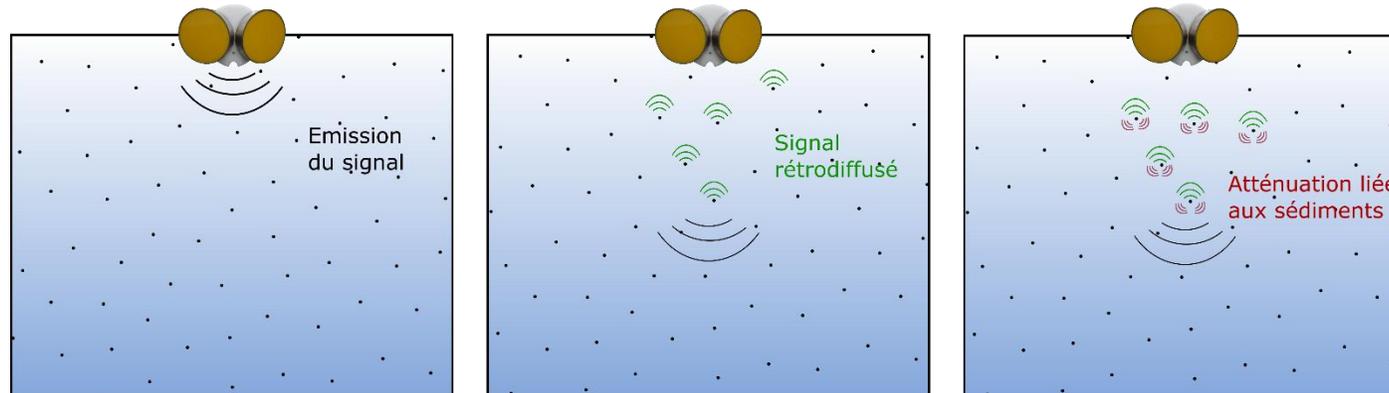
- Objectif: Mesurer concentration et granulométrie de la suspension sableuse en continu
- Utilisation des Acoustic Doppler Current Profilers (ADCPs)
- Méthode bi-frequentielle, semi-empirique
- Hypothèses:
 - Distribution homogène de la suspension sableuse dans la section
 - Evolution de la zone insonifiée en phase avec la section entière



Landers et al., 2016

Bases théorétiques de la méthode bi-fréquentielle

- Basé sur le principe Doppler
- Mesure de l'intensité du signal renvoyé
 - Dépend du nombre des particules en suspension et leurs caractéristiques
- Influence de la concentration et de la granulométrie sur l'atténuation et la rétrodiffusion
- Rétrodiffusion (B)
 - Dominée par le sable
 - Mais si faible concentration des sables en suspension, aussi par les sédiments fins
- Atténuation (α)
 - Distribution géométrique de l'onde dans l'espace, viscosité de l'eau, particules
 - Dominée par les sédiments fins et des concentrations élevées



