Apport des investigations expérimentales et de la modélisation hydro-sédimentaire 3D pour caractériser la dynamique sédimentaire d'une retenue au fil de l'eau sur le Rhône

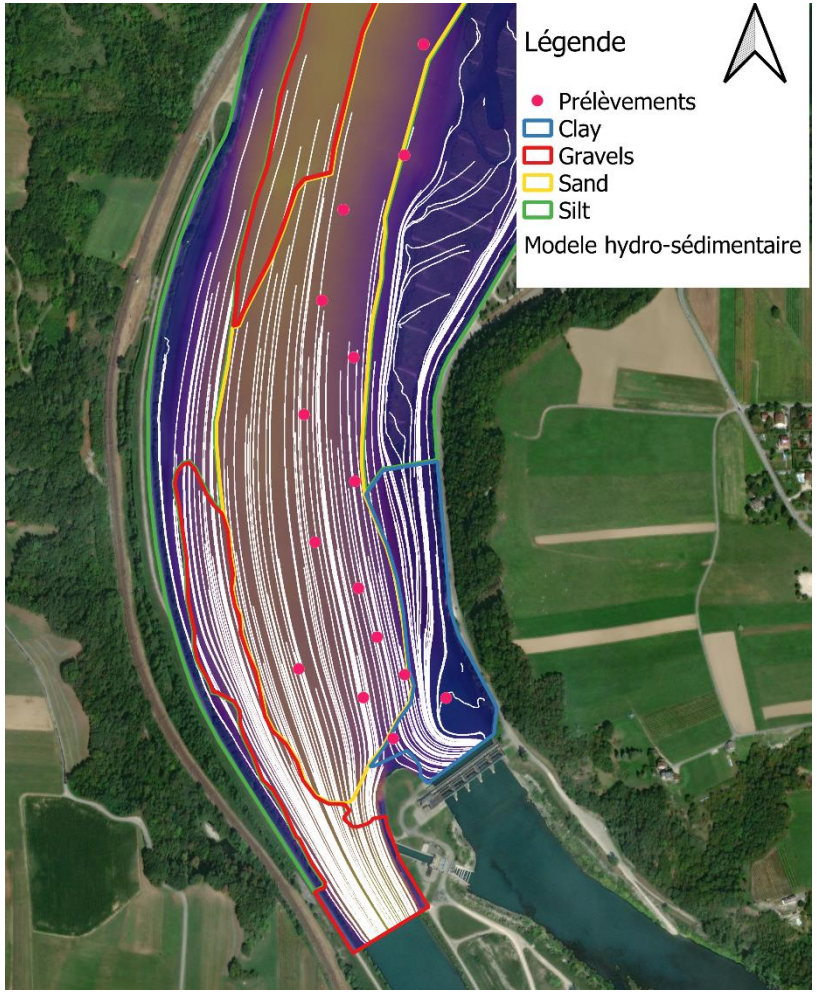
Pierre Nunes (1),

Thierry Fretaud (1),

Anne Weit (3),

Félix Beckers (2)

(1) (2) (3)



SOMMAIRE

- ❖ Contexte
- ❖ Mesures terrain & laboratoires
- ❖ Modélisation hydro-sédimentaire
- ❖ Conclusions et perspectives

Contexte

- Le lit du Rhône est sujet à la formation de dépôts sédimentaires intervenant de manière préférentielle :
  - A l'amont des barrages
  - Au droit des confluences
  - Au droit des garages d'écluses

- La réduction de la section d'écoulement peut s'avérer préjudiciable pour :
  - La navigation
  - La sureté hydraulique
  - L'irrigation
  - ….

Aménagement au fil de l'eau sur le Rhône - CNR

Principe de gestion sédimentaire

- En cas de dépôts sur un aménagement, deux solutions:

  - Dragage
    - Si impact hydraulique non acceptable

    OU

    - Si on estime que ces dépôts ont peu de chance de repartir en crue ou dans des proportions suffisantes

  - Attendre que ces dépôts soient remobilisés lors d'une prochaine crue
    - Si impact hydraulique acceptable

    ET

    - Si on estime que ces dépôts répartiront en crue (faible résistance à l'érosion au regard des conditions hydrauliques attendues en cas de crue)

Principe de gestion sédimentaire

- Questionnement scientifique :
  - Les dépôts sont-ils susceptibles de repartir en crue ?
  - Si oui pour une crue de quelle occurrence ? Et dans quelle proportion ?
- Nécessite de réaliser la caractérisation/rhéologie des sédiments
- Nécessite de connaitre les conditions d'écoulement

