



## **EXPERIENCES DE STABILISATION DES VASES - ETUDE ET PERSPECTIVES -**

Abdelkrim BENNABI et Daniel LEVACHER  
Laboratoire "Génie Civil - Génie Côtier" du Havre

### **RESUME :**

La présente communication a pour objet de rendre compte d'un travail expérimental, entrepris dans le laboratoire de Génie Civil - Génie Côtier du Havre, dans le but de stabiliser une vase portuaire en formant des mélanges à deux composants vase - ciment ou des mélanges à trois composants vase - ciment - polymère. Ce polymère a été utilisé expérimentalement dans la consolidation des sols carbonatés. Les résultats d'essais de résistance à la compression simple sur éprouvettes cylindriques et d'essais de flexion et compression sur éprouvettes 4x4x16 donnent un aperçu sur les possibilités d'emploi de la vase ainsi traitée comme matériau de construction.

### **I INTRODUCTION**

Les quantités de boues de dragage produites chaque année se chiffrent en plusieurs centaines de millions de mètres cubes. La mise en dépôt de plus en plus coûteuse de ces matériaux dans de vastes aires spécialement aménagées, mais qui arrivent à saturation, devient cruciale et rend la question relative à leur devenir plus que jamais d'actualité. Dans de nombreux pays, des programmes de recherche sont en cours afin d'étudier les divers modes de valorisation de ce qui commence à être considéré comme une véritable ressource naturelle. Des exemples, à travers le monde, montrent différentes réalisations obtenues par utilisation, traitement et transformation de ces matériaux pour la création de terres et le renforcement des sols dans le secteur du génie civil, la production de terre végétale et de matériaux de construction dans les secteurs agricole et manufacturier ainsi que l'amélioration de l'environnement.

### **II ETUDE EXPERIMENTALE**

#### **II 1- Objet de l'étude :**

Cette étude préliminaire a été réalisée en vue d'apporter une aide à l'élaboration d'un programme de recherche entrant dans le cadre d'une préparation de thèse. Ce travail expérimental est destiné à tester la faisabilité technique du traitement à l'aide de ciment ou d'un mélange "ciment + polymère" d'une vase portuaire, la vase de l'avant port du Havre. Le but recherché du traitement est de parvenir

à une stabilisation de la vase et à sa transformation en matériau pouvant être utilisé comme matériau de construction. Les critères choisis pour mesurer la qualité de la vase stabilisée sont la résistance à la compression simple d'éprouvettes cylindriques, ainsi que la résistance à la flexion et à la compression d'éprouvettes normalisées 4x4x16.

## II 2 - Principales caractéristiques des matériaux utilisés.

### II 2 - 1. La vase.

La vase étudiée dans cette expérimentation a été prélevée dans le port du Havre. Avant traitement, elle était stockée dans des conteneurs étanches garantissant des conditions d'utilisation constantes.

#### a) Teneur en eau :

Les échantillons ont été séchés à 60°C jusqu'à la stabilisation de leur poids. La moyenne obtenue pour 6 échantillons est de  $w = 181.2 \pm 0.5 \%$

#### b) Tassement :

Les mesures de sédimentation ont été effectuées pour une suspension homogène de concentration initiale 869.5 kg/m<sup>3</sup> dispersée dans de l'eau du robinet de densité 1.002 et placée dans une colonne de diamètre 24 cm et d'1m de hauteur. L'allure de la courbe de tassement (Fig. 1) est similaire à celle obtenue pour d'autres vases de Seine [1], avec une vitesse de tassement importante en raison de la forte concentration initiale.

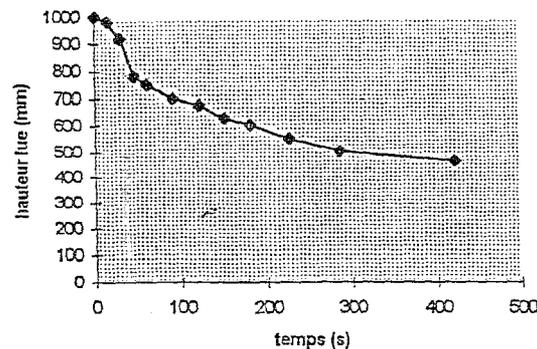


Fig. 1 : Courbe de tassement de la vase étudiée

#### c) Coefficient de perméabilité :

L'exploitation de la courbe de tassement permet d'exprimer le coefficient de perméabilité K en fonction de la vitesse de sédimentation. La figure 2 montre la variation de K en fonction du temps. Les résultats sont similaires à ceux obtenus pour d'autres échantillons prélevés dans l'estuaire de la Seine [1].

#### d) Granulométrie :

Une granulométrie par sédimentométrie Laser, effectuée au BRGM sur des échantillons de vase, a donné la courbe de la figure 3. Les dimensions des particules varient de 1µm à 200 µm.

