

# TRANSPORT DES MATIERES EN SUSPENSION relation avec le flux solide?

Amphone VONGVIXAY –GCGMA-INSA –UMR SAS –INRA

Pascal DUPONT- GCGMA-INSA

Catherine GRIMALDI- UMR SAS – INRA

Anne-Sophie Susperregui –GCGMA-INSA

22-24 Novembre 2010

Mont St-Michel

# I. Introduction

## **1.1. De nombreux enjeux économiques et environnementaux sont liés aux flux de MES dans les rivières :**

- Envasement des barrages ou des estuaires,
- Dégradation des écosystèmes aquatiques,
- Transport de polluants (phosphore, pesticides, métaux lourds, matière organique).

## **1.2. Les MES ont été surtout étudiées dans les régions où le risque d'érosion et dégradation des sols est reconnu depuis longtemps, lié à :**

- Des pentes fortes,
- Des pluies violentes, et
- Des déforestations.

**Dans l'Ouest de la France, l'augmentation des flux de MES est liée :**

- Aux paysages, et
- Aux pratiques agricoles.

# I. Introduction

**La dynamique temporelle** des MES est liée :

- À la variabilité temporelle des conditions hydrologiques ou climatiques
- Aux origines et à la disponibilité variables des particules.

**L'origine de MES** et les processus de transport – dépôt dans les cours d'eau dépend aussi :

- De l'ordre du cours d'eau
- De la taille du bassin versant

## **Objectifs:**

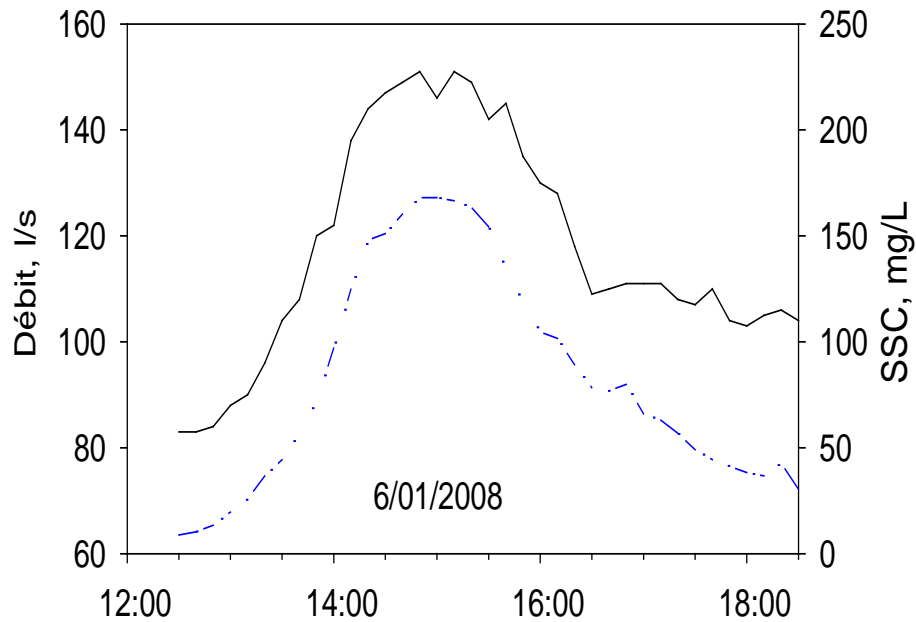
- Identifier et quantifier les origines des MES à l'échelle de la crue
- Déterminer la quantité et la granulométrie des matières solides transportées au fond du cours d'eau.
- Analyser la relation entre le transport des MES et le charriage.

## II. Etudes précédentes

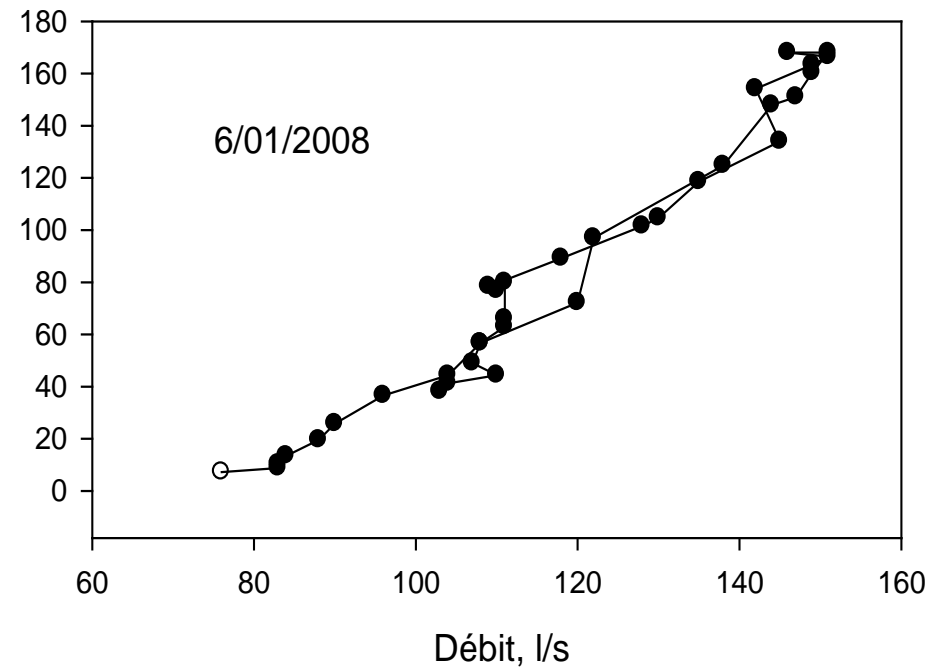
### II.1. Typologie des crues et leur « pattern »

