Combinaison de mesures acoustiques et de prélèvements sédimentaires pour le suivi de la charge de fond de rivières : application à la Moselle

Guillaume PIASNY (1),
Thomas GEAY (2),
Sébastien ZANKER (3),
Pierre-André GARAMBOIS (4),
Pascal FINAUD-GUYOT (5),
Laurent SCHMITT (1)

(1) Image Ville Environnement, Université de Strasbourg, cnrs

(2) GINGER BURGEAP

(3) EDF

(4) INRAE

(5) Inria

Introduction

Présentation du bassin versant de la Moselle

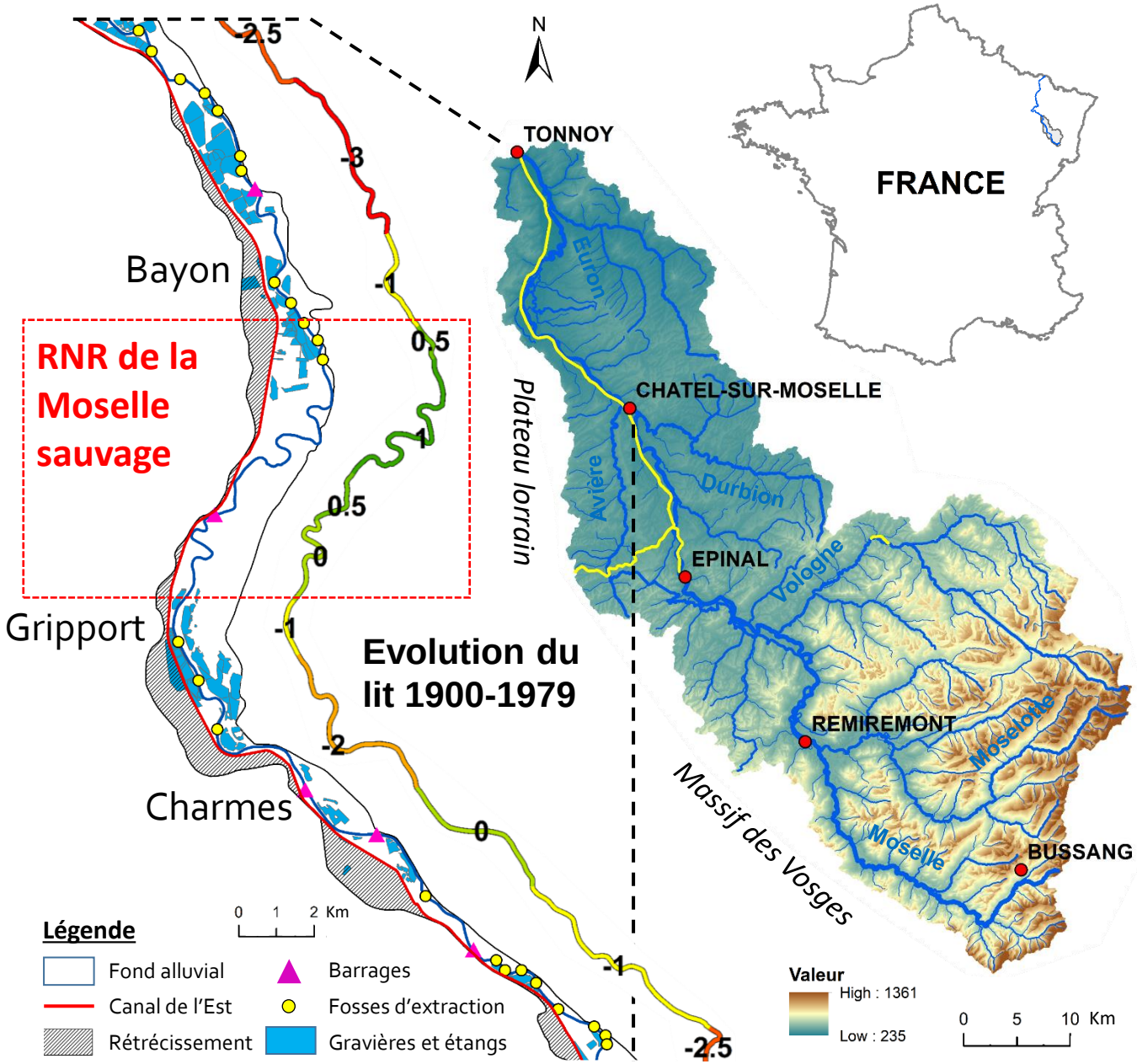
- Régime hydrologique de type pluvial océanique, fortes crues en hiver et étiages sévères en été
- Prédominance de la zone montagneuse (relief, lithologie) dans la constitution des écoulements
- L'agencement du réseau hydrographique favorise la concomitance des pics de crues

Activités anthropiques dans la plaine alluviale

- Aménagement de seuils (XIXe siècle) et construction du canal de l'Est (1870-1890)
- Extractions en lit mineur (1950-1980) puis en lit majeur (1980-actuel)

Conséquences sur l'hydrosystème

- Concentration des écoulements favorise l'incision du lit et l'abandon des chenaux secondaires



Introduction

Présentation du site d'étude

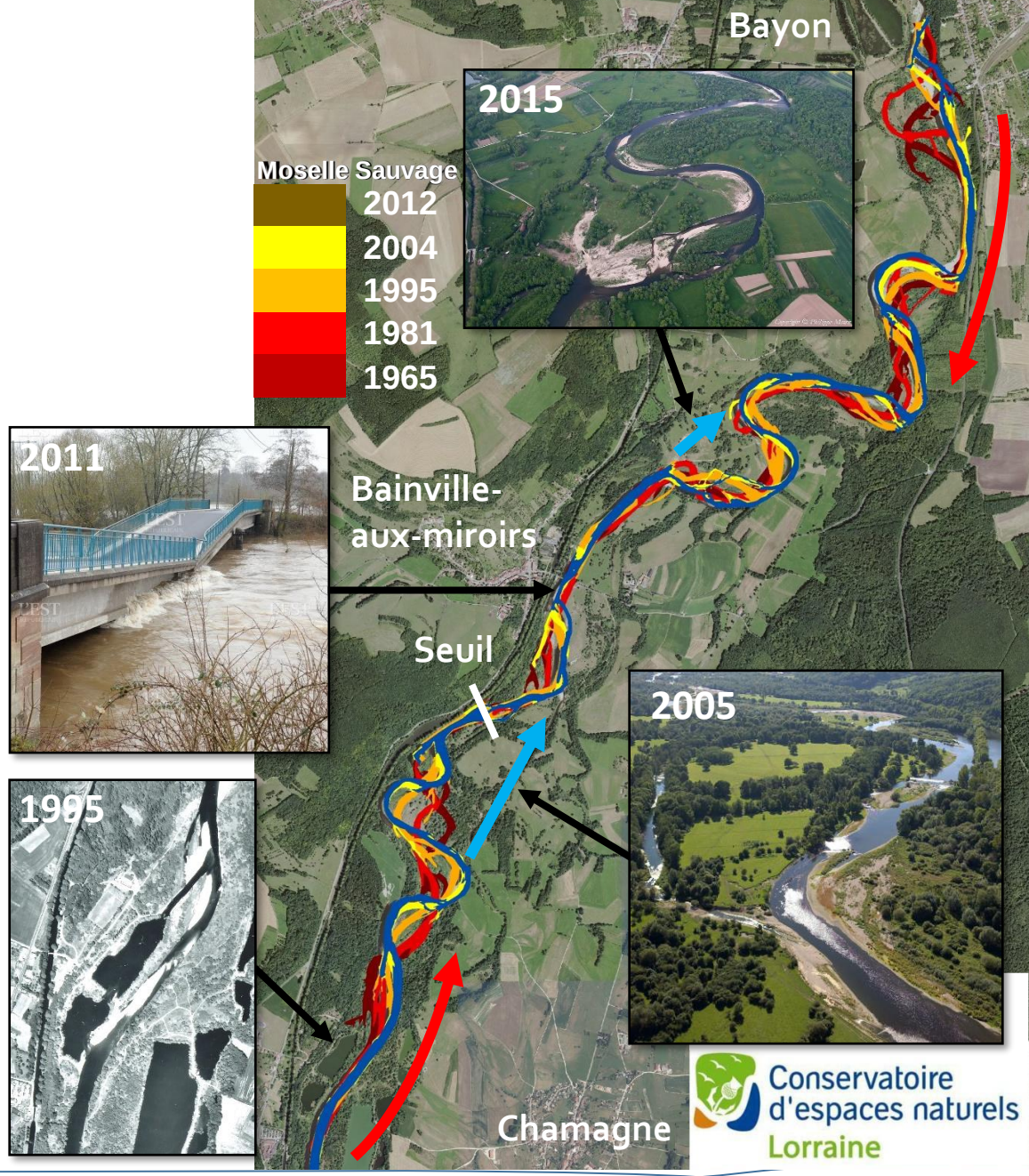
- Tronçon méandriforme d'une longueur de 13 km, largeur de 60 m, sinuosité de 1.35, pente de 1.2 ‰
- Charge de fond essentiellement issue de l'érosion des berges dont le D_{50} est de 14 mm
- Secteur de la Moselle relativement épargné par des actions anthropiques passées ou présentes

Problématique

Propagation de réajustements morphodynamiques initiés par des actions effectuées en amont et en aval.

