

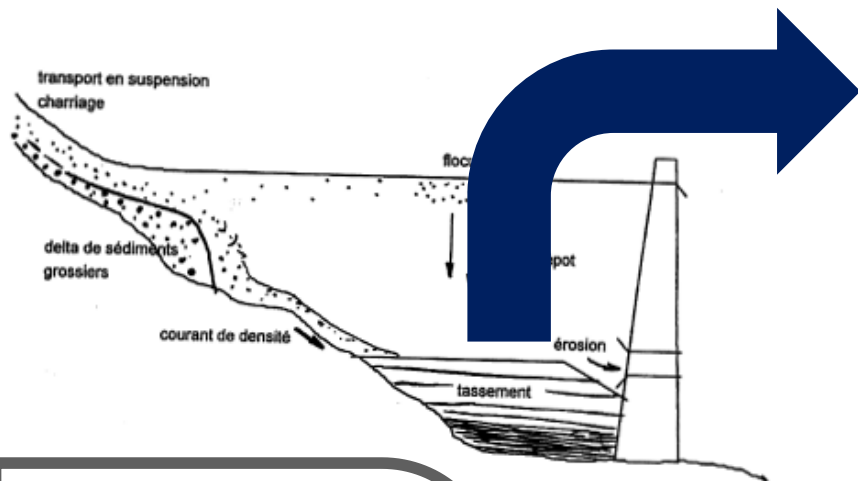
# Outil d'aide à la décision pour la valorisation des sédiments de barrage

B. Anger EDF R&D

F. Thery EDF R&D

D. LEVACHER, Université de Caen

# CONTEXTE



## Accumulation de sédiments



- Source de contraintes
  - sur les activités d'exploitation hydroélectriques
  - sur les usages et usagers riverains



→ *Nécessité d'une gestion des sédiments*

**~10%**

Du mix de production d'EDF en France

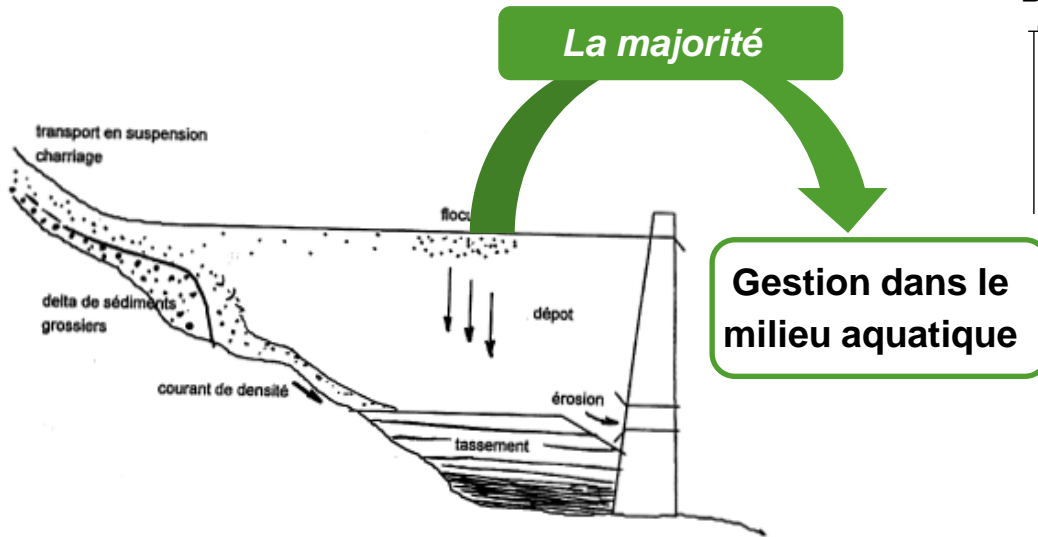
**435**

Centrales hydroélectriques sont exploitées par EDF en France avec une moyenne d'âge de 60 ans

**622**

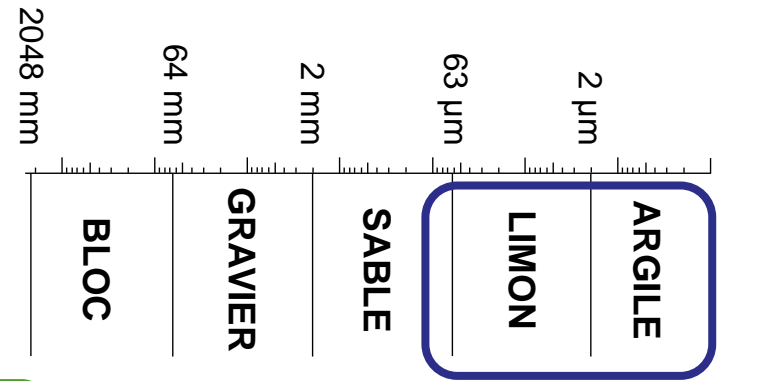
Barrages sont exploités par EDF en France

