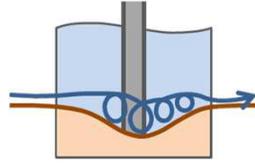


AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE
ANR



SSHEAR

SOILS, STRUCTURES & HYDRAULICS
Expertise and Applied Research

Journée publique de restitution
Mercredi 11 Septembre 2019, Marne-la-Vallée

Développement d'un nouvel érodimètre à roue

Christophe Chevalier, Ousseynou Ndoye,
Philippe Reiffsteck, Carlos Minatchy
Damien Pham Van Bang

Ifsttar GERS

Cerema Lab. Saint Venant



IFSTTAR



Cerema

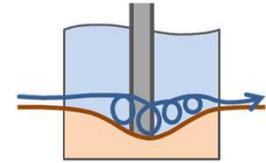


VINCI
AUTOROUTES



RAILENIUM
TEST & RESEARCH CENTER

Des essais d'érosion – dans quels objectifs ?



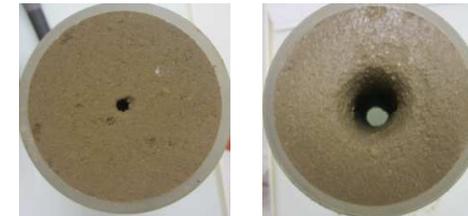
- **Caractérisation des matériaux (sur site)**

- à des fins de diagnostic // aménagement
- pour des études de vulnérabilité



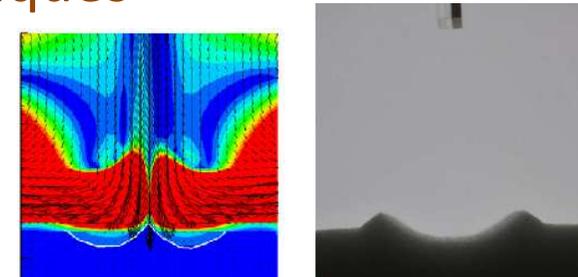
- **Etudes paramétriques au laboratoire**

- sur des configurations variées
- en guise de « modélisation physique »

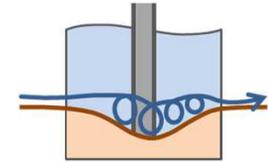


- **Validation/comparaison avec codes numériques**

- sur des situations simples et contrôlées
- pour une application de ces codes sur des situations réelles

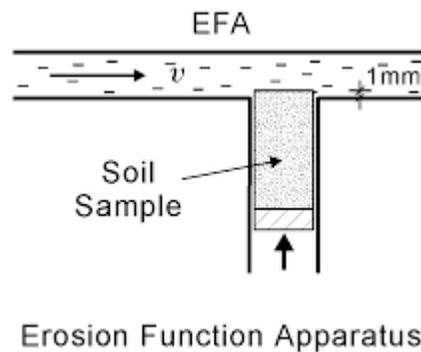
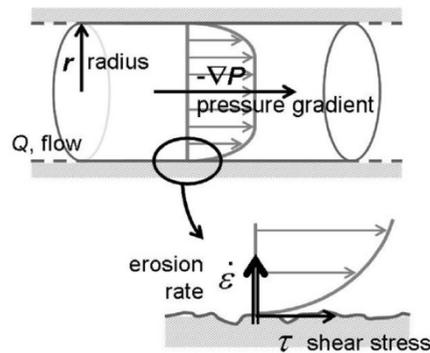


Quels essais d'érosion ?

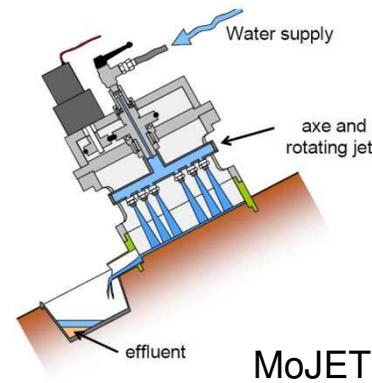


- Dispositifs d'essai d'érosion : types et contraintes
 - contrainte/sollicitation tangentielle ou normale (jet) ?
 - au laboratoire (sur échantillons prélevés) ou sur site ?
 - conditions immergée ou non ?

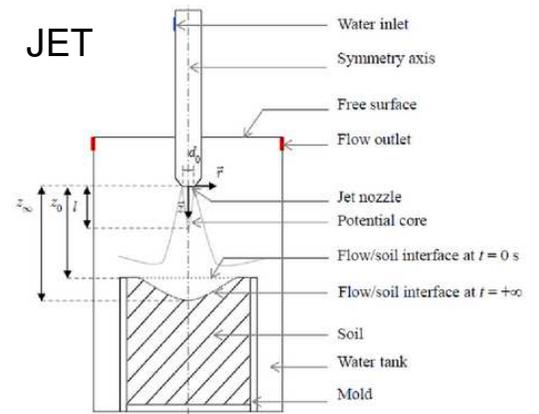
HET – Hole Erosion Test



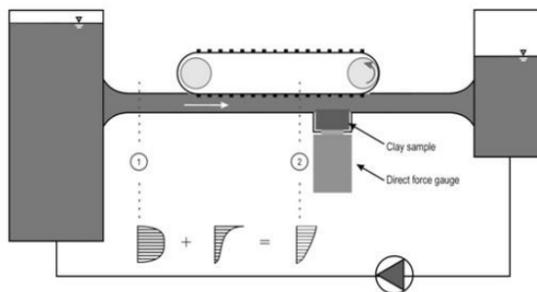
Erosion Function Apparatus



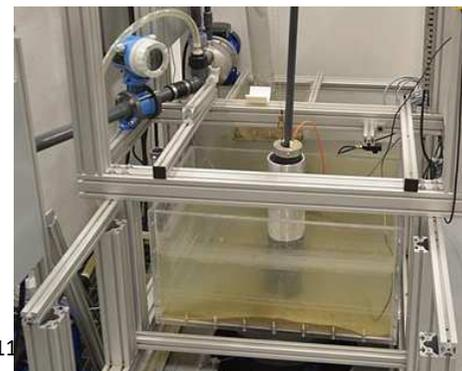
MoJET



JET

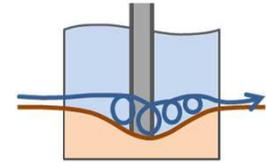


ESTD – Ex situ Scour Testing Device



ISTD – In situ Scour Testing Device

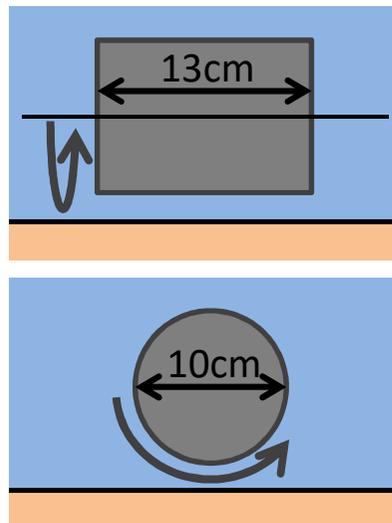
Quel nouvel essai d'érosion ?