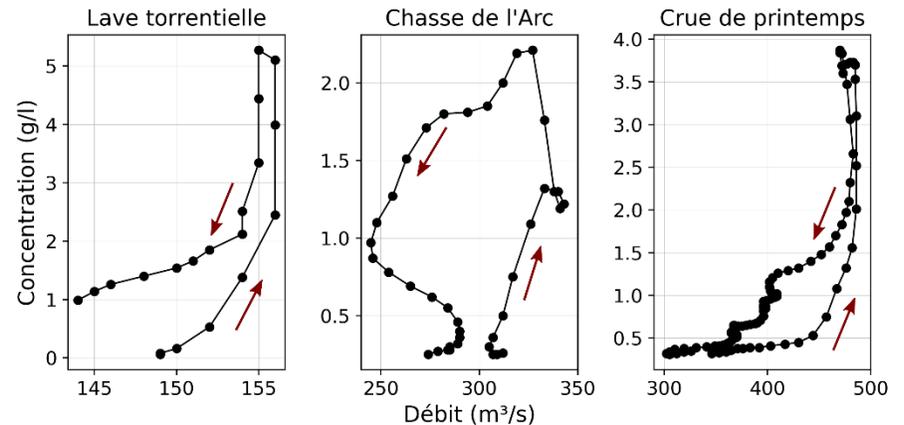
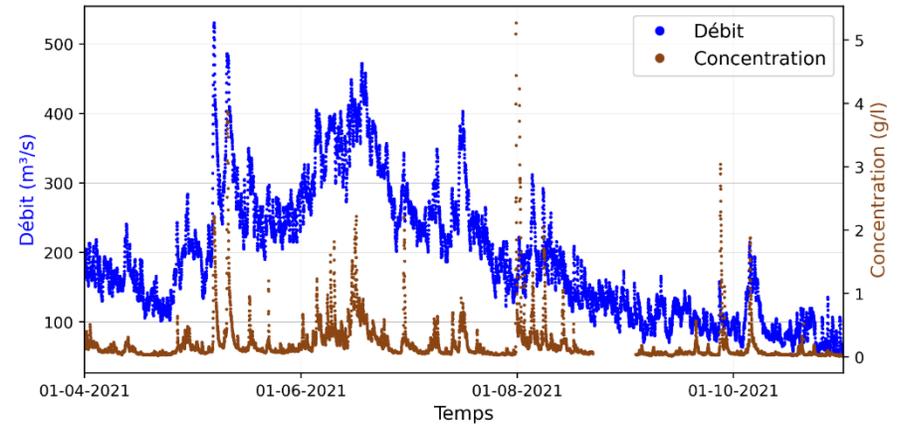
Quels sont les enjeux de l'application de la méthode bi-fréquentielle?

Souvent concentration importante des sédiments

Concentration des sédiments fins plus élevée que des sables

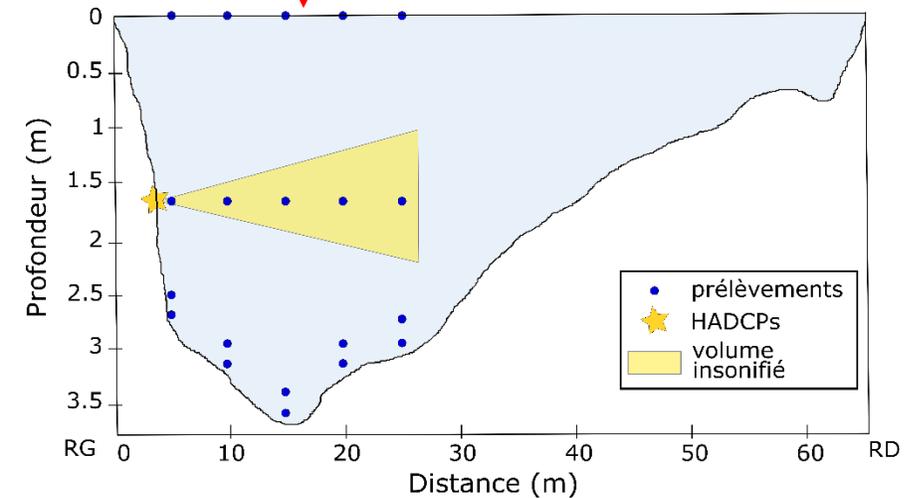
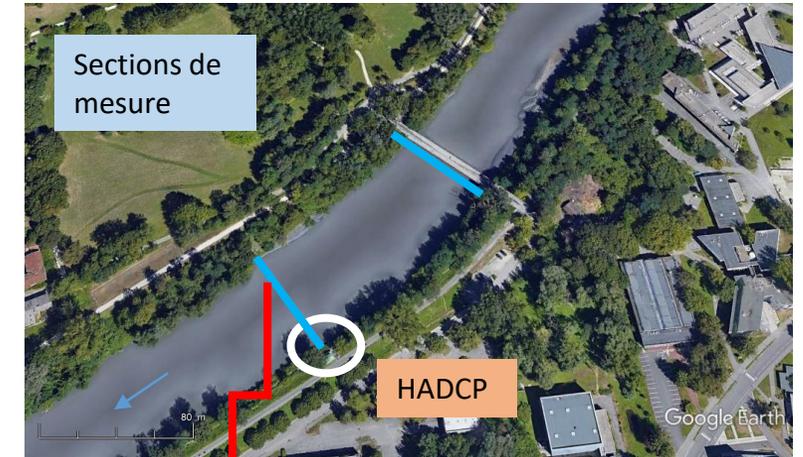
Variabilité transversale de la concentration / flux

Hystérésis débit liquide – débit solide lors des événements extrêmes



Comment pouvons-nous adapter la méthode bi-fréquentielle à notre zone d'étude?

