



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Développement de Procédés Physiques pour la valorisation des sédiments de curage : Présentation du projet PROPSSED.

INTERSOL – 27 mars 2009

**PRECODD**

PRogramme de recherche  
ECOtechnologies et Développement Durable



Financé par  
**ANR**



Biosciences pour une Terre durable  
**brgm**



**INERIS**

# Introduction

- En France, près de 30 millions de m<sup>3</sup> sont dragués chaque année.
- Les sédiments pollués doivent être pris en charge à terre.
  - Mise en dépôt
  - Prétraitement et traitement
  - Suspension des travaux d'entretien de nombreux cours d'eau, lacs et réserves d'eau
- Nécessité de développer des filières alternatives de prétraitement et de traitement.



Sciences pour une Terre durable

brgm



INERIS

# Contexte

## Prétraitement et traitement

- Prétraitement des sédiments

Opération de tri physique

- Fractions grenue ( $> 80 \mu\text{m}$ ) et fine ( $< 80 \mu\text{m}$ )





Biosciences pour une Terre durable

brgm



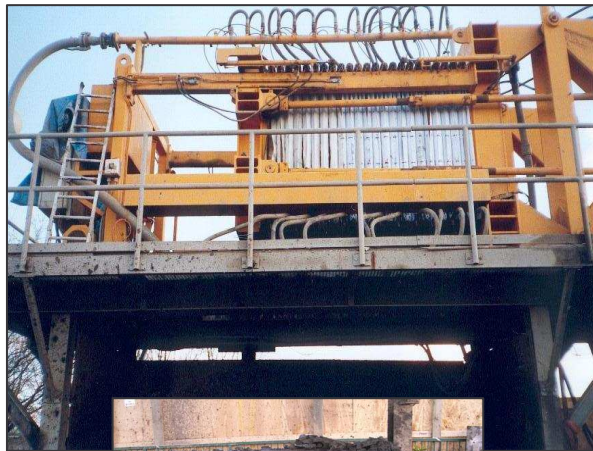
INERIS

# Contexte

## Prétraitement et traitement

- Prétraitement des sédiments

Déshydratation







Sciences pour une Terre durable

brgm



INERIS

# Contexte

## Prétraitement et traitement

- Prétraitement des sédiments

Déshydratation





Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Contexte

## Prétraitement et traitement

- Traitement des sédiments

Destruction, extraction ou immobilisation des polluants

- Lavage physico-chimique
- Bioremédiation
- Ajout de liants





Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Contexte

## Prétraitement par tri granulométrique

- Coupure granulométrique à 80  $\mu\text{m}$ 
  - Valorisation potentielle de la fraction grenue
- Compromis technico-économique avantageux pour les sédiments à forte composante sableuse
- Difficulté lorsque la fraction fine est majoritaire
  - Cas majoritaire pour les sédiments continentaux en France
- La difficulté de traitement de la fraction fine des sédiments est un handicap pour leur valorisation

**→ Nécessité de développer des méthodes de prétraitement et de traitement des fractions fines des sédiments.**



Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Objectifs du projet PROPSSED

- Développement de solutions techniques novatrices et économiques
  - Coupure granulométrique à 10  $\mu\text{m}$
  - Augmentation de la fraction valorisable en traitant la fraction 10-80  $\mu\text{m}$
  - Réduction de la masse de déchet ultime qui ne sera constituée que de la fraction ultrafine < 10  $\mu\text{m}$





Sciences pour une Terre durable  
**brgm**



**INERIS**

# PROPOSED

## Les techniques étudiées

- Techniques de séparation gravimétrique
  - Coupure granulo-densimétrique
  - Usage de séparateurs gravimétriques centrifuges
- Techniques de flottation
  - Séparation basée sur l'hydrophobie des surfaces
- Techniques d'attrition
  - Séparation des revêtements des particules
  - Désagrégation
- Techniques de déshydratation des fractions ultrafines