# CONTEXTE



**Cadre réglementaire +  
Impératifs environnementaux  
et techniques**

**Sédiments extraits gérés à terre  
→ Statut de déchet**



**Sédiments fins**



**Pas de filière « robuste »  
pour les sédiments fins  
de barrage**

**Anticiper** les cas où les  
techniques usuelles ne pourraient  
pas être appliquées

# PÉRIMÈTRE

## « Multi-sédiments »

→ Sédiments fins d'aménagements hydroélectriques

## « Multi-filières »

→ 5 filières retenues pour être investiguées

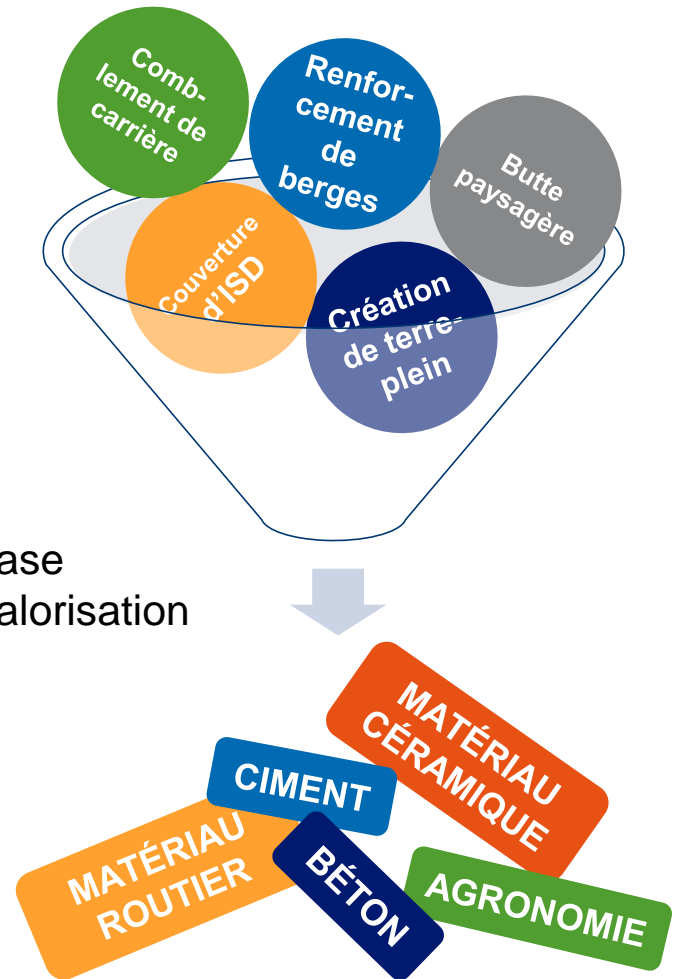
## Étudier prioritairement la « fraction valorisable »

→ La caractérisation de la fraction valorisable avant une phase d'identification des polluants freinant les possibilités de valorisation

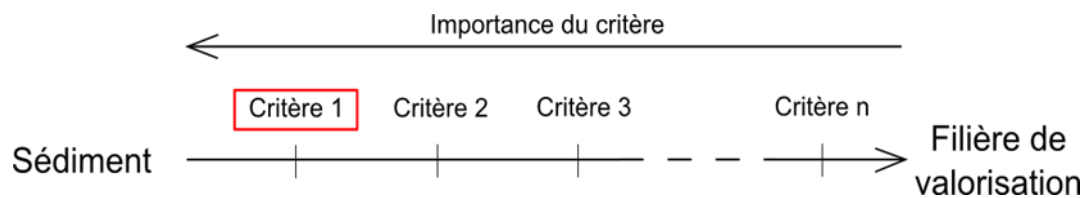
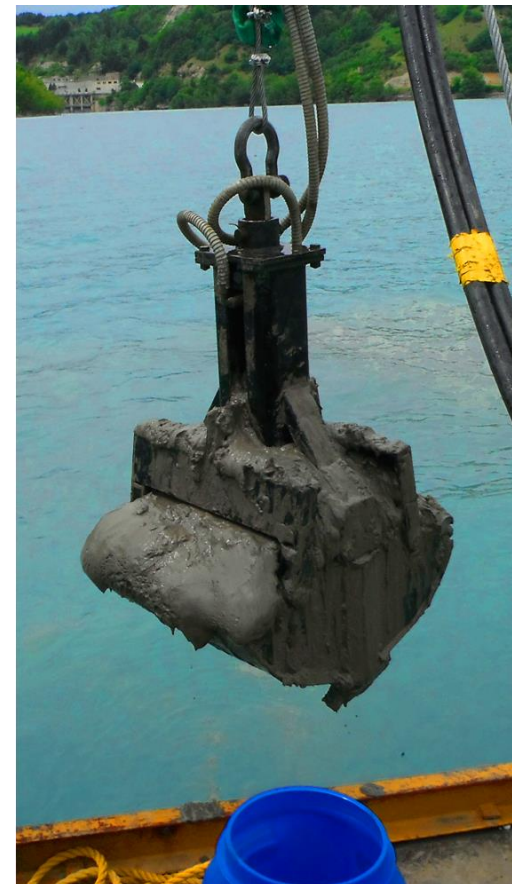
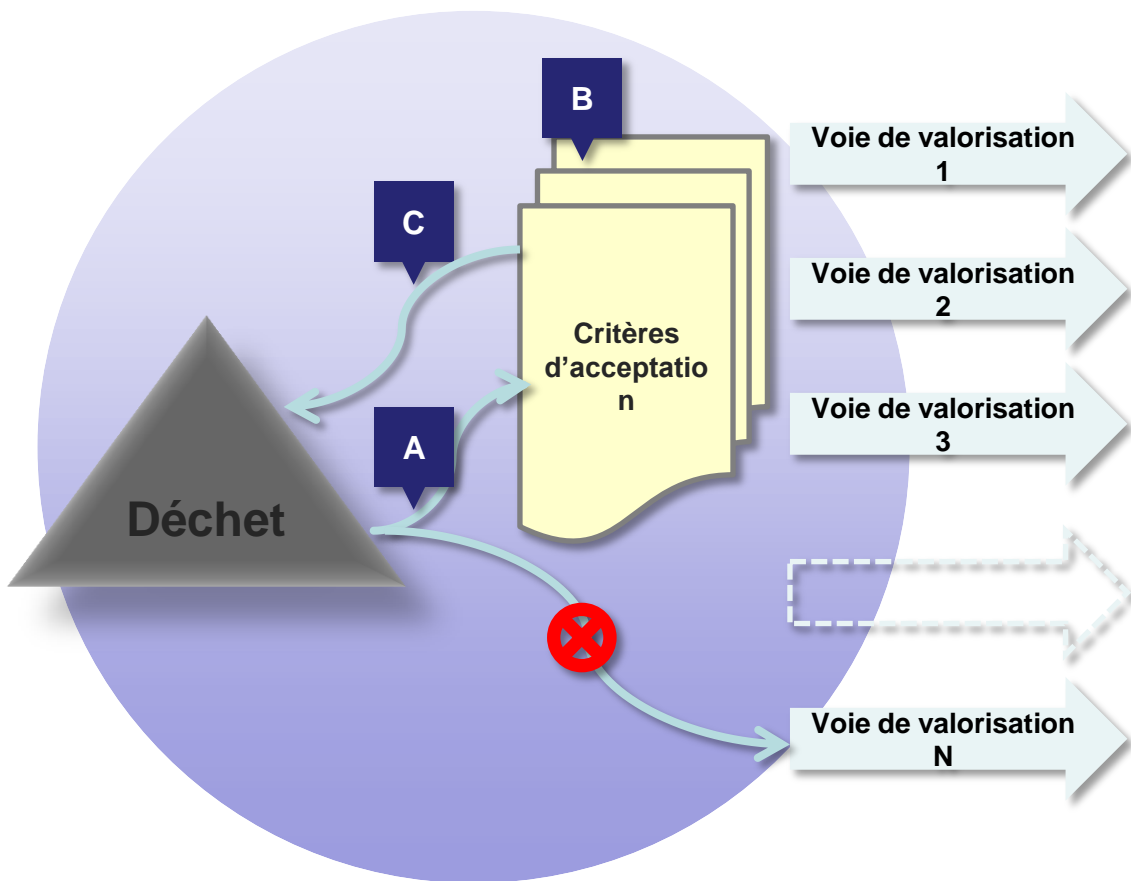
# OBJECTIFS