Méthodologie développée

1)Analyse diachronique
+
Levés bathymétriques

→ 2) Mesures géophysiques

→ 3) Interprétation des plans/structures

→ 4) Carottes industrielles

→ 5) Analyse/laboratoire

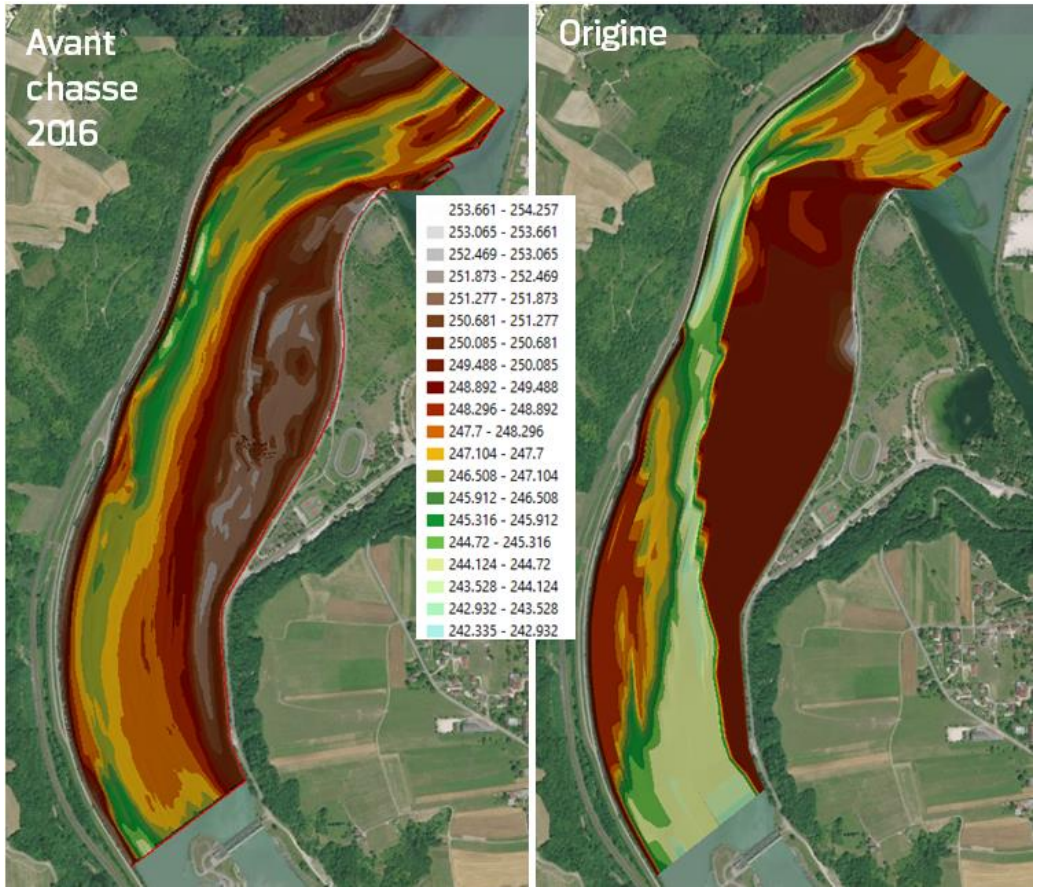
→ 5) Erodimètre CNR

→ 6) Intégration dans un modèle mathématique

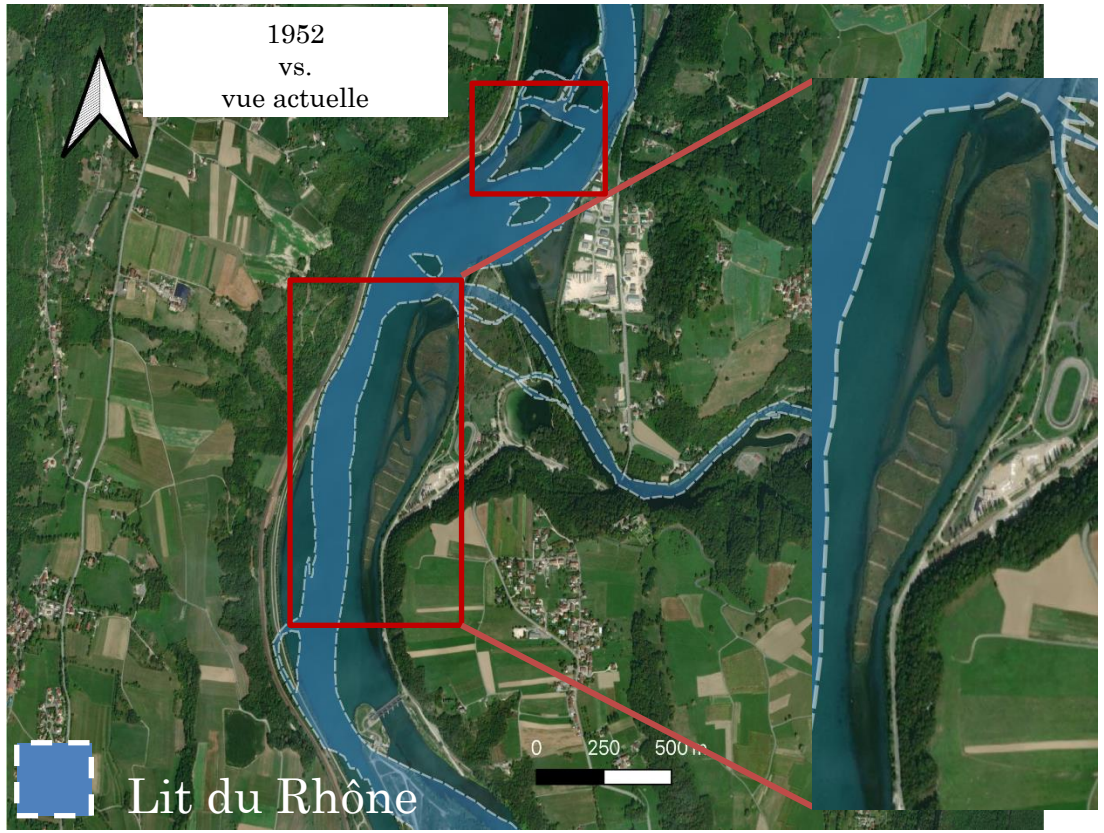
- **Cas d'application présenté sur un aménagement sur le Rhône**

Mesures terrain et laboratoires

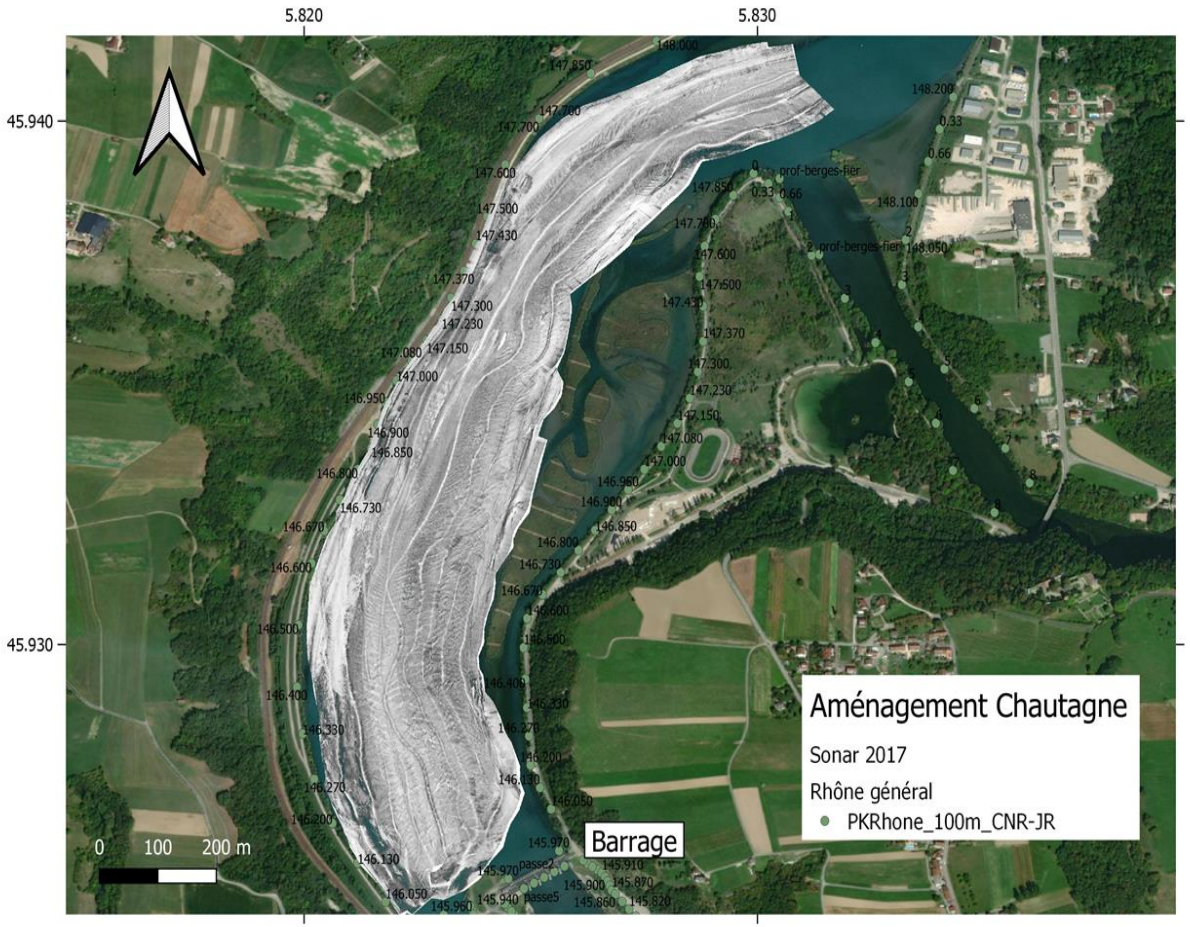
- MNT construit à partir de profils en travers