Sciences pour une Terre durable  
**brgm**



**INERIS**

# PROPOSED

## Les partenaires du projet

- Extract-Ecoterres
- BRGM
- CEREGE – CNRS
- LGC
- INERIS



Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# PROPOSED

## L'organisation du projet

- Tâche 1 : Evaluation de la qualité des sédiments traités
  - 3 types de sédiments sélectionnés : fluvial, lacustre et maritime
- Tâche 2 : Développement des méthodes séparatives
  - Séparation solide/solide
  - Séparation solide/liquide
  - Conception d'un schéma de procédé et identification des filières
- Tâche 3 : Validation du traitement des sédiments de curage élaboré
  - Essai pilote sur site industriel
  - Evaluation des filières de valorisation
  - Evaluation des impacts environnementaux
  - Etude technico-économique



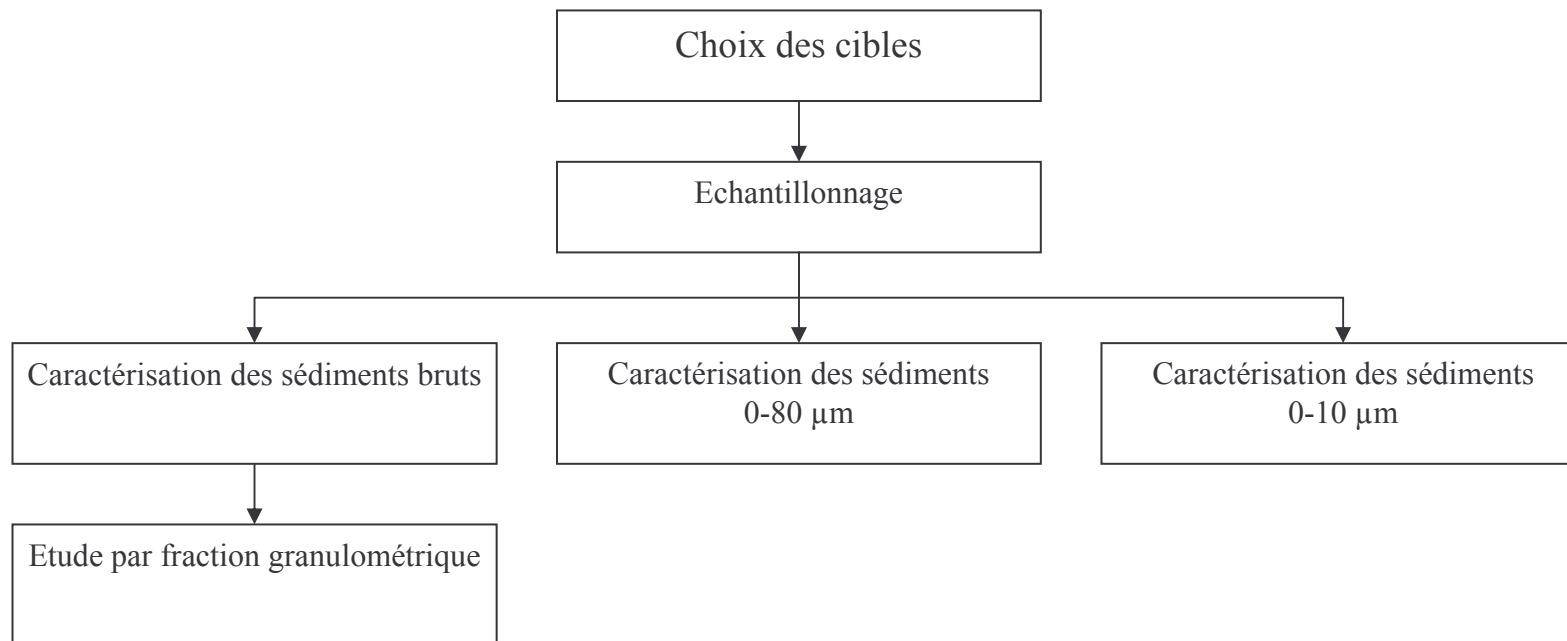
Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Tâche 1 : Caractérisation des sédiments







Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Tâche 1 : Caractérisation des sédiments

- Sélection des sites d'échantillonnage
  - Lot A : Sédiments fluviaux : Port Autonome de Paris
  - Lot B : Sédiments lacustres : Lac de la région parisienne
  - Lot C : Sédiments marins : Port Autonome de Dunkerque
- Préparation des échantillons
  - Lots A et B : Dragage mécanique suivi d'une séparation granulométrique par criblage, dessablage et déshydratation des fractions fines
  - Lot C : Dragage hydraulique suivi d'un ressuyage dynamique en chambre de dépôt



Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Tâche 1 : Echantillonnage des sédiments





Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Tâche 1 : Echantillonnage des sédiments







Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Tâche 1 : Caractérisation des sédiments

- Analyse granulométrique
- Analyses minéralogiques et chimiques
  - DRX, métaux, HCT, COT
- Autres analyses
  - Perte au feu, densité , surface spécifique, caractérisation de la matière organique
- Etude du comportement des sédiments
  - Aptitude à la séparation gravimétrique sur table Mozley
  - Test de décantation et de filtrabilité





Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Tâche 1 : Caractérisation des sédiments

Sédiments fluviaux	
Fraction granulométrique (mm)	Répartition granulométrique (%)
> 10	7
04-oct	2
0.080-4	30
< 0.080	61

Sédiments lacustres	
Fraction granulométrique (mm)	Répartition granulométrique (%)
> 4	1
0.080-4	24.5
< 0.080	74.5

Sédiments marins	
Fraction granulométrique (mm)	Répartition granulométrique (%)
0.25	16
0.16-0.25	18
0.08-0.16	12
< 0.08	54

Les fractions fines sont majoritaires dans les trois cas.



Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Tâche 1 : Caractérisation des sédiments

## Lot A : Sédiments fluviaux

Sédiments fluviaux			
Fraction granulo	Rép gra.	HCT	Rep HCT
mm	%	mg/kg	%
+ 4 mm	0,1		
2 - 4	0,3		
0,5 - 2	1,6		
0,16 - 0,5	15,9	3660	4,7
0,08 - 0,16	10,4	4780	4
0,04 - 0,08	6,9	7430	4,2
0,02 - 0,04	13,6	8940	9,9
0,01 - 0,02	12,4	6180	6,2
0,01	38,7	<b>22600</b>	71
Reconstitué	100	12335	100
Analysé		9700	

Les hydrocarbures sont présents dans toutes les fractions mais sont concentrés dans les fractions fines

Le tri densimétrique sur table Mozley permet de concentrer les HCT dans les fractions légères

Sédiments fluviaux					
Essais	Fraction	% masse	MO (COT) (%)	HCT (mg/kg)	Répartition HCT (%)
<b>Essai 4</b> pulpe = 218 g/L	lourde	13		848	1
	légère	87		10700	99
	reconstituée	100		9393	
<b>Essai 5</b> pulpe = 218 g/L	lourde	9	2	1220	1
	légère	91	12	10200	99
	reconstituée	100	11	9415	
<b>Essai 9</b> pulpe = 383 g/L	lourde	23		1090	3
	légère	77		12400	97
	reconstituée	100		9756	
<b>Essai 10</b> pulpe = 383 g/L	lourde	26		1750	5
	légère	74		12700	95
	reconstituée	100		9821	

La caractérisation des lots B et C est en cours



Sciences pour une Terre durable

brgm



INERIS

## Tâche 2 : Développement des méthodes séparatives

- Séparation solide/solide
  - Essais en laboratoire
  - Etude mécanistique
  - Etude sur sédiments floculés
- Séparation solide/liquide
  - Choix d'un flocculant spécifique
  - Optimisation de la floculation et de la déshydratation
- Conception d'un schéma de procédé et identification des filières



