

# ESSORAGE DE BOUES INDUSTRIELLES D'UNE PAPETERIE AU MOYEN DE TUBES GÉOSYNTHÉTIQUES

## DEWATERING OF INDUSTRIAL SLUDGE OF A PAPER MILL WITH GEOSYNTHETICS TUBES.

P. MINOT<sup>1</sup>, J. BLANVILLAIN<sup>1</sup>, R. DURAND<sup>2</sup>, L. BITAUDEAU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SEMEO, La Gravelle, France

<sup>2</sup> HUESKER France SAS

**RÉSUMÉ** – Une grande papeterie devait effectuer la vidange de son silo à boues et a choisi de procéder à la déshydratation des boues présentes. L'essorage des boues permet de diminuer le volume à mettre en stockage et ainsi réduire les coûts de transport et améliorer le bilan carbone. La thixotropie du matériau ne permettait pas d'obtenir une tenue suffisante des boues asséchées par filtre-pressé à plateaux. Le recours à des tubes géosynthétiques d'essorage a permis d'atteindre l'objectif de siccité fixé après dilution, floculation, pompage et essorage à travers les tubes.

Mots-clés : essorage, boues, tube géosynthétique

**ABSTRACT** – A big paper mill had to empty its sludge silo and chose to proceed to water extraction of the sludge. Sludge dewatering reduce the quantity of material to put in storage and consequently reduce too the haulage cost and improve the carbon footprint. The thixotropy of the material does not allow the dewatering with a press filter. On the other hand, the use of dewatering geosynthetic tubes enables to reach the dry content target after dilution, flocculation, pumping and dewatering through the tubes.

Keywords: dewatering, sludge, geosynthetic tube

### 1. Introduction

Le traitement des boues est un enjeu majeur régulé par divers arrêtés et codes. En France, les boues relèvent de la nomenclature « déchets ». Les boues de papeteries sont spécifiquement régies par le code de l'environnement (art. L. 541-2) et l'arrêté papetier du 3 avril 2000 (titre VII Déchets) qui stipulent respectivement :

- « Toute personne qui produit ou détient des déchets, ..., est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination conformément aux dispositions du présent chapitre, dans des conditions propres à éviter lesdits effets »
- « l'exploitant est en mesure de justifier l'élimination des déchets dans des installations réglementées (loi du 19 juillet 1976). Il justifiera à compter du 1er juillet 2002 le caractère ultime (...) des déchets mis en décharge ».

D'après l'ADEME, elles représentaient en 1999 une quantité estimée à 1 345 000 t de matière sèche (MS) réparties en 720 000 t de MS de boues primaires et mixtes et de 625 000 t de MS de boues de désencrages.

L'essorage des boues industrielles d'une papeterie du sud de la France a été réalisé au moyen de tubes géosynthétiques filtrants SoilTain de chez Huesker

### 2. Caractérisation de la boue à essorer

#### 2.1. Les boues de papeterie

Les boues de l'industrie du papier sont de deux types : boues d'épuration et boues de désencrage.

Les boues d'épuration, constituées de boues primaires et mixtes, sont issues des effluents de fabrication de pâte et du papier chargés en matière organique (fibres de cellulose) et en charges minérales. L'épuration de ces effluents par traitement physique ou physico-chimique génère des boues dites primaires. Les effluents soumis à un traitement biologique à base de micro-organismes forment les boues secondaires, le plus souvent mélangées aux boues primaires.

Les boues de désencrages sont issues de la séparation de l'encre des fibres de papiers et cartons recyclés par flottation. Elles contiennent donc des encres, des charges minérales et des résidus de fibres celluloseuses.

Les papeteries génèrent toutes des effluents et donc des boues primaires et mixtes lorsqu'elles possèdent une unité de traitement biologique. Les papetiers utilisant des papier et cartons recyclés produisent également des boues de désencrage. Ces boues sont stockées jusqu'à traitement (figure 1).



Figure 1. Bac de stockage des boues de la papeterie

Les boues de papeterie ne sont pas des déchets dangereux. Les principales filières d'élimination des boues de papeterie sont l'épandage agricole, la valorisation énergétique sur site ou hors site, le centre de stockage de classe II ou le centre de stockage interne après autorisation de la DREAL

### **2.1. Analyse de laboratoire de la boue du site**

Les analyses à partir de prélèvement dans le bassin de stockage (figure 1) montrent une boue très basique (pH ~12), le pourcentage de matière organique est très faible (< 5%). La siccité, ou pourcentage de matière sèche, de l'échantillon est proche de 25%.