→ Proposer une caractérisation en accord avec les spécifications techniques des filières potentielles

→ Tendre vers une démarche d'aide à la décision pour le choix de la voie de valorisation en s'appuyant sur l'étude de cas concrets



# APPROCHE PAR ITERATION



# CRITÈRES D'ACCEPTATION ?

Produit  
final

- **Les critères de sortie sont connus**
  - ➔ Normes sur les produits
  - ➔ Cahiers des charges des clients

Filière de  
valorisation

*Analyse technique des filières*

➔ **Recherche des spécifications et critères d'acceptation en entrée des filières de valorisation**

- Bibliographie (*articles scientifiques, normes et guides techniques*)
- Avis d'experts
- Essais de caractérisation et de valorisation sur des cas concrets

Matière  
première

- **Critères d'entrée ?**
  - ➔ **Savoir-faire industriel confidentiel, connaissance empirique, ...**
  - ➔ **Spécifications difficiles à identifier**

# CARACTÉRISATION DES SÉDIMENTS

## Approche « minérale »

### Caractérisation physique :

- Analyse granulométrique,
- Argilosité (VBs et limites d'Atterberg),

### Caractérisation chimique :

- Détermination des éléments majeurs :
  - $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  
 $Fe_2O_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $TiO_2$ , sulfates et soufre total
- Teneur en matière organique,

### Caractérisation minéralogique :

- Analyse semi-quantitative des phases cristallines :
  - DRX poudre + DRX lame orientée

## Approche « agronomique »

### Caractérisation physique :

- Densité apparente,
- Granulométrie,

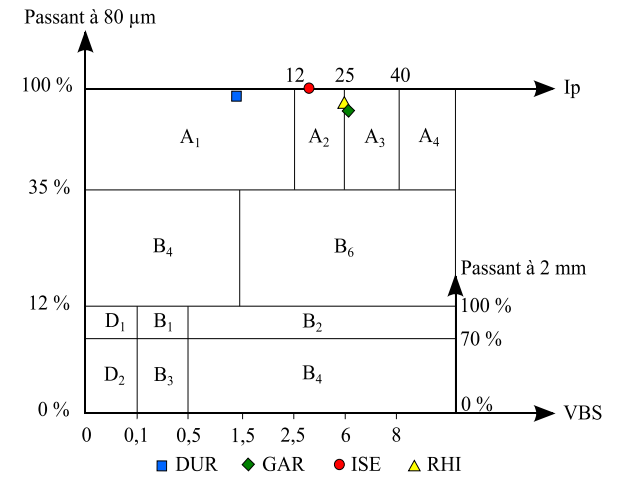
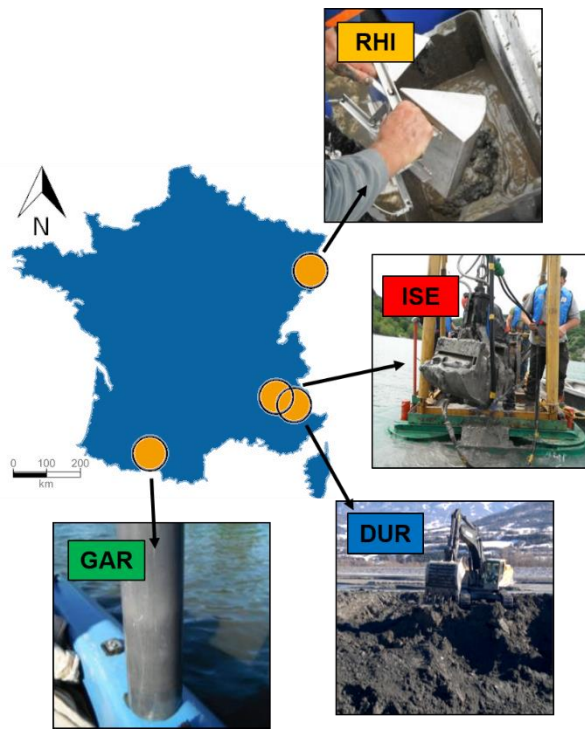
### Caractérisation chimique :