Williams (1989): Crues univoques

Chronique de débit et concentration



relation concentration-débit

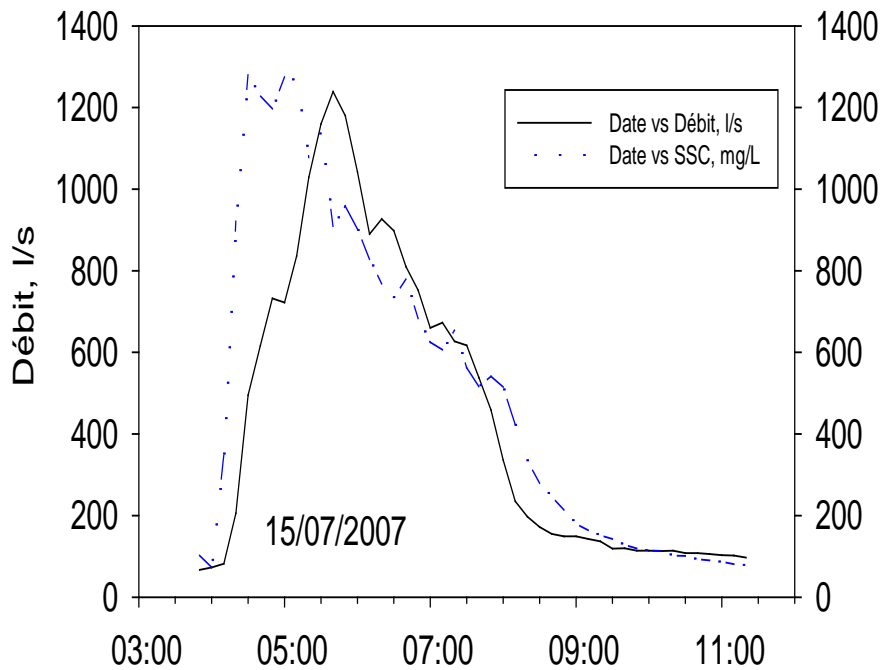


## II. Etudes précédentes

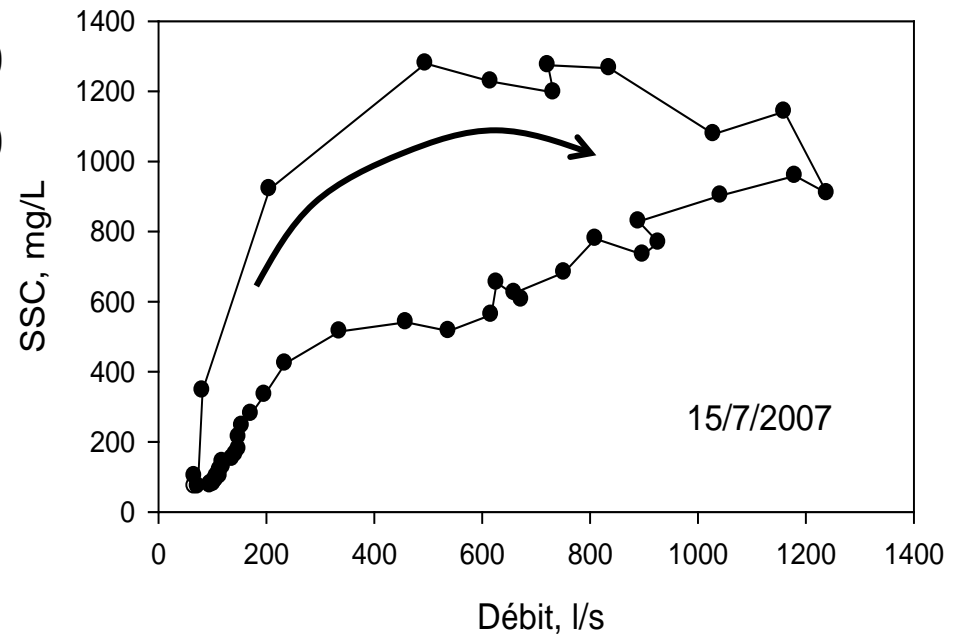
### II.1. Typologie des crues et leur « pattern »

Williams (1989): Crue à hystérésis

Chronique de débit et concentration



relation concentration-débit

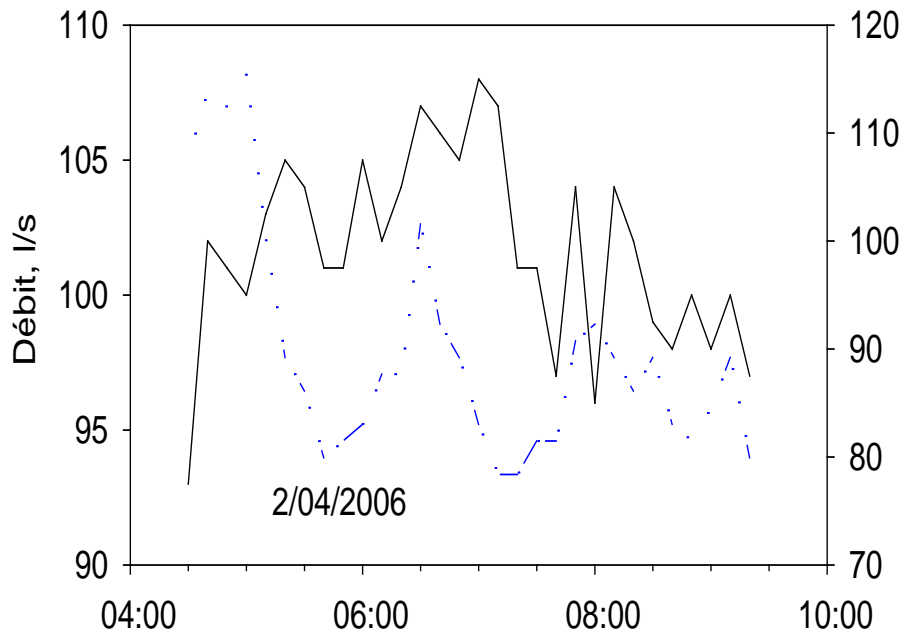


## II. Etudes précédentes

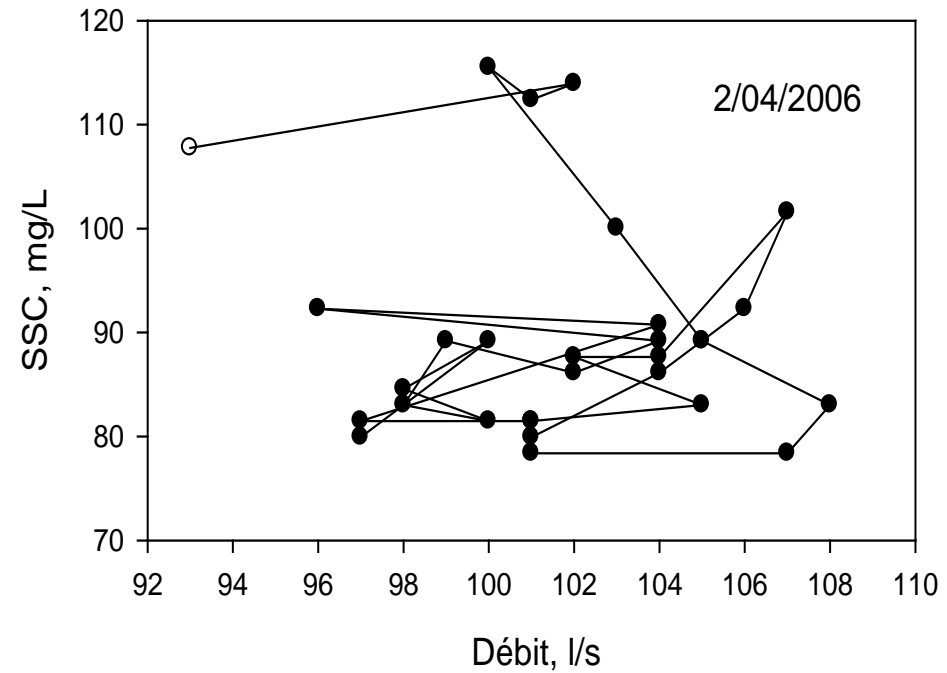
### II.1. Typologie des crues et leur « pattern »

Williams (1989): Crue complexe

Chronique de débit et concentration

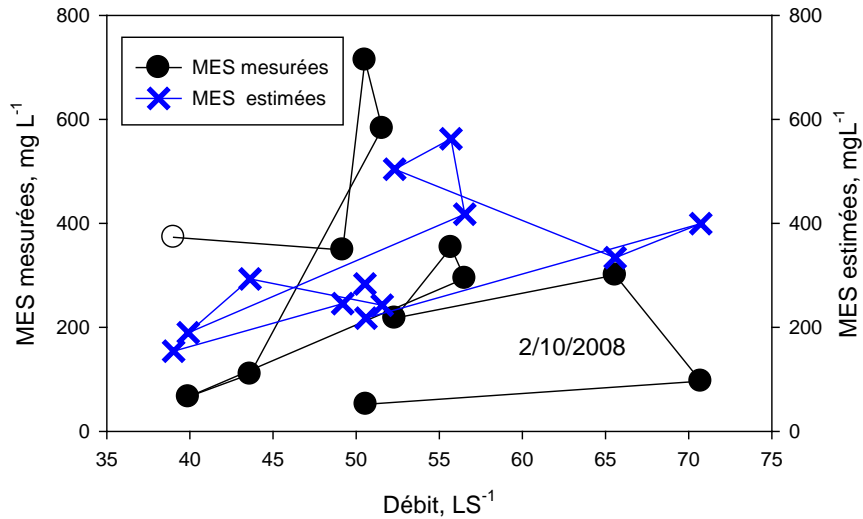
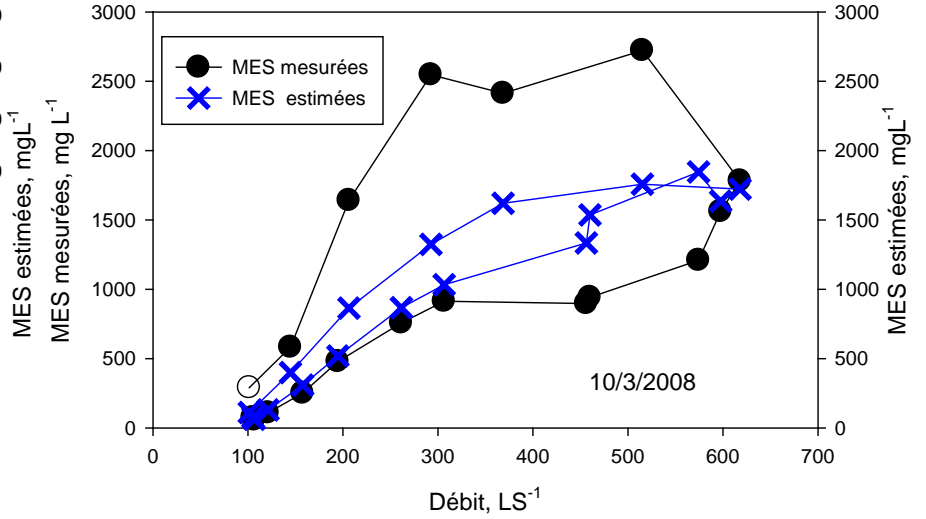
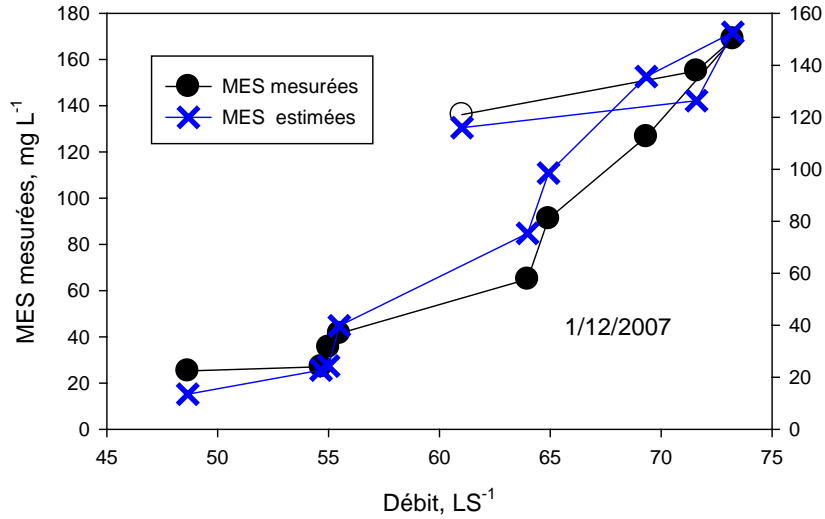