L'analyse par microscope électronique à balayage (MEB) et spectrale EDX montre la prévalence du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  dans l'échantillon desséché transmis (figure 2). La caractérisation par diffractomètre à rayons X confirme la présence extrêmement majoritaire de  $\text{CaCO}_3$

Les tests de déshydratation montrent une siccité limite de la boue de l'ordre de 68% sous forme d'un gâteau farineux peu compact et qui ne colle pas à la toile support.

Le silo de stockage des boues rempli doit être vidé et les boues asséchées et débarrassées du site.

## **3. Traitement des boues**

L'assèchement des boues industrielles, dont font partie les boues de papeterie, consiste à diminuer la teneur en eau et peut être réalisé par stockage ou essorage.

### **3.1. Décantation ou essorage**

La déshydratation des boues industrielles peut s'effectuer dans des bassins de décantation, lagunes ou aires de dépôt. Cependant, cette solution demande de grandes surfaces et peut mettre en danger les humains et animaux, induisant la nécessité d'une protection. De plus, la déshydratation des boues par décantation est peu maîtrisée et peut être très longue.

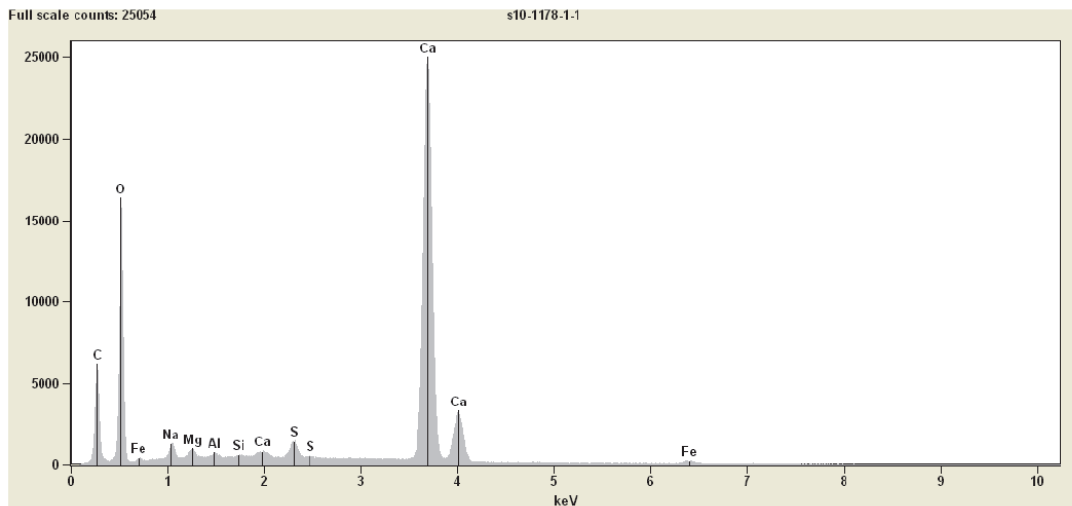


Figure 2 : Analyse spectrale EDX

La déshydratation par essorage est basée sur la séparation entre la phase solide et la phase liquide. Les volumes sont donc réduits rapidement en optimisant le pourcentage de matière sèche, facilitant le transport du déchet final.

Le site de la papeterie n’offrant pas de surface de dépôt adéquate, une solution d’essorage est choisie (figure 3).



Figure 3. Lagune de décantation de boues (à gauche) et séparation phase liquide/phase solide par essorage (à droite)

### 3.2. Déshydratation mécanique ou tubes d’essorages

L’essorage de boues peut être réalisé par déshydratation mécanique ou par recours à des tubes d’essorage (figure 4). La floculation, adjonction de polymère dans la boue pour agglomérer les particules solides, est le plus souvent utilisée pour optimiser la séparation entre les phases solides et liquides.

La déshydratation mécanique peut être effectuée par centrifugation, filtration par filtres à bande pressante ou encore par filtre-presse à plateaux. Sur le chantier de la papeterie, une solution par filtre-presse à plateaux était envisagée. Elle consiste en la compression des boues entre deux plateaux équipés de toiles filtrantes à une pression de 15 bars. Ce système est discontinu et nécessite une présence humaine importante.

Or la boue sur le site de la papeterie présente une forte thixotropie, c’est-à-dire que sa viscosité diminue fortement en réponse à une contrainte. Dans le cadre d’un traitement par filtre-presse, la boue essorée n’atteignait pas les caractéristiques de tenue suffisante.

