

Méthodes de traitement des sédiments

Les sédiments peuvent entrer dans la composition des bétons. Mais quels sont ces sédiments et comment fonctionnent-ils ? Synthèse des recherches menées par la chaire industrielle EcoSed¹ de l'Ecole des mines de Douai.

I - Quelles sont les problématiques relatives à la gestion des sédiments ?

Chaque année, les nécessités de ciments en France sont de 16,9 Mt (données 2017) et les besoins de matériaux granulaires pour le secteur du BTP sont proches de 400 Mt, dont 96 % sont d'origine naturelle. Il est donc nécessaire de trouver des solutions alternatives dites "durables" ou "éco-responsables", par la valorisation de sous-produits industriels (SPI), tels que les sédiments de dragage.

Un sédiment est constitué d'une réunion de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant séparément subi un certain transport. En France, environ 56 Mm³ de sédiments sont dragués chaque année, stockés, traités et/ou relargués en mer. La problématique des sédiments de dragage nécessite donc une analyse multi-échelles et complexe. Compte tenu de son ampleur, elle requiert la mise en place d'artifices techniques, une prise de conscience écologique, dont le respect des règlements en vigueur, mais aussi le volet socio-économique.

Eu égard à leurs caractéristiques physico-chimiques principales, les sédiments sont valorisables comme matériaux pour la construction. Ils se sont d'ailleurs montrés efficaces en tant que produits de substitution dans le béton, mais aussi en technique routière, en aménagement paysager, en ouvrages maritimes... Par ailleurs, leur utilisation comme matières premières secondaires nécessite qu'un certain nombre de verrous scientifiques et techniques soit levé... [Voir schéma 1]

II - Quelles méthodes de traitement des sédiments peuvent être mises en place ?

Plusieurs techniques de traitement ont été appliquées, afin d'améliorer les performances des matériaux, en atténuant, voire supprimant les effets néfastes des polluants minéraux (cuivre, zinc...) et organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques, matières organiques...). Pour cela, les techniques de traitement thermiques se sont montrées efficaces, car elles induisent, en plus des effets cités ci-dessus, une activation physico-chimique des phases minérales présentes.

En général, les méthodes de traitement physique, chimique ou thermique présentent plusieurs effets, de nature et d'échelle diverses :

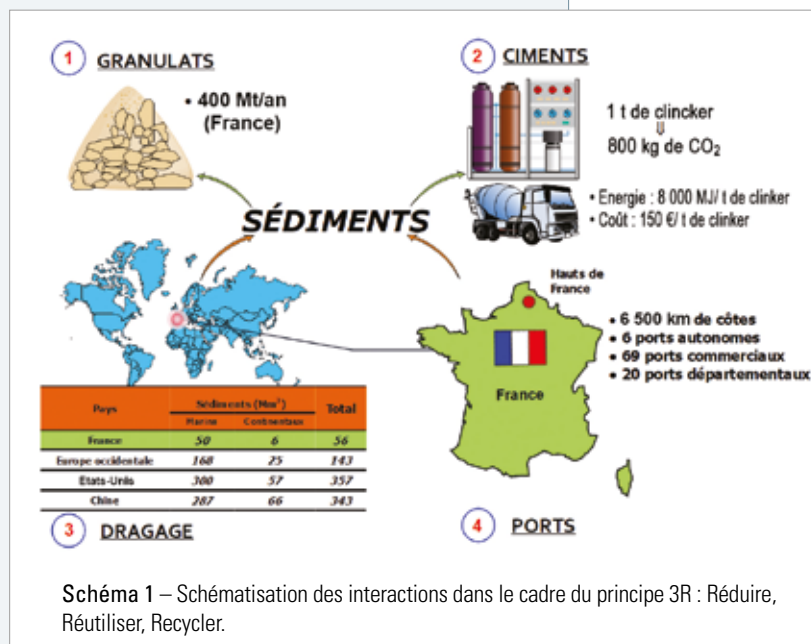


Schéma 1 – Schématisation des interactions dans le cadre du principe 3R : Réduire, Réutiliser, Recycler.