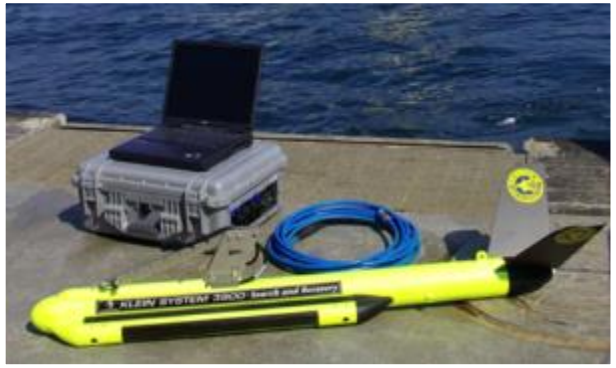
- Analyse diachronique



2 – Caractérisation de surface

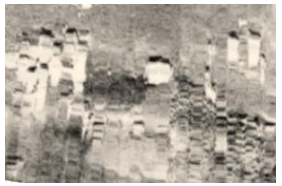


Sonar Klein



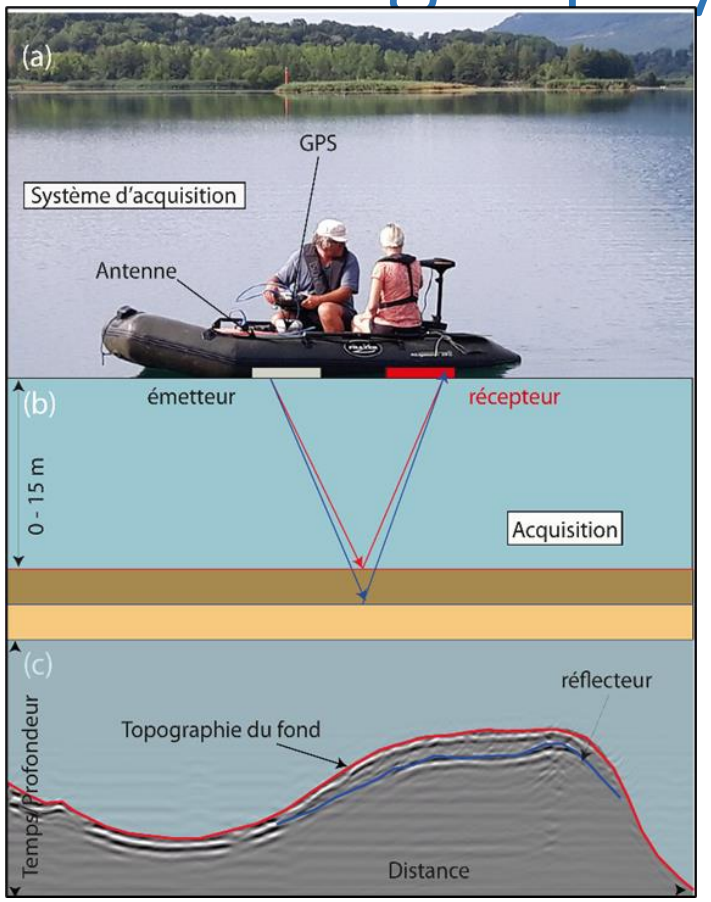
Sable

Limon



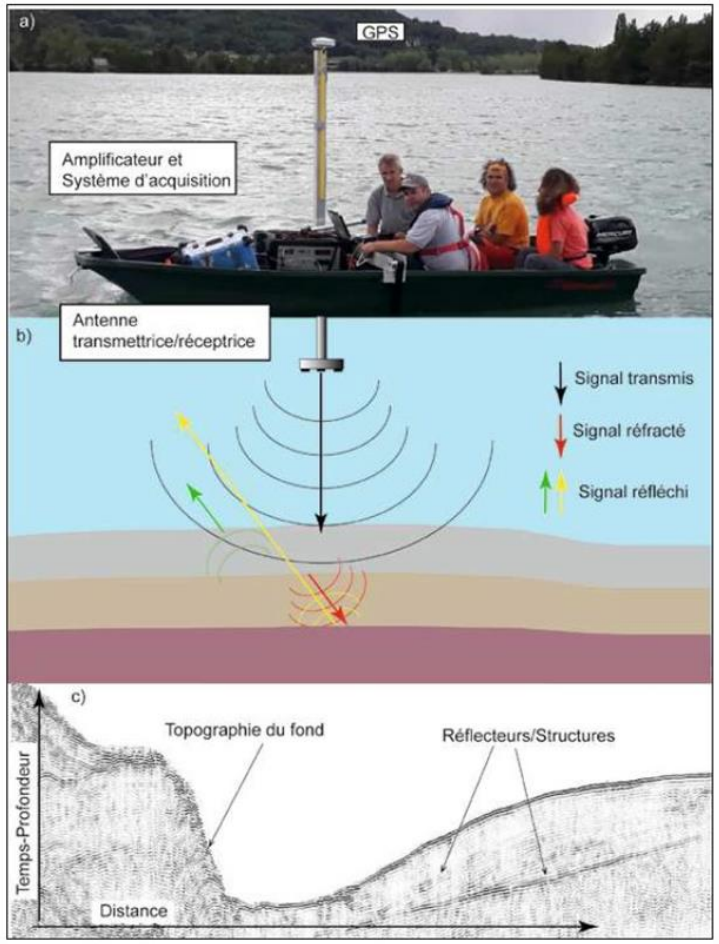
Blocs

2 – Mesures géophysique



Ground penetrating rader (GPR)