relation concentration-débit



# II. Etudes précédentes

## II.2. Relation débit -MES



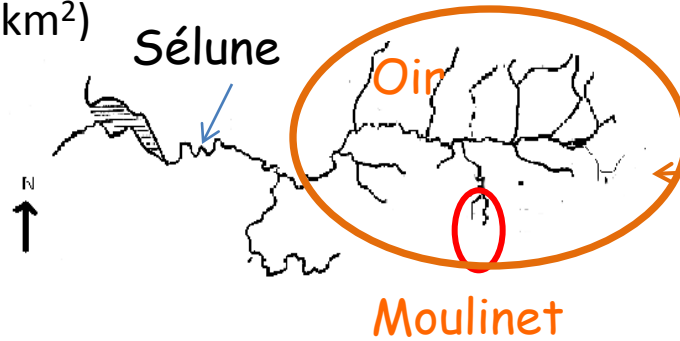
Tout le type de patterns

### III. Site d'étude et métrologie

2 bassins versants emboîtés

+ **Moulinet** (4,5 km<sup>2</sup>)

+ **Oir** (87 km<sup>2</sup>)



Sur le Moulinet (2005-2010) et sur l'Oir (depuis fin 2009) :  
mesures en continu du débit, du niveau, de la vitesse, et  
de la turbidité, prélèvements d'eau et mesures des (MES)

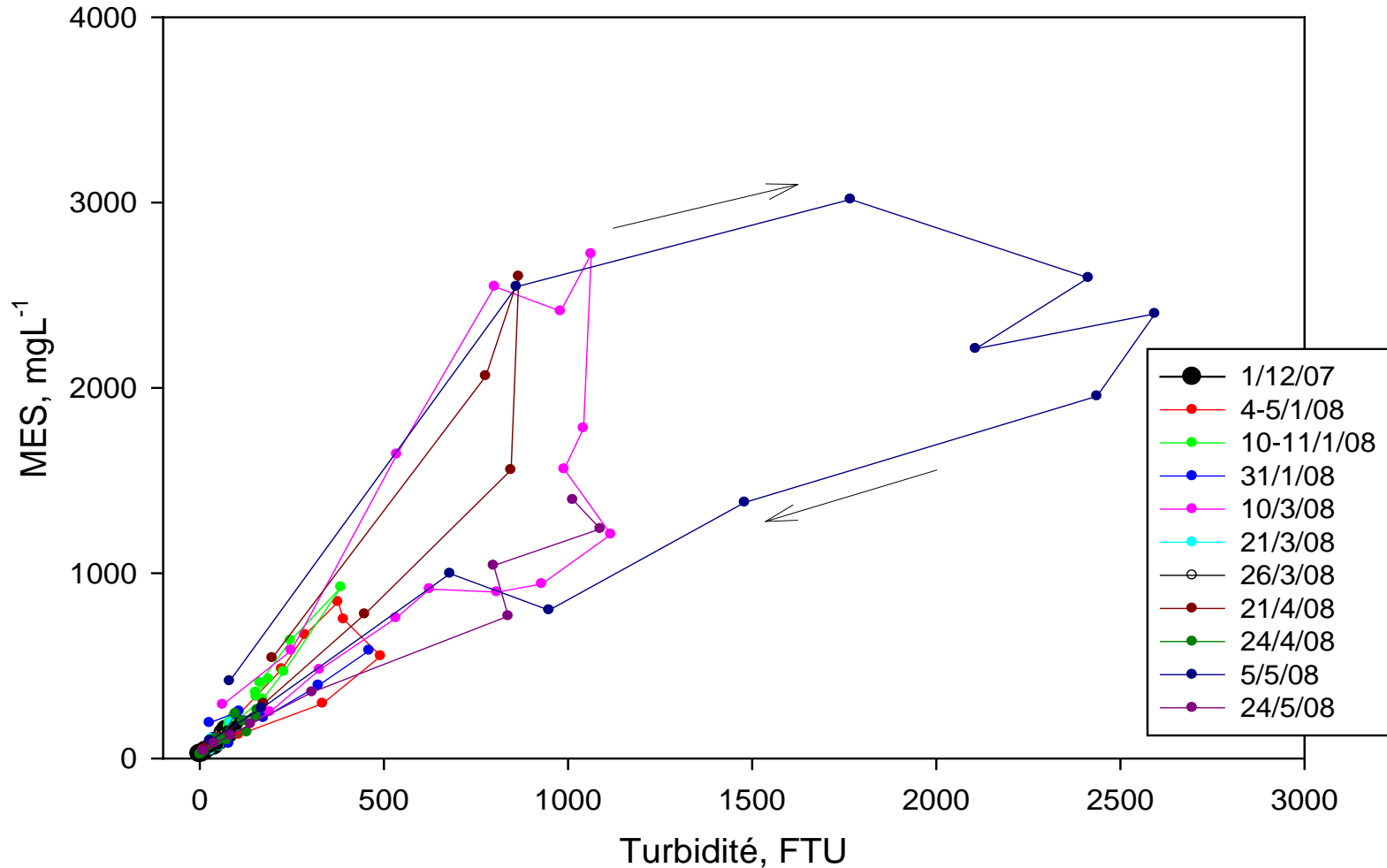
Piège installé à la station du Moulinet depuis février 2010





# IV. Relations turbidité – débit et turbidité -MES

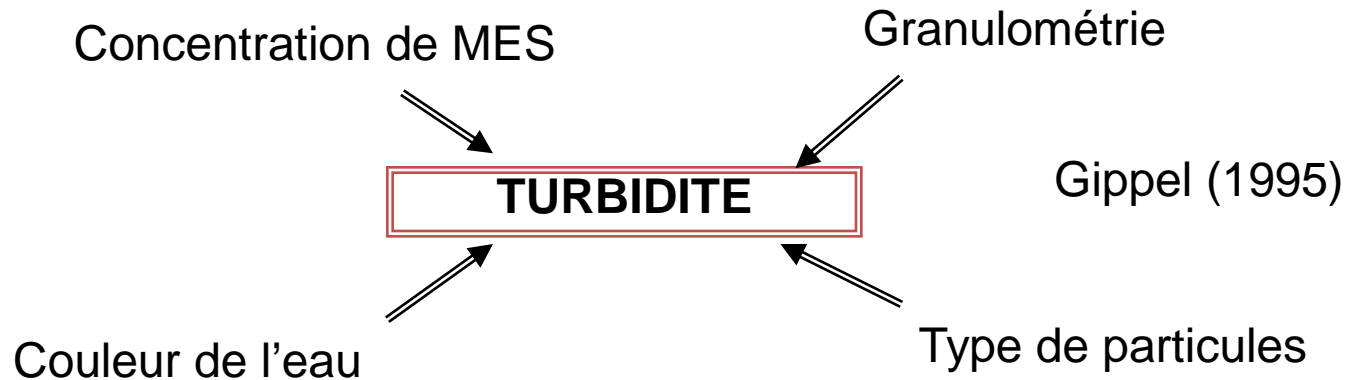
## IV.1 Etalonnage des turbidimètres



=> Forte variabilité de la relation débit –turbidité et [MES] – turbidité au cours des crues

## IV. Relations turbidité – débit et turbidité -MES

### IV.2 Interprétation de la variabilité de la relation [MES]-turbidité



Hypothèses: le type de particules varie peu ; le turbidimètre utilisé (880 nm) n'est pas sensible à la couleur de l'eau.