L’utilisation de tubes géosynthétiques filtrants est une méthode statique d’essorage des boues par gravimétrie basée sur le rôle de séparation/filtration du géotextile tissé perméable. Cette solution a été retenue dans le cadre du projet de la papeterie après des essais satisfaisants.



Figure 4. Déshydratation mécanique par filtre à presse (à gauche) et déshydratation statique au moyen de tubes géosynthétiques (à droite)

#### 4. Essorage des boues par tubes géosynthétiques

##### 4.1. Principe des tubes d'essorage de boues

Les tubes géosynthétiques d'essorage sont conçus pour déshydrater des boues selon deux aspects principaux de conception (figure 5):

- les caractéristiques hydrauliques du géotextile doivent permettre la séparation de la phase liquide de la phase solide. La phase liquide est récupérée sur la plate-forme d'essorage.
- les caractéristiques mécaniques du géotextile tissé doivent procurer au tube une résistance aux efforts induits par la pression de remplissage du fluide. Le comportement mécanique des tubes est modélisé d'après les principes de Timoshenko adaptés par Leshchinsky (Leshchinsky et al., 1996).

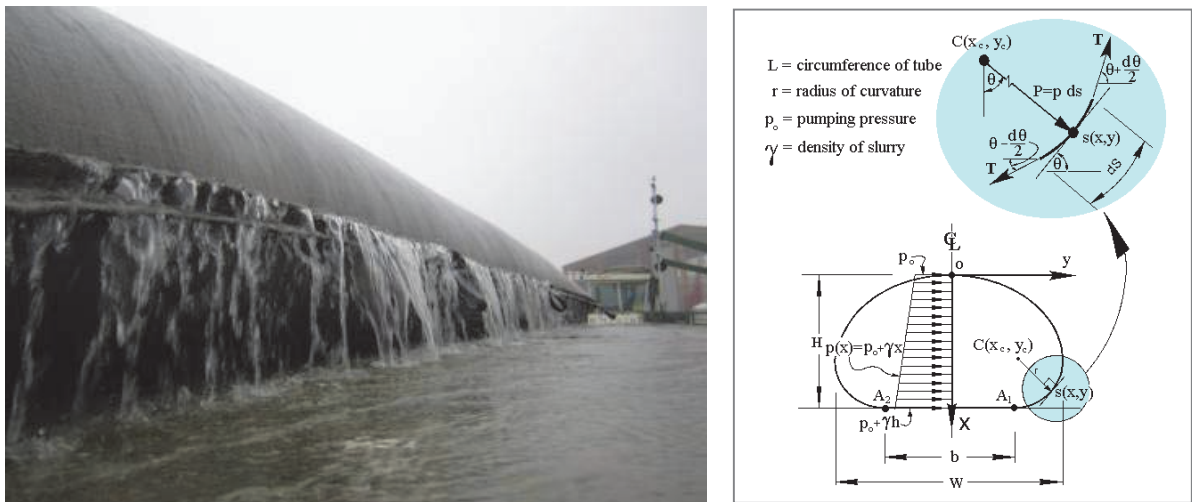


Figure 5. Caractéristiques hydraulique de séparation/filtration (à gauche) et mécaniques de résistance aux efforts du fluide (à droite)

La boue injectée dans les tubes est floculée. La floculation par adjonction de polymère permet une agrégation des particules solides et une séparation optimale des phases solides et liquides (figure 6). Le polymère est choisi en fonction des caractéristiques de la boue de façon à ce que le filtrat issu des tubes ne contienne pas de matière solide.



Figure 6. Flocculation de la boue

Une utilisation optimale des tubes d'essorage se fait par cycles comme illustré sur la figure 7 (Wilke, 2012). La boue traitée par flocculation est injectée dans le tube par pompage jusqu'à ce que celui-ci soit rempli à sa capacité maximale définie par le producteur. Une première phase d'essorage s'amorce, l'enveloppe géotextile permet de drainer l'eau tout en retenant les particules solides. D'autres phases remplissage-essorage sont reproduites de façon à maximiser la quantité de matière solide dans le tube. Sur le chantier de la papeterie, les cycles consistaient en 4 jours de remplissage et 3 jours de ressuyage pendant une durée d'environ 2 mois. Une fois le dernier remplissage effectué, la boue s'essore, la teneur en eau de l'ancienne boue ne cesse de diminuer, c'est la consolidation jusqu'à dessiccation de la boue dans les cas les plus favorables. Sur le site de la papeterie, une durée de consolidation de 3 semaines a été observée avant élimination des boues hors du site.