Objectif opérationnel

Proposer des scénarios de gestion et de restauration de la mobilité latérale du cours d'eau basés sur la combinaison d'une étude hydro-sédimentaire détaillée et de modélisations hydro-sédimentaires 2D.



Conservatoire d'espaces naturels Lorraine

Introduction

Objectif scientifique

Comparer à l'échelle d'une crue l'estimation du débit solide (flux instantané et volume total) estimé par mesure acoustique et par modélisation au droit du secteur central de la réserve (pont de Bainville-aux-Miroirs).

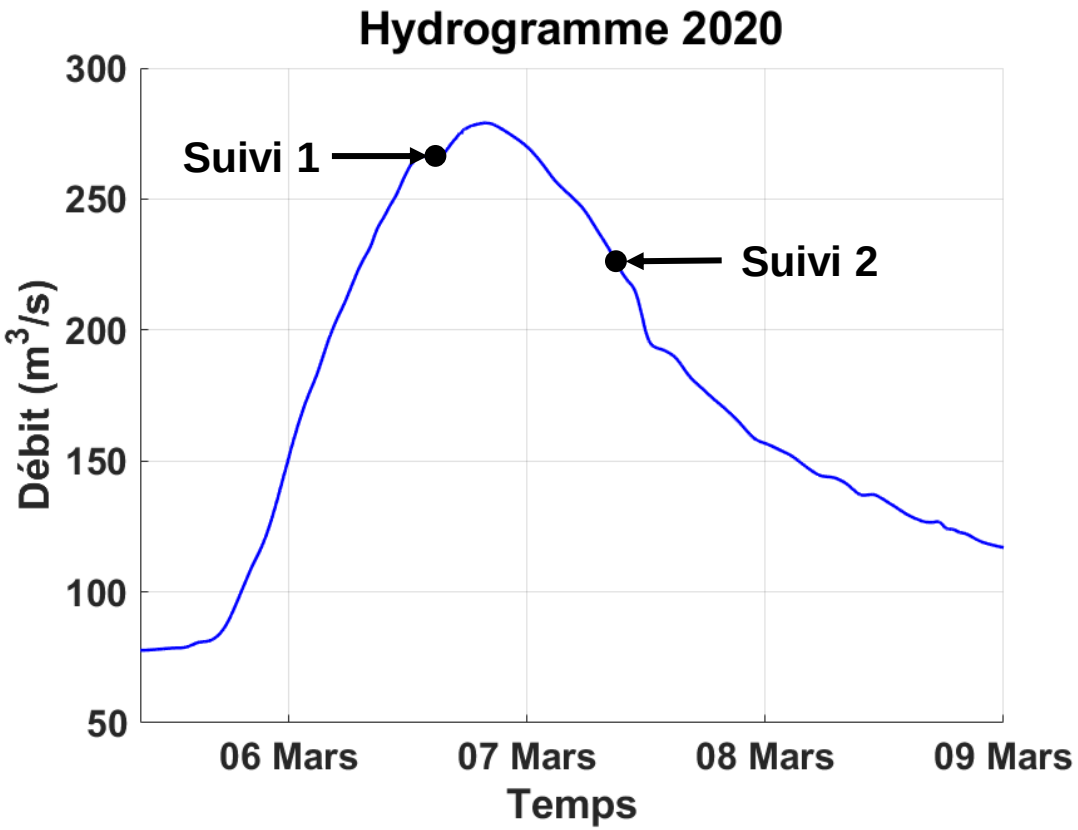
Méthode de travail

Modélisation

- Construire et calibrer un modèle hydro-sédimentaire 2D (TELEMAC/SISYPHE) à l'aide d'un important jeu de données
- Modéliser le débit solide charrié au cours de la crue sans prendre en compte les évolutions morphologiques du lit

Mesure acoustique

- Construire une courbe de tarage solide entre débit solide et puissance acoustique à partir de mesures ponctuelles directes (prélèvements) et indirectes (jaugeages)
- Convertir une mesure continue de la puissance acoustique en chronique de débit solide à l'aide de cette courbe

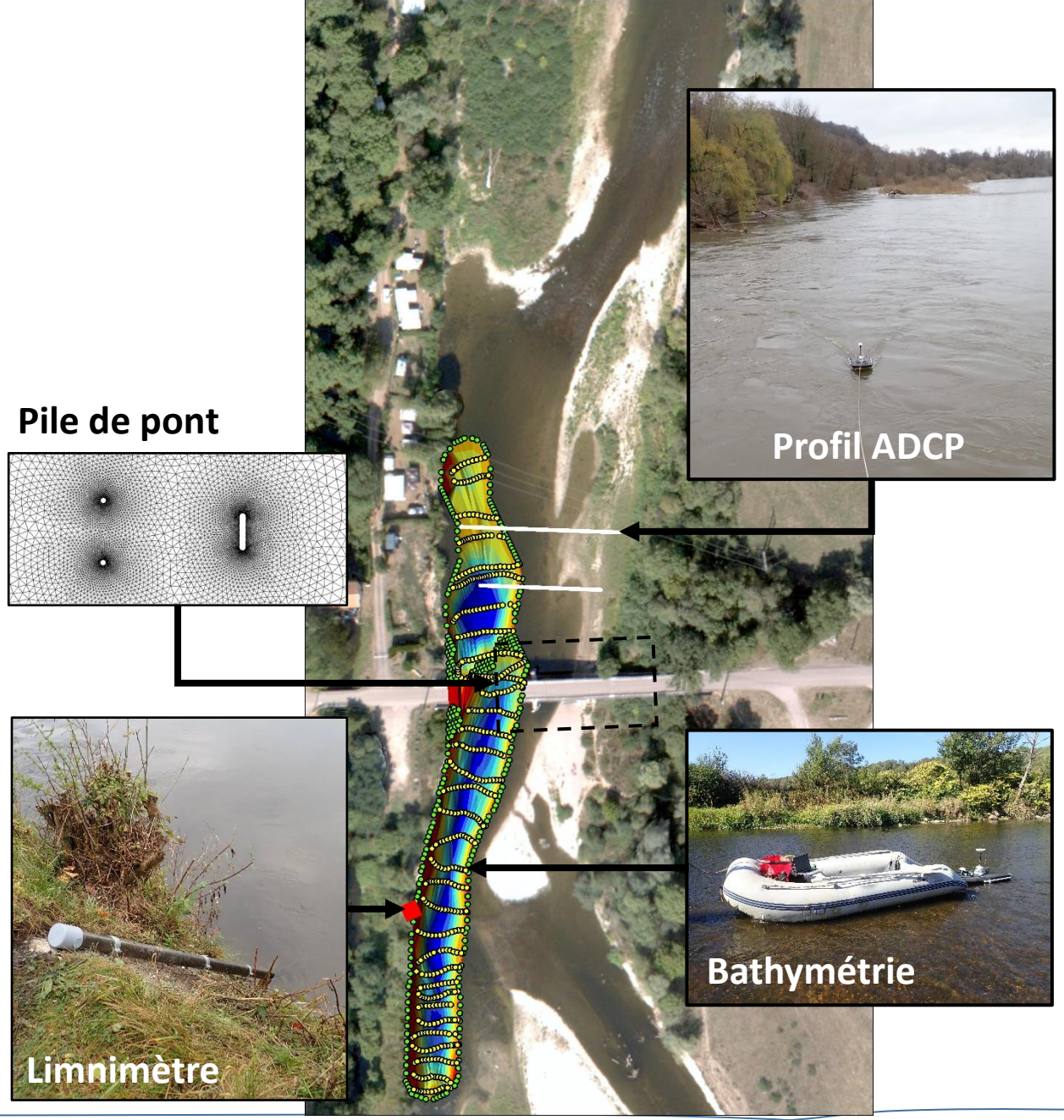


Matériel et méthodes

Construction et calibration du modèle hydraulique 2D

Emprise : 750 m en amont et aval du pont
Maillage : 3.5 m raffiné à proximité des piles du pont
Conditions aux limites issues d'un modèle plus large

- Levé LiDAR topo-bathymétrique complété par une campagne bathymétrique (h > 1.7 m) effectuée à l'aide d'un ADCP couplé à un GPS centimétrique
- Calibration du coefficient de Strickler dans les lits mineur (K_s = 47 $m^{1/3}/s$) et majeur (K_s = 8 $m^{1/3}/s$) à partir d'une chronique de hauteur d'eau
- Vérification de la bonne répartition des écoulements entre les piles du pont à partir de profils en travers ADCP réalisés lors de la crue