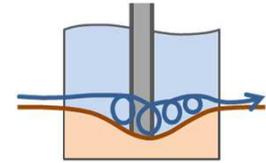
- Proposition d'un nouvel essai

Principe :

- essai simple (sur site)
 - sollicitation tangentielle
 - immergé
- cylindre tournant



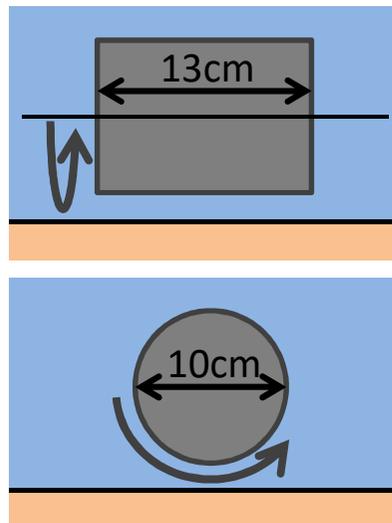
Quel nouvel essai d'érosion ?



- Proposition d'un nouvel essai

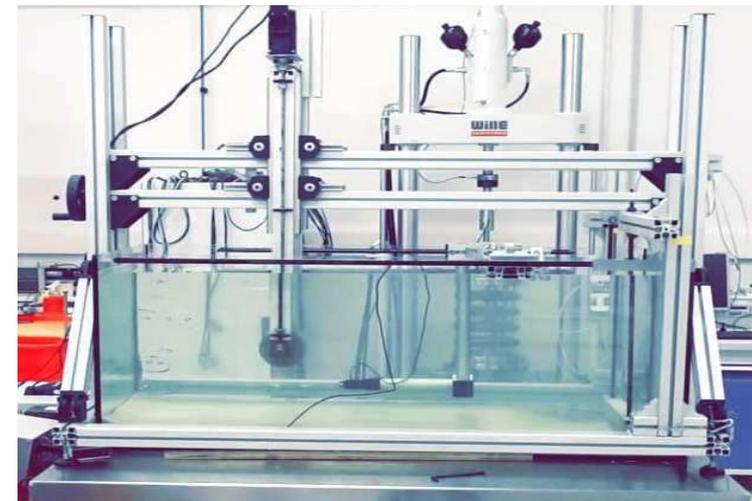
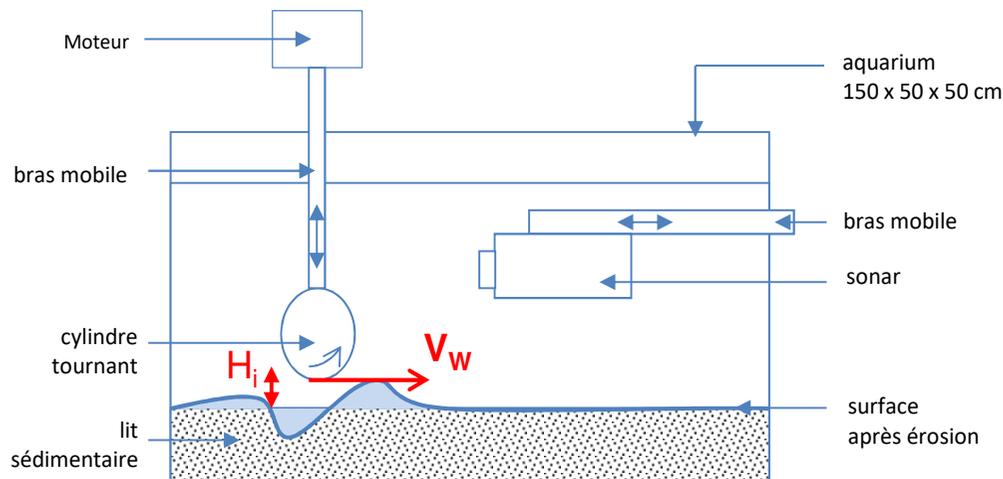
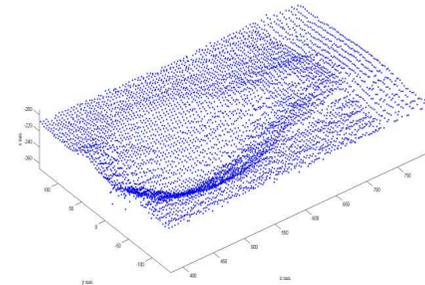
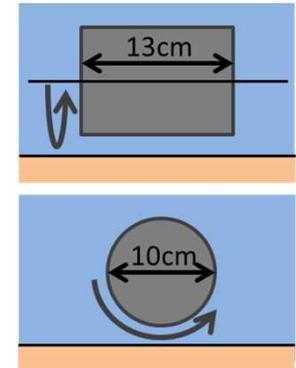
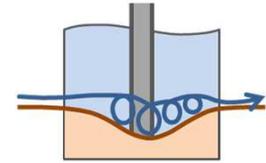
Principe :

- essai simple (sur site)
 - sollicitation tangentielle
 - immergé
- cylindre tournant

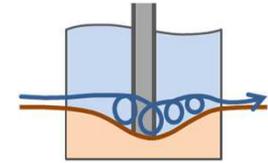


L'essai d'érosion de roue « WET » (Wheel Erosion Test)

- Dispositif d'essai
 - aquarium rempli d'eau et de sédiments
 - cylindre tournant monté sur un axe vertical
 - paramètres de contrôle :
 - Vitesse de la roue V_w
 - Distance initiale roue-sédiments H_i
 - sonar acoustique
 - suivi de la topographie

