

## **SEDIVALOR : ETUDE DE FAISABILITE DE TRAITEMENT ET DE VALORISATION DE SEDIMENTS FLUVIAUX POLLUES**

**Delphine HARDY, Sami LALLAHEM**

Ixsane

**Olivier BLANPAIN**

Université Lille 1

### **1. Contexte et positionnement**

L'importance de la problématique de gestion des sédiments issus du dragage des cours d'eau en France n'est plus à démontrer. Il est donc capital de trouver des solutions alternatives à leur stockage. En effet, l'achat de terres à vocation agricole pour stocker des boues issues de nouvelles opérations de dragage est de plus en plus difficile dans le contexte actuel (non-disponibilité des terrains pour stockage, pression des riverains, etc...).

L'idéal serait donc de conserver les terrains de dépôt existants en permettant leur déstockage. Pour cela il est nécessaire de mettre en place des techniques de traitement afin que les sédiments soient réutilisables. De ce fait les sédiments ne seraient plus considérés comme un déchet ultime mais bien comme un produit valorisable grâce à un traitement approprié.

Traiter ces sédiments aura évidemment un coût. Mais il conviendra d'opposer ce dernier aux coûts d'acquisition (de plus en plus élevés), de confinement et d'exploitation de nouveaux terrains de stockage ainsi qu'au problème d'acceptation de plus en plus délicat par les riverains d'une telle solution.

A l'heure actuelle, seulement 3 pistes de valorisation alternative au stockage sont envisageables. Il s'agit de la briqueterie, de la cimenterie et de la réutilisation en remblais de voirie. Comme nous le verrons, ces différentes voies ne sont pas toutes au même point de développement ainsi que l'illustrent les propos d'Olivier Prevost, Ingénieur Divisionnaire chez VNF dans le n°181 de la revue HYDROPLUS (juin juillet 2008) : « Avec la difficulté de trouver de nouveaux terrains, VNF a une réelle volonté de trouver des filières de valorisation en participant à des recherches aux cotés des scientifiques et des entreprises. Mais rien pour l'instant ne dépasse le stade expérimental ».

L'objet de SEDIVALOR est de prouver l'efficacité de process industriels pour le traitement des sédiments fluviaux pollués et d'évaluer le réel potentiel de valorisation des matériaux résultants.

L'unité de Traitement des Sables de la Communauté d'Agglomérations du Douaisis traite actuellement plusieurs milliers de tonnes par an de produits de curage de réseaux et de balayage de voiries par an. Moyennant des adaptations du procédé, il devrait être possible d'y traiter également des sédiments de curage des cours d'eau avec un pouvoir de coupure à 30 µm. Ainsi, la filière actuelle de valorisation des sables lavés issus des produits du curage (réutilisation en remblais de voirie) pourrait également être envisagée pour les sédiments. Elle permettrait d'utiliser un procédé industriel existant et qui a prouvé son efficacité sur les produits de curage de réseaux. Il reste que, dans le cas des sédiments fluviaux que nous allons traiter, la coupure à 30 µm laisse un résidu proche des 50% en terme de tonnage, composé de fines inférieures à 30 µm et concentrant la majeure partie de la pollution. Il convient dès lors d'élaborer un procédé complémentaire qui soit à même de traiter ces 50% restants et de les transformer en un matériau inerte susceptible d'être utilisé comme matériau de construction. Le procédé envisagé a priori est NOVOSOL® développé par l'entreprise SOLVAY.

De fait, SEDIVALOR se compose de deux parties distinctes mais complémentaires car il ne s'agit pas de ne résoudre que la moitié du problème : une première partie sur le lavage et la récupération de la partie la plus grossière des sédiments, une deuxième sur l'inertage et le recyclage de la partie la plus fine.