Matériel et méthodes

<u>Construction et calibration du modèle hydrau-sédimentaire 2D</u>

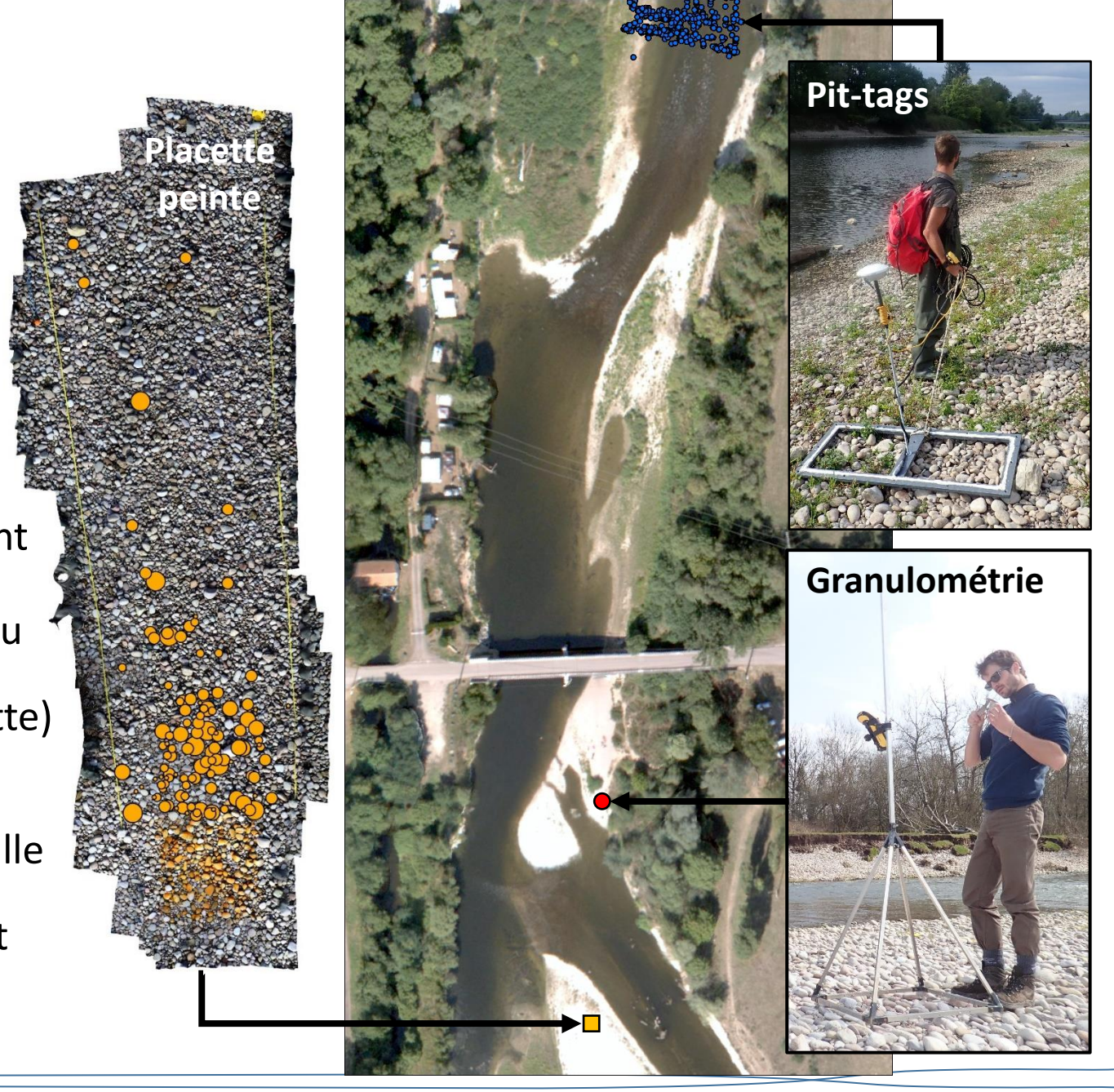
- Détermination de la granulométrie de surface (comptage de particules) et de subsurface (prélèvement volumétrique)

- Calibration du seuil critique de mise en mouvement des sédiments par comparaison entre contrainte maximale modélisée et compétence du cours d'eau

-> Placettes peintes : transport total (D_{95} de la placette) et transport partiel (D_{95} des sédiments déplacés)

-> Pit-tags : mobile ou immobile en fonction de la taille

- Sélection et calibration des équations de transport solide par comparaison avec des prélèvements directs du transport de la charge de fond



Matériel et méthodes

<u>Construction d'une courbe de tarage solide entre débit solide et puissance acoustique</u>

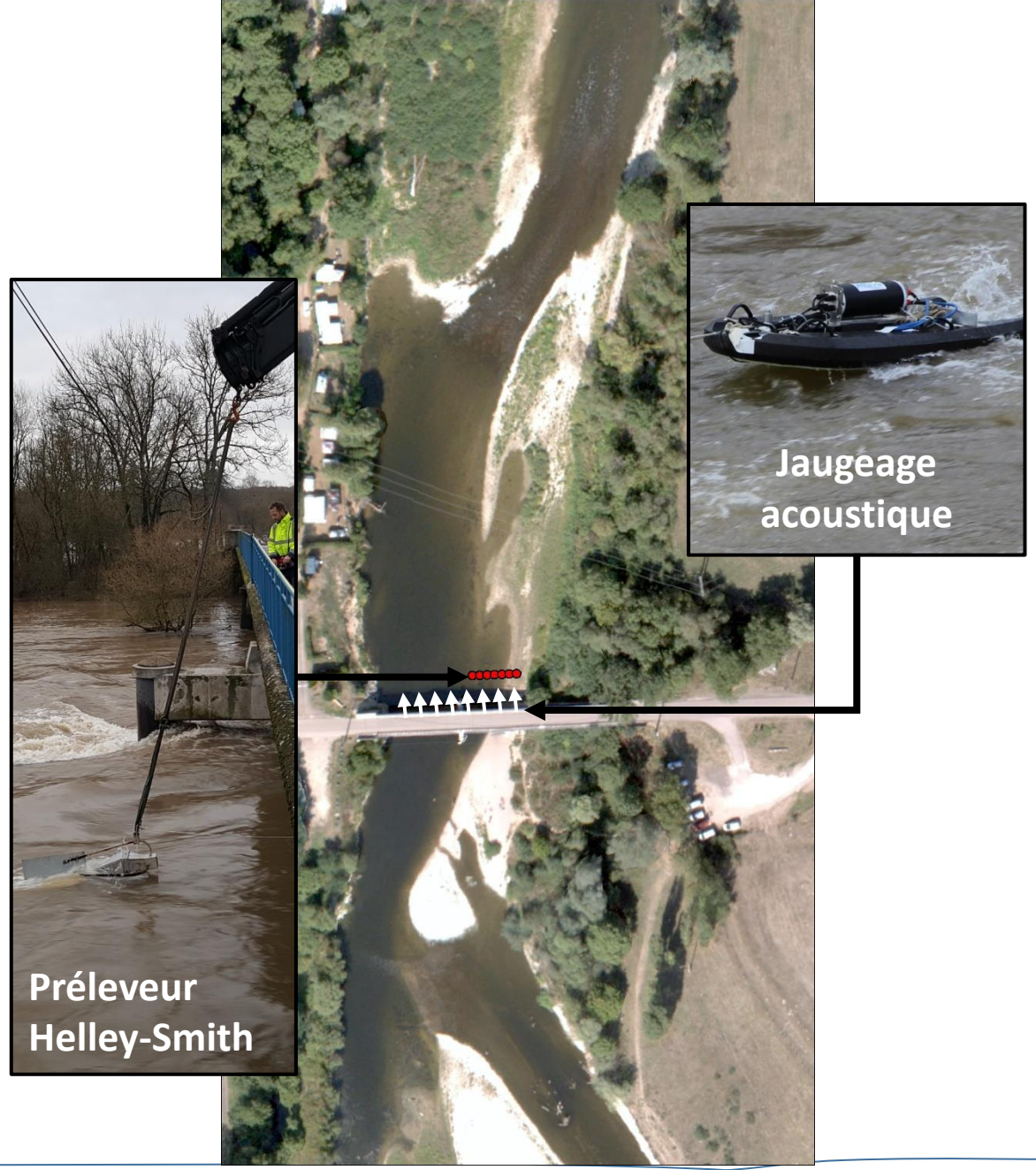
- Mesure directe de la charge de fond à l'aide d'un préleveur de type Helley-Smith (152 x 152 mm) déployé depuis le pont grâce à un camion-grue

9 verticales entre les piles de pont situées en rive droite avec 3 éch./verticale pour une durée d'env. 3 min/éch.

- Mesure indirecte de la charge de fond par jaugeage acoustique effectué à l'aide d'un hydrophone fixé à une planche que l'on laisse dériver vers l'aval

1 verticale/2 m sur la quasi-totalité de la section en travers avec 2-3 dérives/verticale et 10-20 sec/dérive

- Intégration des mesures acoustiques et de débit solide au modèle général proposé par Geay et al. 2020