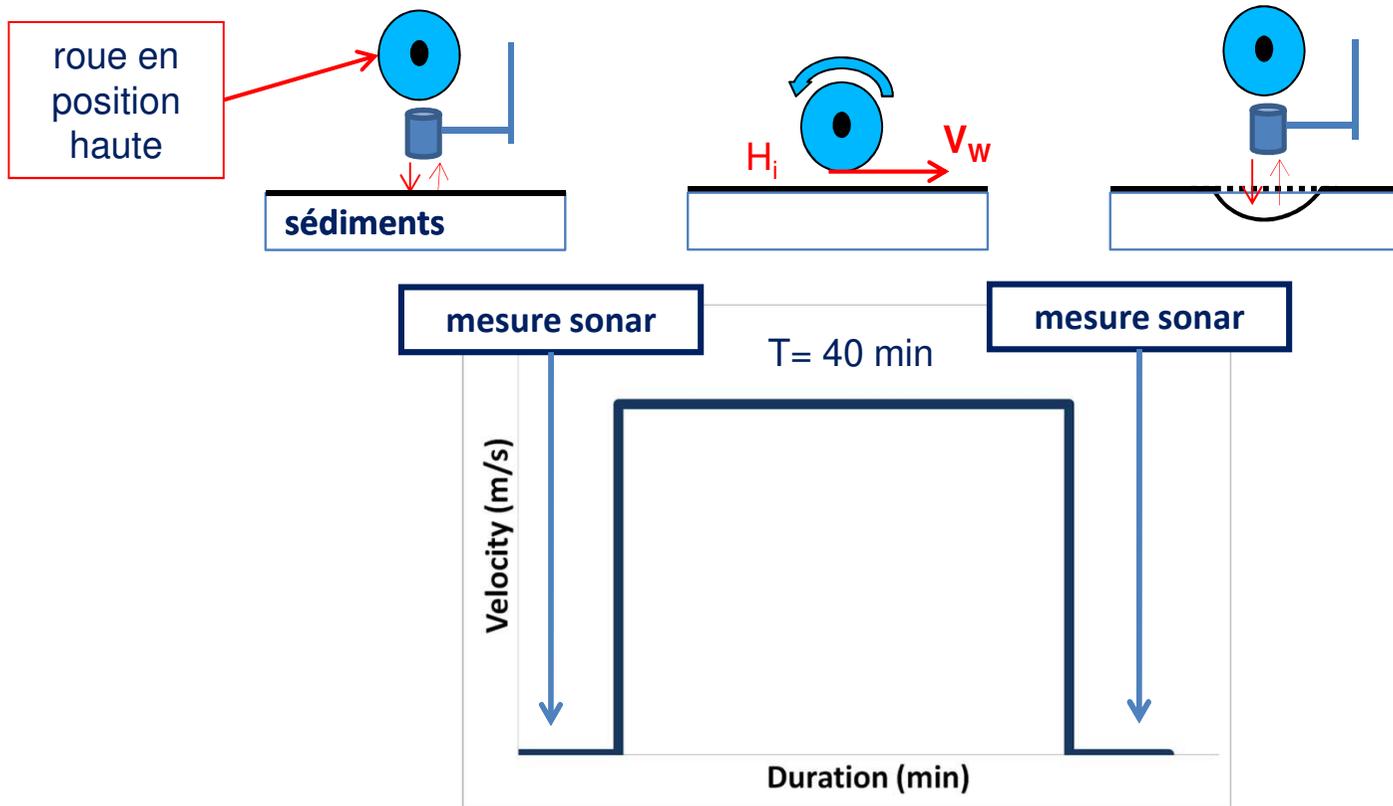


Procédures d'essais 1/3



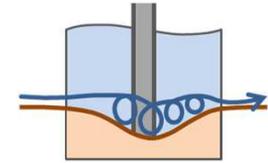
- Essai en continu

paramètres contrôle
 H_i et V_w



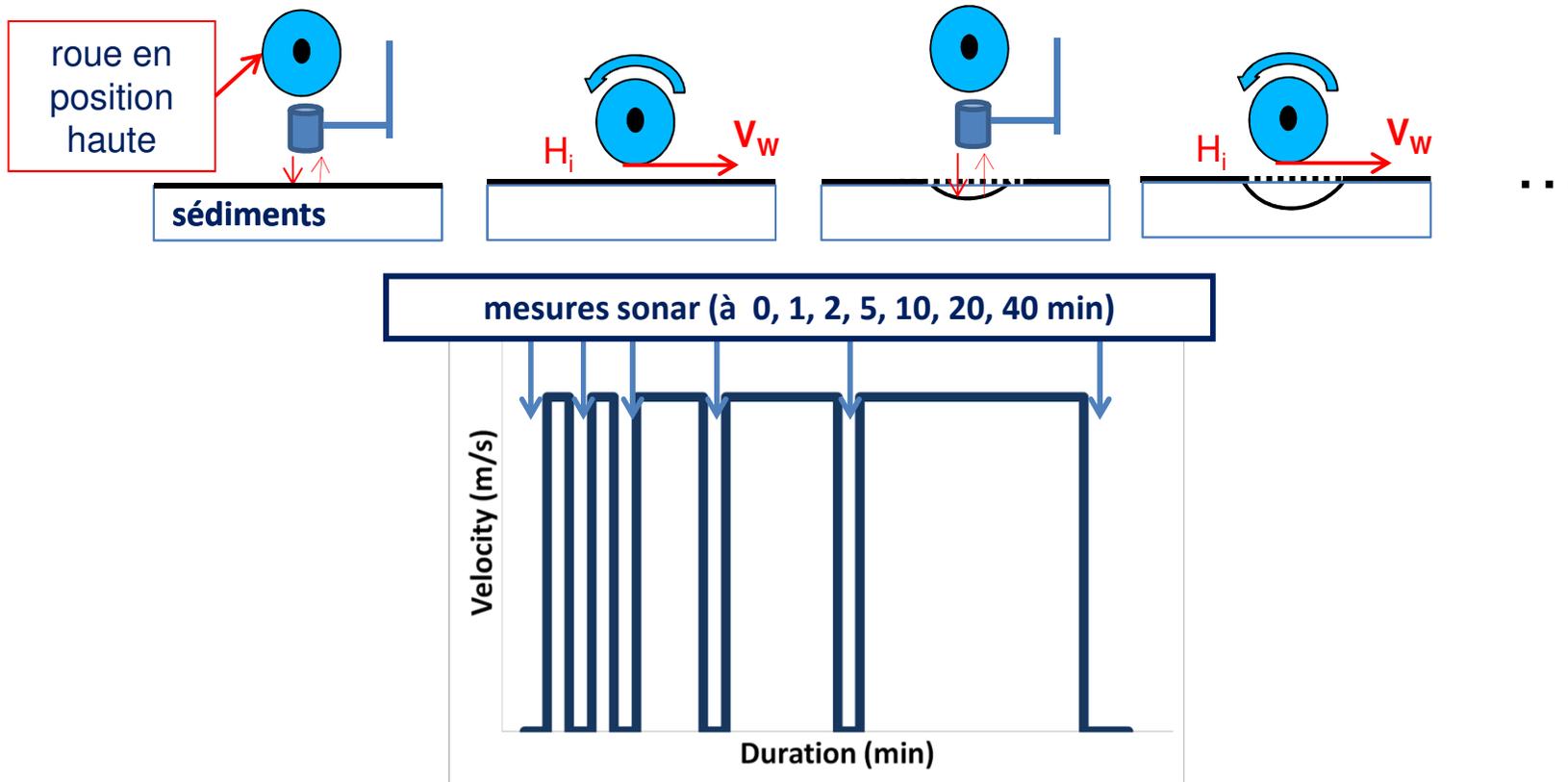
→ Mesure finale du profil d'érosion

Procédures d'essais 2/3



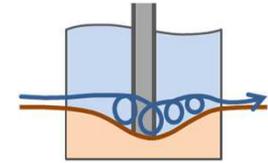
- Essai par pas de temps

paramètres contrôle
 H_i et V_w



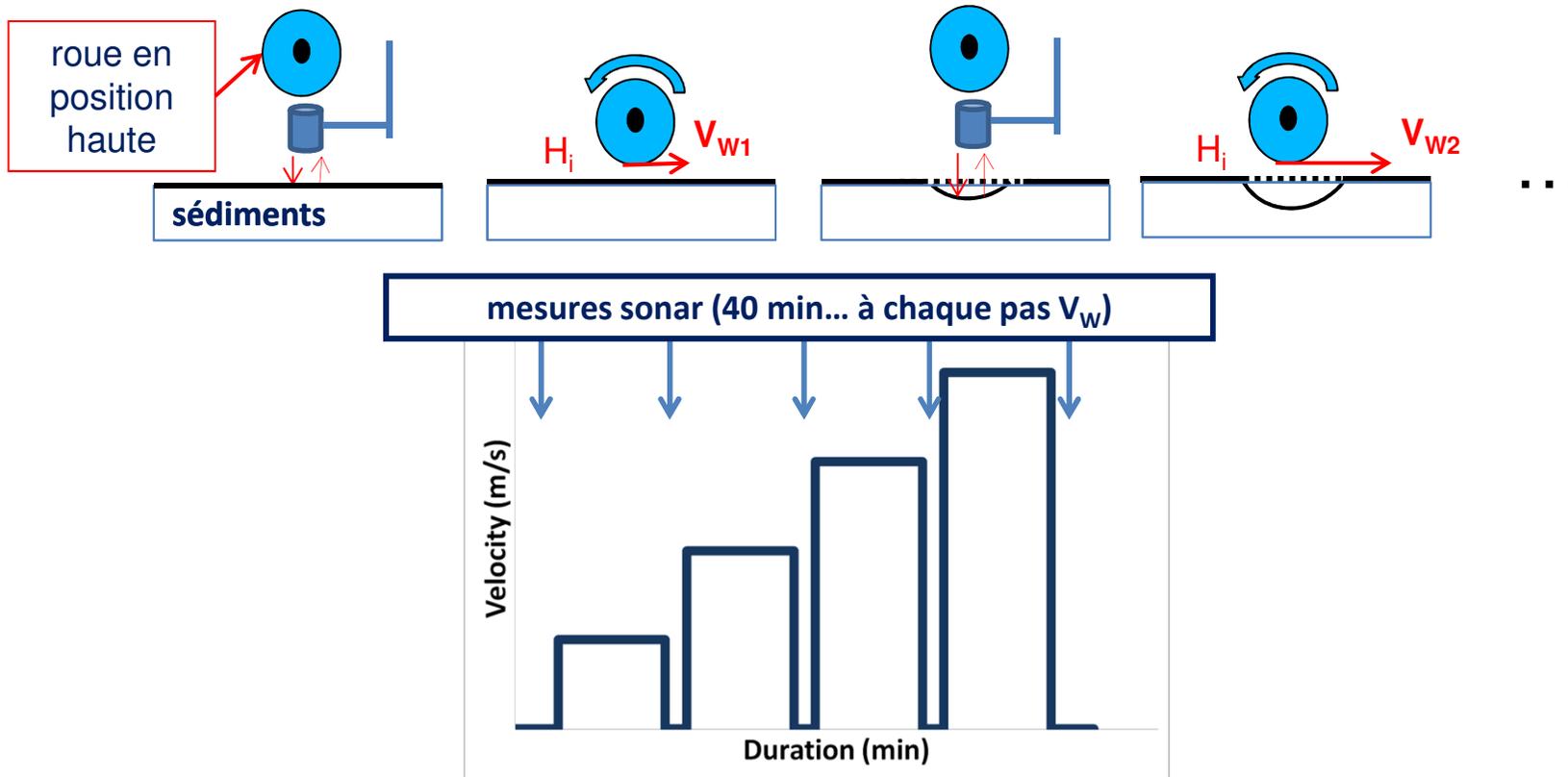
→ Evolution temporelle du profil d'érosion

Procédures d'essais 3/3