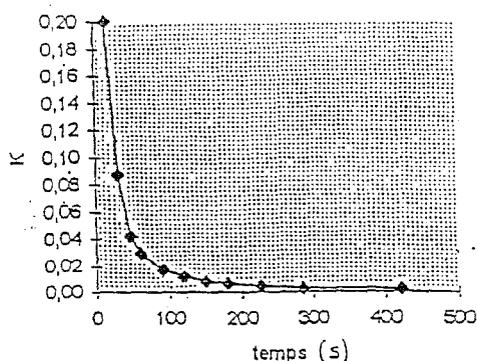


Fig. 2 : Coefficient de perméabilité de la vase

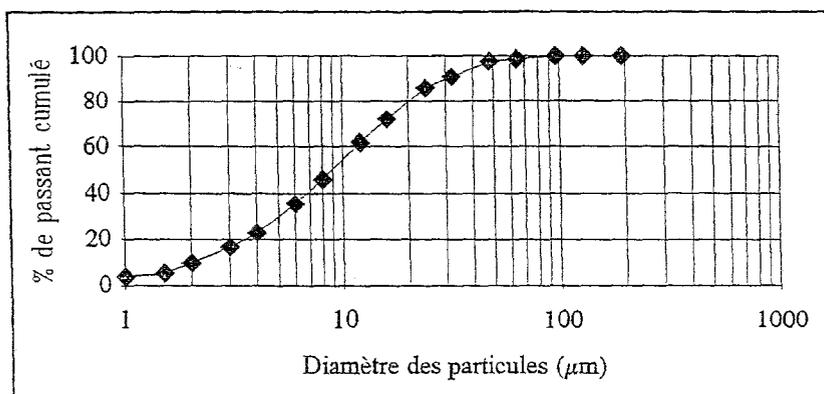


Fig. 3 : Courbe granulométrique de la vase

## II 2 - 2. Le ciment.

Le ciment utilisé pour le mélange est un ciment de type CPA (CEM 1 en norme européenne - NF P 15-319), de classe 52.5 et ayant la propriété "prise mer". Ses principaux constituants sont la chaux (65%), la silice (21%), le fer (4%), l'alumine (3.5%), plus de la magnésie, du potassium et du sodium.

## II 2 - 3. Le polymère actif.

Le polymère utilisé, fourni par la société G.T.I. [2] est un copolymère acrylique comportant des fonctions acides. Il est soluble dans l'eau. Sa densité est de 1,130 et sa viscosité varie de 40 à 200 mPa.s pour une variation de la température de 45 à 8 °C et pour un extrait sec de 30%. On rappelle que la viscosité de l'eau pure est de 1 mPa.s.

## II 3 Propriétés mécaniques de la vase traitée.

### II 3 - 1 Préparation des éprouvettes.

Les mélanges sont préparés dans un mixeur de marque Perrier Labotest. De 5 litres de contenance, ce mixeur permet un malaxage épicycloïdal à 2 vitesses, 140 tr/mn et 280 tr/mn.

Deux types de mélanges sont préparés : mélanges "vase - ciment" et mélanges "vase - ciment - polymère". Pour ces derniers mélanges, l'objectif est d'étudier l'influence de la présence d'une petite quantité de polymère réagissant avec les matières organiques contenues dans le mélange "vase - ciment".

Les constituants des mélanges sont introduits dans le malaxeur dans l'ordre : vase, ciment, puis polymère s'il y a lieu, de façon à respecter la cinétique des réactions en présence. La réaction du ciment avec la vase ou plus précisément avec l'eau contenue dans la vase est plus lente que la réaction ciment - polymère qui est immédiate, par conséquent le polymère est ajouté au mélange ciment - vase lorsque la prise de ce dernier commence.

Les proportions envisagées tiennent compte de 2 critères : un critère économique limitant la quantité de polymère utilisée, et un critère lié à la facilité de mise en oeuvre, donc à la consistance du mélange qui est fonction de la proportion en ciment. Une fois le malaxage terminé, le mélange est mis en place dans des moules de dimensions normalisées 4x4x16 et dans des moules cylindriques en PVC transparent de faible épaisseur, de diamètre intérieur 38 mm et de longueur environ 10 cm. Le démoulage des éprouvettes 4x4x16 a lieu lorsque les échantillons acquièrent une certaine cohésion constatée visuellement au bout d'une durée de 2 heures. Les moules cylindriques sont fermés pour éviter toute dessiccation des mélanges. Ce n'est pas le cas pour les éprouvettes 4x4x16 qui ont subi une importante diminution de volume (de l'ordre de 10%). Les éprouvettes ainsi constituées sont stockées à la température ambiante ( $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Les durées de stockage sont de 14 et 21 jours pour les éprouvettes cylindriques et de 21 et 63 jours pour les éprouvettes 4x4x16.

Une bonne homogénéité des mélanges durcis a été constatée par des mesures de la vitesse de propagation du son à l'aide d'un ausculteur dynamique.

### II-3-2 Résultats d'essais de compression simple

Les éprouvettes cylindriques sont retirées des moules puis coupées à l'aide d'une scie diamantée pour être aux dimensions requises de l'essai de compression simple (éclatement de 2 : diamètre de 38 mm et longueur de 76 mm).