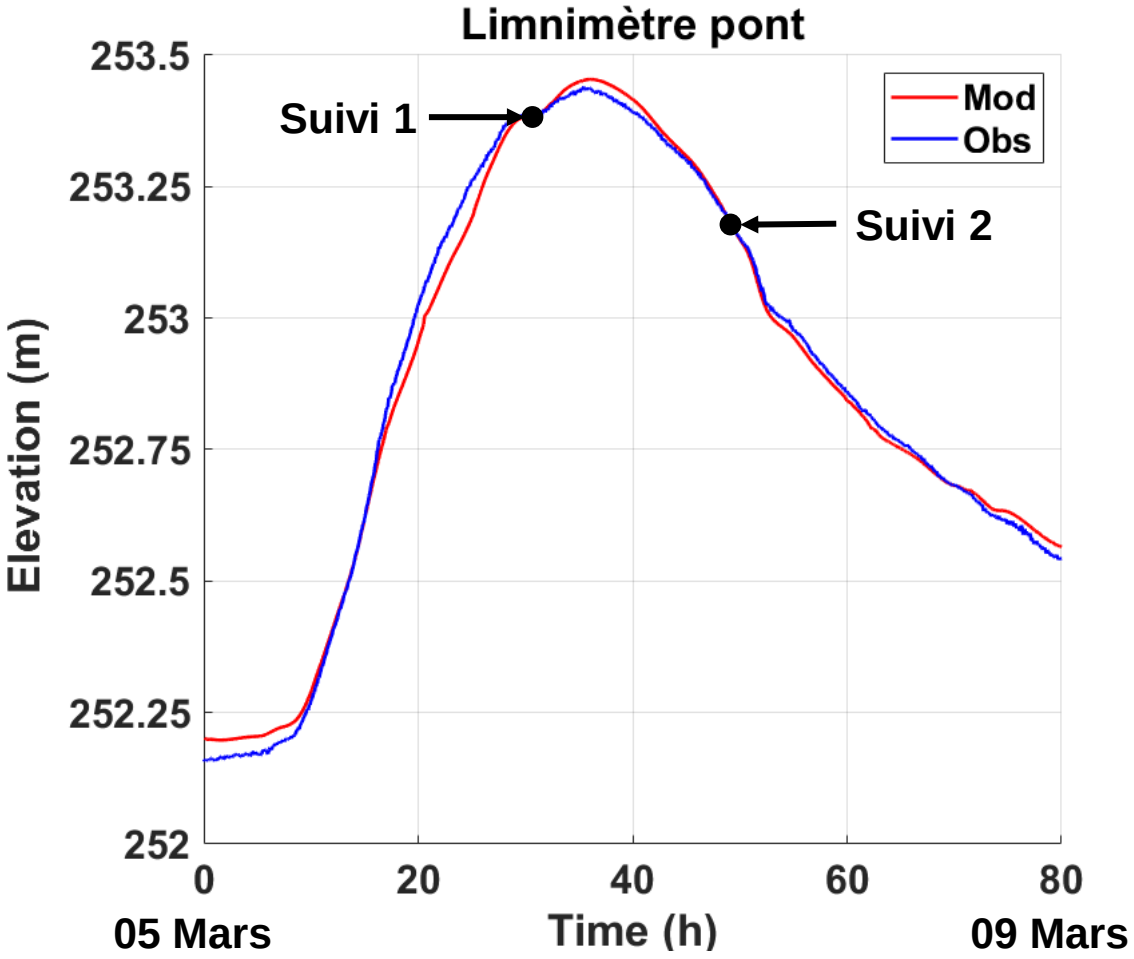
Matériel et méthodes

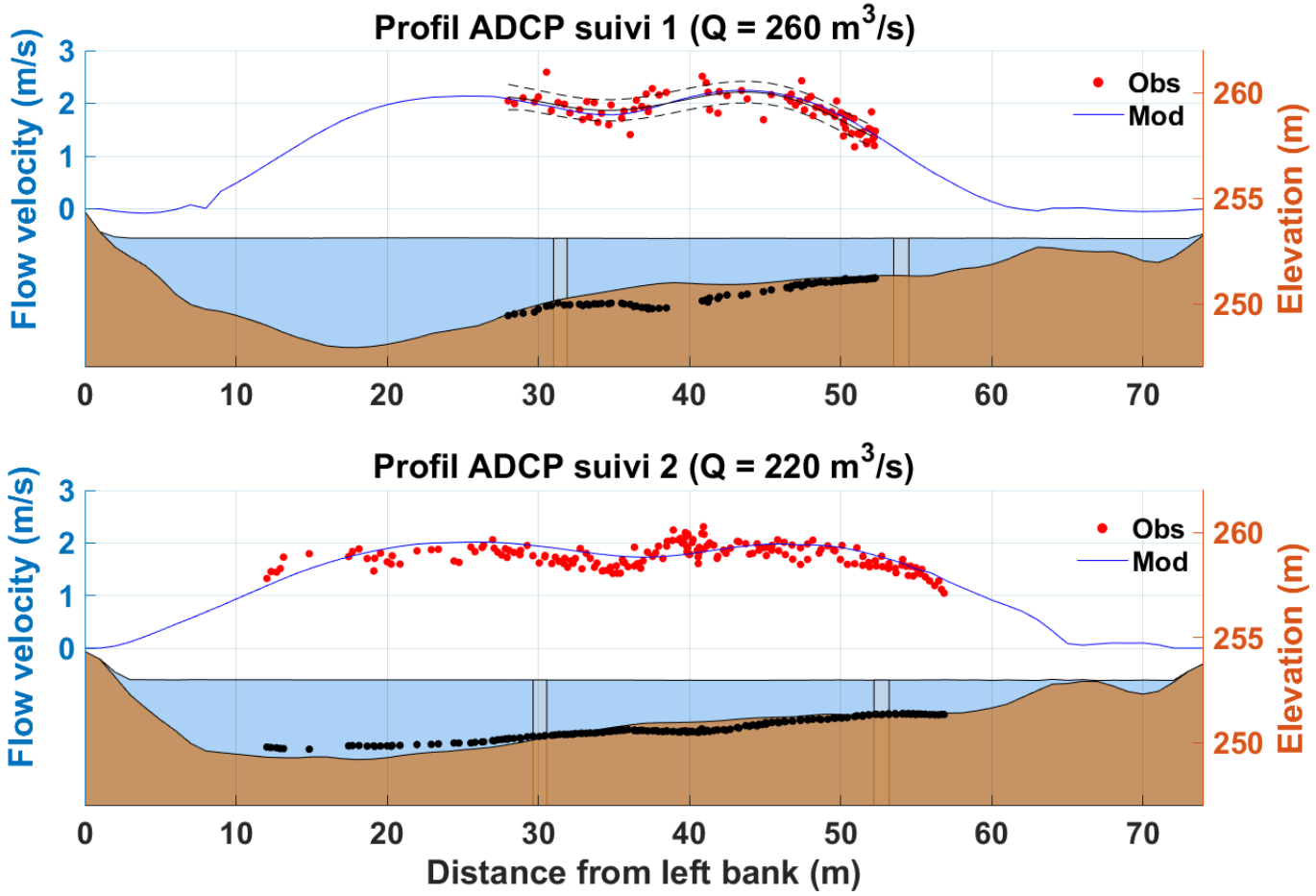
Conversion d'une mesure continue de la puissance acoustique en chronique de débit solide

- Cartographies acoustiques sur la section selon la méthode de « jaugeage » proposée par Geay et al. (2020) pour différents débits allant de 160 à 450 m^3/s
- Enregistrement continu de la puissance acoustique à l'aide d'un hydrophone fixé en pied de berge dont la fréquence d'acquisition est de 30 sec toutes les 10 min
- Extrapolation de la chronique de puissance acoustique mesurée en pied de berge sur la totalité de la section à l'aide des jaugeages acoustiques
- Conversion de cette chronique de puissance acoustique en chronique de débit solide à partir de la relation de Geay et al. 2020 mise à jour en intégrant nos résultats

Résultats

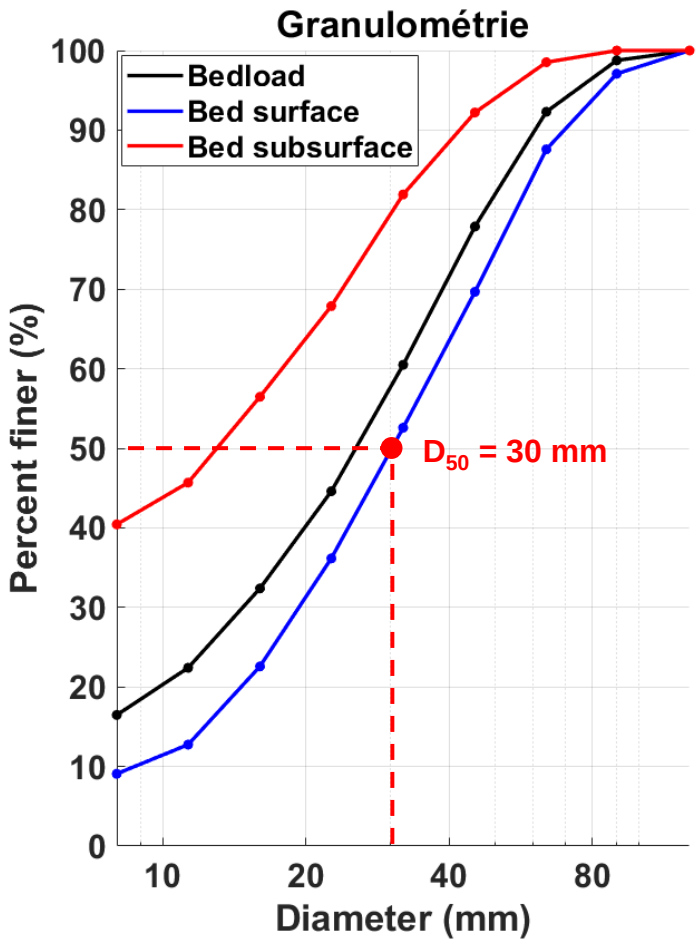
Construction et calibration d'un modèle hydraulique 2D