- Essai par pas de vitesse

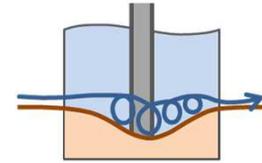
paramètres contrôle
 H_i et $V_{w1} < V_{w2} < V_{w3} \dots$



→ Evolution selon un accroissement de sollicitation

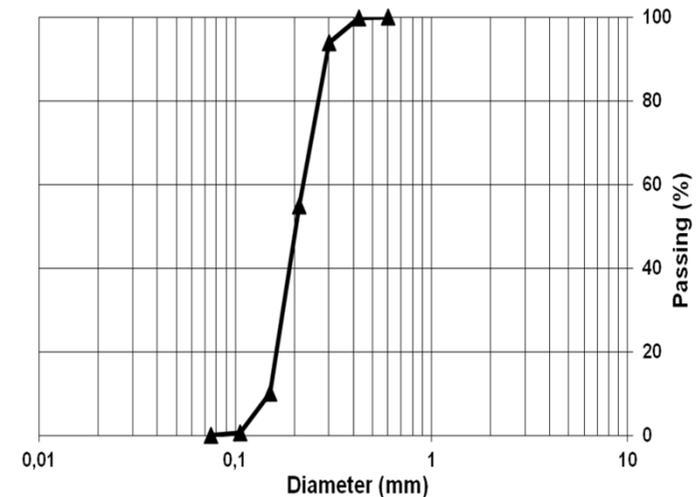
Exemple d'application

Campagne d'essais sur sable de Fontainebleau



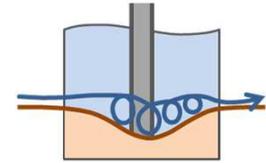
- Paramètres de contrôle explorés

- procédure d'essais
 - en continu
 - par pas de temps
- hauteur H_i
0,5 ; 1 ; 2 ; 3 cm
- vitesse V_w
0,31 ; 0,47 ; 0,78 ; 1,24 m/s