=> La variabilité de la relation [MES]-turbidité est due à la variabilité de la granulométrie des MES.

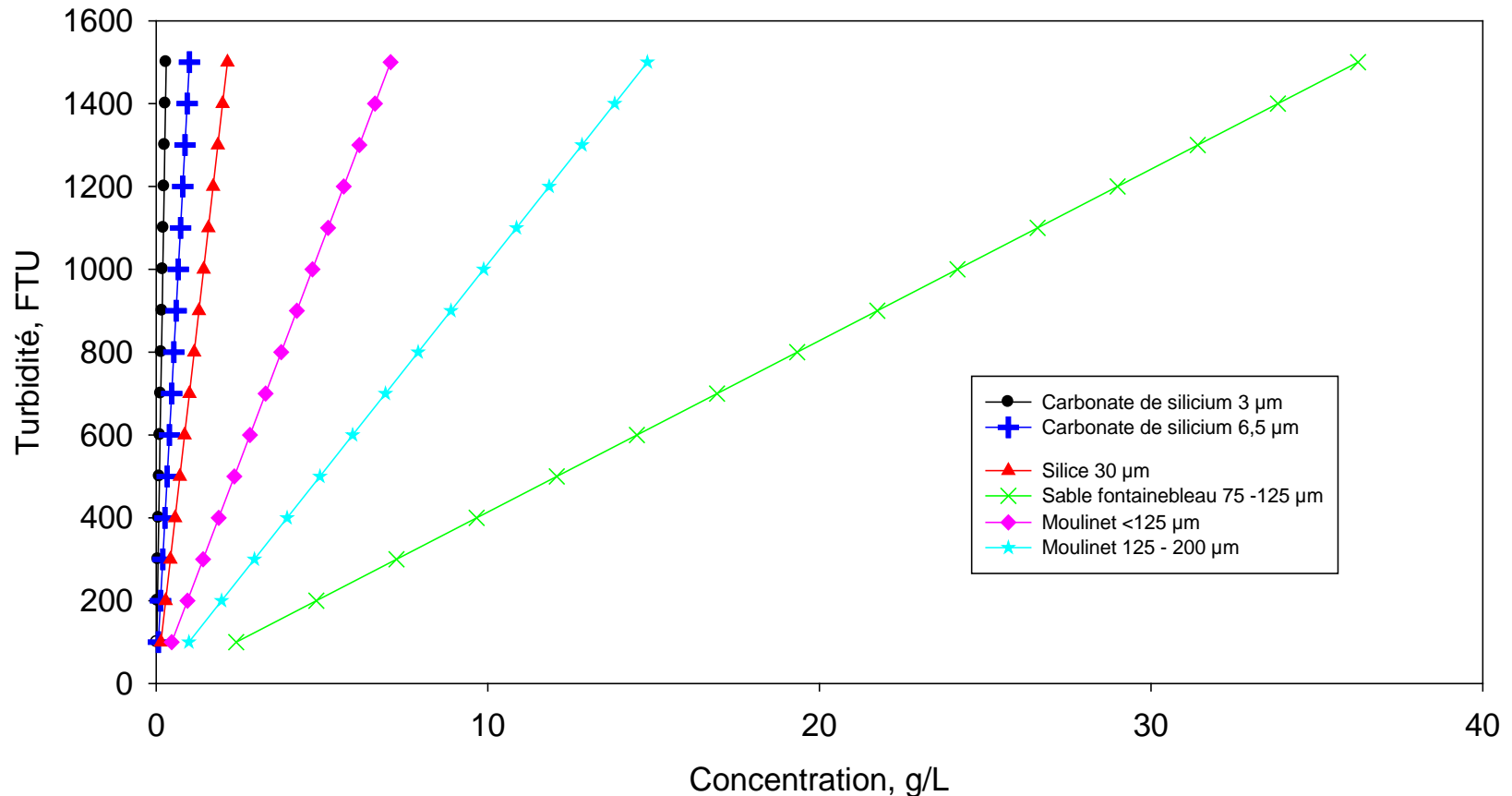
On calcule la **Turbidité spécifique = Turbidité / [MES]**. La turbidité spécifique ne dépend pas de la concentration des MES.

⇒ La turbidité spécifique dépend uniquement de la granulométrie.

## IV. Relations turbidité – débit et turbidité -MES

### IV.2 Interprétation de la variabilité de la relation [MES]-turbidité

Réponse du turbidimètre utilisé à la concentration et à la taille des particules



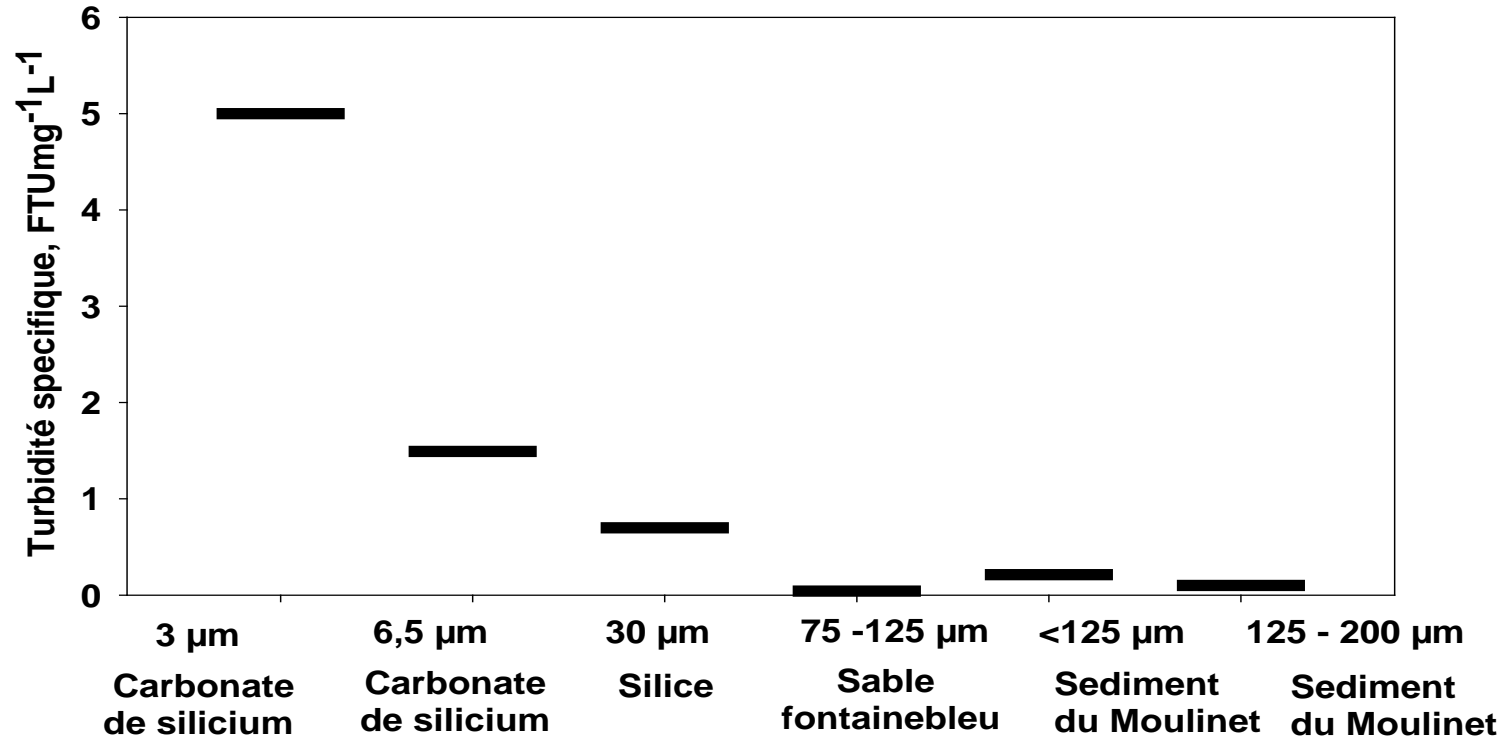
⇒ Le turbidimètre est très sensible à la concentration des MES les plus fines

$$\text{Turbidité} = a (\text{MES}) \text{ fins} + \varepsilon (\text{MES}) \text{ grossiers}$$