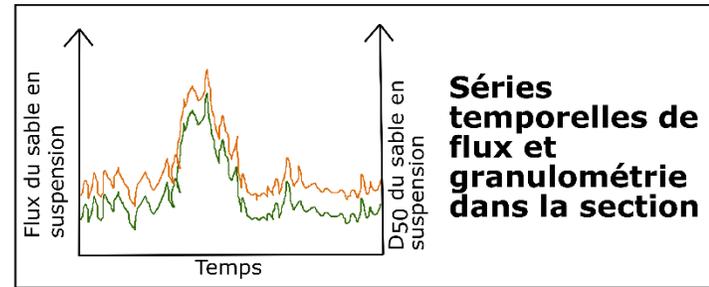
Installation de 2 HADCPs (Horizontal Acoustic Doppler Current Profilers) de 400 kHz et 1 MHz



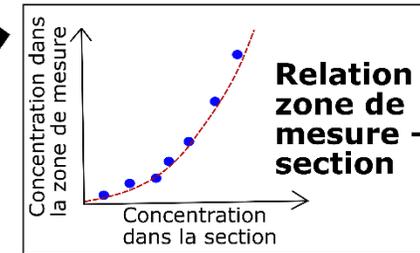
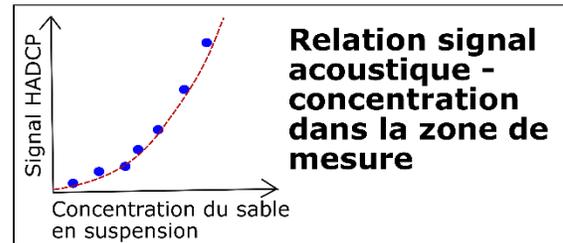
Comment pourrions-nous adapter la méthode bi-fréquentielle à notre zone d'étude?

Méthodologie

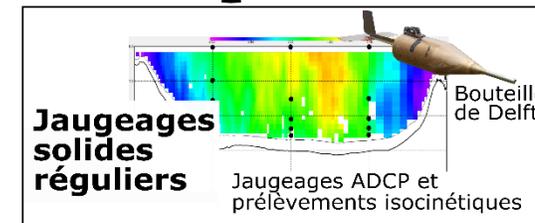
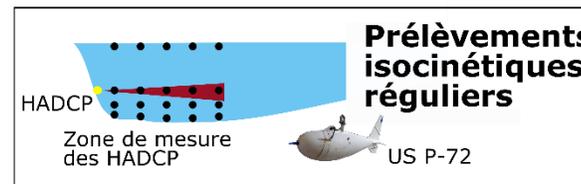
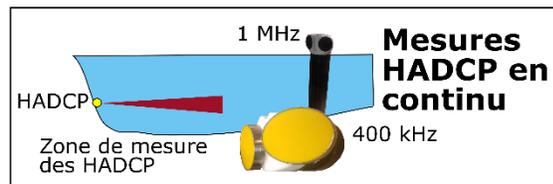
Étape 3



Étape 2



Étape 1



Application de la méthode bi-fréquentielle

Calcul de la rétrodiffusion corrigée (Fluid-corrected Backscatter) FCB et de l'atténuation liée aux sédiments α_{Sed}