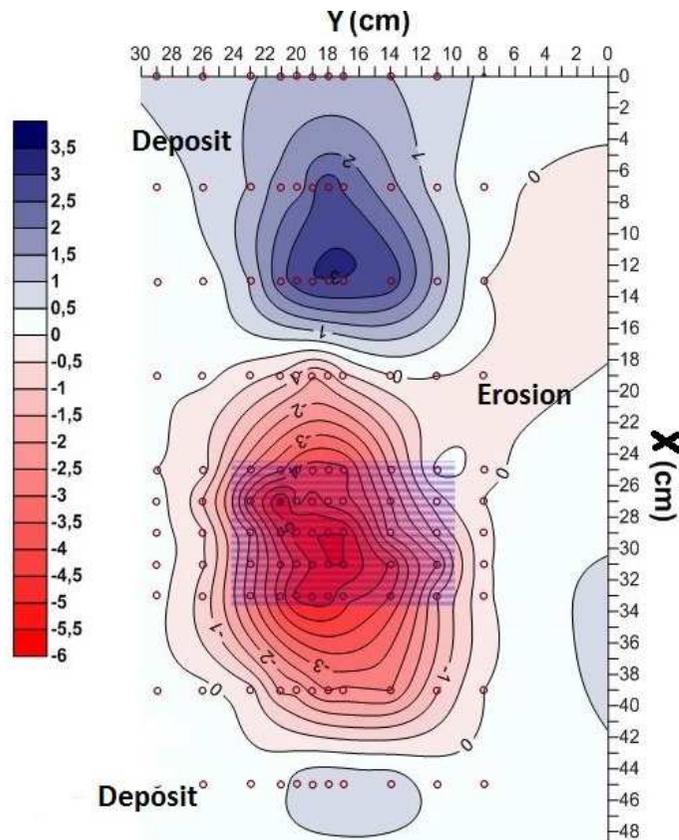
sable de Fontainebleau	
D10	156 μm
D50	210 μm
D60	223 μm
Cu	1,43
ρ_d	1,47 g/cm ³

Observations générales

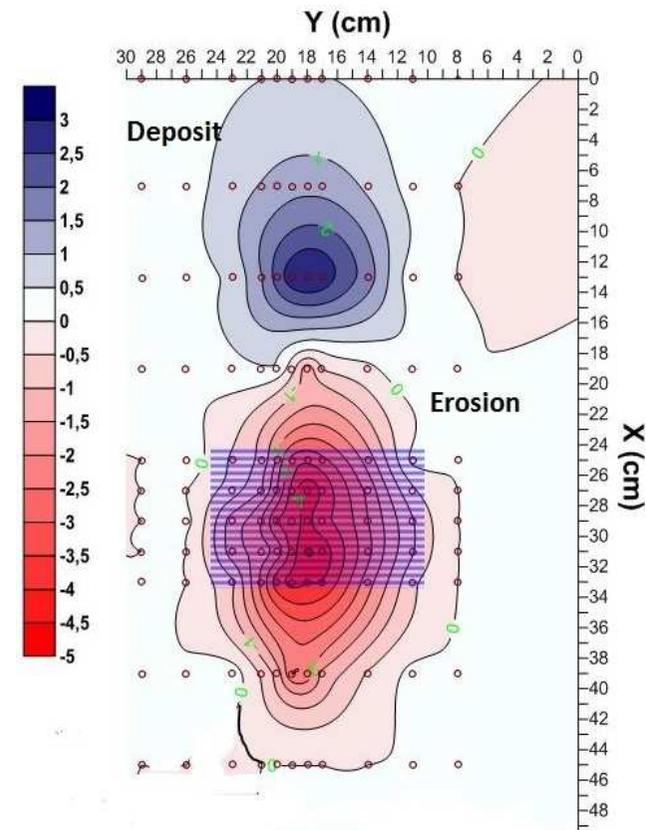


$H_i = 0,5 \text{ cm}$

Aval
↑
Amont

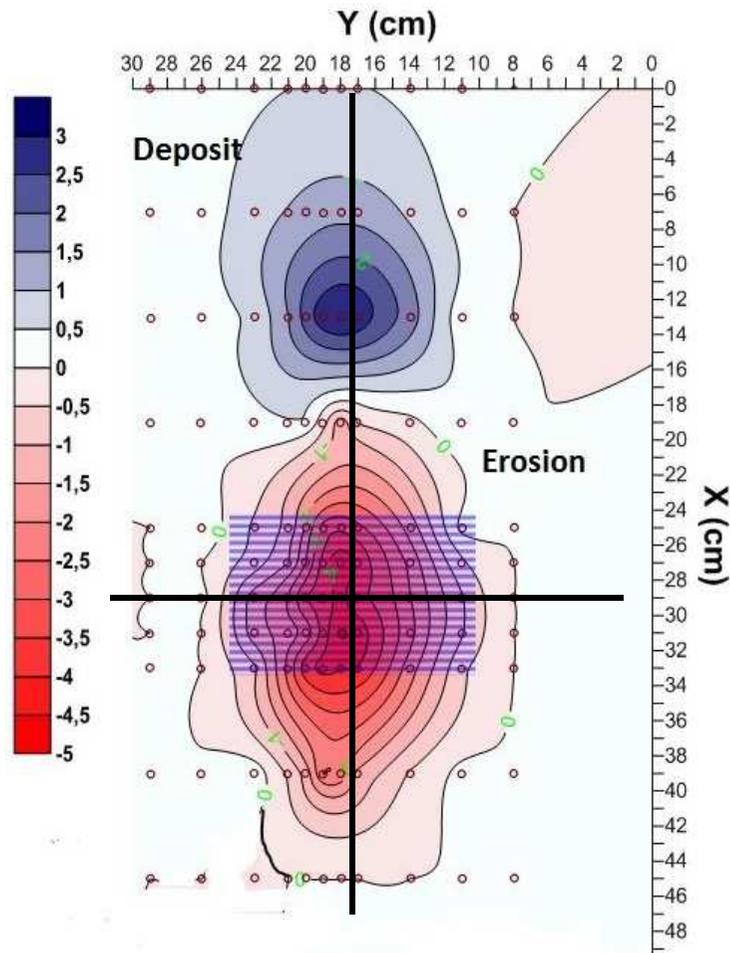
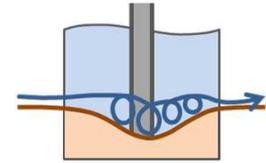