## IV. Relations turbidité – débit et turbidité -MES

### IV.2 Interprétation de la variabilité de la relation [MES]-turbidité

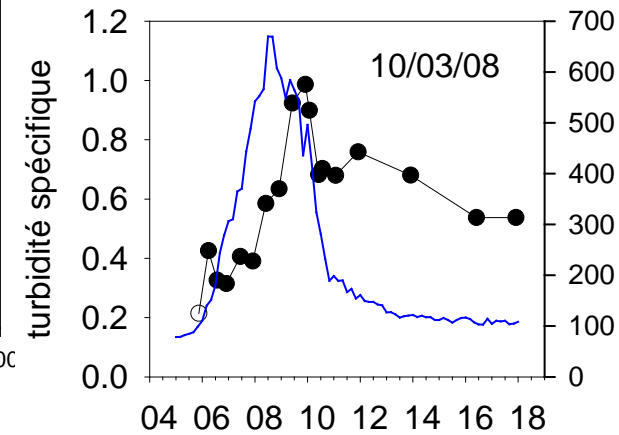
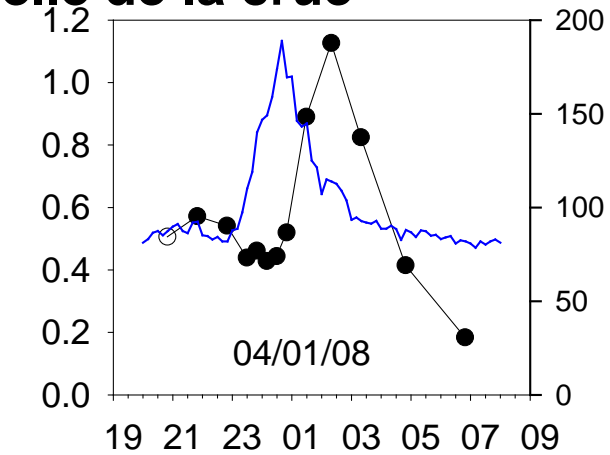
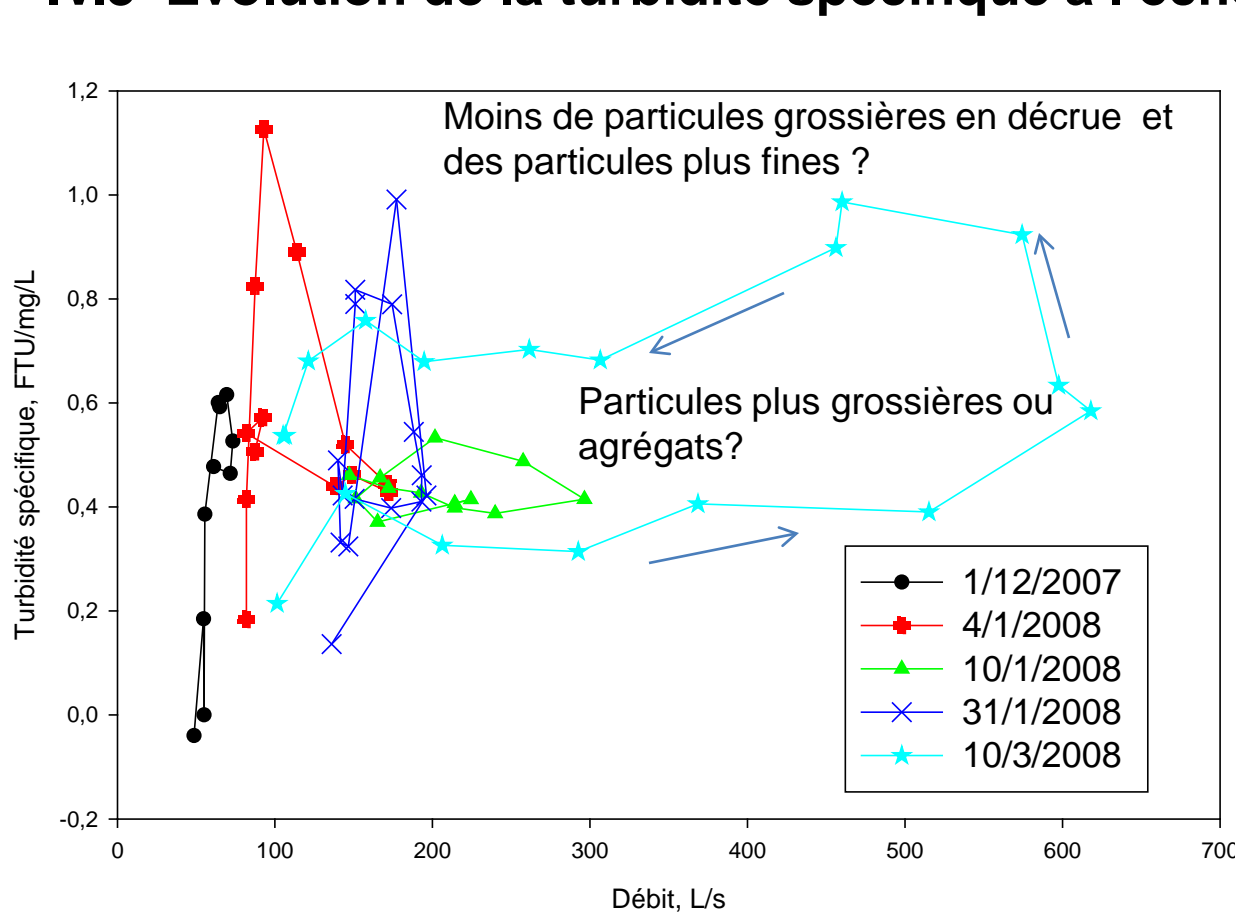
Relation entre la turbidité spécifique et la granulométrie des particules



⇒ La turbidité spécifique décroît de manière exponentielle quand la taille des particules augmente