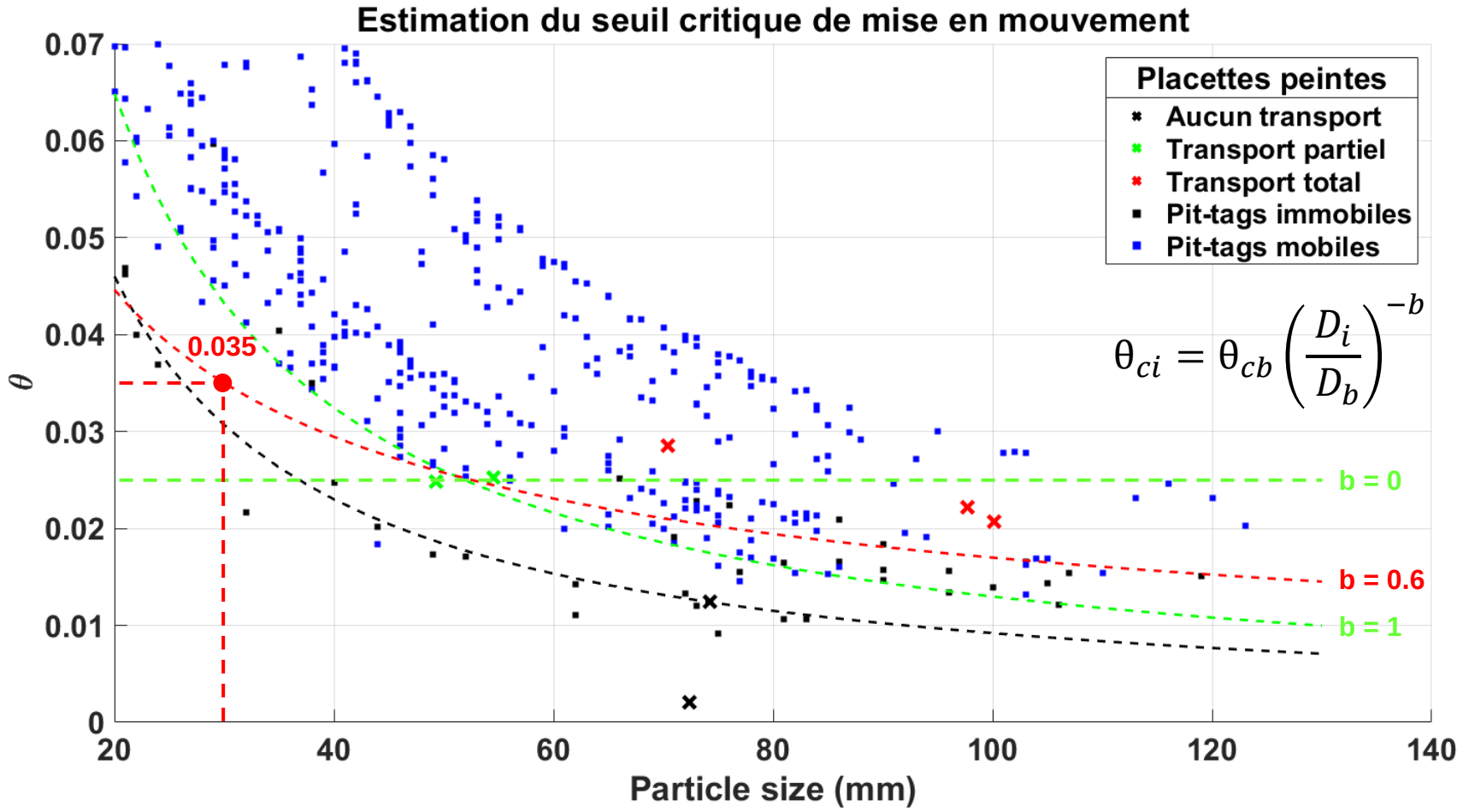




Résultats

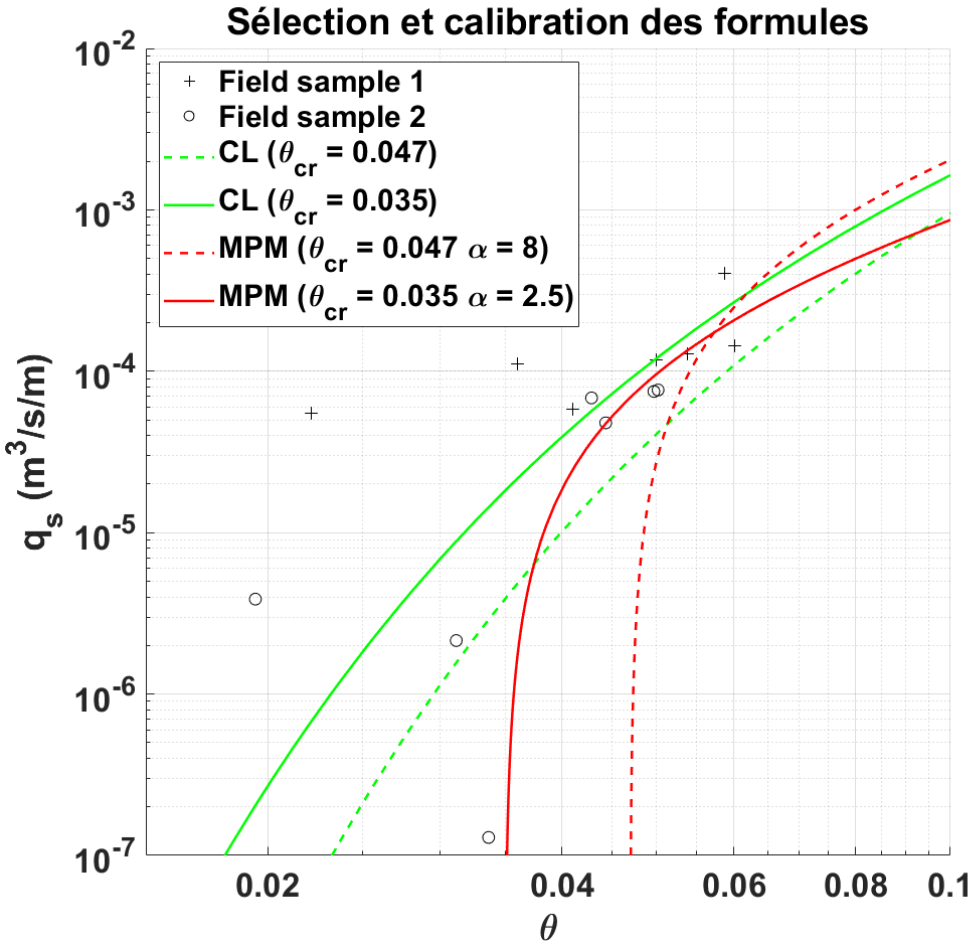
Construction et calibration d'un modèle hydrau-sédimentaire 2D