Faibles profondeurs

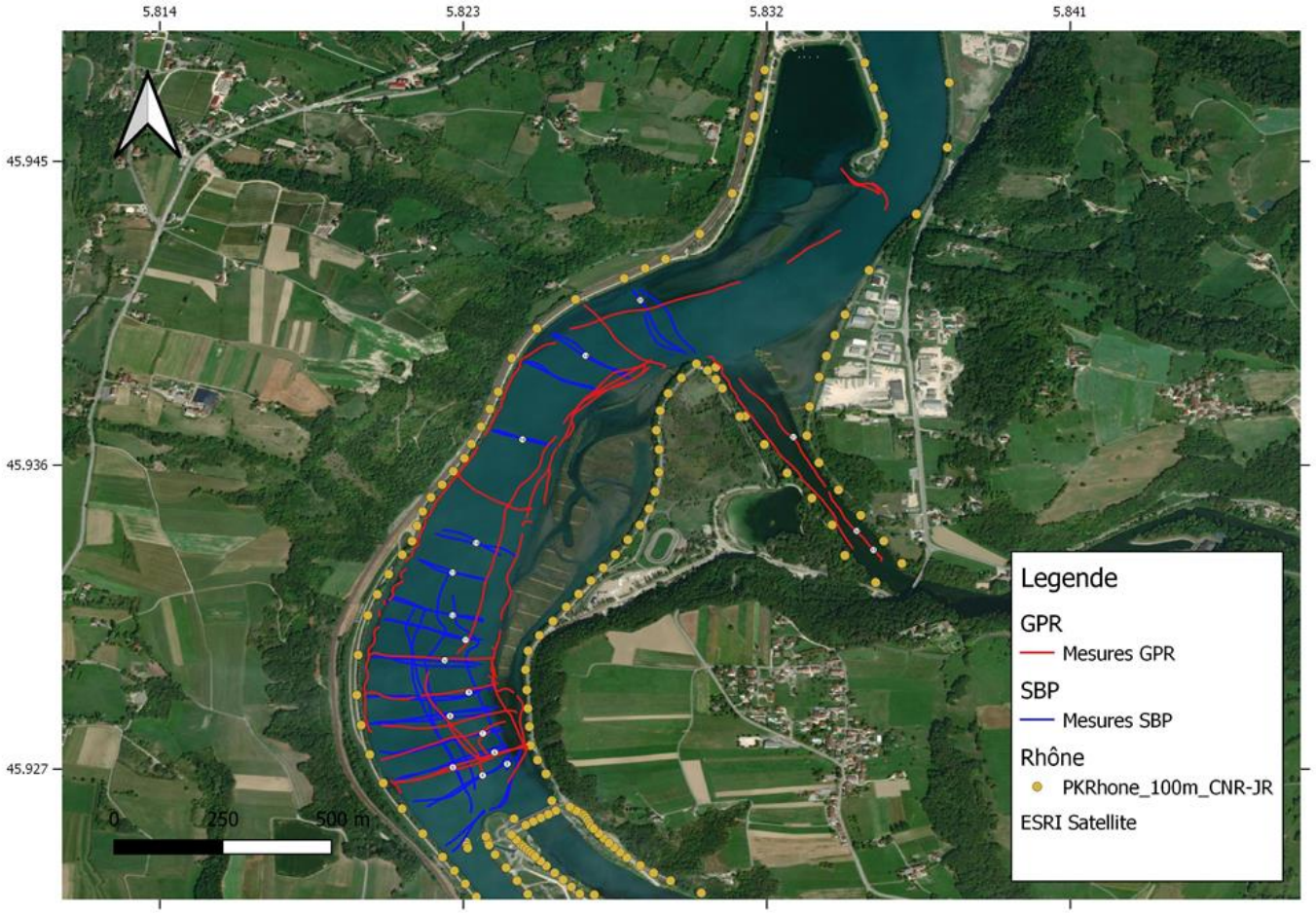


Sub-bottom profiler (SBP)