## IV. Relations turbidité – débit et turbidité -MES

### IV.3 Evolution de la turbidité spécifique à l'échelle de la crue

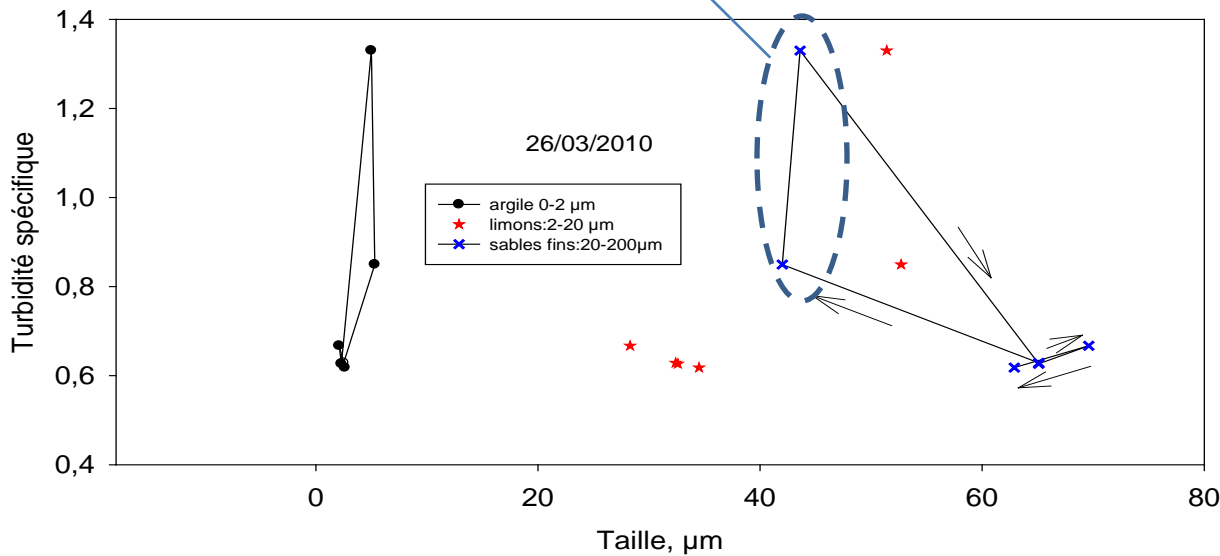
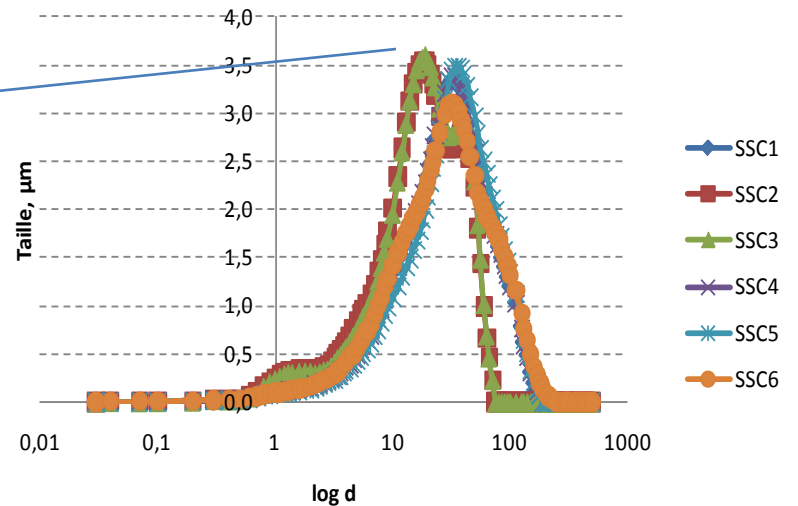
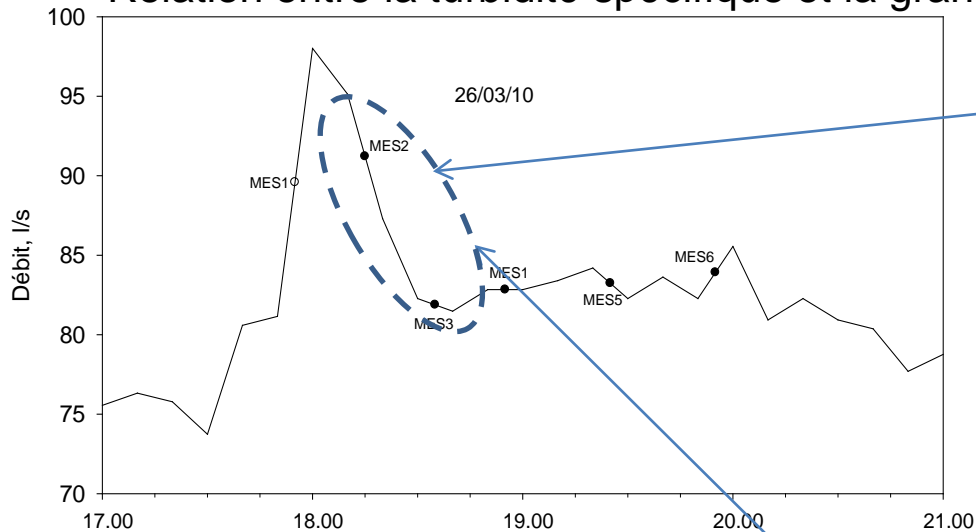


- ⇒ La turbidité spécifique varie très fortement pour les crues de faible débit
- ⇒ La turbidité spécifique présente une hystérésis pour les crues de fort débit
- ⇒ La turbidité spécifique présente un maximum en début de décrue

# IV. Relations turbidité – débit et turbidité -MES

## IV.3 Evolution de la turbidité spécifique à l'échelle de la crue

Relation entre la turbidité spécifique et la granulométrie des particules



$$\text{Turb. Spécifique} = \text{Turbidité} / (\text{MES})$$

Turb. Spécifique augmente en décrue  
 - lorsque les particules sont plus fines  
 - lorsque la concentration des particules grossières diminue

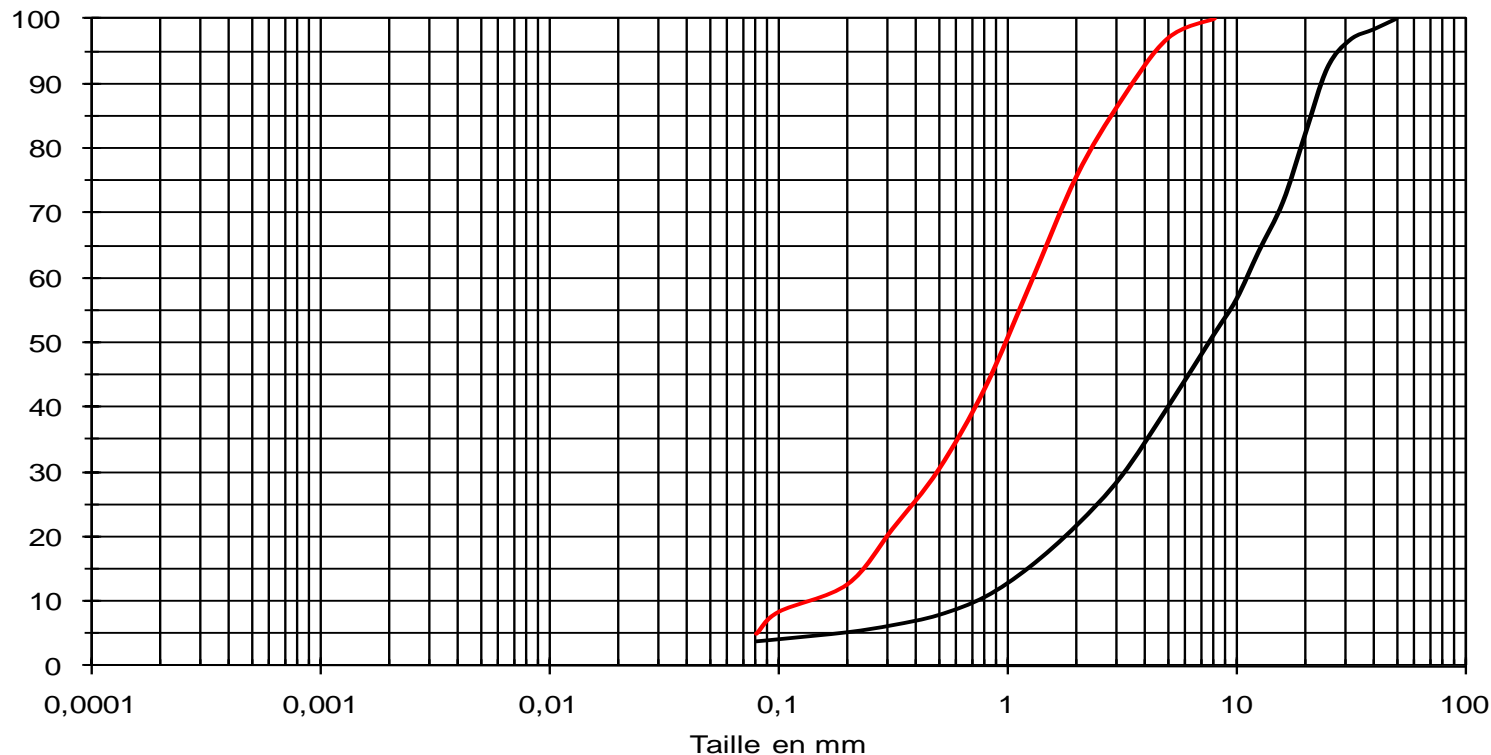
$$\text{Turbidité} = a (\text{MES}) \text{ fins} + \varepsilon (\text{MES}) \text{ grossiers}$$