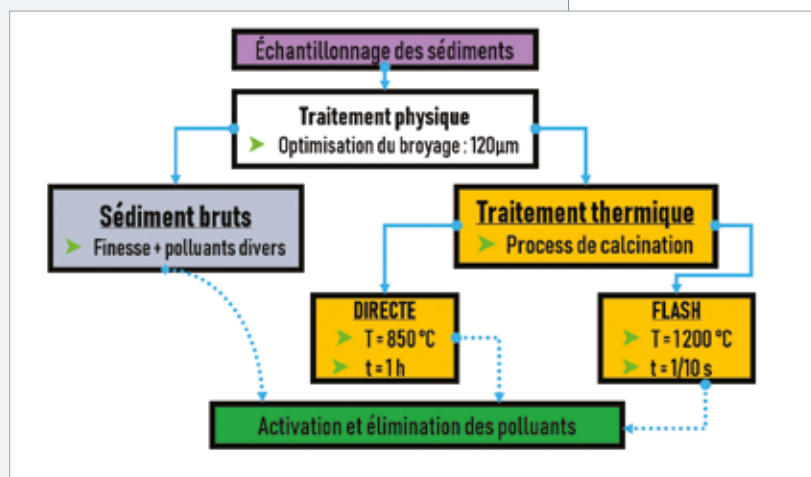


Schéma 2 – Méthodologie de traitement des sédiments.

- Modifications d'ordre physico-chimique ;
- Changement de granulométrie, de la forme des particules, ainsi que la finesse (densification) ;
- Elimination partielle ou totale des polluants ;
- Activation physico-chimique eu égard aux résistances mécaniques constatées, mais aussi les divers tests d'activité qui ont montré l'activité pouzzolanique améliorée du fait de divers traitements.

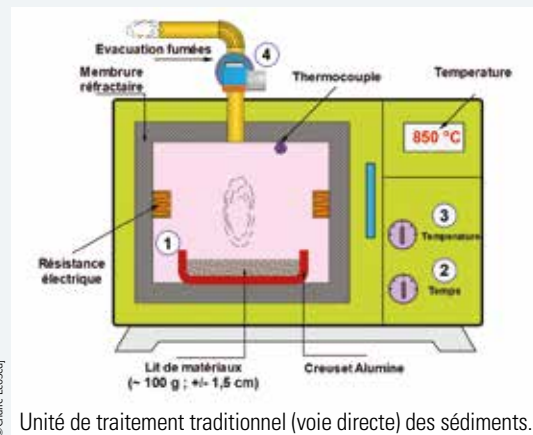
Toutes ces modifications et/ou transformations, résultats des différents modes de traitement, impactent favorablement le comportement global du matériau. [Voir schéma 2]

III - En quoi consiste précisément la méthode de calcination traditionnelle ?

L'incinération ou la calcination des matériaux de dragage est une méthode thermique utilisée pour le traitement des sédiments. Elle consiste en une calcination à haute température (500 °C à 1000 °C) en vue d'éliminer en totalité les contaminants organiques et l'eau en présence. Elle vise aussi à rendre inertes certains polluants minéraux métalliques. Le coût de ce traitement peut être estimé entre 30 et 150 €/t. La technique consiste à placer dans un four chauffé à température adéquate, le matériau à traiter pendant une durée optimale à déterminer. Le sédiment refroidi par trempe est récupéré et séparé mécaniquement pour éliminer les effets du frittage. Le produit traité est ainsi apte à être utilisé comme addition minérale dans des matrices cimentaires.



Dispositif expérimental de suivi de la consommation de chaux par test Chapelle.