$V_w = 0,78 \text{ m/s}$



$V_w = 0,62 \text{ m/s}$

Observations générales

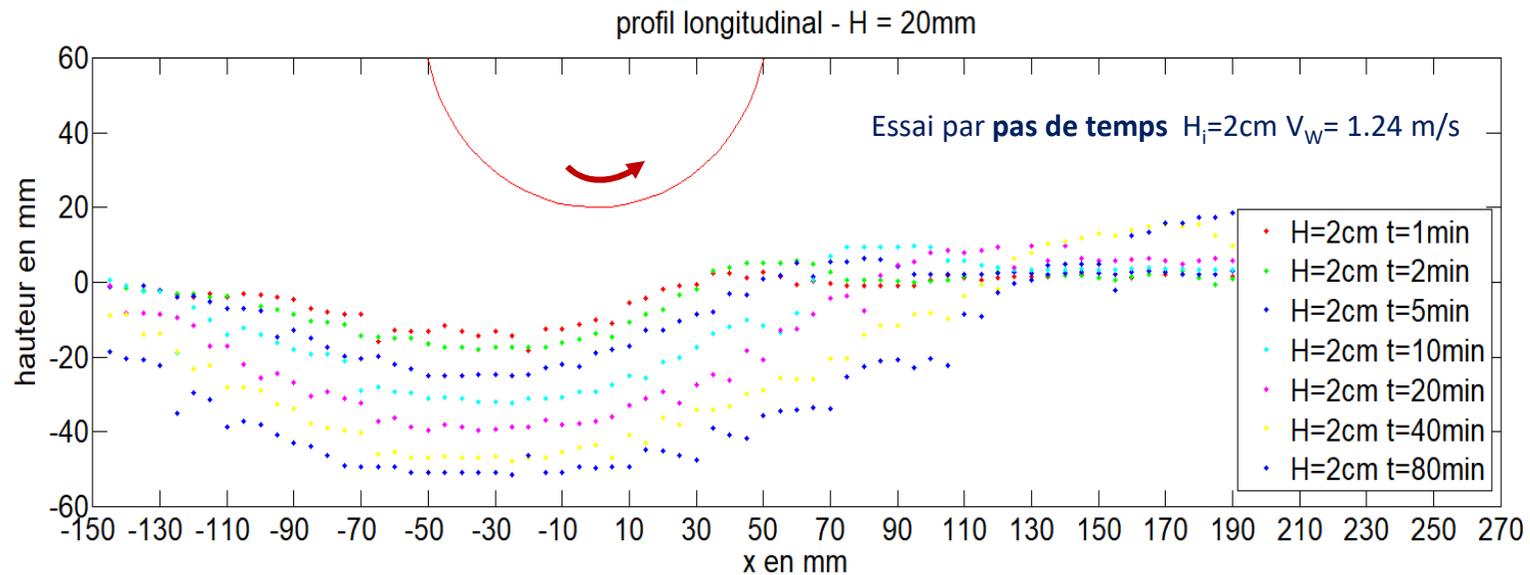
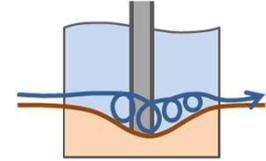


Profils d'érosion :

- longitudinaux (selon l'axe d'écoulement)
- transverses

Résultats typiques 1/3

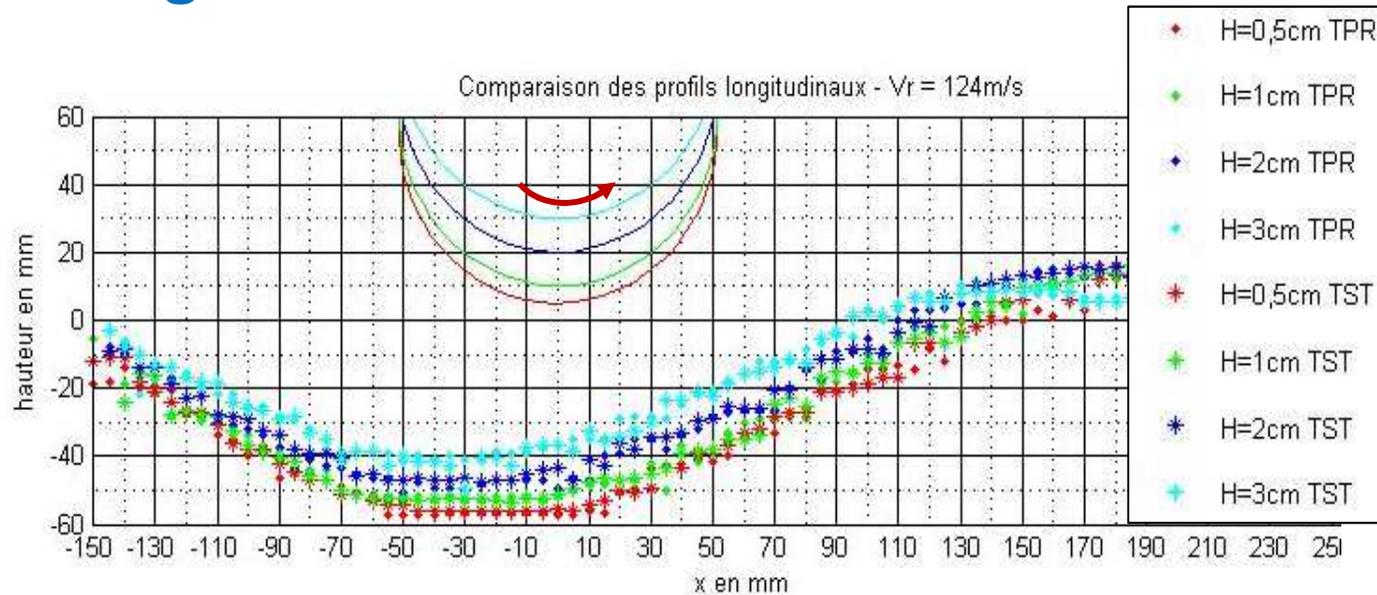
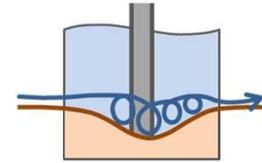
Profils longitudinaux



- **Observations :**
 - zones d'érosion et de dépôts
 - élargissement non symétrique
 - emplacement du point le plus profond en amont de la roue

Résultats typiques 2/3

Profils longitudinaux

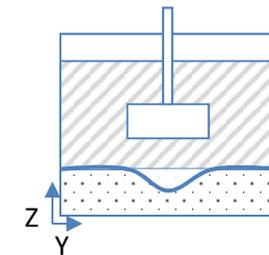
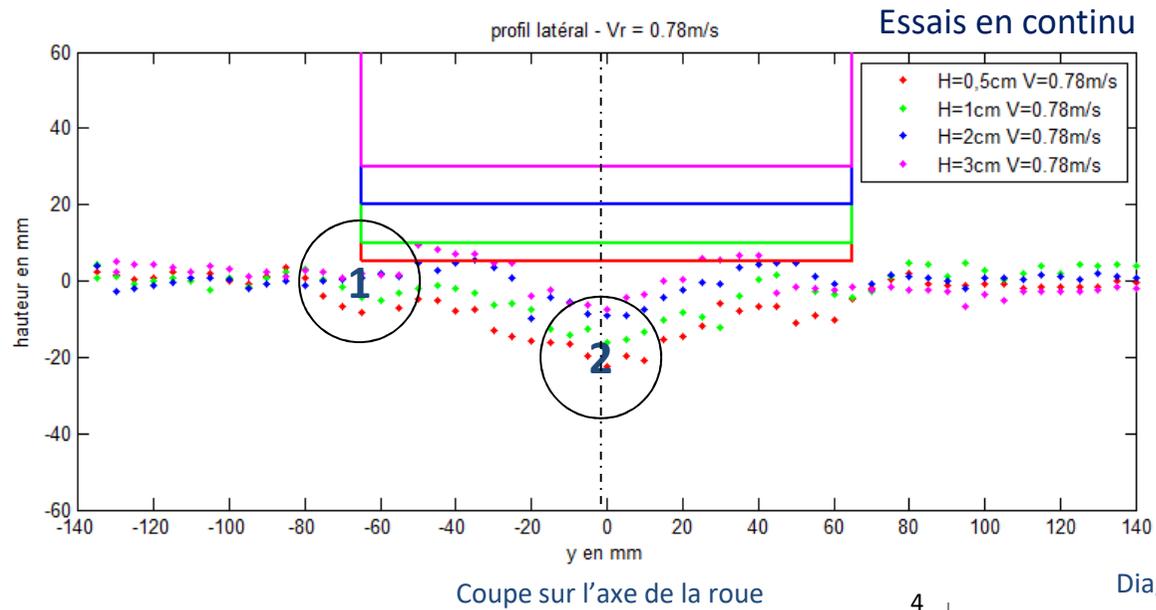
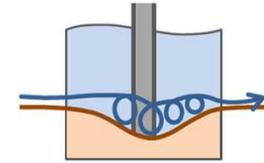