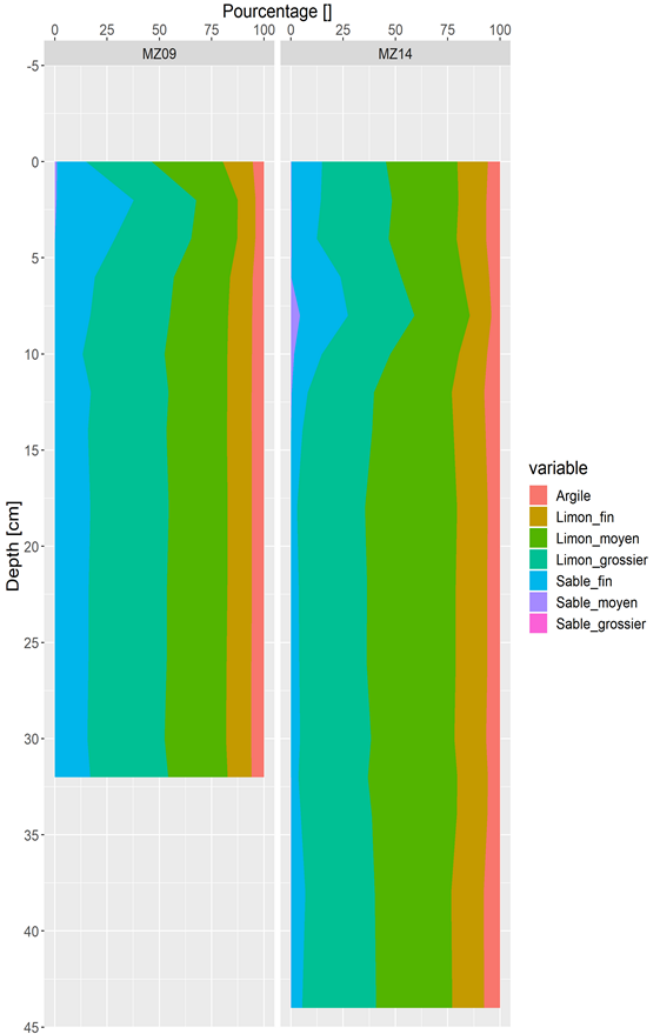
Profondeurs plus importantes

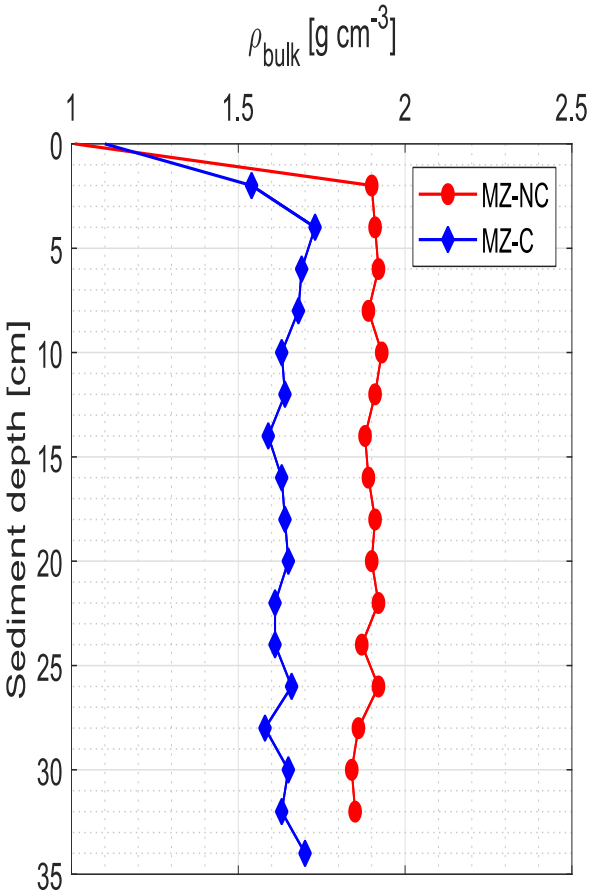
2 – Mesures géophysique et carottages

- Sub-bottom profiler aux endroits les plus profonds (Juillet 2020)
  - 40 profils (10.38 km)
- Ground penetrating rader aux endroits peu profonds (Juillet 2020)
  - 48 profils (10.13 km)
- Carottages (Août 2020) :
  - 35 carottes