$$FCB = f_{conv} * RL + 20 \log_{10}(r) + 2\alpha_w r$$

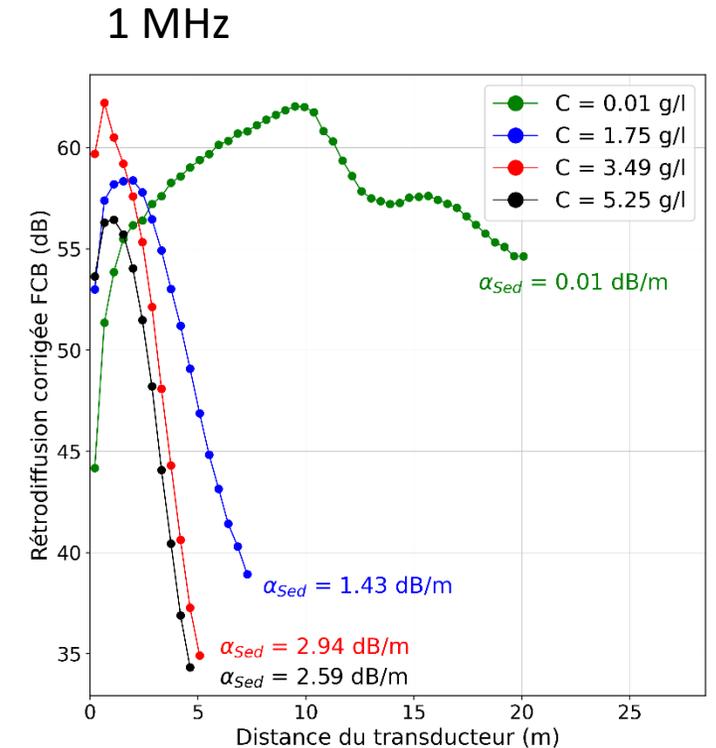
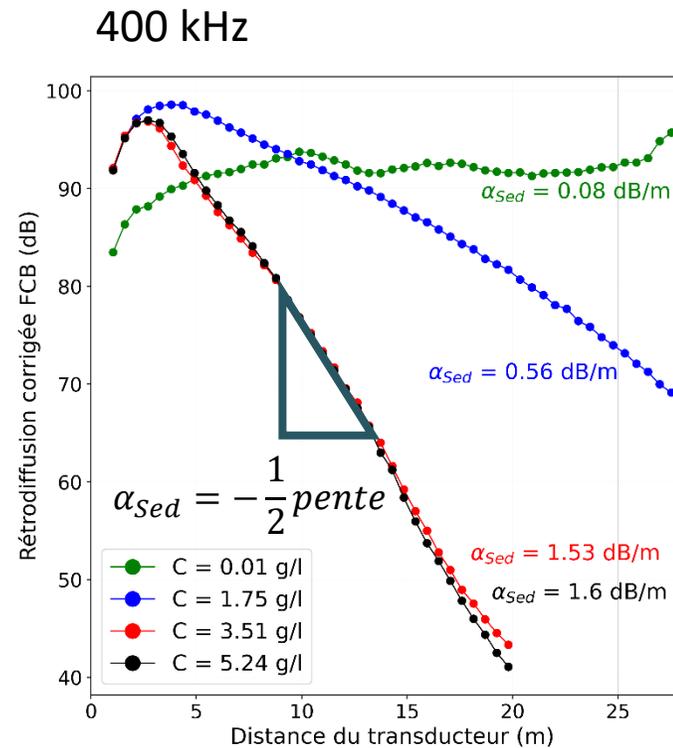
FCB = rétrodiffusion corrigée (dB)

f_{conv} = facteur de conversion
(dB/counts)

RL = intensité acoustique mesurée
(counts)

r = distance des transducteurs le long du faisceau (m)

α_w = atténuation acoustique liée à l'eau (dB/m)



Application de la méthode bi-fréquentielle

Calcul de la rétrodiffusion relative (Relative Backscatter) B et la rétrodiffusion moyenne le long du faisceau (Beam-averaged Backscatter) \bar{B}