Essais par **pas de temps** (TST) ou **en continu** (TPR) $V_w = 1.24\text{ m/s}$

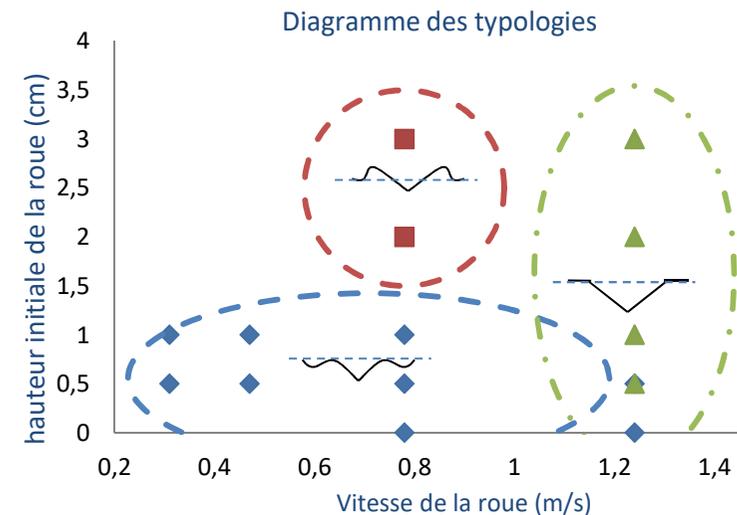
- **Observations :**
 - élargissement non symétrique
 - emplacement du point le plus profond en amont de la roue
 - profils finaux ne dépendant pas du protocole d'essai
 - profils finaux à distance « comparable » de la roue

Résultats typiques 3/3

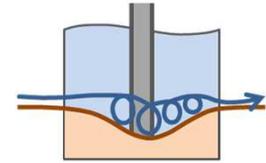
Profils transverses



- **Observations :**
 - géométrie du profil :
 - dunes
 - fosses
 - droites
 - profondeur maximale au centre de l'axe



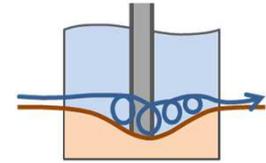
Conclusions



- **Développement d'un nouvel essai**
 - contrainte de cisaillement horizontale/tangentielle
 - en conditions immergée
 - perspective d'utilisation sur le terrain
- **Premières études**
 - répétabilité et robustesse de l'essai
 - possibilité de caractériser la sensibilité à l'érosion
 - selon 2 paramètres : V_w et H_i

En guise de perspectives...

Des essais d'érosion – dans quels objectifs ?



- **Caractérisation des matériaux (sur site)**

- à des fins de diagnostic // aménagement
- pour des études de vulnérabilité



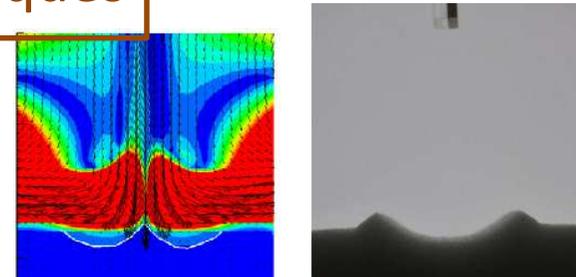
- **Etudes paramétriques au laboratoire**

- sur des configurations variées
- en guise de « modélisation physique »

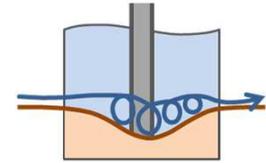


- **Validation/comparaison avec codes numériques**

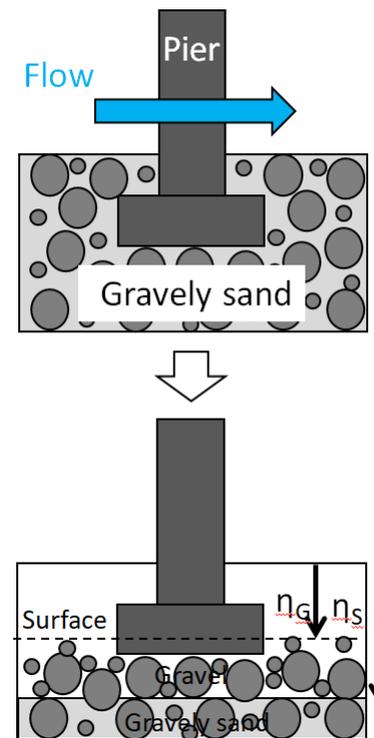
- sur des situations simples et contrôlées
- pour une application de ces codes sur des situations réelles



Autres travaux (en cours/perspectives)

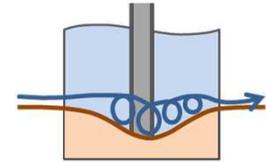


- Etude des mécanismes d'érosion sur des mélanges sables/graviers (avec RTRI)