Afin de renforcer encore l'aspect pragmatique de ce projet, nous confierons l'analyse des échantillons, d'une part, à des laboratoires agréés et indépendants afin de garantir toute transparence sur les résultats et, d'autre part, à des laboratoires de sociétés spécialisées (telles que EUROVIA pour la réalisation de routes) afin d'avoir l'avis d'entreprises utilisatrices potentielles de sédiments traités quant à la qualité du matériau obtenu.

La coordination de l'étude est réalisée par Ixsane, entreprise de transfert technologique en ingénierie urbaine et environnementale. Les autres partenaires du SEDIVALOR sont SOGEA Nord, la Communauté d'Agglomération du Douaisis, les Voies Navigables de France, le cabinet Vivaldi et Douaisis Technopole Environnement. SEDIVALOR est financé par OSEO, l'Agence de l'Eau Artois Picardie, la Région Nord Pas de Calais et Lille Métropole Communauté Urbaine.

Concernant le suivi scientifique, un comité est formé et comprend des représentants des VNF, de l'Agence de l'eau Artois-Picardie, des Mines de Douai, de l'Université de Lille 1, de la Communauté d'Agglomérations du Douaisis, d'Ixsane, du CETE, du Conseil Général du Nord, ...

## 2. Plan d'expérimentation

L'expérimentation se décompose en 6 phases :

- 1 - prélèvements de sédiments pour essais de traitement, analyse chimique et granulométrique
- 2 - essais de lavage des sédiments
- 3 - essais de traitement des résidus
- 4 - recherche de filières de valorisation
- 5 - étude juridique concernant le régime juridique de la valorisation des sédiments pollués
- 6 - étude économique visant la création d'une filière industrielle

Les 4 premières phases doivent se dérouler selon cet ordre chronologique. Les cinquième et sixième (les études juridique et économique) s'effectuent de manière indépendante en parallèle aux 4 autres.

## 3. 1ère phase : prélèvements et caractérisation des sédiments

Cette première phase consiste à prélever 4 échantillons de sédiments  $20+1\text{m}^3$  (20 pour l'UTS et 1 pour Solvay). Deux des échantillons seront extraits d'un terrain de dépôt, les deux autres seront issus directement d'un curage en cours.

Pour chacun des échantillons, deux analyses granulométriques et qualitatives seront réalisées à des fins de caractérisation. Les analyses seront faites par un laboratoire agréé indépendant.

Le choix de 4 échantillons différents nous permettra de vérifier si les techniques de traitement envisagées peuvent s'adapter facilement à l'hétérogénéité des gisements.

## 4. 2ème phase : lavage des sédiments par l'Unité de Traitement des Sables

### 4.1. Les modifications à apporter à l'UTS

La configuration actuelle de l'Unité de Traitement de Sables permet une coupure de la fraction minérale à  $80\ \mu\text{m}$ . Il faudrait lui rajouter un troisième étage de séparation lui permettant une récupération de la fraction minérale comprise entre  $30$  et  $80\ \mu\text{m}$ .

### 4.2. Déroulement des essais

Une fois les 4 lots de  $20\ \text{m}^3$  transportés jusqu'à l'U.T.S. et après avoir pesé leur masse respective, le traitement pourra commencer.

Afin de garantir une bonne représentativité des résultats et pour s'affranchir de toute erreur d'interprétation des résultats d'analyses, nous prélèverons 1 échantillon de produits bruts et 4 de produits issus du process répartis sur toute la durée du traitement de chaque lot ainsi que 2 d'eaux de lavage et 1 d'eau de retour en tête de station.

Les prélèvements de ces échantillons seront répartis sur la durée totale de traitement d'un lot et seront réalisés de manière à ce que l'échantillon de sédiments lavés corresponde approximativement à l'échantillon de sédiments bruts.

Notons que les essais viendront « s'intercaler » avec la marche normale de l'Unité de Traitement des Sables. Il faudra donc apporter une attention particulière à l'interface avec le personnel d'exploitation de la station afin d'assurer la représentativité et la traçabilité des essais. A ce titre, il semble important qu'une personne soit affectée au suivi de ces essais pendant la durée nécessaire.