- Teneurs en éléments nutritifs :
  - *N, P, K, Ca, Mg, oligo-éléments,*
- Capacité d'échanges cationiques (CEC), Teneur en matière organique (MO) et carbone organique (Corg),
- pH et Conductivité,
- Teneurs en éléments phytotoxiques :
  - *éléments traces métalliques (ETM),*
  - *composés traces organiques (CTO),*
- Valeur neutralisante et solubilité carbonique.

### Caractérisation biologique :

- Absence de graines d'invasives

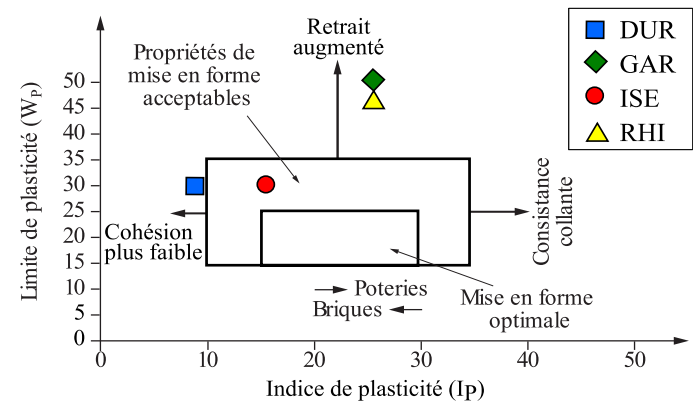




Nature des sédiments selon la classification des matériaux du GTR (SETRA-LCPC, 2000)

## Principaux résultats

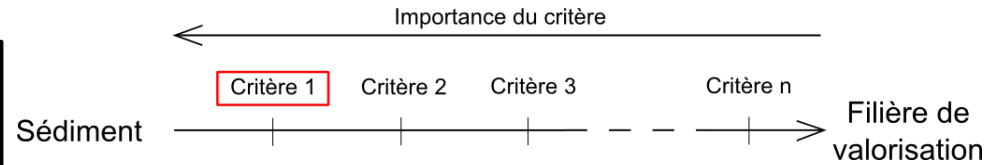
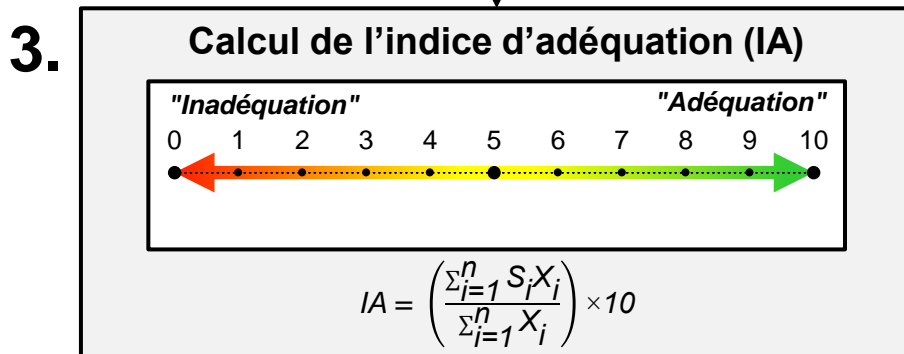
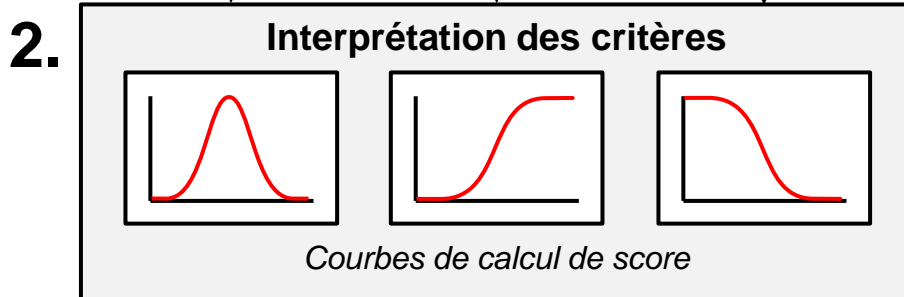
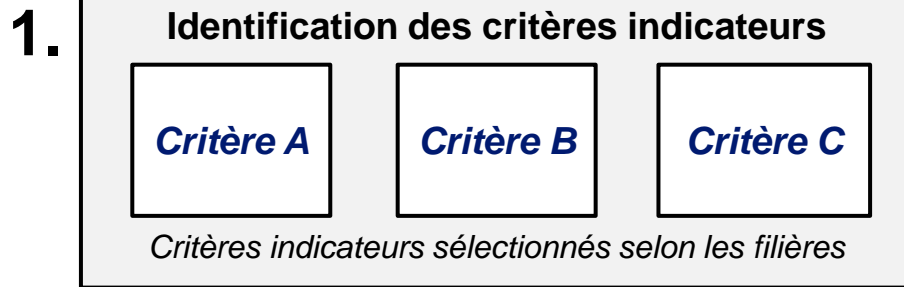
- Classes granulométriques des limons et des argiles ( $d_{50}$  de 6,1 à 37,7  $\mu\text{m}$ )
- Principaux minéraux : quartz, minéraux argileux et carbonates
- Teneur en MO variable : 3 à 9 %