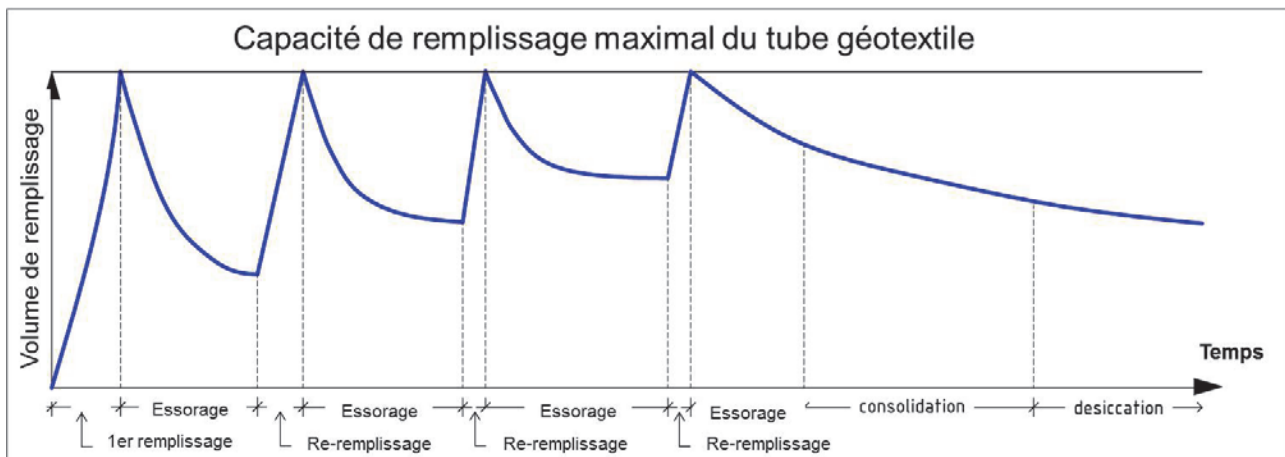


Figure 7. Cycles de remplissage d'un tube d'essorage

#### 4.2. Dimensionnement des tubes d'essorage appropriés

Le choix des tubes d'essorage pour le chantier de la papeterie repose sur deux facteurs majeurs :

- la nature de la boue,
- la surface de stockage disponible sur la plate-forme.

Sur le site pendant le chantier de la papeterie, la boue rencontrée est une boue de siccité assez hétérogène dans le silo de stockage entre 25% et 45%. La boue étant très majoritairement composée de carbonate de calcium, la masse volumique des particules solides, minérales, est estimée à  $2,65 \text{ t/m}^3$ . La siccité finale est estimée à partir des essais de laboratoire à 68%.

La surface de la plate-forme est très limitée ( $700 \text{ m}^2$ ) et de forme non quadrilatérale. Les tubes ont donc été dimensionnés et confectionnés sur mesure pour permettre l'essorage de la totalité des boues en une campagne, en réalisant notamment une mise en œuvre sur deux niveaux.

#### 4.3. Processus d'essorage des boues et résultats

Les tubes d'essorage sont mis en place sur une plate-forme à très faible pente, imperméabilisée par membrane et équipée d'un système de récupération des eaux. La plate-forme peut être installée à proximité immédiate de la zone de stockage des boues, comme illustré sur la figure 8 pour le chantier de la papeterie.

Les boues sont extraites de leur site de stockage d'origine vers un bac tampon permettant la filtration d'éventuels gros éléments (morceaux de bois par exemple pour une lagune organique), l'agitation de la boue et sa dilution.



Figure 8. Plate-forme d'essorage des boues à proximité immédiate de l'usine avant remplissage (à gauche) et extraction des boues déshydratées (à droite)

La boue est ensuite pompée du bac tampon vers le tube en passant par une centrale de floculation. C'est à ce niveau qu'est adjoind le polymère adéquat pour la séparation des phases liquides et solides.

Les cycles de remplissage et d'essorage permettent le remplissage des tubes en matière solide. Le filtrat coulant à l'extérieur des tubes est récupéré sur la plate-forme imperméable.

Après la phase de consolidation, les tubes sont ouverts et la boue déshydratée peut être aisément déplacée au godet et évacuée du site comme illustré sur la figure 8.