Les sédiments lavés que nous obtiendrons devront donc non seulement posséder de bonnes caractéristiques physiques et granulométriques mais aussi des résultats d'analyses chimiques garantissant leur innocuité vis-à-vis de l'environnement.

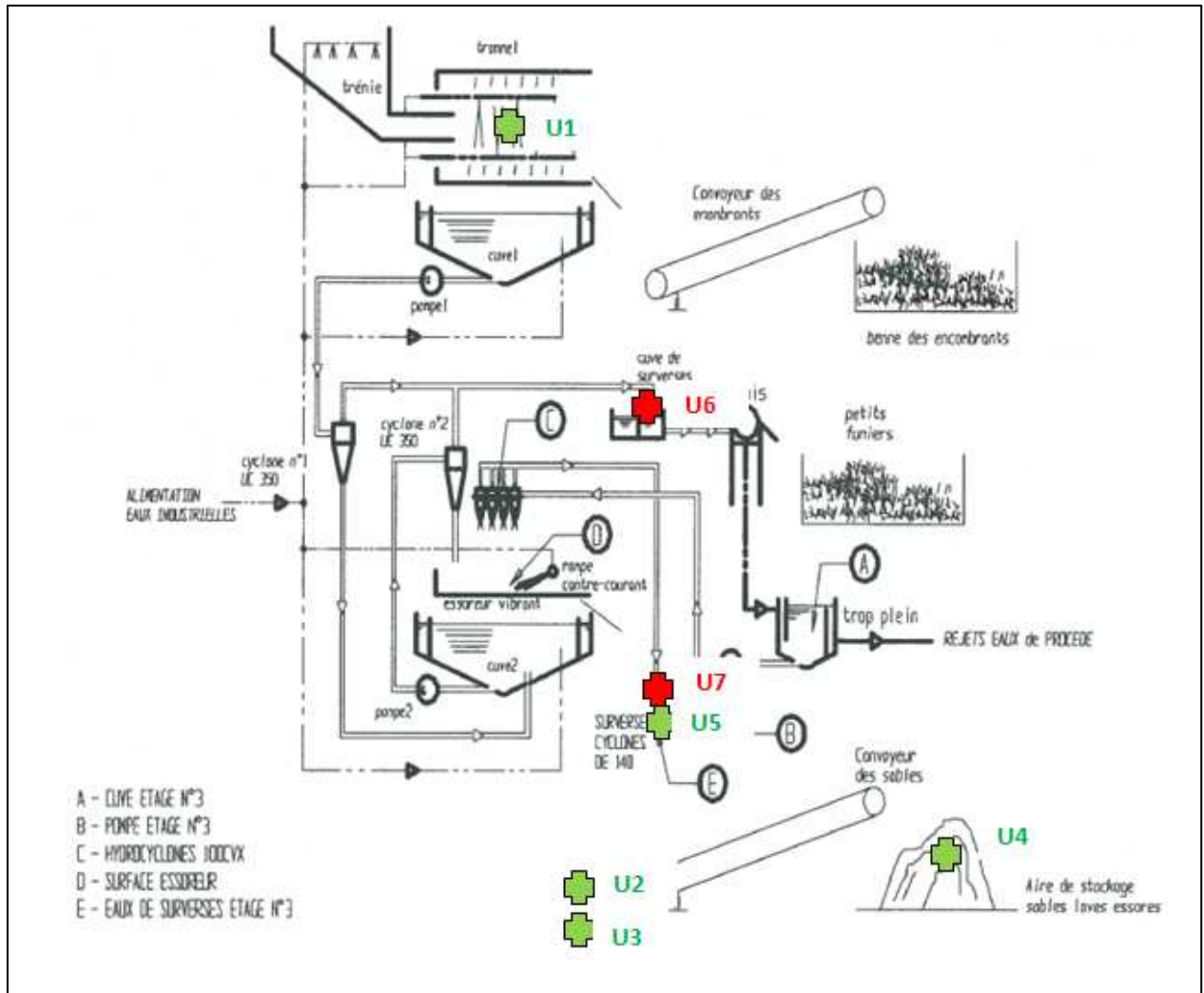


Schéma de l'UTS modifiée



Les hydrocyclones de l'UTS

#### Les autres paramètres

Au-delà des paramètres chimiques et granulométriques des sédiments, il conviendra de mesurer au cours des essais :