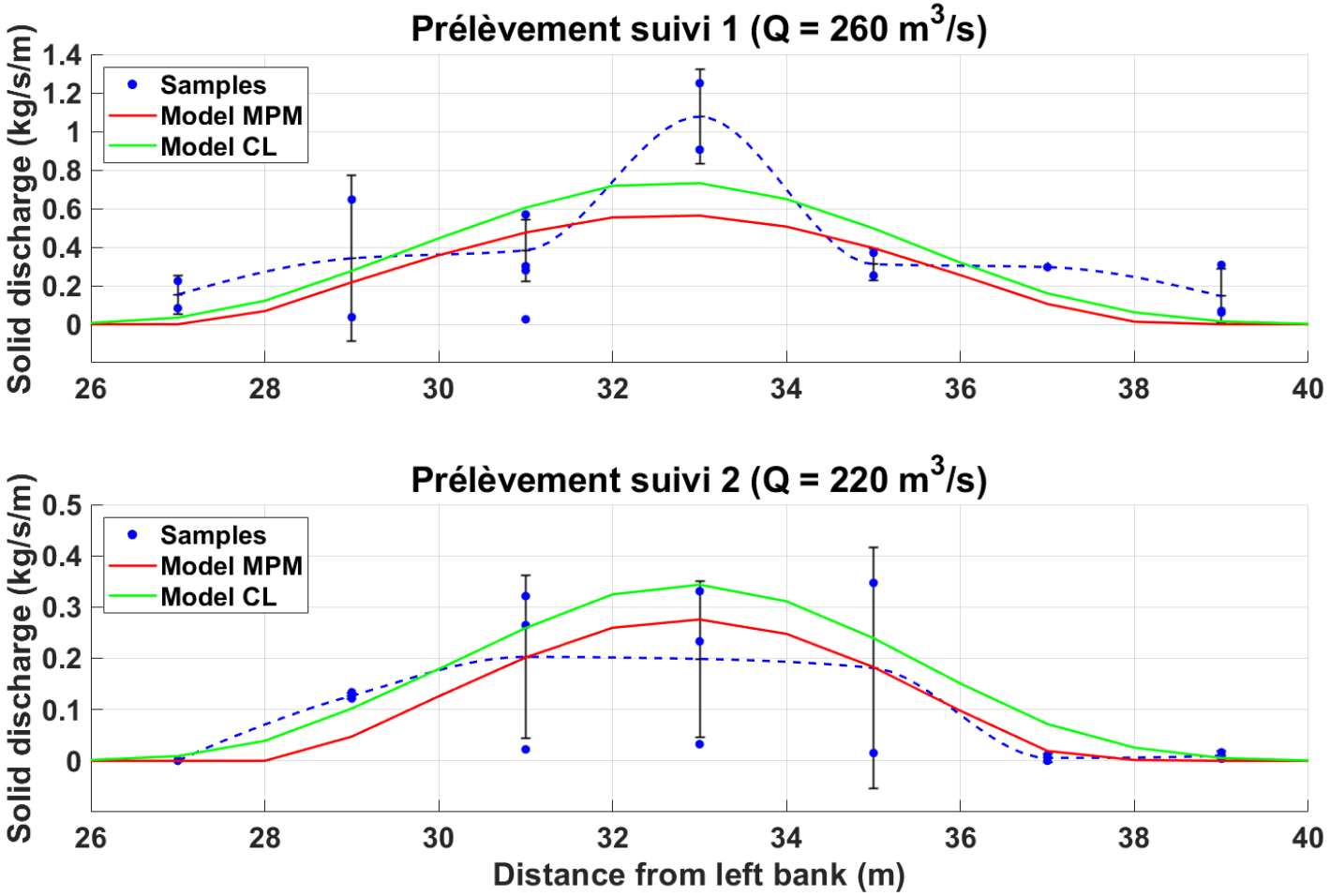




Résultats

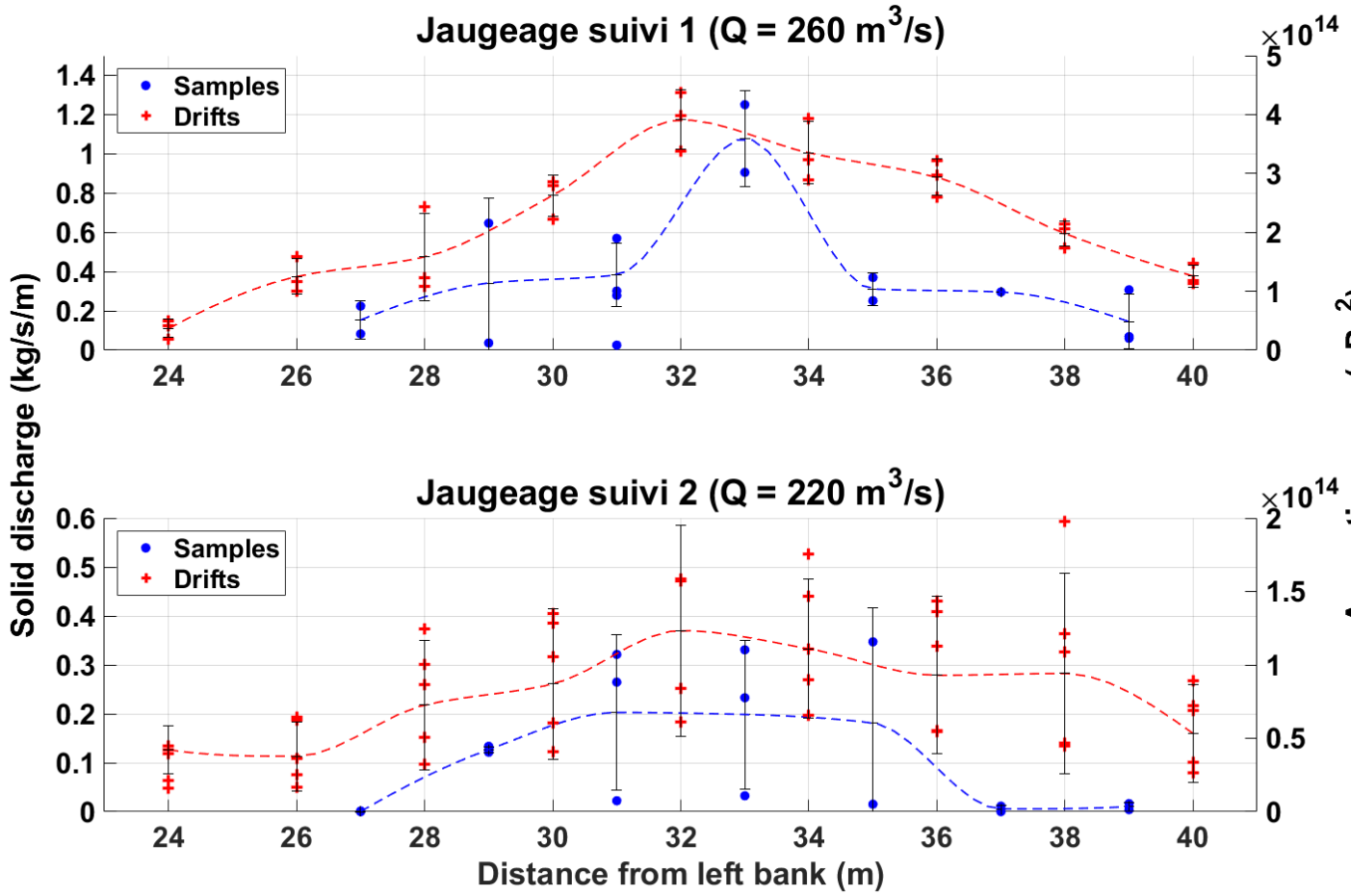
Construction et calibration d'un modèle hydrau-sédimentaire 2D