$$B = FCB + 2\alpha_{sed}r$$

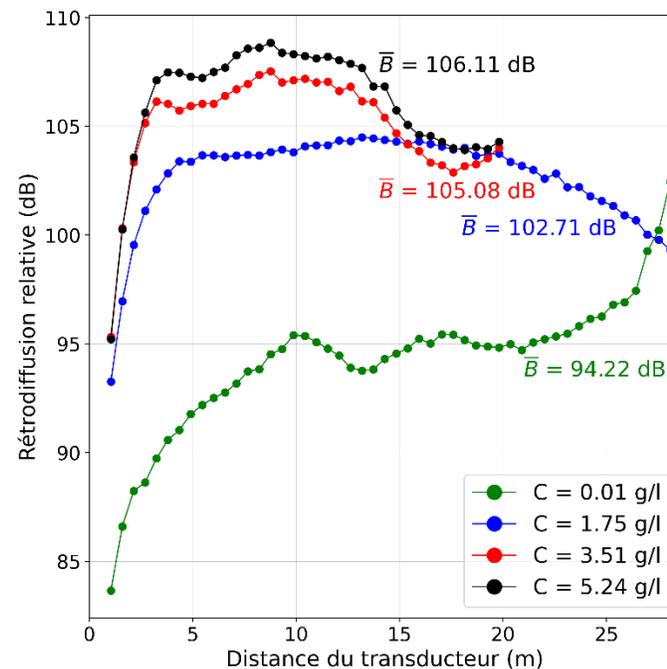
B = rétrodiffusion (dB)

FCB = rétrodiffusion corrigée (dB)

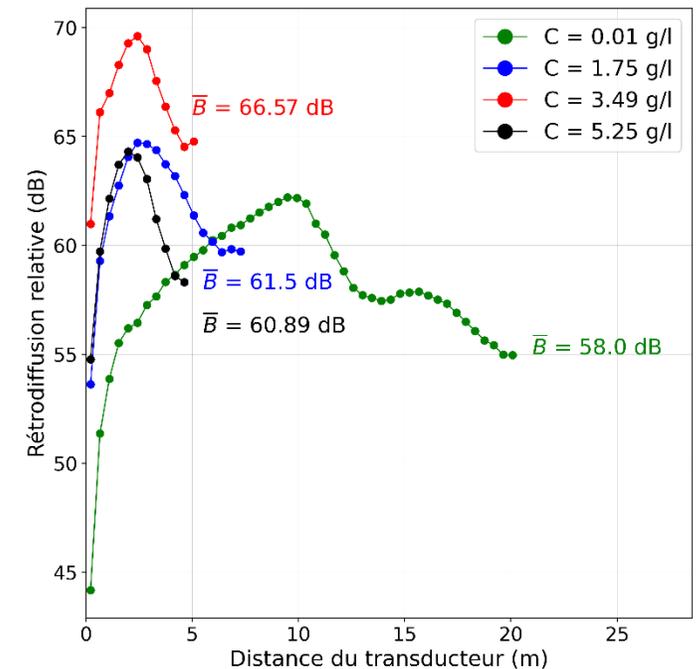
r = distance des transducteurs le long du faisceau (m)

α_{sed} = atténuation acoustique liée aux sédiments (dB/m)