Du volume initial de 4000 m<sup>3</sup>, 1800 t de boue déshydratée ont été extraites et retirées du site en vue d'une valorisation agricole comme amendement calcique. L'efficacité d'essorage ou DE comme « dewatering efficiency » est le rapport entre l'augmentation de siccité entre la boue injectée dans le tube et la boue essorée et la siccité initiale (Vertematti et Silva, 2010).

$$DE = \frac{(siccité\ finale - siccité\ initiale)}{siccité\ initiale} \quad (1)$$

Elle vaut 172% sur l'échantillon essoré en laboratoire et entre 67% et 200% sur le chantier de la papeterie avec ces boues minérales à forte teneur en matière sèche mais peut être beaucoup plus importante pour des boues à siccité faible.

#### 5. Avantages des tubes d'essorage

Les tubes géosynthétiques sont une solution de déshydratation des boues efficace, économique et dans le sens du développement durable. Ils présentent une parfaite alternative entre la déshydratation sans action humaine dans de vastes aires de dépôts et l'essorage mécanique par centrifugation ou filtre-pressé à plateaux ou bandes, économes en surface mais très gourmands en énergie et main d'œuvre (tableau 1).

Les tubes peuvent être remplis jusqu'à 450 m<sup>3</sup>/h, ce qui est sensiblement supérieur à la capacité de centrifugation ou filtration par bande ou presse. Le procédé est également très simple.

La durée de repos des boues dans les tubes, plus longue que les processus d'essorage mécanique, doit être pondérée par le fait que cette durée ne nécessite pas d'action, les tubes une fois remplis agissant seuls.

Non réutilisables, les tubes restent néanmoins un investissement faible comparé aux machines d'essorage, qu'il faut de plus déplacer et faire fonctionner sur les sites de chantier. Dans certains cas, les tubes peuvent même être laissés sur place et recouvert d'un sol de confinement pour l'aménagement d'espaces verts (Syllwasschy et Wilke, 2014).

Tableau 1. Comparaison des méthodes de décantation, d'essorage mécanique et des tubes géosynthétiques (-- très mauvais à très bon ++)

|                          | <b>Tubes d'essorage</b> | <b>Lagune de décantation</b> | <b>Filtre-presse</b> | <b>Centrifugation</b> |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Investissement           | +                       | ++                           | --                   | --                    |
| Consommation d'Énergie   | ++                      | ++                           | --                   | --                    |
| Capacité                 | ++                      | +                            | --                   | --                    |
| Temps                    | -                       | --                           | ++                   | ++                    |
| Espace requis            | -                       | --                           | ++                   | ++                    |
| Maintenance              | +                       | ++                           | --                   | --                    |
| Encapsulation            | ++                      | --                           | --                   | --                    |
| Complexité               | +                       | ++                           | --                   | --                    |
| Efficacité du système    | ++                      | -                            | +                    | +                     |
| Expérience sur le marché | -                       | ++                           | ++                   | ++                    |

## 6. Conclusion

À partir d'une boue de papeterie minérale très basique de siccité importante, le recours à des tubes géosynthétiques adaptés aux dimensions de la plate-forme disponible a permis d'optimiser le pourcentage de matière sèche. 1800 t de boue déshydratée ont ainsi pu être réutilisés en valorisation agricole.

Efficaces et peu gourmands en énergie, ils représentent une solution aisée pour l'essorage de boues).

## 7. Références bibliographiques

- Leshchinsky D., Leshchinsky O., Ling H. I., Gilbert P. A. (1996). Geosynthetic tubes for confining pressurized slurry: some design aspects. *Journal of geotechnical engineering*.
- Syllwasschy O., Wilke M. (2014). Sludge treatment and tailings pond cappings by the use of geosynthetics. *Proc. 7th Int. Conf. On Environmental Geotechnics, Australia*.
- Vertematti J.C, Silva A. (2010). Dewatering system with linear geofoms on the ETE – Uberabinha – DMAE - MG sewage treatment plant, *Proc. 9th International Conference on Geosynthetics, Brazil*.
- Wilke M. (2012). Geotextile Container und Schläuche zur Entwässerung von Schlämmen – Funktionsprinzip -Abdichtungsmaßnahmen - Anwendungsmöglichkeiten - ausgeführte Beispiele. *Karlsruher Deponie- und Altlastenseminar, Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2012*.
- Arrêté du 3 avril 2000 relatif à l'industrie papetière, disponible sur [legifrance.gouv.fr](http://legifrance.gouv.fr)
- Code de l'environnement (en vigueur au 1<sup>er</sup> octobre 2014), disponible sur [legifrance.gouv.fr](http://legifrance.gouv.fr)
- Fiches ADEME " Industrie papetière française : gestion et traitement des déchets ".