Sciences pour une Terre durable

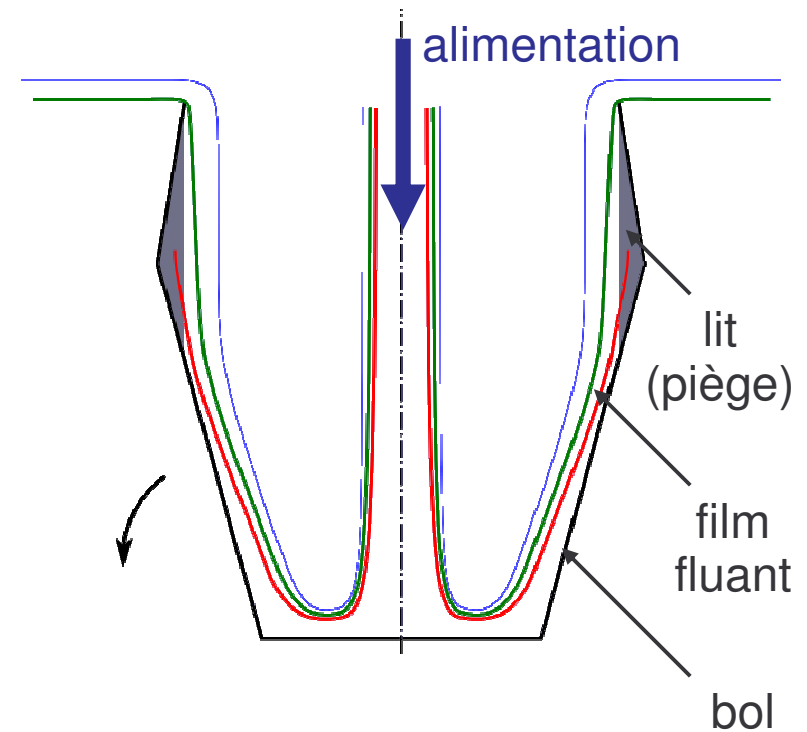
**brgm**



**INERIS**

## Tâche 2 : Essais en laboratoire

Sédimentation dans un film fluant à la paroi du bol,  
piégeage dans une zone de rétention avant la sortie du bol







Sciences pour une Terre durable

brgm



INERIS

## Tâche 2 : Etude mécanistique

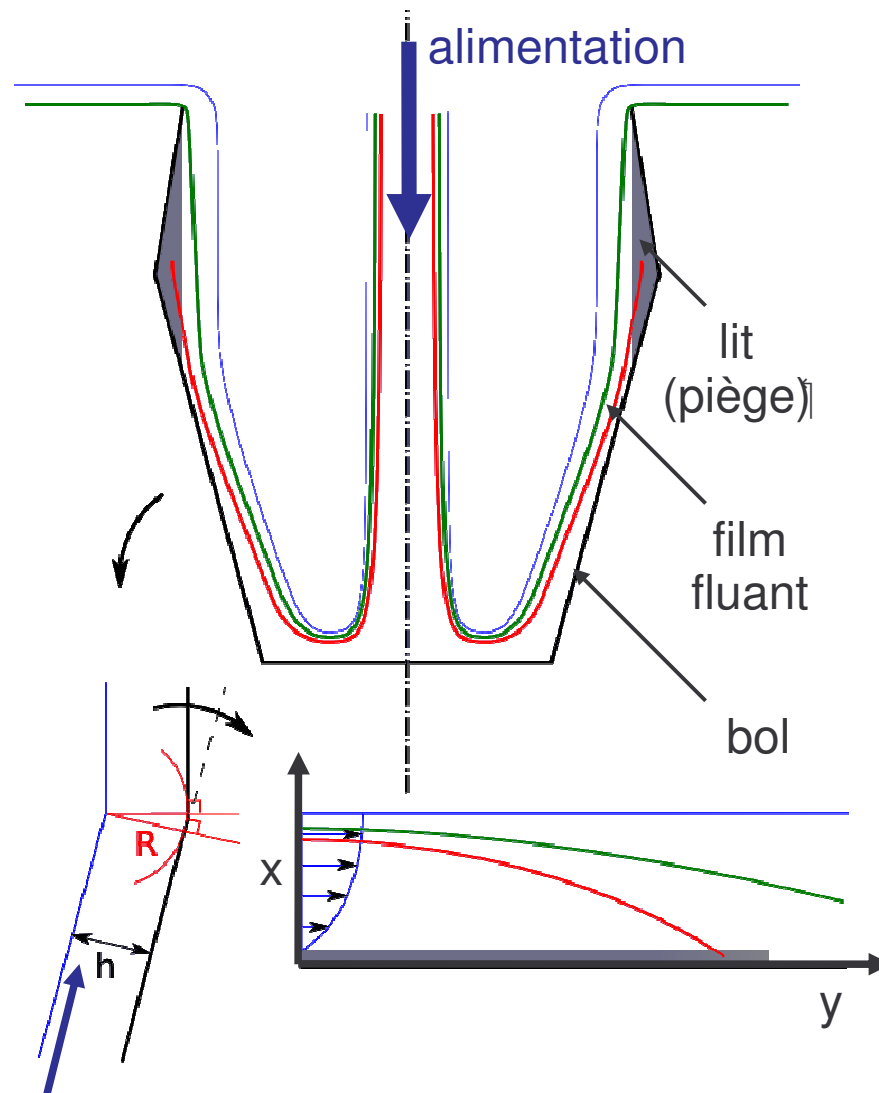
- Constat :
  - fraction minérale > 10 µm est peu polluée
  - Séparation de la fraction organique (peu dense) et de la fraction minérale (dense) jusqu'à 10 µm
- Utilisation d'un séparateur gravimétrique centrifuge
- Différentiel de vitesse de sédimentation des particules