Classification des sédiments étudiés selon le diagramme de Gippini [1969]



# OUTIL DE PRÉ-ORIENTATION



## 3 étapes principales :

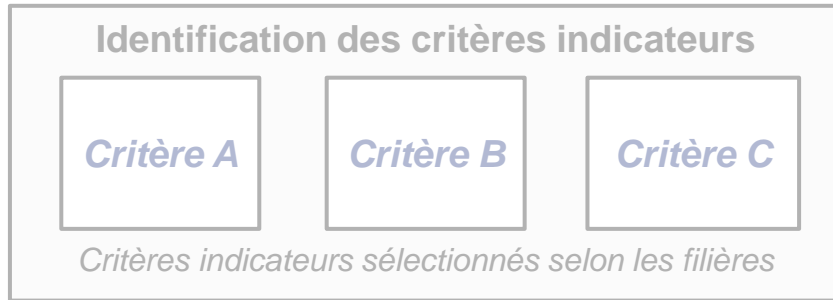
1. **Identification / Sélection** des paramètres pertinents pour les filières pressenties (critères inducteurs),
2. **Interprétation** des critères selon les différentes filières (traduction par un score),
3. **Intégration / Agrégation** des scores pondérés pour aboutir aux indices d'adéquation (IA) des filières

## 6 applications envisagées :

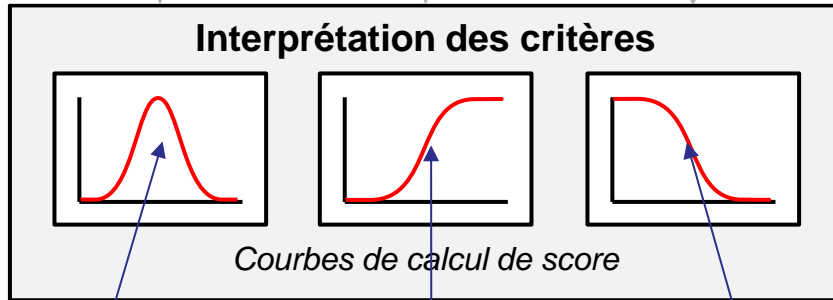
- Matière première dans le **cru de cimenterie**
- Addition minérale pour les **mortiers (filler)**
- **Matériau routier** et assimilé
- Matière première pour **l'industrie céramique (terre cuite)**
- Valorisations agronomiques
  - Utilisation pour la **confection de sols** reconstitués
  - Utilisation **agricole**

# OUTIL DE PRÉ-ORIENTATION

1.

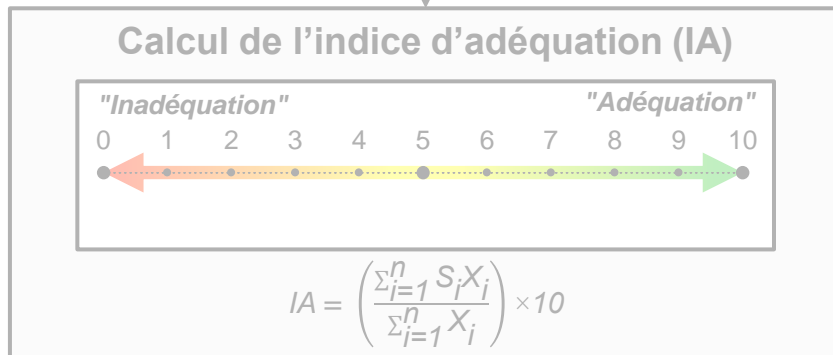


2.

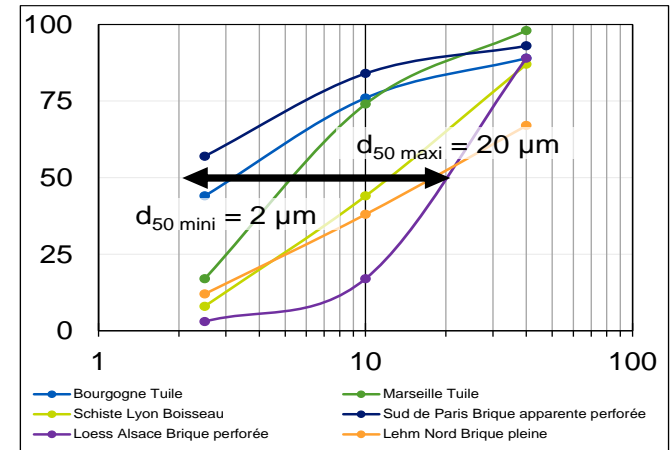


« Valeurs optimums » « Plus-est-mieux » « Moins-est-mieux »