- Le rendement massique de traitement

Nous obtiendrons ce paramètre en comparant le poids des produits bruts entrants sur l'unité avec le poids des sédiments lavés récupérés. Il n'est pas possible de dire aujourd'hui quelle quantité il conviendra de récupérer pour viabiliser le projet mais cette donnée sera importante notamment pour l'étude économique.

NB : Il conviendra de mesurer la siccité des produits entrants et sortants de l'UTS afin de s'affranchir de la masse d'eau qu'ils contiennent.

- La masse de boues produites (résidus de lavage)

Ce paramètre est également important compte tenu du coût de traitement de ces boues

- La quantité d'eau nécessaire au traitement

Le débit d'eau de lavage étant un paramètre influant fortement sur la qualité du lavage, la mesure de la quantité d'eau nécessaire au traitement est une donnée importante à connaître. De plus le décanteur lamellaire est dimensionné pour un débit d'eau nominal qu'il faut veiller à ne pas dépasser.

- La pollution supplémentaire envoyée sur la station

En effet, les particules fines qui ne seront pas capturées par le décanteur lamellaire entreront en tête de station d'épuration. Il convient donc de mesurer l'importance de cette pollution en mesurant les paramètres tels que (MES, DCO, Métaux lourds) sur les eaux surnageantes du décanteur.

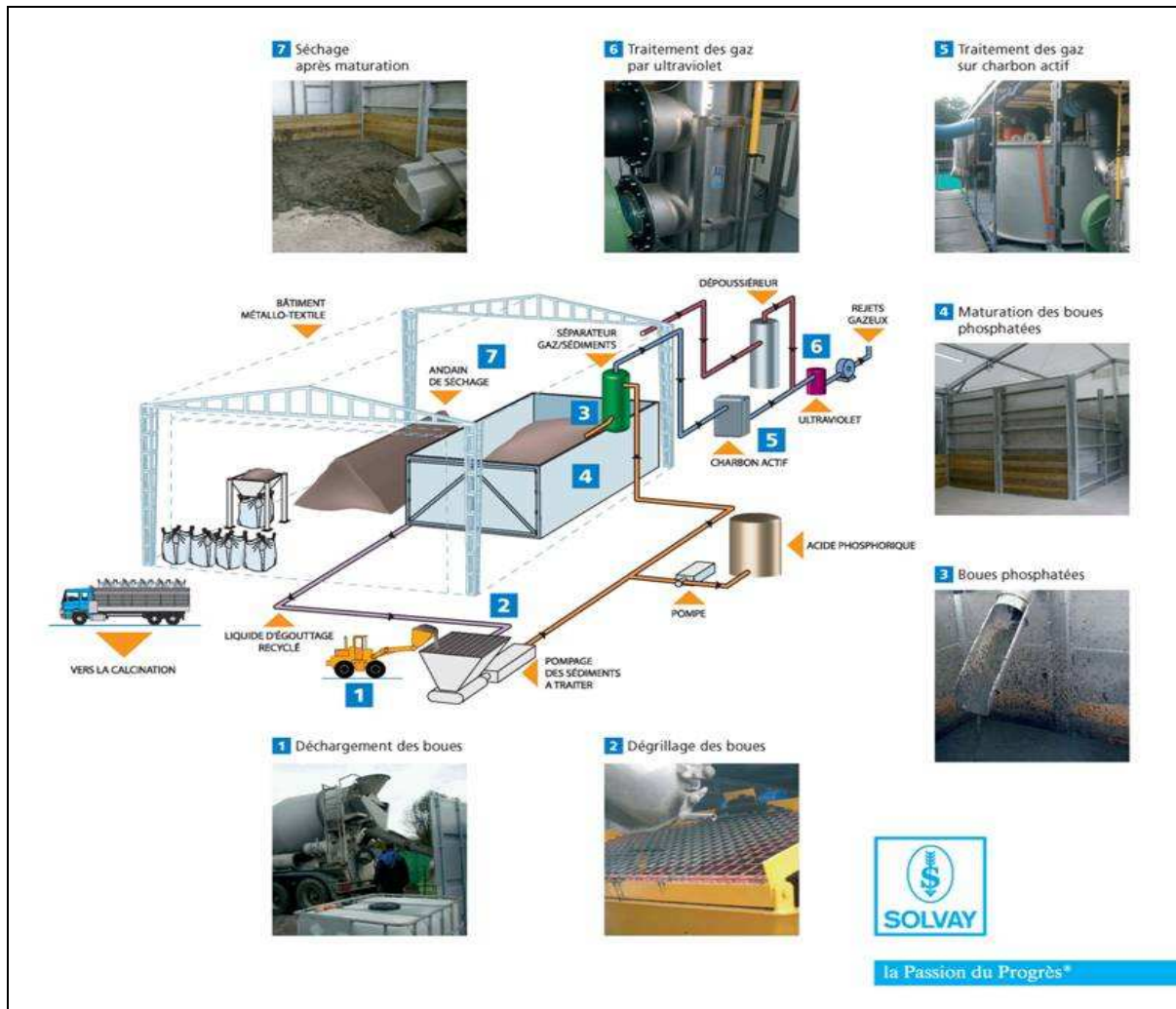
#### **5. 3ème phase : traitement des résidus**