# V. Mesure de charriage

## V.1. Granulométrie des sédiments

### a) Courbe granulométrique méthode au tamis (grosses particules)

Moulinet 250310



Bac amont sans nid d'abeille —

— Bac aval avec nid d'abeille

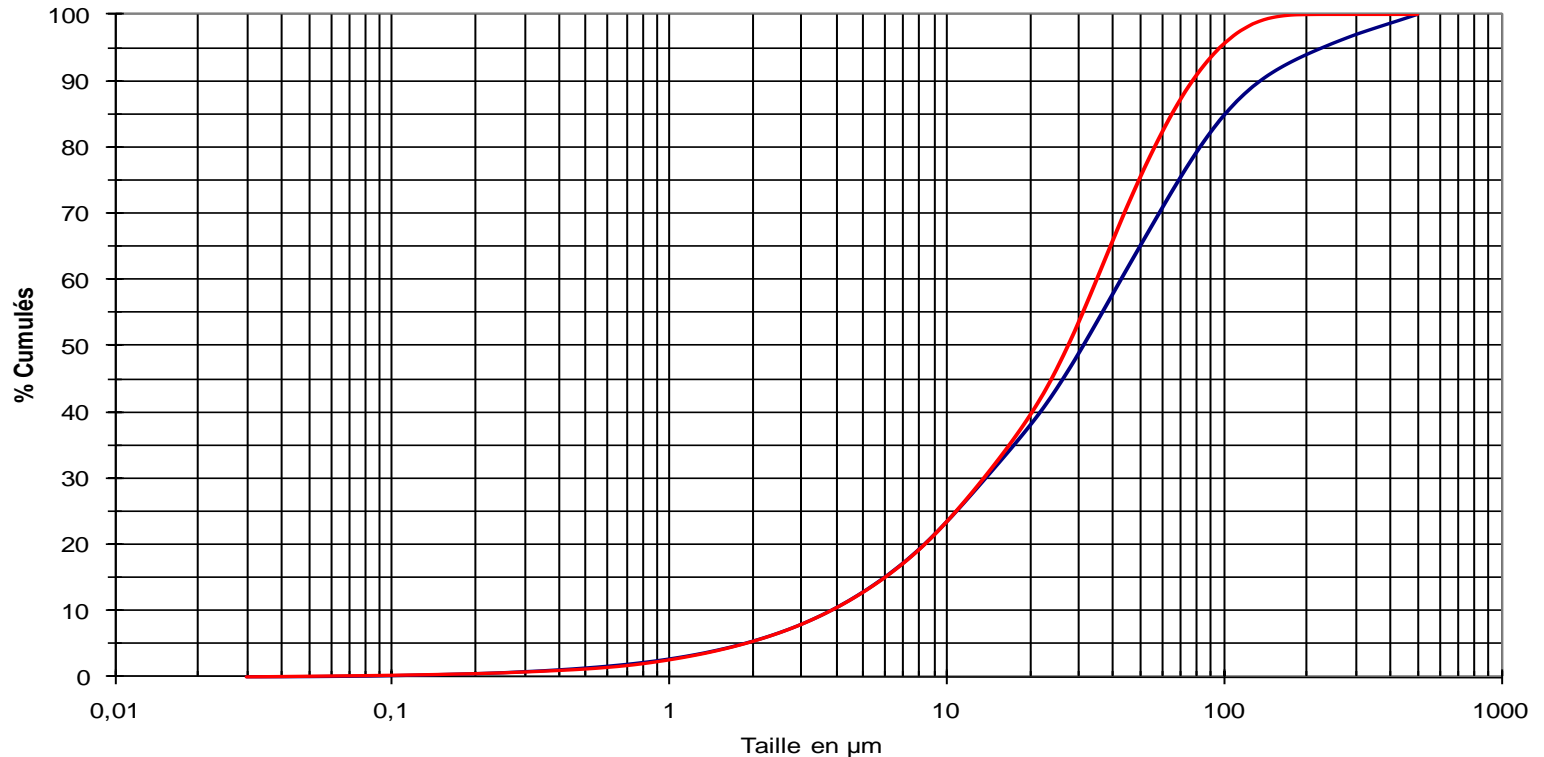
➔ Deux courbes sont différentes. Les particules de diamètre supérieur à 8mm n'ont pas été capable de passer le nid d'abeille

# V. Mesure de charriage

## V.1. Granulométrie des sédiments

### b) Courbe granulométrique, méthode au laser (particules fines)

Même courbe notamment pour les MES



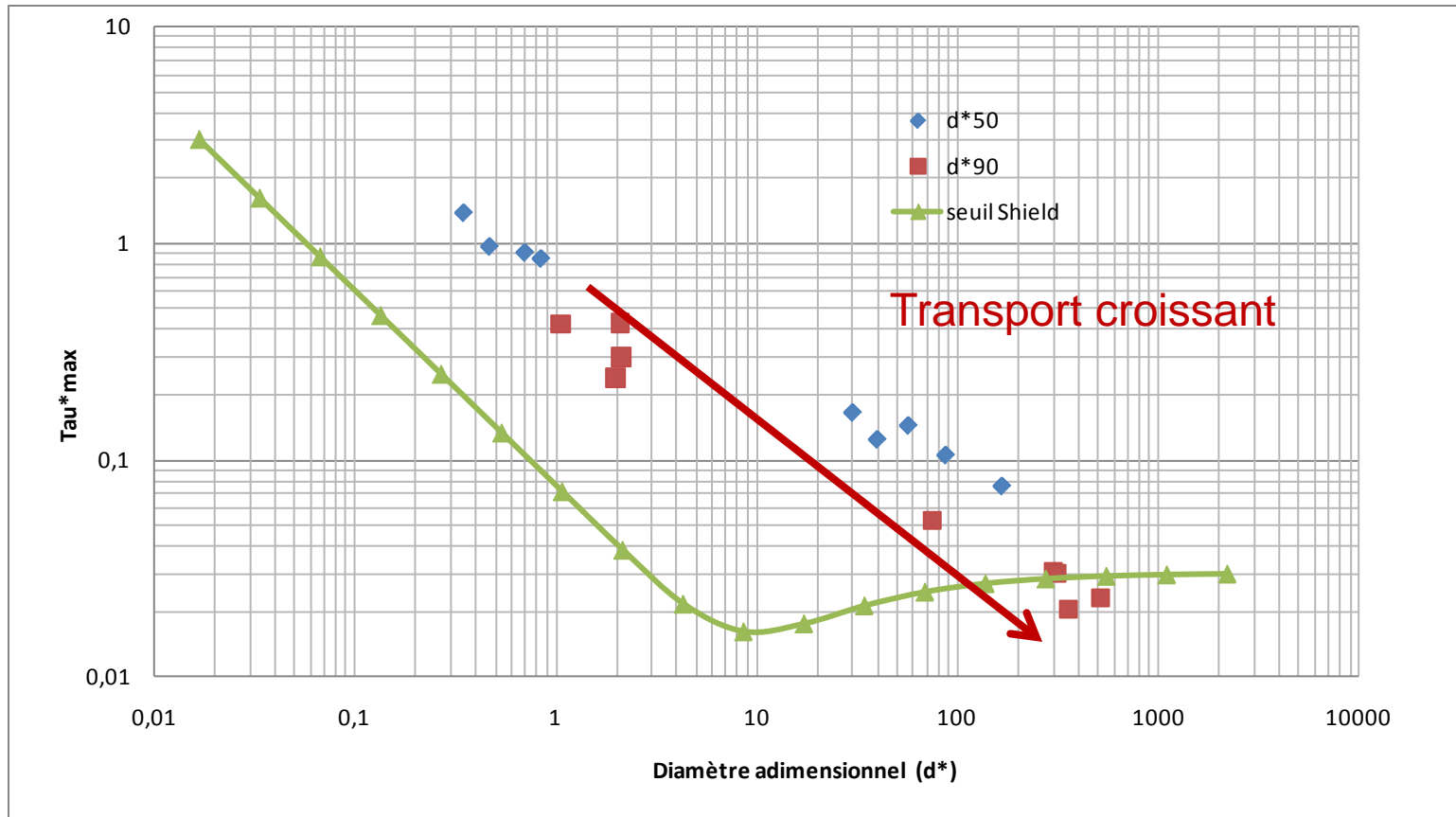
Bac aval avec nid d'abeille ———— Bac amont sans nid d'abeille

➔ Deux courbes sont différentes pour les particules plus grossières que 20  $\mu\text{m}$