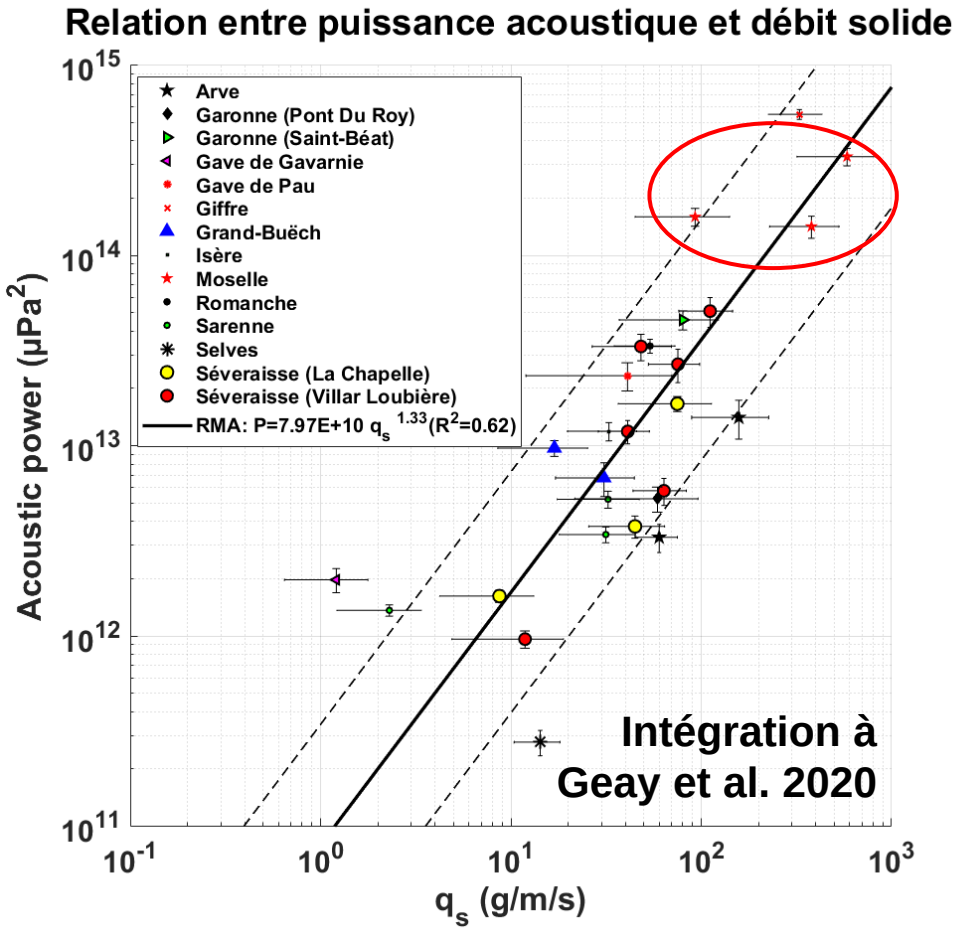




Résultats

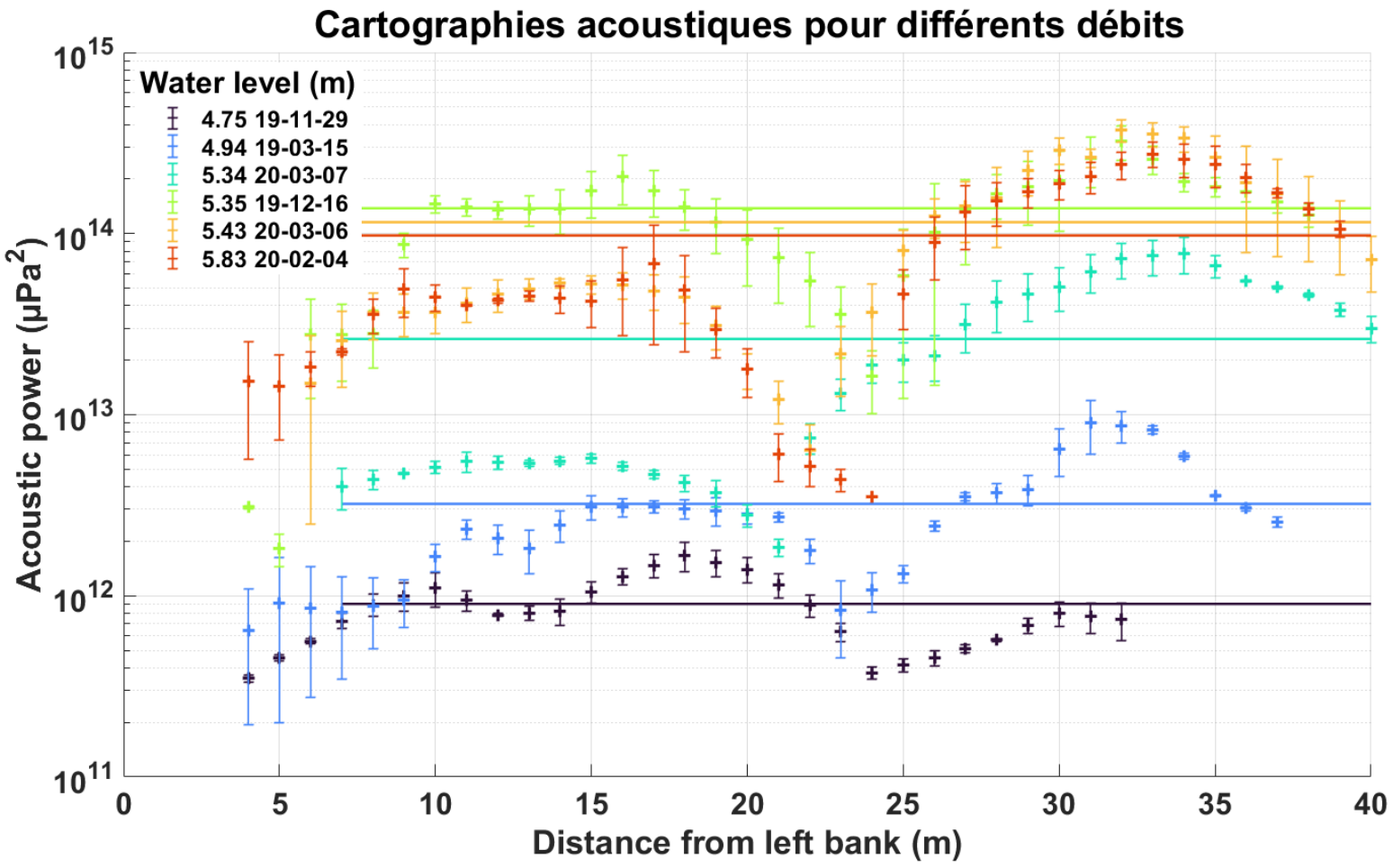
Construction d'une courbe de tarage entre débit solide et puissance acoustique

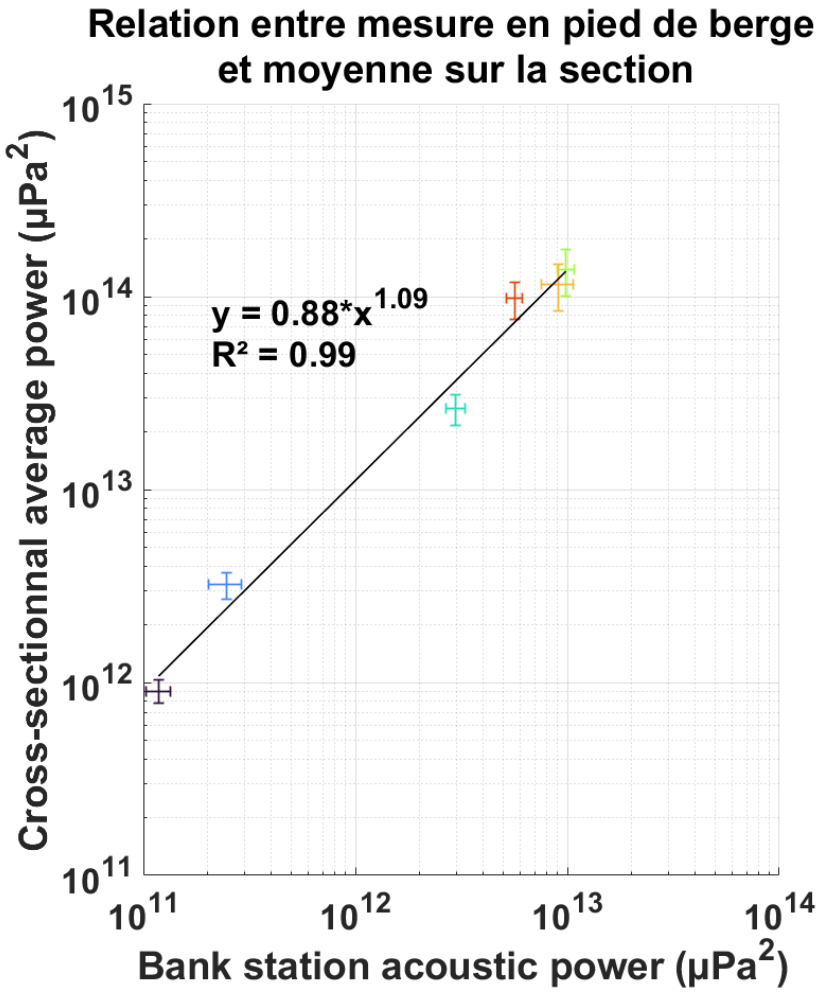




Résultats

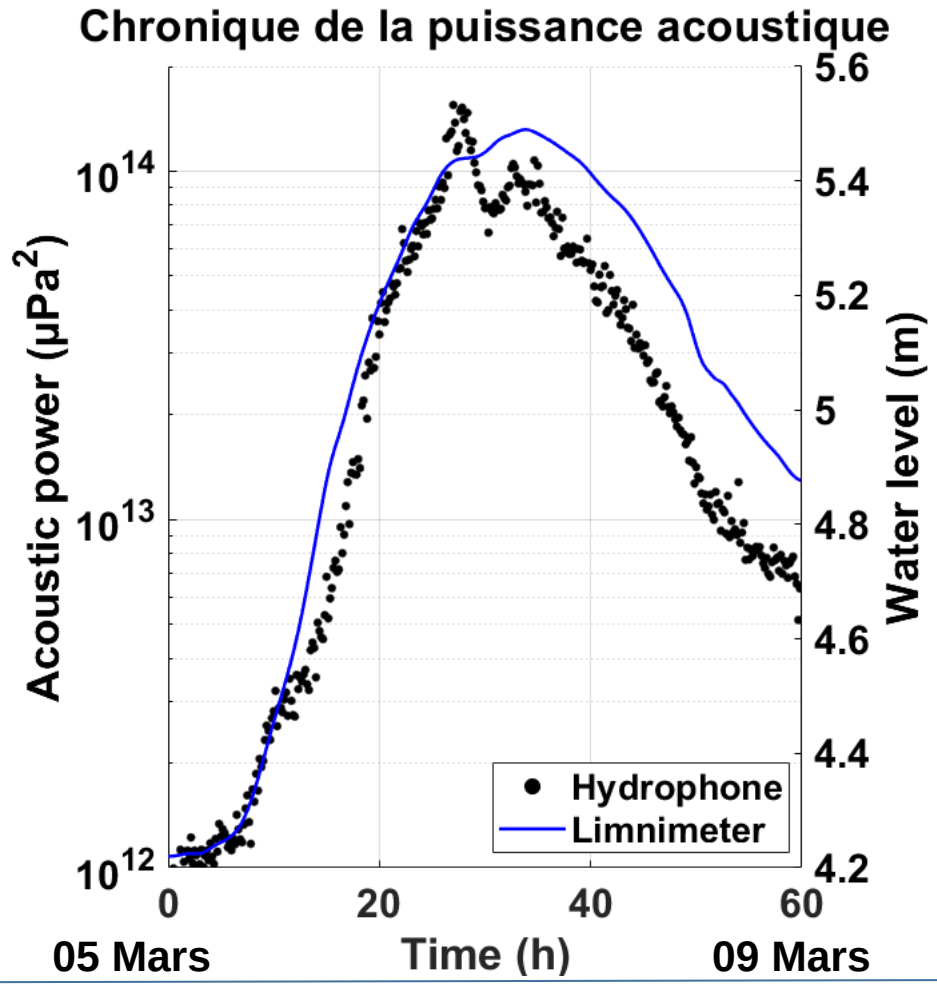
Extrapolation de la mesure en pied de berge sur la totalité de la section