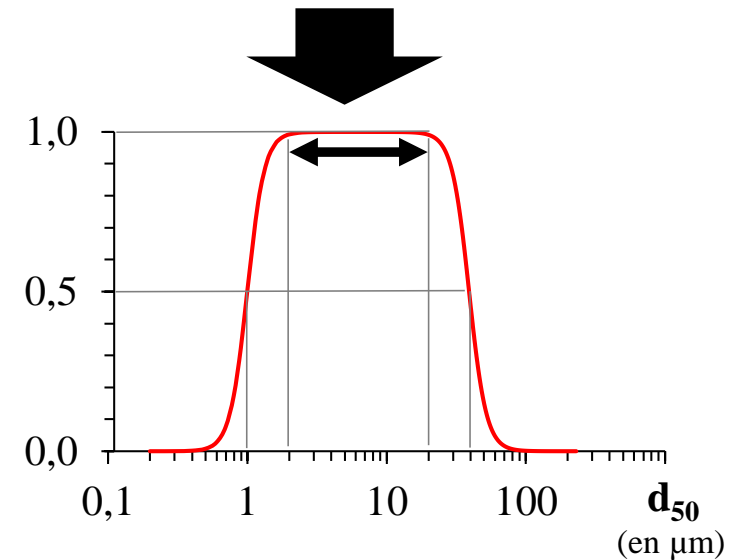
3.



**Exemple : Critère  $d_{50}$**   
Matériau céramique (terre cuite)

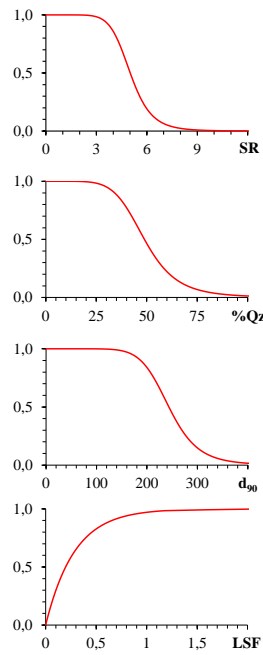


Exemples de distributions granulométrique de mélanges argileux (d'après Kornmann et al. 2005)

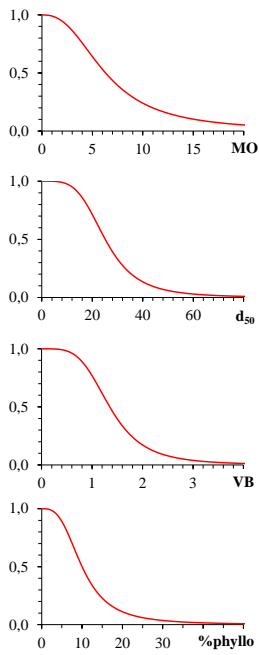


# OUTIL DE PRÉ-ORIENTATION

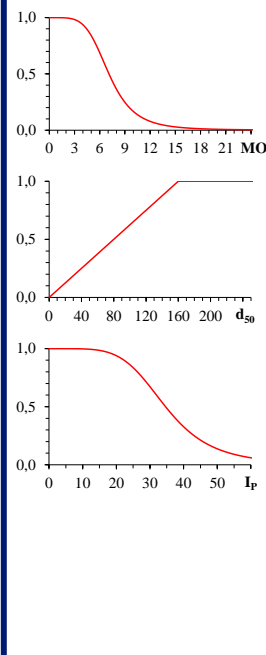
Matière première dans le cru  
de cimenterie



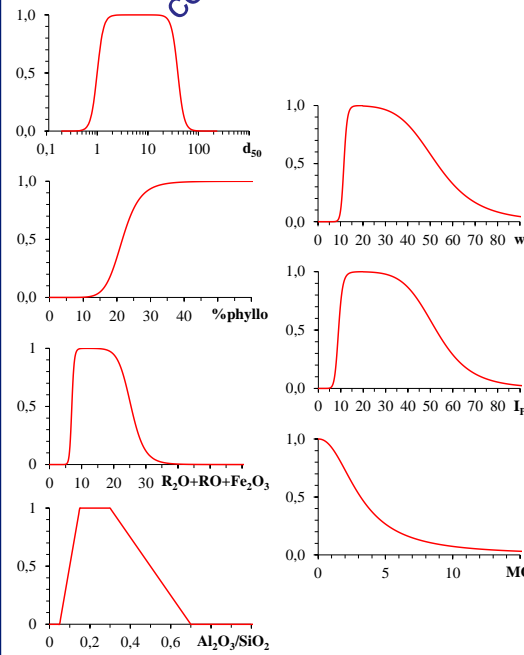
Addition minérale pour les  
bétons et mortiers (filler)



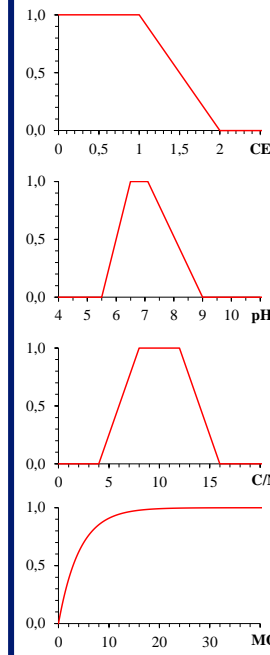
Matériau routier et assimilé



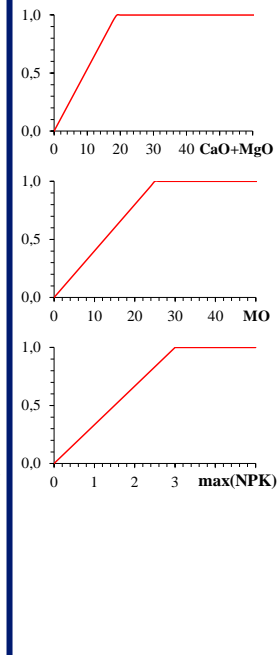
Matière première pour l'industrie  
céramique (terre cuite)