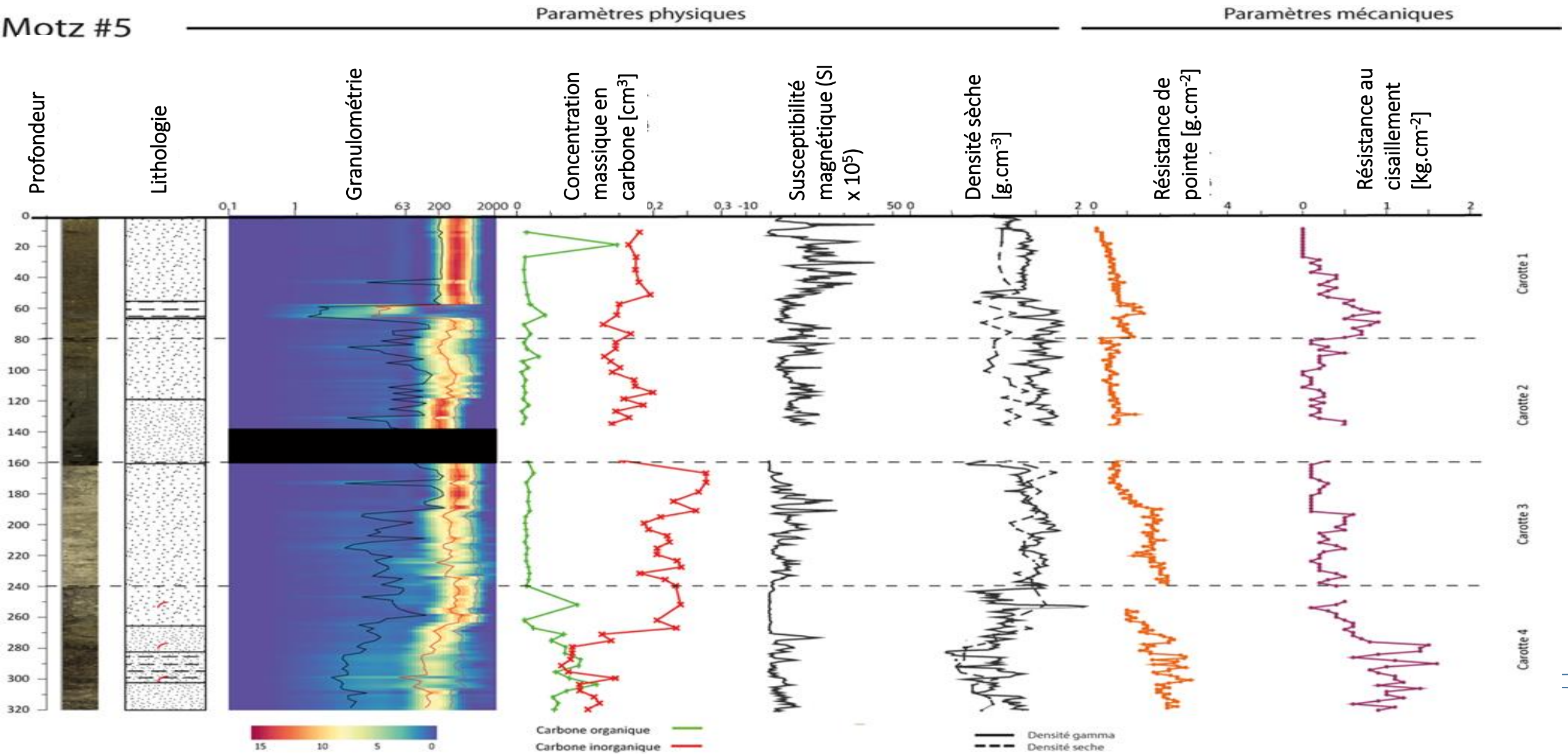


2 – Analyse laboratoire



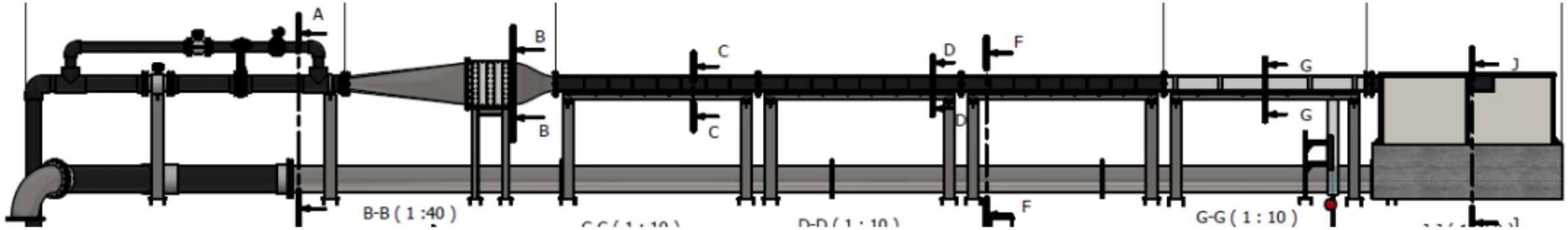


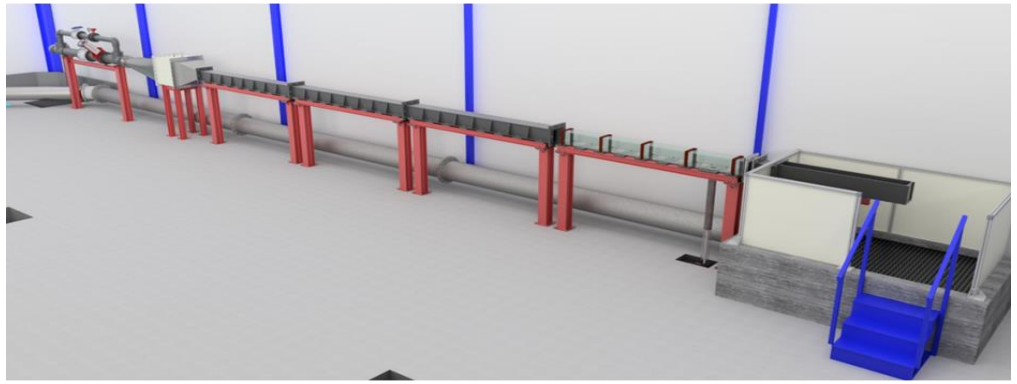
2 – Analyse laboratoire

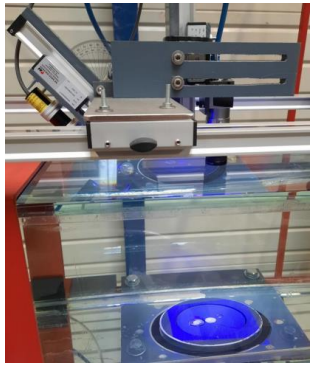


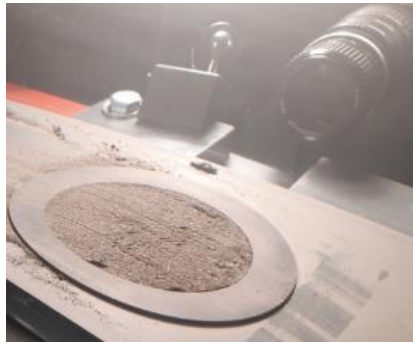
5 – Erodimètre

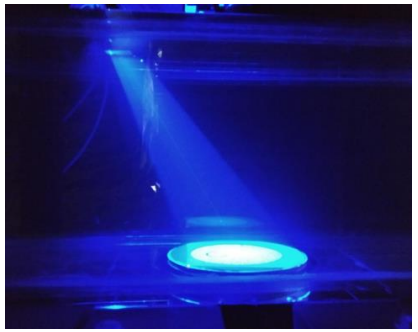
- Permet de déterminer la contrainte critique d'érosion et la loi d'érodabilité











De la mesure au modèle

- Le **modèle** est un **outil d'aide à la décision**

- Au vue des **enjeux** les réponses apportées par le modèle se doivent être le plus proche de la **réalité** et nécessitent donc de nombreuses mesures

- Objectif : **extrapoler** des scénarios pour évaluer **l'érosion des sédiments**

De la mesure au modèle

- Mesures
  - Spatialisation
  - Stratification
  - Densité [kg/m^3]
  - Erodabilité [kg/m^2.s^{-1}]
  - Contrainte critique d'érosion [Pa]

- Modèle
  - Spatialisation
  - Stratification
  - Densité [kg/m^3]
  - Erodabilité [kg/m^2.s^{-1}]
  - Contrainte critique d'érosion [Pa]

Intégration identique

Simplification

Impossible

De la mesure au modèle

- Mesures
  - Spatialisation
  - Stratification
  - Densité [kg/m^3]
  - Erodabilité [kg/m^2.s^{-1}]
  - Contrainte critique d'érosion [Pa]

- Modèle
  - Spatialisation
  - Stratification
  - Densité [kg/m^3]
  - Erodabilité [kg/m^2.s^{-1}]
  - Contrainte critique d'érosion [Pa]