$$v = \frac{2}{9} \frac{\omega^2 R}{\mu} \cos \frac{\beta}{2} \boxed{\Delta \rho} \boxed{a^2}$$

densité  
taille



## Tâche 2 : Etude mécanistique



### Modélisation mécanique des fluides - Hypothèses

- Sédimentation dans le film (~200G)
- Pas de remise en suspension des particules depuis le piège
- Milieu dilué
  - Pas d'interactions entre particules
  - Pas d'effet des particules sur le champ fluide
- Film d'épaisseur constante



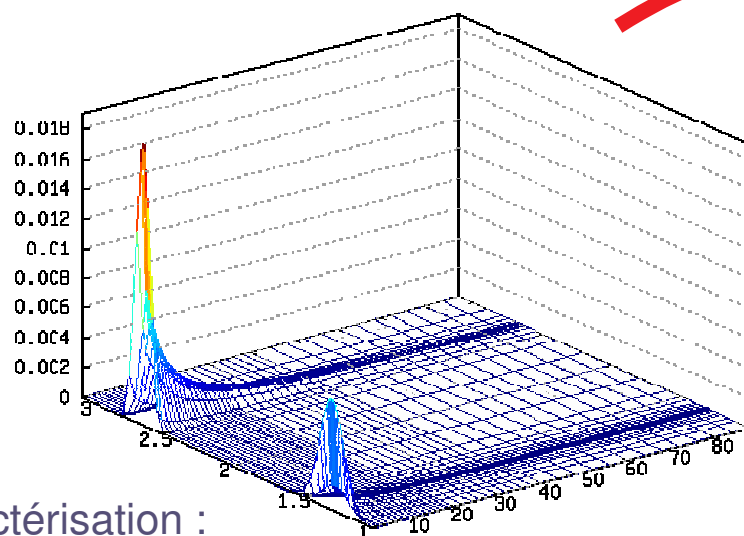
Sciences pour une Terre durable

brgm

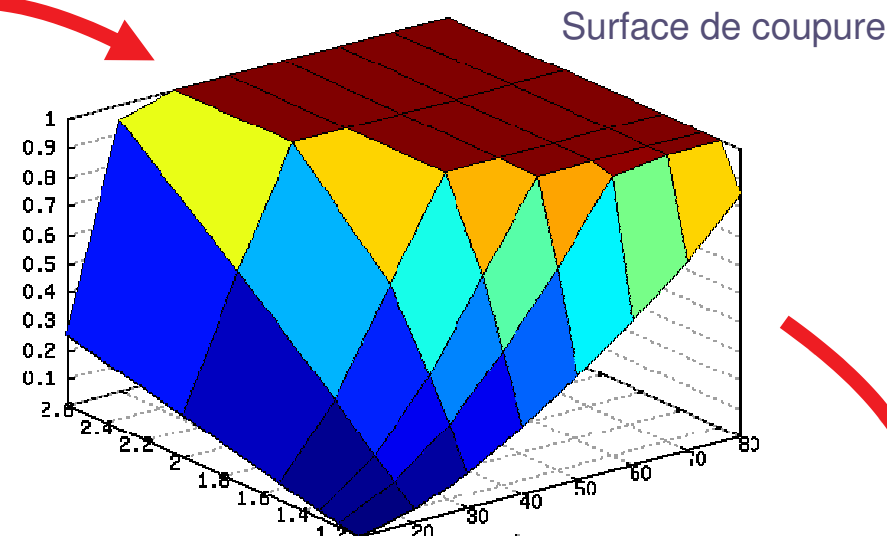


INERIS

## Tâche 2 : Etude mécanistique



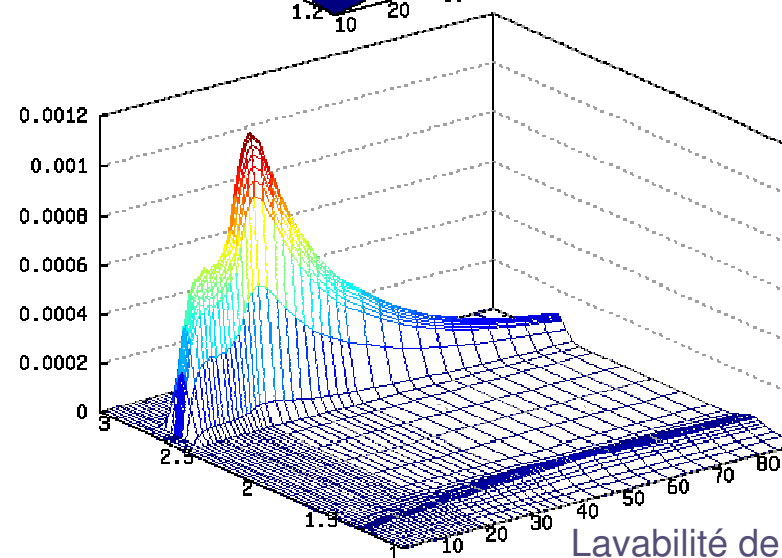
Caractérisation :  
lavabilité d'entrée



Surface de coupe

### Sédiment fluviaux

Fraction granulo mm	Fraction granulo mm	Mat. Orga (PF corr.) %	Densité (MM)	Densité (MO)	MM %	MO %
> 0,08	0,120	35	2,63	1,27	4,96	2,67
0,04 - 0,08	0,060	12	2,64	1,28	5,75	0,78
0,02 - 0,04	0,030	8	2,66	1,25	12,36	1,08
0,01 - 0,02	0,015	6	2,67	1,36	15,23	0,97
< 0,01	0,005	11	2,69	1,3	50,03	6,18
Total					88,33	11,68



Lavabilité de sortie :  
- fraction récupérée  
- rejets



Sciences pour une Terre durable

**brgm**



**INERIS**

# Poursuite des travaux

- Tâche 2 : Développement des méthodes séparatives
  - Séparation solide/solide **en cours**
  - Séparation solide/liquide
  - Conception d'un schéma de procédé et identification des filières
- Tâche 3 : Validation du traitement des sédiments de curage élaboré
  - Essai pilote sur site industriel
  - Evaluation des filières de valorisation **2010**
  - Evaluation des impacts environnementaux
  - Etude technico-économique