Utilisation pour la confection  
de sols reconstitués



Utilisation agricole



# OUTIL DE PRÉ-ORIENTATION

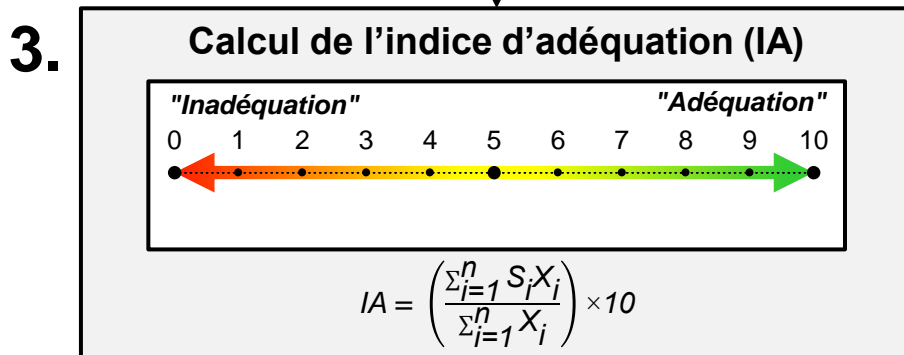
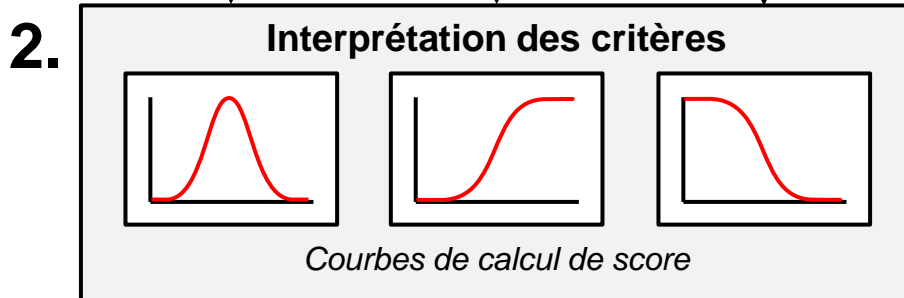
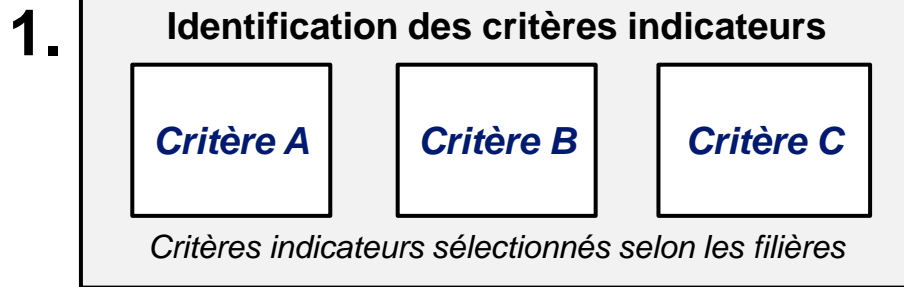
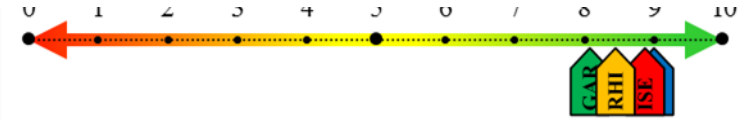
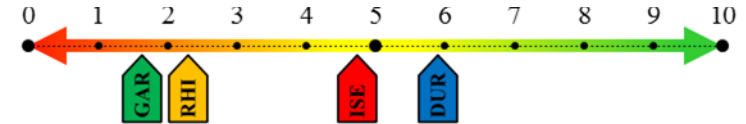


Schéma conceptuel de l'approche

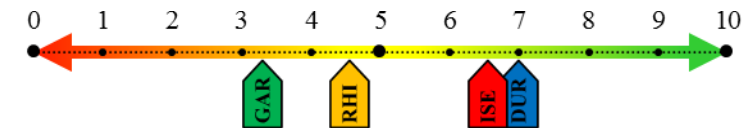
- Matière première pour la fabrication de clinker



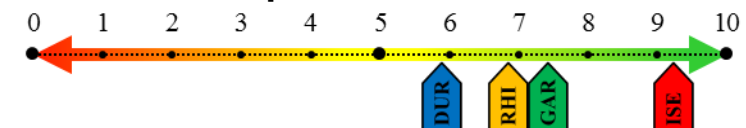
- Addition minérale pour les mortiers (filler)



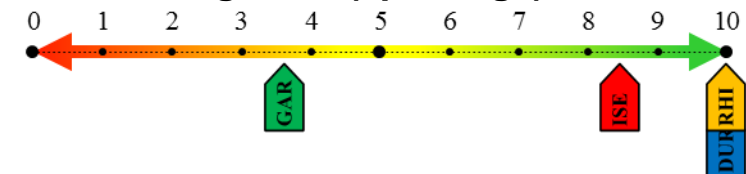
- Matériau routier et assimilé



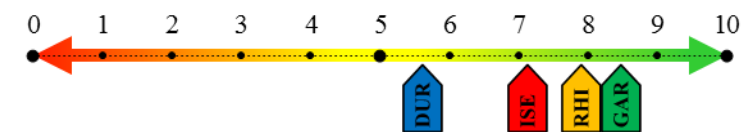
- Matière première pour la fabrication de produits céramiques