Intégration identique

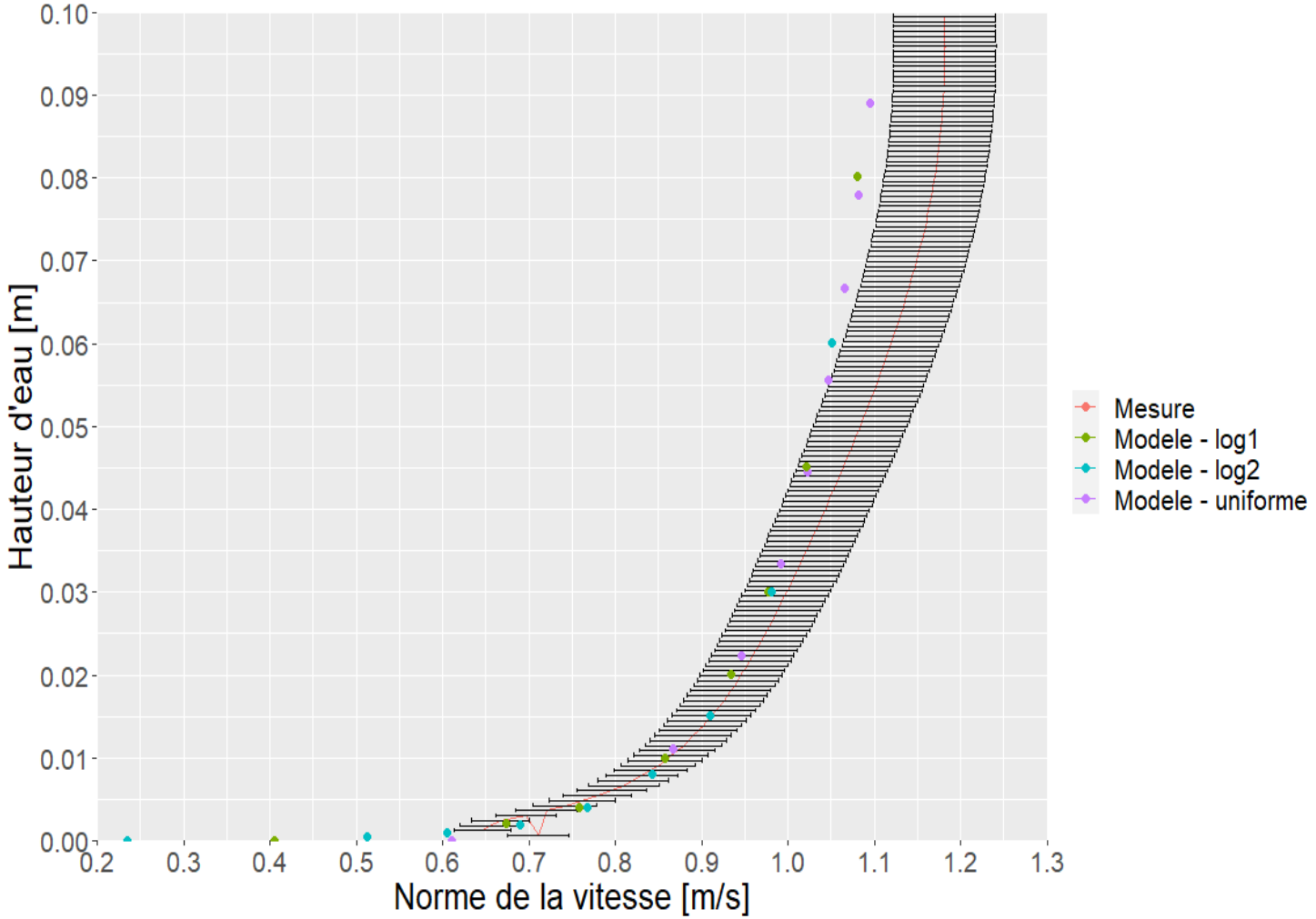
Simplification

Impossible

De la mesure au modèle

- La contrainte hydraulique mesurée est-elle la même que la contrainte hydraulique modélisée ?

- Bonne corrélation contrainte mesure et modèle en respectant des règles de modélisation (espacement plan, schéma d'advection ….)



De la mesure au modèle

- Mesures
  - Spatialisation
  - Stratification
  - Densité [kg/m^3]
  - Erodabilité [kg/m^2.s^{-1}]
  - Contrainte critique d'érosion [Pa]

- Modèle
  - Spatialisation
  - Stratification
  - Densité [kg/m^3]
  - Erodabilité [kg/m^2.s^{-1}]
  - Contrainte critique d'érosion [Pa]