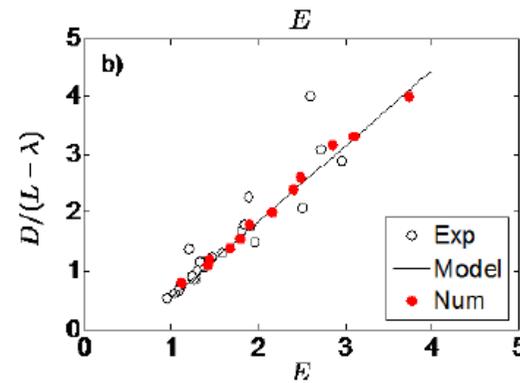
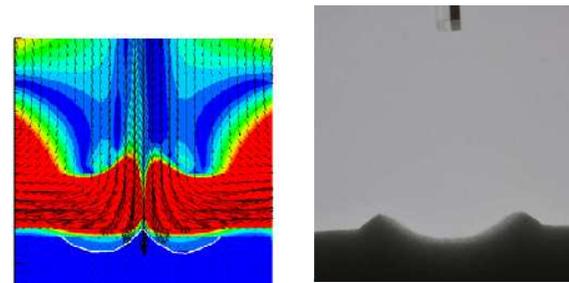
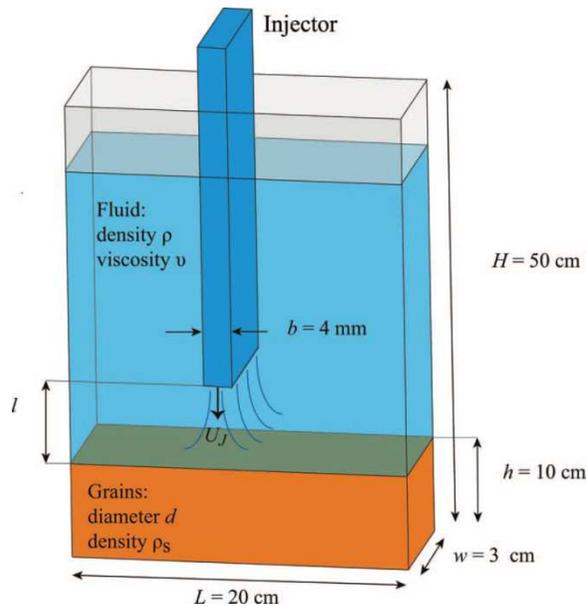
crédits RTRI

Autres travaux (en cours/perspectives)

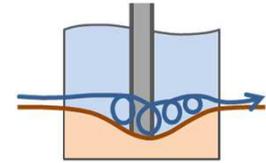


- **Modélisation numérique**

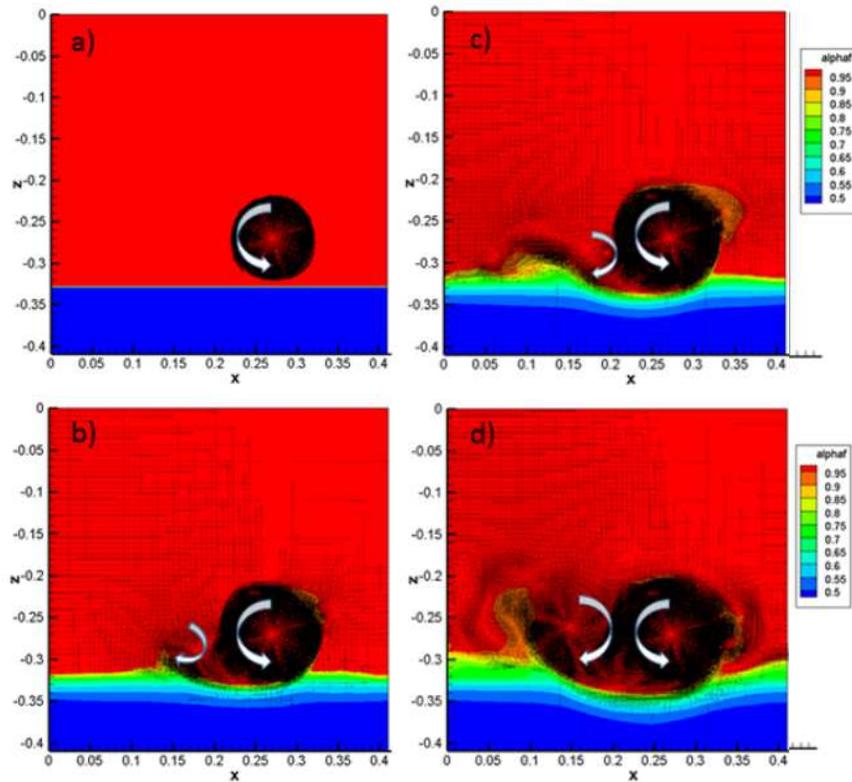
Exemple de l'érosion de JET (UMR FAST // Cerema LHSV)



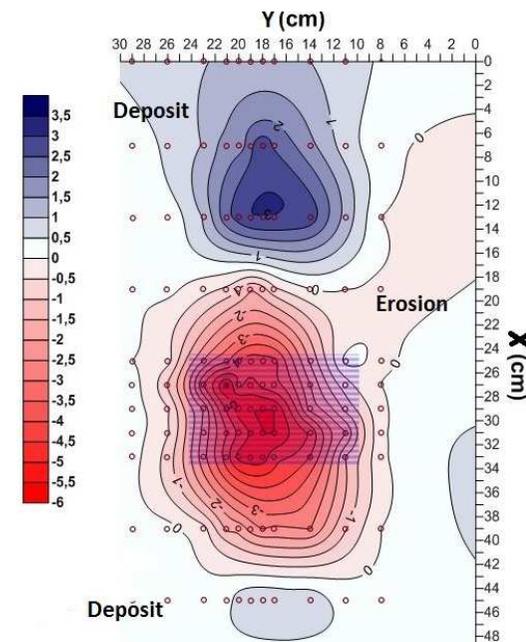
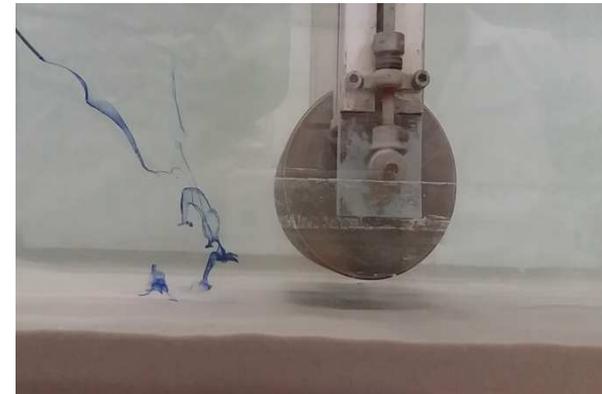
Autres travaux (en cours/perspectives)



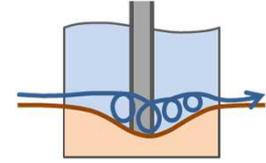
- Modélisation numérique



2D simulation results for $(H_i, V_w) = (1\text{cm}, 0.78\text{m/s})$



Conclusions



- **Développement d'un nouvel essai**
 - contrainte de cisaillement horizontale/tangentielle
 - en conditions immergée
 - perspective d'utilisation sur le terrain
- **Premières études**
 - répétabilité et robustesse de l'essai
 - possibilité de caractériser la sensibilité à l'érosion
 - selon 2 paramètres : V_w et H_i
- **Perspectives**
 - interprétation à poursuivre (confrontation avec numérique)
 - essais sur différents matériaux (graviers, sables, limons, argiles...)
 - classification
 - essais en canal hydraulique (avec modification du dispositif)