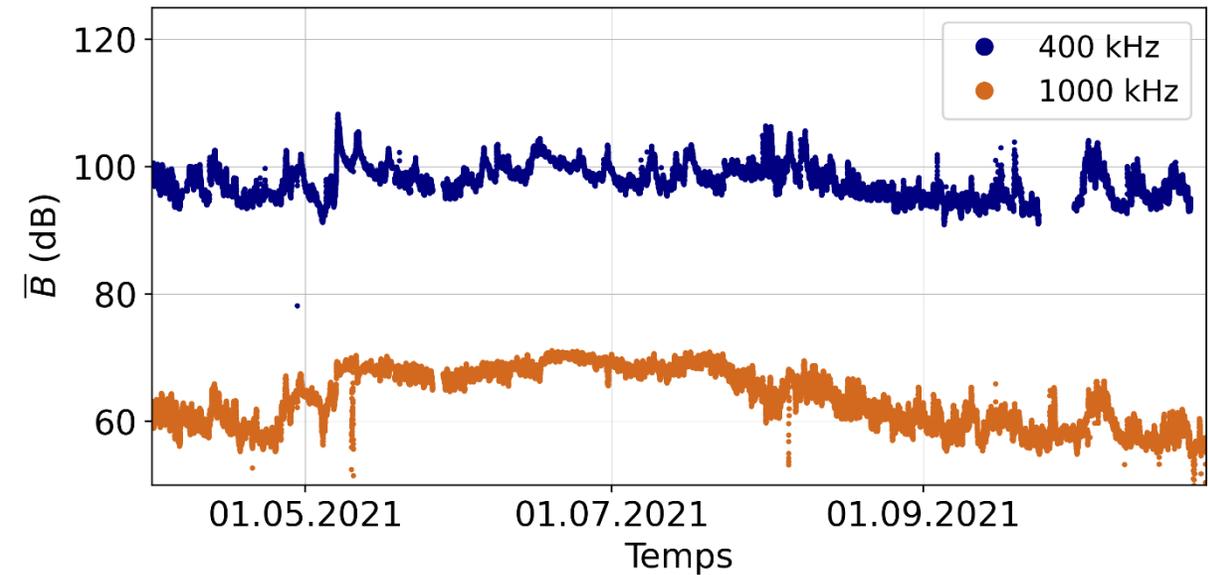
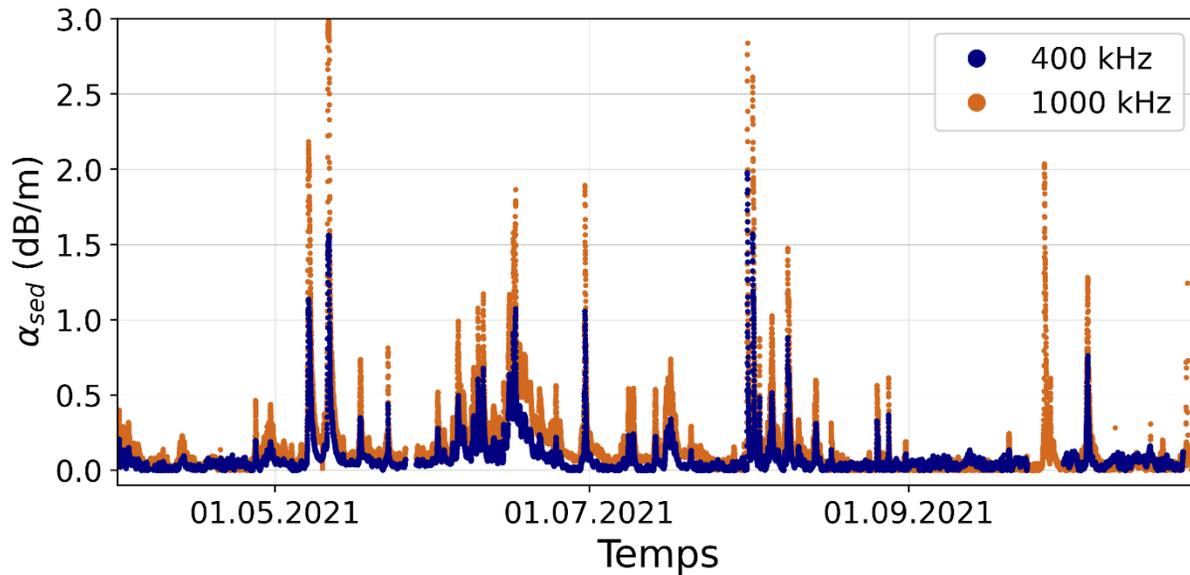
400 kHz