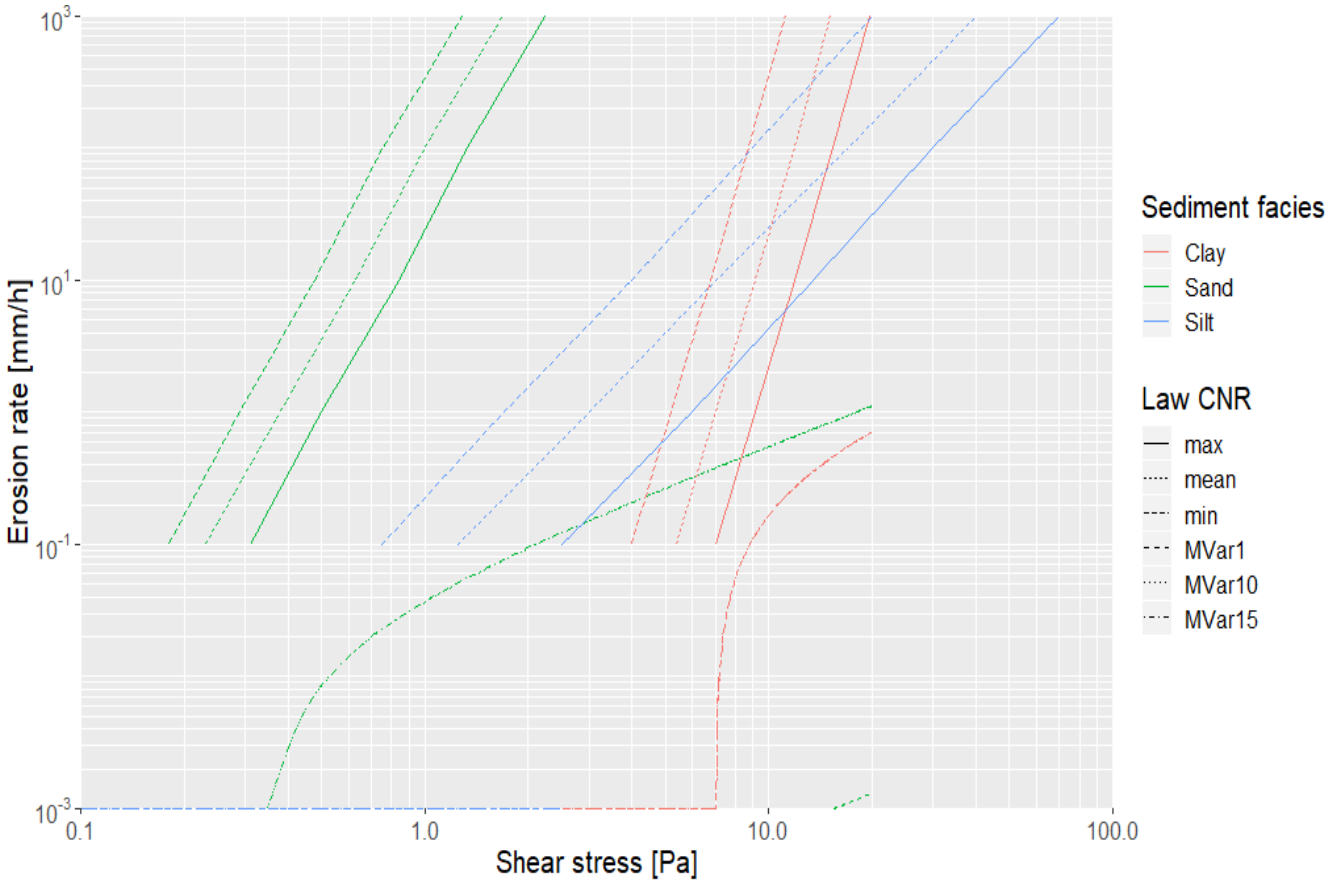
Intégration identique

Simplification

Impossible

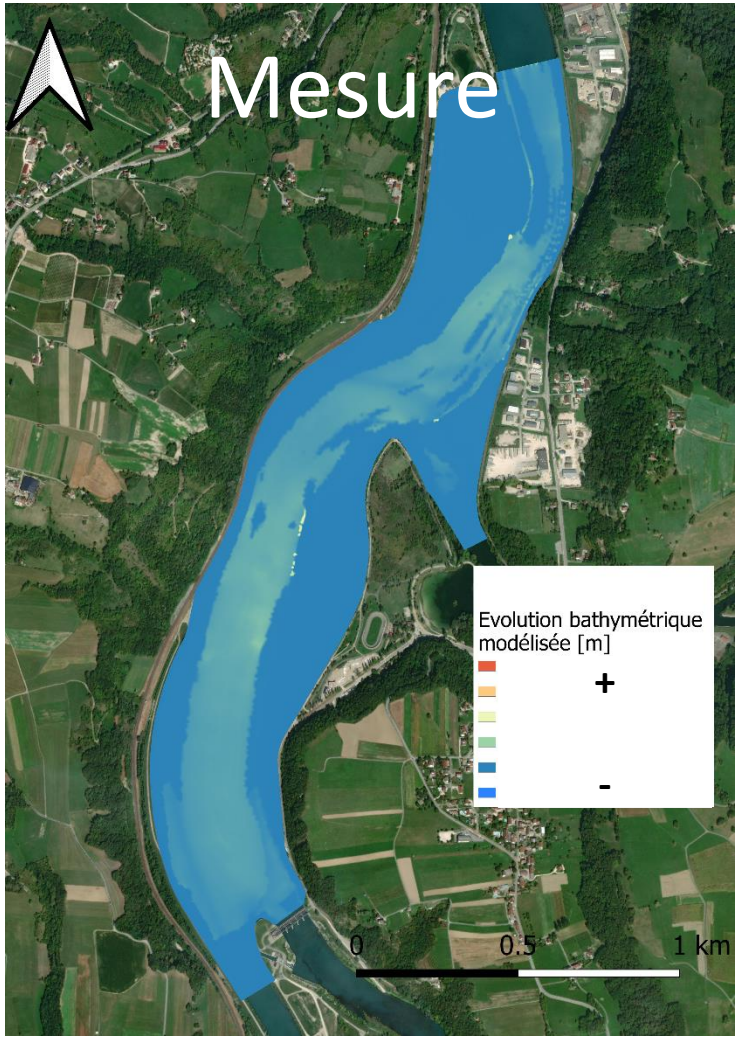
De la mesure au modèle

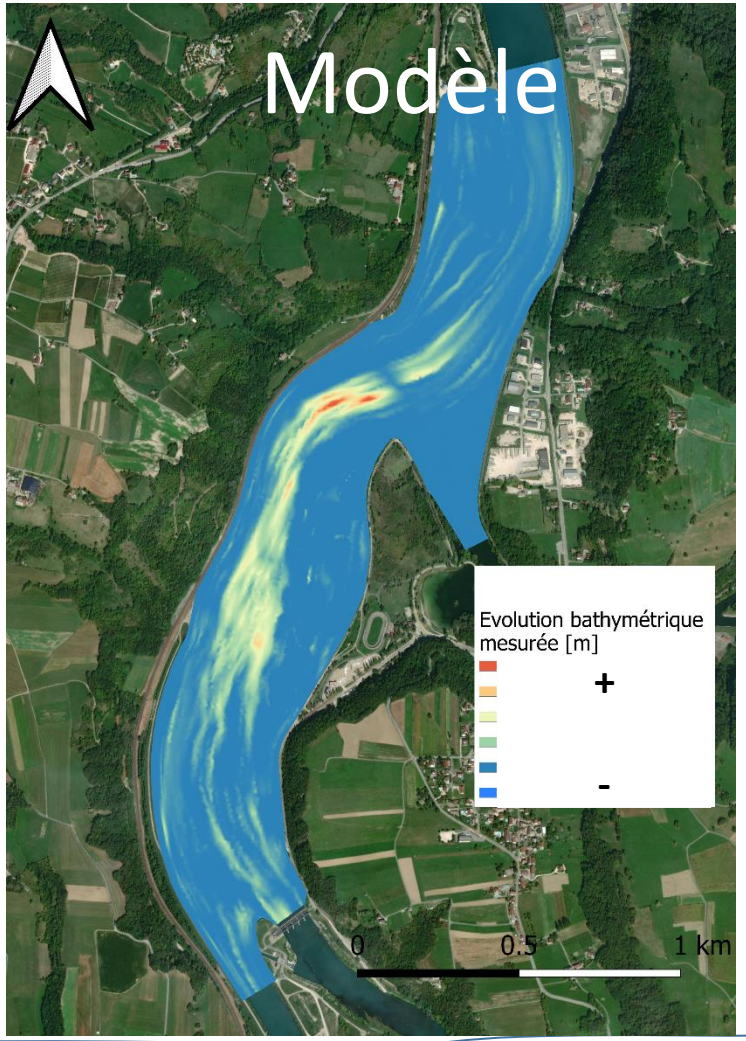
- Erodabilité
- Deux solutions :
  - Calage sur un épisode réel
  - Calage sur résultat du banc
- En cours de réalisation
- Résultats antérieurs encourageants



Résultat du modèle numérique

- L'exploitation du modèle permet d'évaluer:
  - Le volume érodé
  - L'impact de l'évolution des fonds sur la ligne d'eau
- Incertitudes du modèle numérique
- Complémentarité mesure - modèle





Perspectives

- Recouper le calage des modèles mathématiques avec des épisodes réels
- Capitaliser sur les mesures réalisées dans une banque de données
- Avancer sur les modèles hydro-sédimentaires multi-classes et les incertitudes
- Optimisation des dragages à terme

Remerciements

- ✓ **HYDROCONSULT** : cartographie des dépôts
- ✓ **SHOM** : cartographie des dépôts
- ✓ **IFREMER** : échantillonnage, test d'érosion
- ✓ **ESTP** : test d'érosion
- ✓ **GEOPHYCONSULT** : test d'érosion
- ✓ **INRAE** : modélisation
- ✓ **ARTELIA** : modélisation
- ✓ **EDF** : modélisation, échantillonnage, test d'érosion
- ✓ **Optifluid** : mesures sur banc erodimètre
- ✓ **ENTPE** : cartographie des dépôts, échantillonnage (post-doc jusqu'en 2022)
- ✓ **Université** de Stuttgart : échantillonnage, test d'érosion