- Valorisation agricole (épandage)



- Construction de sol



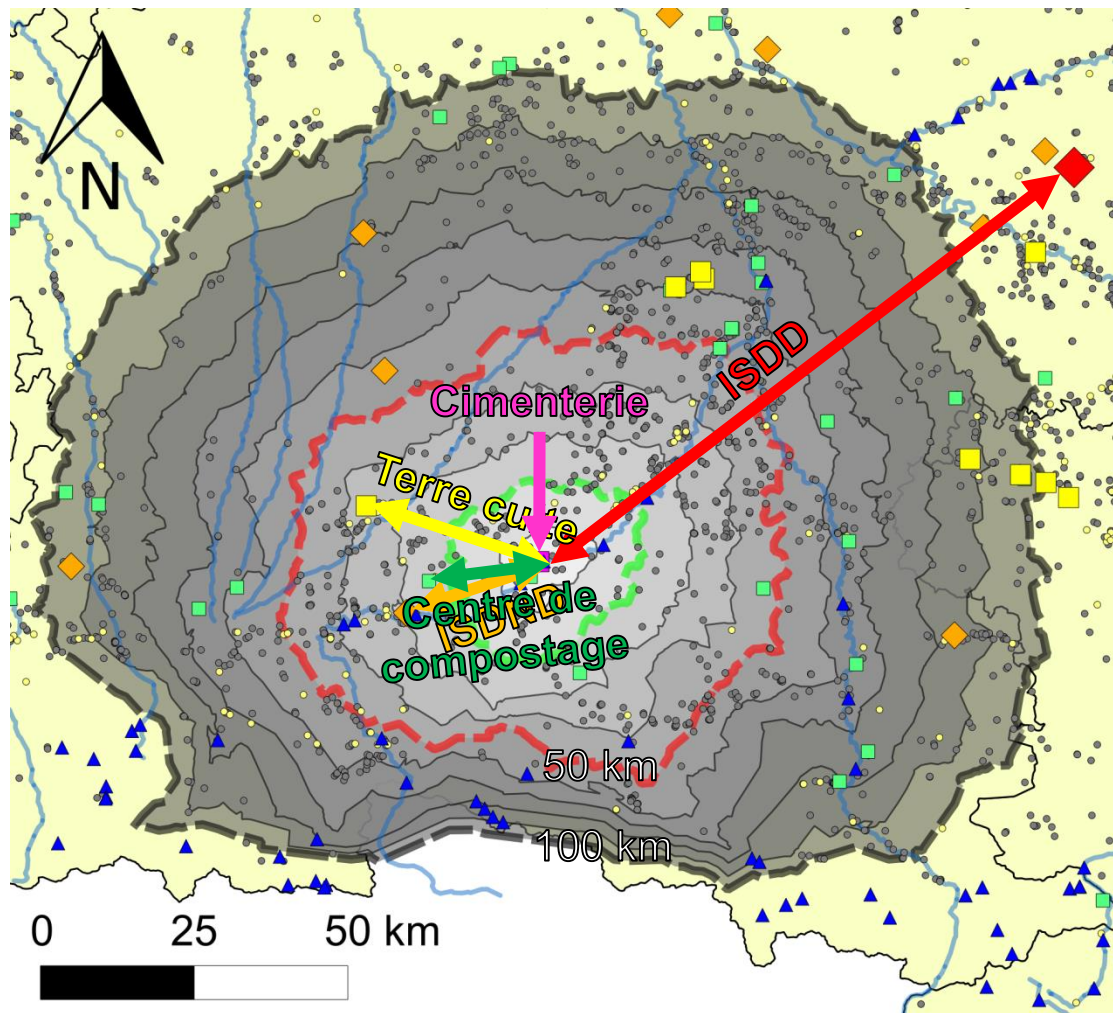
# CONCLUSION

- **Apports du point de vue pratique : 2 points forts**
  - Caractérisation minimale (fiche d'identité)
  - Mise au point d'un outil décisionnel
  
- **Inscription des travaux de recherche scientifique dans un projet industriel**
  - Actions dans l'entreprise amorcées depuis 1 an

SIG  
Polluants  
2 thèses  
+ Liants hydrauliques  
+ Agronomie  
Séchage



# Adéquation spatiale



## Légende

— Cours d'eau	Iso distances routières
▲ Barrages exploités par EDF	□ 0 - 10 km
□ Limites régionales	□ 10 - 20 km
■ Installations de stockage des déchets	□ 20 - 30 km
◆ ISDD	□ 30 - 40 km
◆ ISDND	□ 40 - 50 km
■ Sites potentiels de valorisation	□ 50 - 60 km
■ Cimenteries	□ 60 - 70 km
■ Industries terre cuite	□ 70 - 80 km
■ Centres de compostage	□ 80 - 90 km
● Carrières en activité	□ 90 - 100 km
● Carrières fermées	

- 50km → transport maximal pour les granulats
- Cas des sédiments → implique un calcul en considérant notamment :
  - La comparaison avec un transport vers l'ISD adaptée la plus proche
  - La prise en compte de la perte de production d'électricité liée à la sédimentation

*Iso distances routières pour le sédiment GAR et les destinations potentielles*



# Agronomie



AgroCampus Ouest





# MERCI DE VOTRE ATTENTION



*Mémoire de thèse disponible en ligne :*

<http://chercheurs.edf.com/publications/theses-en-ligne/caracterisation-de-sediments-fins-de-retenues-hydroelectriques-en-vue-dyune-orientation-vers-des-filieres-de-valorisation-matiere-293677.html>