1 MHz



Calcul des séries temporelles de α_{sed} et \bar{B}

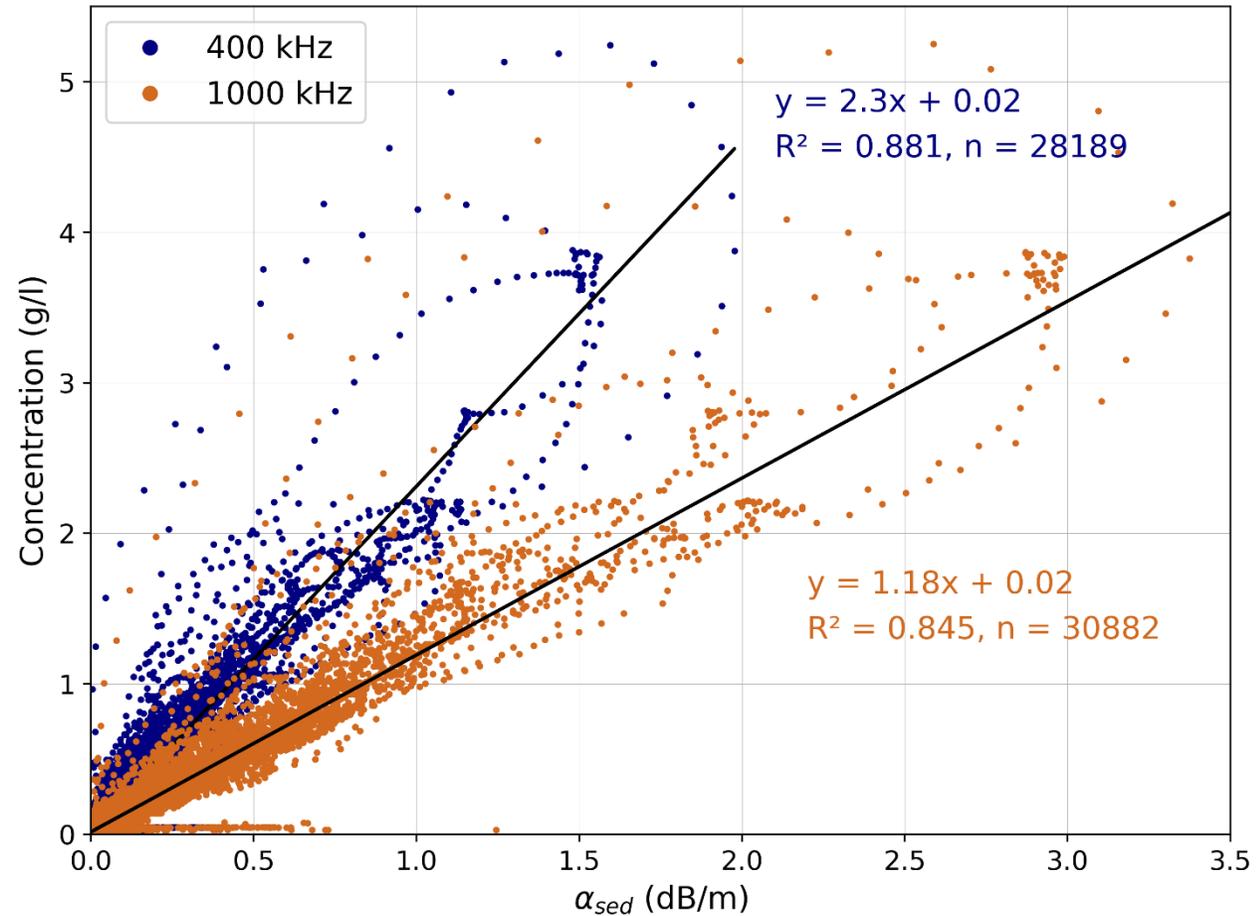


Événements avec des valeurs importantes en α_{sed} et \bar{B}

→ Existe-t-il une relation forte avec la concentration mesurée à la station ?