Comme nous l'avons vu précédemment, le procédé de lavage par Unité de traitement des sables va créer des boues constituées des fines dont le diamètre est inférieur au seuil de coupure des hydrocyclones.

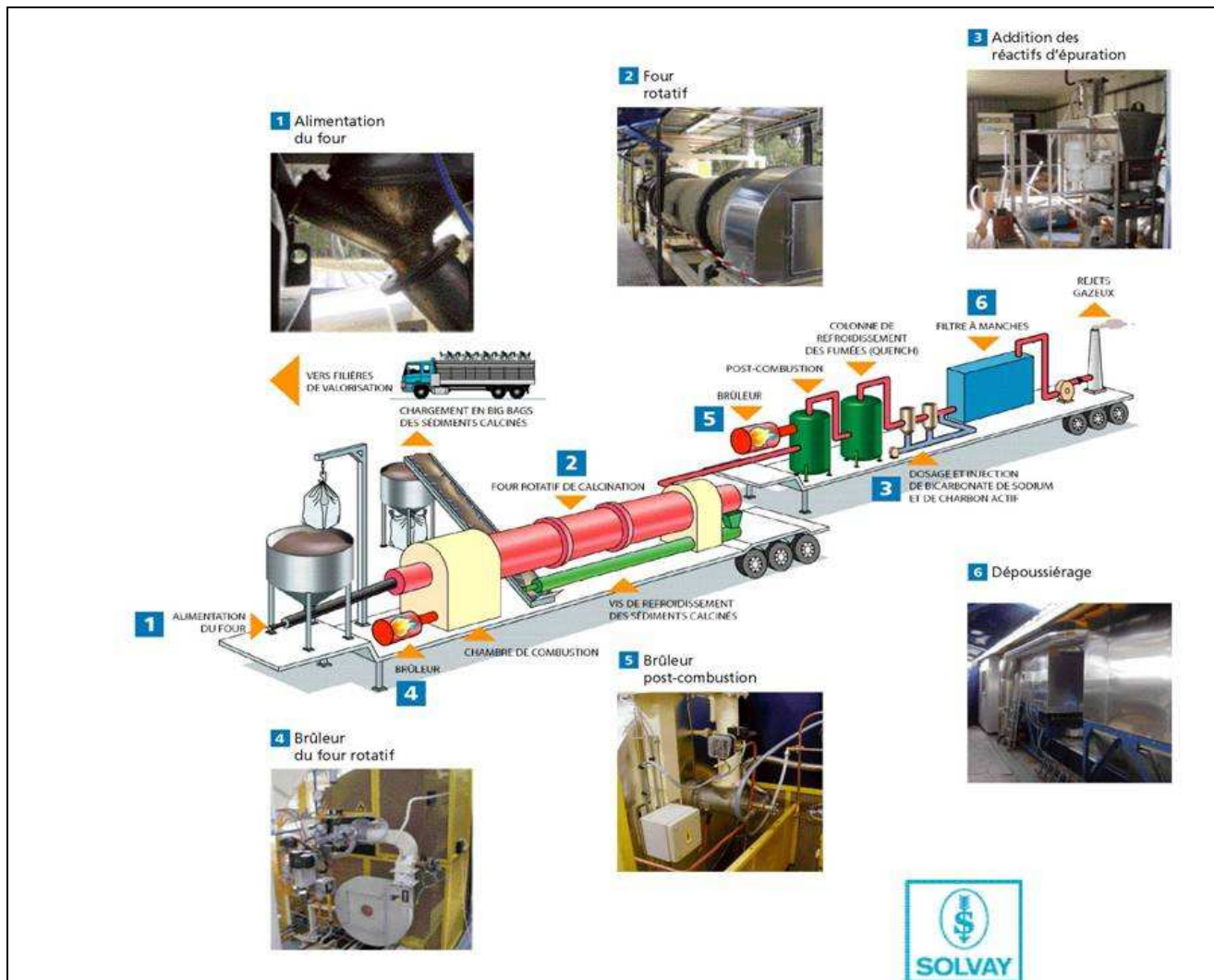
Le résidu après lavage devrait représenter environ 50% du tonnage initial et concentrer la majeure partie de la pollution. Il convient donc de trouver une méthode de traitement adaptée à ce résidu. Le traitement sera aussi appliqué à des sédiments non lavés afin de ne pas se priver ultérieurement de voies de valorisation intéressantes. L'un des procédés sur le marché le plus adapté au traitement de sédiments fortement pollués est le procédé NOVOSOL® développé par l'entreprise SOLVAY.

## 5.1. Description du procédé NOVOSOL®

- Traitement par phosphatation (stabilisation des métaux lourds) : pompage des sédiments, injection d'acide phosphorique, séparateur gaz/sédiments, traitement des gaz sur charbon actif puis à l'ultra violet, sédiment étalé pour séchage, transport vers la calcination.
- Mise en stockage dans l'attente de la prochaine étape pour le cas échéant une valorisation.
- Traitement par calcination (renforcement de la stabilisation des métaux lourds de la première étape et destruction des composés organiques : huiles, solvants, pesticides...).
- Chargement des sédiments calcinés vers les filières de valorisation ou stockage en attente d'une future valorisation (centrale à béton, remblai routier, briqueterie...)



Traitement par phosphatation



Traitement par calcination

## 5.2. Conditions d'utilisation du procédé NOVOSOL® et essais

Pour utiliser le procédé NOVOSOL®, les sédiments contaminés à traiter doivent être pompables et présenter une teneur en calcium comprise entre 5 et 10%. Il faut aussi connaître les types et quantités de métaux lourds présents dans le sédiment pour d'une part s'assurer de sa classification en « déchets dangereux », ce qui validera l'utilisation du procédé NOVOSOL®, et d'autre part prévoir la quantité d'acide phosphorique à injecter pour une stabilisation optimale afin de démontrer le blocage de ces métaux en post process.