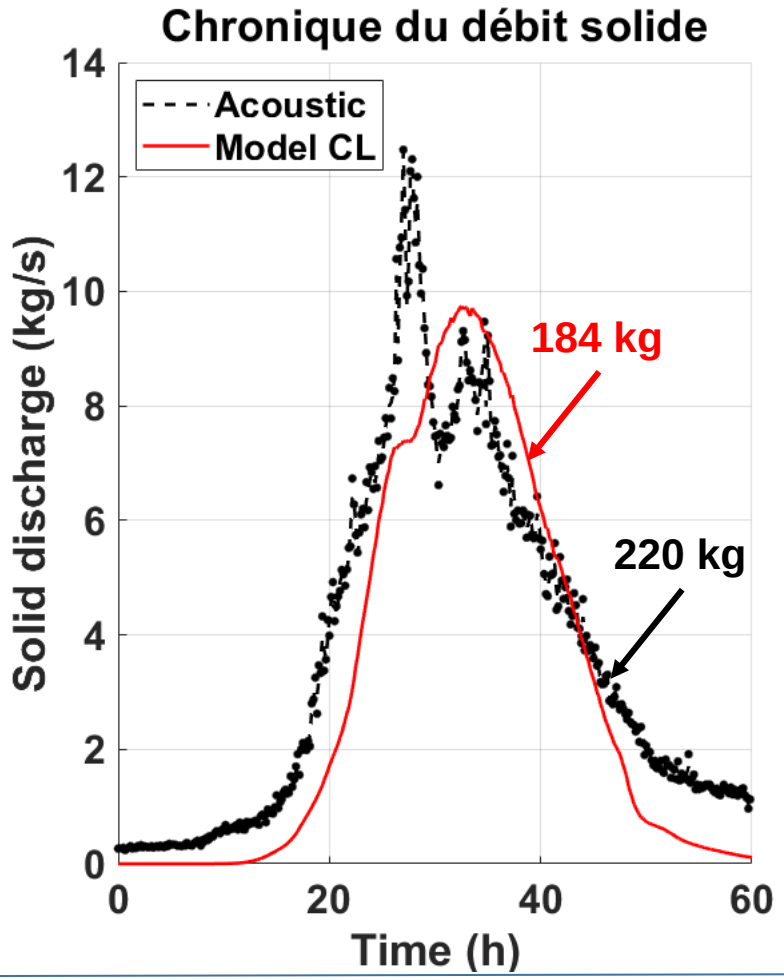


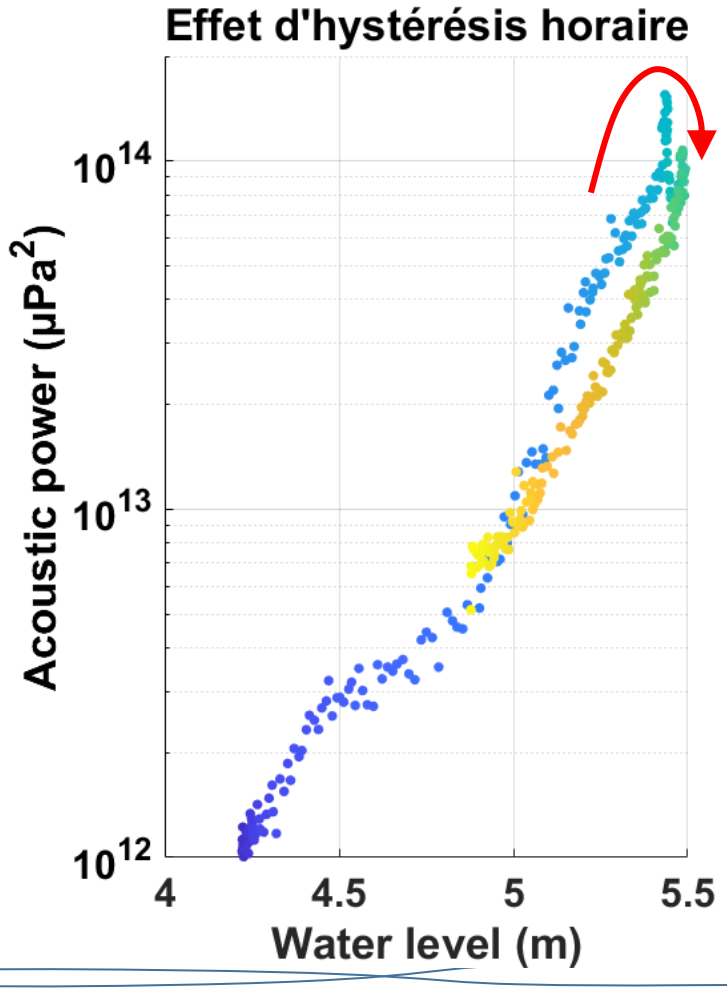


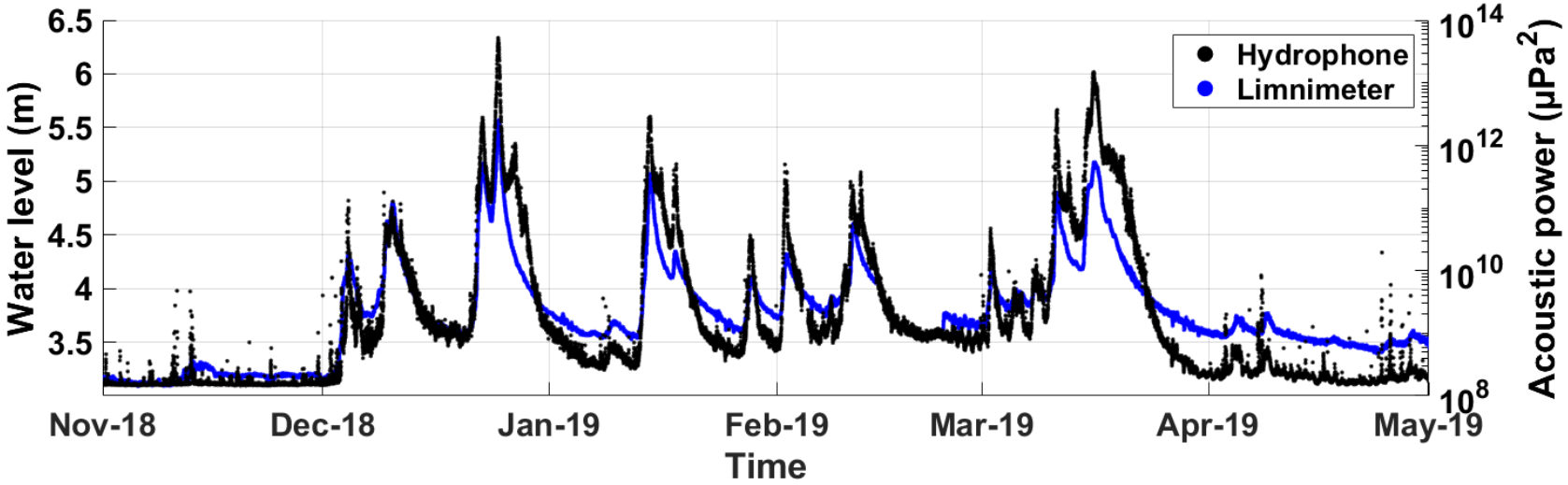
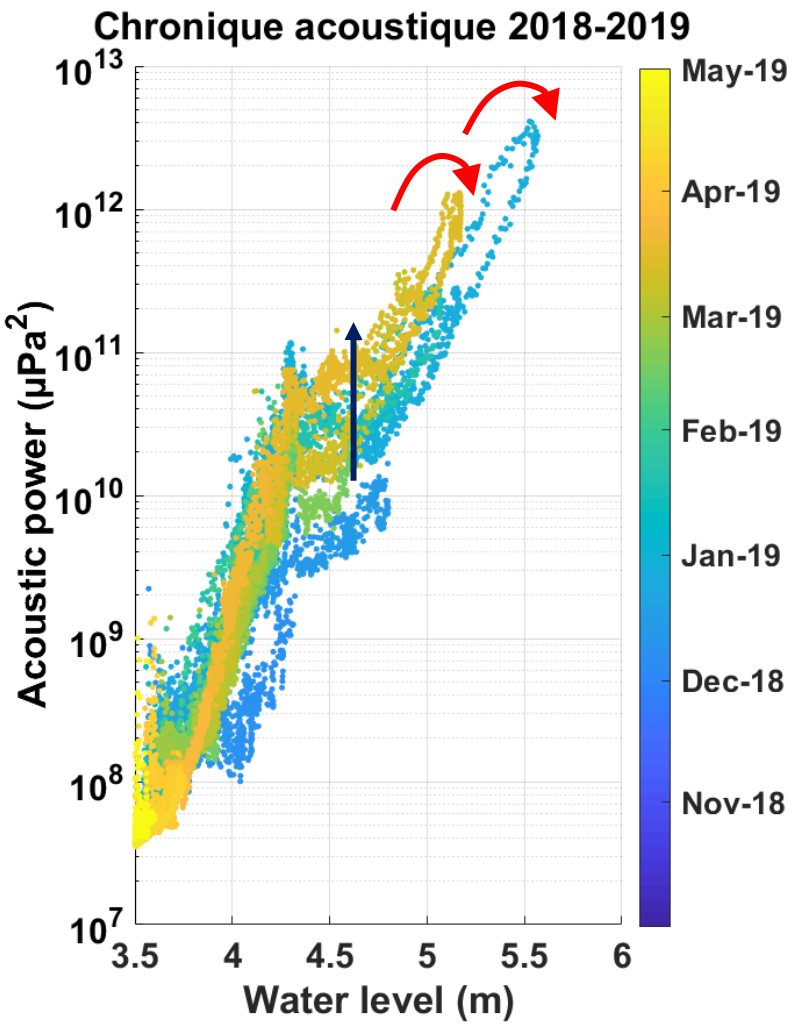
Résultats

Conversion d'une mesure continue de la puissance acoustique en chronique de débit solide







Conclusion et perspectives

- La comparaison des débits solides montre des tendances identiques malgré un décalage temporel lié à un phénomène d'hystérésis horaire.
- La mesure acoustique permet une bonne estimation du volume charrié à l'échelle d'une crue par rapport aux résultats de la modélisation.
- L'estimation du volume charrié durant un cycle hydrologique doit permettre de vérifier la validité de cette relation au cours du temps.
- L'utilisation des données acoustiques doit permet d'améliorer l'estimation des paramètres d'entrées du model hydro-sédimentaire de la Moselle.