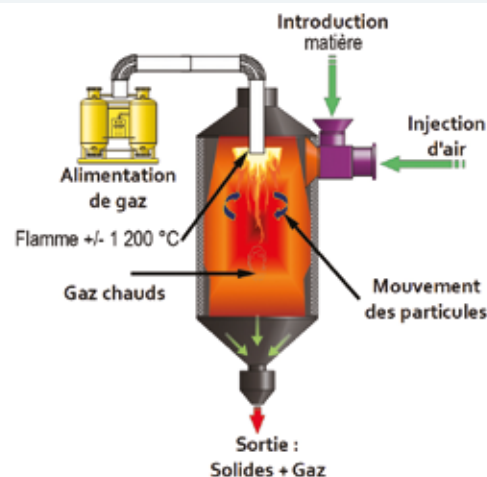
Unité de traitement traditionnel (voie directe) des sédiments.

IV - Et celle de calcination flash ?

La calcination flash est une technique de traitement thermique, consistant en une exposition rapide des matériaux finement divisés, en présence d'air, sous des températures élevées. A l'origine, cette technique a été utilisée pour activer chimiquement certaines argiles, telles que la kaolinite, dans le but de leur conférer des propriétés pouzzolaniques. Lors de l'application de cette technique à certaines catégories d'argiles, telles que les kaolins, il a été relevé un processus de déshydroxylation. Cela correspond à l'élimination d'une liaison hydroxyle ($-OH$). En plus, du fait de l'instantanéité du processus, la calcination flash laisse émerger une déstructuration des phases minérales. La calcination directe (dite "traditionnelle") peut permettre d'aboutir à de tels résultats. Cependant, les coûts énergétiques sont très souvent élevés dans ce cas ou même exorbitants...

Deux paramètres sont prépondérants dans le cadre de la calcination flash :

- le temps d'exposition (de l'ordre de quelques dixièmes de secondes) ;
- la température de cuisson. Celle-ci pouvant aller jusqu'à plus de 1 200 °C au niveau du cœur de la flamme. La rapidité du process permet donc d'avoir des gains énergétiques très conséquents.



Chambre de calcination flash des sédiments.

V - Quel est l'impact des sédiments dans les mortiers et bétons ?

L'étude des sédiments en tant qu'addition minérale permet de mettre en évidence leur activité physico-chimique dans les matrices cimentaires.

Les tests d'activité pouzzolanique consistent en général au suivi de la consommation de chaux (CH) en présence d'une poudre réactive (pouzzolane) dans une cellule thermo-contrôlée.

La détermination de l'indice d'activité mécanique, le test de conductivité, ainsi que le test Chapelle [Voir photo], ont tous montré que les sédiments calcinés (méthode traditionnelle ou flash) possédaient un fort coefficient d'activité atteignant $X = 88,5 \%$ au maximum. La quantification de l'hydratation par thermogravimétrie permet de conclure que les pâtes cimentaires contenant 10 % de sédiments sont quasi-équivalentes à des pâtes témoins exemptes de sédiments. La teneur en portlandite plus faible constatée pourrait être liée à l'existence des réactions pouzzolaniques induites par la présence des sédiments traités.

Par ailleurs, le suivi de la calorimétrie Langavant et l'étude du temps de début de prise Vicat mettent en évidence que la présence des sédiments génère un dégagement de chaleur additionnel lors de l'hydratation et impacte la prise hydraulique.

Références bibliographiques

• *Traitement et valorisation des sédiments de dragage dans les matrices cimentaires* – Mouhamadou Amar, thèse de doctorat, Université de Lille, 2017.

• *Study of the pozzolanic activity of a dredged sediment from Dunkirk harbour. Powder technology, 2017, vol. 320, p. 748-764.* Mouhamadou Amar, Nor-Edine Abriak et Yannick Mamindy-Pajany.



Mouhamadou Amar
(docteur ingénieur)



Nor-Edine Abriak
(professeur)



Mahfoud Benzerzour
(Professeur)

IMT Lille Douai, Chaire EcoSed²

¹ EcoSed : Economie circulaire des sédiments.

² Université Lille, IMT Lille Douai, Université Artois, Yncrea Hauts-de-France et Laboratoire de génie civil et géo-environnement (LGCgE - ULR 4515).