Ainsi, NOVOSOL® accepte bon nombre de polluants métalliques ayant une valence +2. Cependant, Solvay préconise l'utilisation de méthodes d'analyses spécifiques pour d'une part rechercher la composition chimique des sédiments (les minéralisations « HF » permettent de libérer tous les métaux présents) et d'autre part démontrer les performances de son procédé en utilisant des lixiviations acides (normes hollandaises ou US) plus agressives que les lixiviations réglementaires à l'eau qui s'avèrent inadaptées pour ces sédiments immergés depuis longtemps en milieu aquatique.

Afin de mettre en place cette procédure de traitement, des tests sur des sédiments non lavés et sur des résidus de lavage sont à réaliser afin de démontrer l'adéquation du traitement envisagé avec la qualité des sédiments récupérés.

Pour ce faire, deux opérations sont à réaliser :

- Analyses et essais : Ixsane récupèrera 8 échantillons de 10 kg de matériau (4 bruts et 4 résidus de lavage) pour effectuer des analyses granulométrique et chimique ainsi que des essais de phosphatation/calcination. Ces essais seront réalisés au sein des laboratoires de SOLVAY et serviront à SOLVAY à vérifier la faisabilité de leur traitement. Ixsane suivra ces opérations afin d'apporter son savoir scientifique et pratique dans ce domaine.

- Essais pré-industriels du matériau : suite aux analyses et essais ci-dessus et dans la mesure où les essais sont concluants, des essais pré-industriels sur huit échantillons (4 étant des résidus de lavage et 4 étant des sédiments bruts) de 1 m<sup>3</sup> seront réalisés sur site en coopération avec SOLVAY pour la phosphatation et dans les établissements SOLVAY pour la calcination. Lors de ces opérations, 48 échantillons seront prélevés et analysés (pollution, granulométrie) par un laboratoire agréé et indépendant afin de vérifier la qualité du traitement. 16 de ces échantillons seront prélevés avant traitement, 16 après phosphatation et 16 après calcination.

## 6. 4ème phase : filières de valorisation

### 6.1. Valorisation des sédiments phosphatés et/ou calcinés non lavés

Pour les sédiments phosphatés et calcinés sans avoir été lavés auparavant, la filière voirie semble toute indiquée. Une route test a d'ailleurs été construite par EUROVIA à DOMBASLE où l'assise de chaussée d'une épaisseur de 25 cm a été réalisée à l'aide de matériaux contenant 30% de sédiments fluviaux traités par le procédé NOVOSOL (photos ci-dessous). Cette route est actuellement en cours de suivi expérimental. Cela étant dit, d'autres voies de valorisation seront quand même recherchées.



### 6.2. Valorisation de la partie grossière des sédiments lavés

La réutilisation en voirie est la voie de valorisation qui semble la plus accessible pour la partie grossière des sédiments lavés issus d'une Unité de Traitement des Sables telle que celle de Douai. En effet, des recherches sur le sujet ont déjà été lancées et des essais « grandeur nature » prouvent que la réutilisation des sédiments est envisageable dans le domaine de la voirie.

### 6.3. Valorisation de la partie fine des sédiments lavés

Pour les sédiments phosphatés et/ou calcinés après lavage, vu la faible granulométrie, un usage en assise de chaussée pour la voirie est plus difficilement envisageable. Il est donc nécessaire d'explorer de nouvelles pistes. Pour cela, une étude bibliographique sera réalisée. Elle sera complétée si nécessaire par des prises de contacts avec des acteurs de la construction potentiellement intéressés par des matériaux provenant de process de recyclage.

Deux pistes sont étudiées. La première concerne la valorisation des sédiments phosphatés et calcinés, la deuxième, celle des sédiments seulement phosphatés :

#### - Sédiments phosphatés

L'usage de la seule phosphatation ne permet pas d'avoir un matériau aussi homogène qu'avec la calcination mais elle a l'avantage de réduire très notablement les coûts de traitement (de plus de 60%) et de conserver toutes les caractéristiques des argiles contenues dans le matériau.

Une piste à explorer est, par exemple, l'utilisation de ce type de matériau comme couche de recouvrement des centres d'enfouissement techniques car cette application repose essentiellement sur le comportement des argiles. Cette exploration nécessite de mesurer la perméabilité par des essais de type Porchet.