# V. Mesure de charriage

## V.2. Relation entre les paramètres adimensionnels

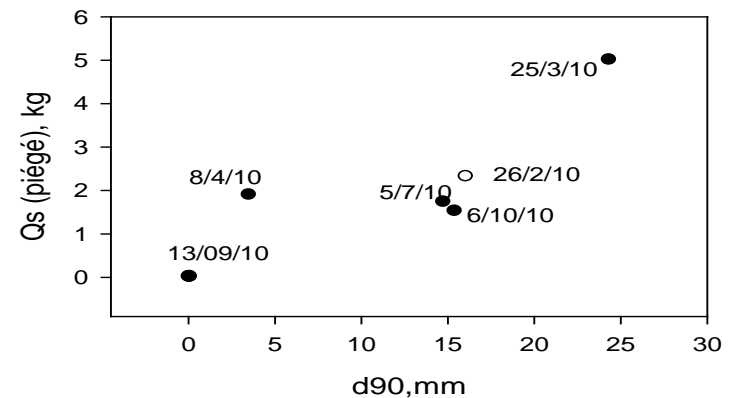
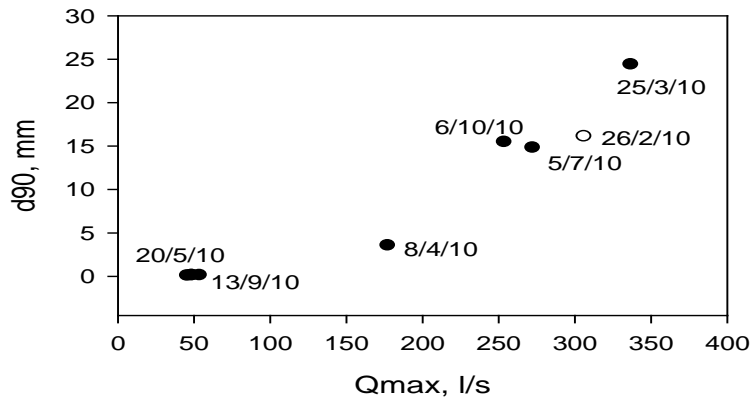
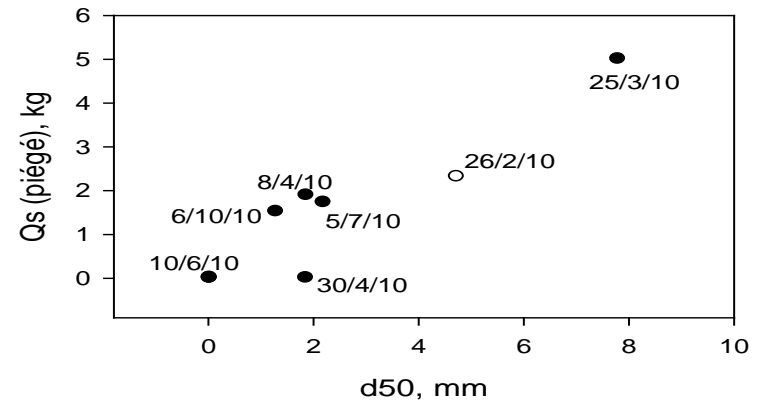
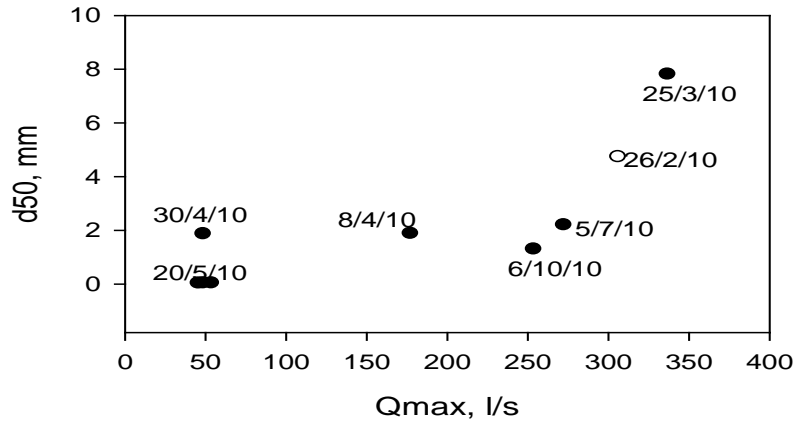


➡ Les matières solides avec les diamètres  $d^*_{50}$  sont toujours transportées

➡ Les matières solides avec les diamètres  $d^*_{90} > 300 \mu\text{m}$  ne sont pas transportées par le courant

# V. Mesure de charriage

## V.3. Masse des matières solides transportées par charriage



➡ Plus Qmax est grand, plus d50 et d90 sont importants

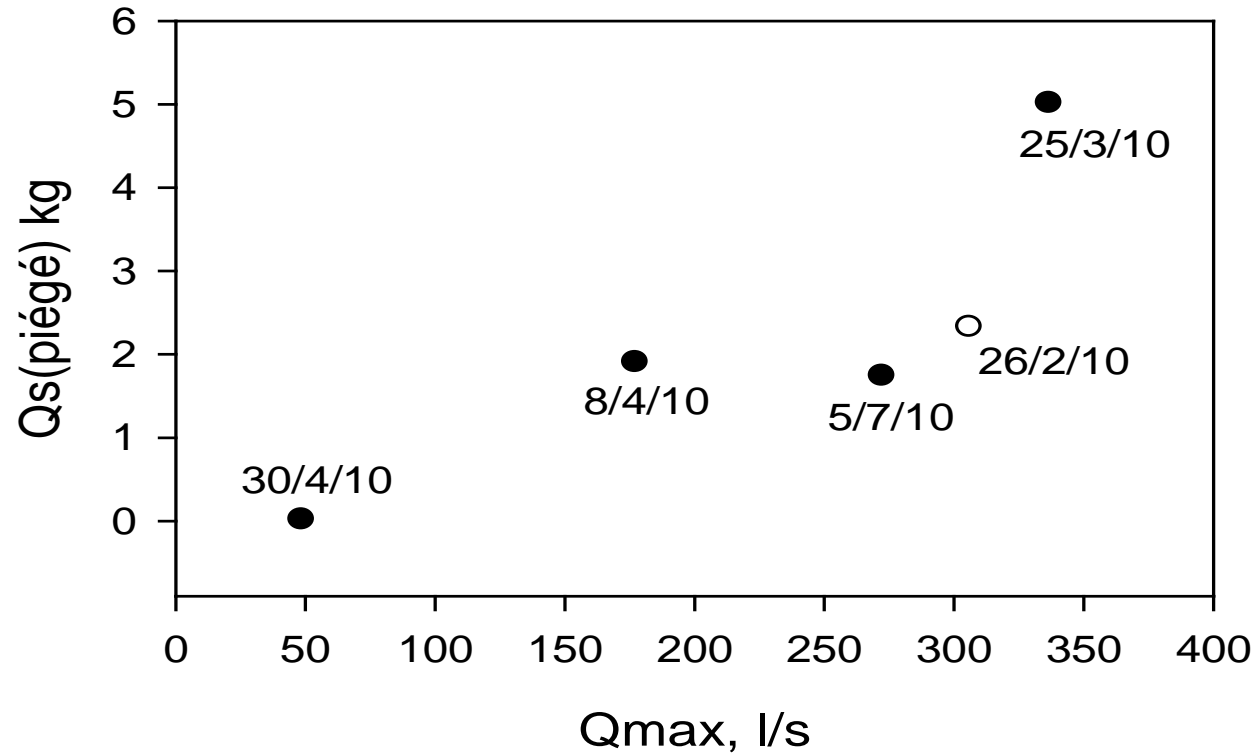
➡ Plus d50 et d90 sont grands, plus Qs piégé est grand



Pas de relation simple car le piège est sélectif=>granulo piégé privilégie les grosses particules transportées (d90 plus significatif?)

## V. Mesure de charriage

### V.3. Masse des matières solides transportées par charriage



➔ Plus  $Q_{max}$  est grand, plus  $Q_s$  piégé est important, avec la réserve que le piège est sélectif et imparfait

## Premiers résultats

- Au cours d'une crue, d'abord mobilisation des particules plus grossières puis en décrue des particules plus fines.
- Rôle de la granulométrie dans la détermination de la tension adimensionnelle de frottement,  $\tau_*$ .

## Lien avec l'objectif général

- Utilisation de la turbidité spécifique comme un indicateur de la taille des MES
- Utilisation d90 comme diamètre des particules charriées.

## Perspective

- MES stockées dans les bancs de sables?
- MES = érosion superficielle ou érosion interne des berges
- Charriage instantané par hydrophone
- Paramètre caractéristique d'un évènement (intensité, vitesse de montée, temps hors crue depuis la crue précédente...)?
- Modélisation  $Q_s=f(\text{capacité de transport, stock})$  pour chaque diamètre?

**MERCI DE VOTRE ATTENTION**