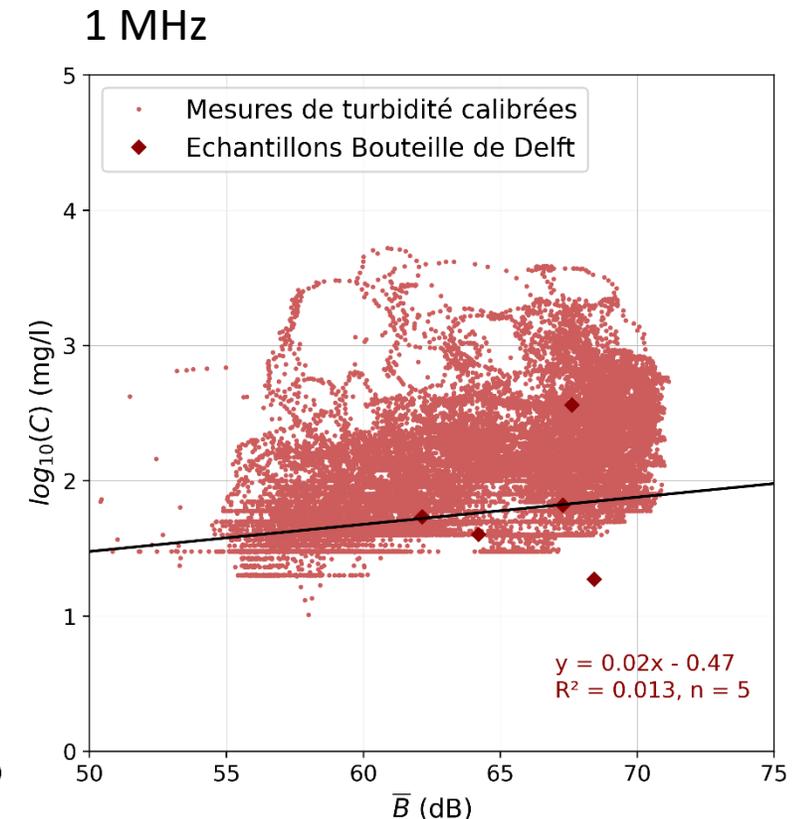
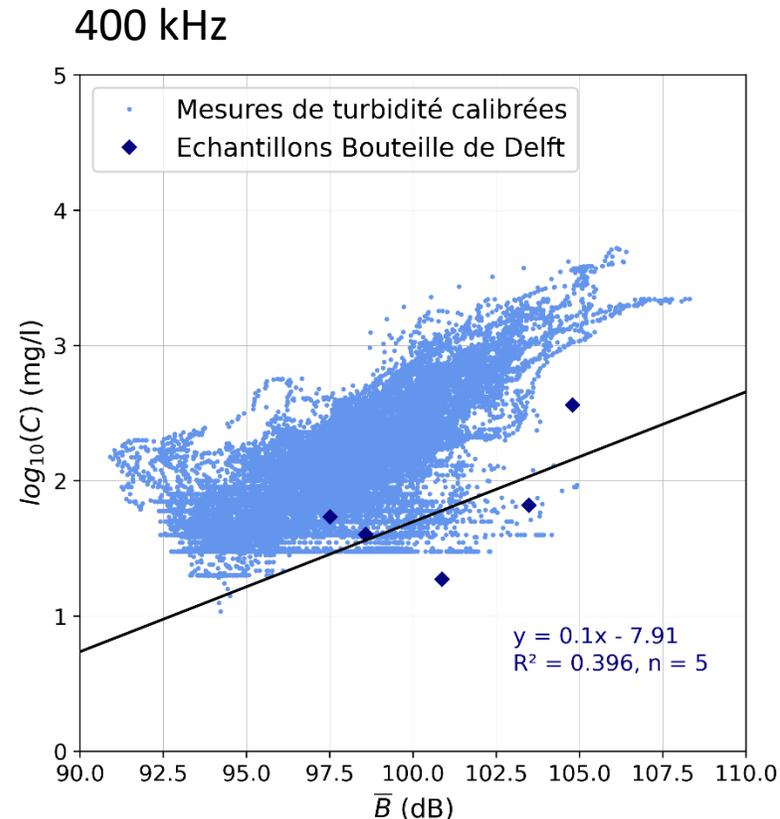
Relation entre α_{sed} et la concentration mesurée par turbidimétrie

- Bonne corrélation
- Hystérésis prononcée



Relation entre \bar{B} et la concentration sableuse mesurée par jaugeage solide

- Corrélation faible
- Correction du calcul nécessaire
- Contribution des sédiments fins à la rétrodiffusion
- Rapport $\frac{C_{sables}}{C_{fines}}$ très faible
- Pas d'événements avec $C_{sables} > C_{fines}$



Conclusions et perspectives

- Bonne corrélation entre α_{sed} et la concentration mesurée par la turbidimétrie, mais hystérésis prononcée
- Faible corrélation entre \bar{B} et la concentration du sable
→ contribution des sédiments fins à \bar{B}
- Application de la méthode de Topping & Wright (2016) nécessite des adaptations
 - Quantification des gradients dans la section de mesure
 - Calcul d' α_{sed} et \bar{B} par section homogène
 - Utilisation d'une autre approche pour la détermination de la rétrodiffusion causée par les sédiments fins

Merci pour votre attention!