#### - Sédiments phosphatés et calcinés

La valorisation pour cette voie de traitement est celle qui a été la plus étudiée car cette dernière permet l'obtention d'un matériau de grande homogénéité.

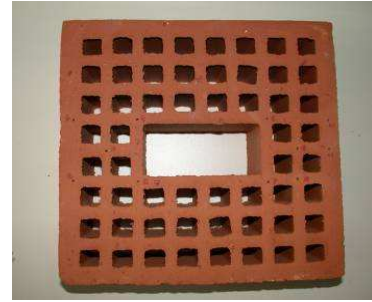
Pour exemple, l'une des pistes déjà explorées est l'utilisation en briqueterie. Le projet SEDINOV est né entre Centrale Lille, V.N.F, les briqueteries du Nord et Solvay. Son but est de développer une nouvelle filière de valorisation des sédiments fluviaux en les incorporant des briques destinées à la construction.

Après des essais en laboratoire, la proportion idéale de sédiments à incorporer dans les briques a été déterminée (environ 20 %) et un essai à l'échelle industrielle a eu lieu au sein des briqueteries du Nord. Cet essai fut un succès puisque les briques produites ont répondu aux normes applicables aux briques « classiques » (lixiviation, résistance à la compression, perméabilité, etc...).

Ce projet a abouti en 2009 à la construction en briques SEDINOV d'un local témoin instrumenté. Le but de ce local est de suivre le comportement des briques dans le temps (poussières, relargage, etc...).

La filière de valorisation des sédiments fluviaux en briqueterie, est donc en plein développement mais n'a pour l'instant pas dépassé le stade de la pré-industrialisation.

Un autre projet, SEDIBET, financé par l'ANR, et portant sur la valorisation dans les bétons, vient de s'achever. Les filières blocs et pavés béton y ont été étudiées.



## 7. 5ème phase : Assistance juridique du projet

En concertation avec les instances du territoire régionale et nationale et vu les spécificités du dossier, une analyse juridique du projet sera confiée à un cabinet spécialisé en droit de l'environnement.

La mission du Cabinet est d'assister juridiquement le projet SEDIVALOR afin de définir et éventuellement de faire évoluer le régime juridique de la valorisation de sédiments pollués. Cette mission se fera en deux temps :

- consultation juridique exhaustive fixant le régime du projet SEDIVALOR en droit positif
- formalisation, rédaction et explicitations des modifications législatives et réglementaires afférentes aux modifications proposées dans le cadre du projet SEDIVALOR.

## 8. 6ème phase : Etude économique

L'objet de la 6ème phase est une étude économique visant à élargir l'opération à une plus vaste échelle et à créer une véritable filière industrielle de traitement des sédiments pollués.

L'idée est que l'étude en cours puisse profiter non seulement au site concerné mais à l'ensemble de la problématique boues et sédiments pollués d'un « bassin de gisements ». La notion de « bassin de gisements » recouvre les terrains de dépôt VNF, les vases des ports autonomes, les boues de curage des réseaux, fossés, bassins de rétention et noues, ...

Il conviendra donc de déterminer le tonnage potentiel à traiter, la capacité de valorisation des industriels, l'ensemble des coûts, les sites d'implantation potentiels et aussi de travailler sur une optimisation logistique afin de rendre le matériau recyclé concurrentiel avec les matériaux naturels sur le rayon le plus grand possible.

Ixsane s'occupera de recueillir les données nécessaires à cette tâche et effectuera l'opération d'optimisation par l'intermédiaire d'un SIG couplé à des outils mathématiques.

Elle synthétisera l'ensemble des résultats obtenus afin de les rendre aptes à la prise de décision pour l'installation pérenne d'une unité de traitement.







**Innovation dans le Génie Civil au service  
de la construction**

**GC'2011**  
Cachan, 22 et 23 mars