Comme le montrent les figures 4 et 5 et comme l'on pouvait s'y attendre, les éprouvettes contenant les plus faibles pourcentages de ciment présentent les plus faibles résistances à la compression simple. Avec 10% de ciment, la prise des mélanges a été difficile et la cohésion obtenue n'a pas dépassé 0,3 MPa. Un autre résultat concerne l'influence d'une quantité de 5% de polymère par rapport au poids de la vase ajouté au mélange. Pour 3 mélanges à 10%, 25% et 35% de ciment, l'ajout de 5% de polymère fait baisser la résistance à la compression simple. Cette baisse est d'autant plus importante que le pourcentage de ciment est plus grand. La forte teneur en eau initiale de la vase peut expliquer en partie ces résultats. Le polymère utilisé sous sa forme soluble dans l'eau a pour effet d'augmenter la teneur en eau du mélange et la prise de ce dernier devient alors difficile, voire impossible.

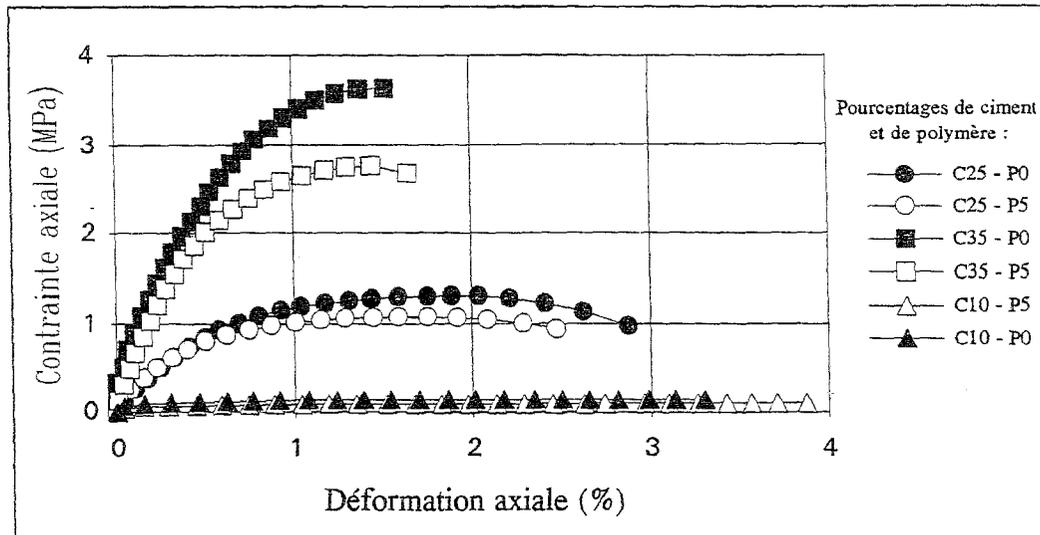


Fig.4 : Courbes Contrainte - Déformation de mélanges "vase - ciment" à 14 jours, avec et sans polymère

Le démoulage des éprouvettes à 10% de ciment n'a été possible qu'en permettant une dessiccation partielle par ouverture des moules. Ces résultats partiels n'ont pour objectif que de quantifier l'intérêt des mélanges "vase - ciment" et de montrer l'existence de possibilités d'utilisation de la vase comme matériau ou constituant d'un matériau de construction. En fonction de la destination finale du matériau, les mélanges devront être préparés dans des conditions particulières. Par exemple, pour un emploi dans la construction routière, il peut s'avérer utile de déterminer la teneur en eau optimum de la vase avant de préparer le mélange.

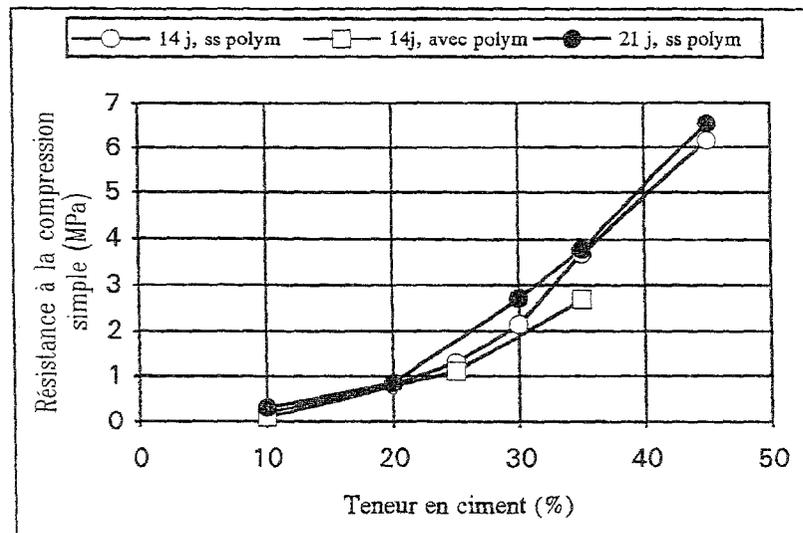


Fig. 5 : Résistance à la compression simple de mélanges "vase - ciment" et "vase - ciment - polymère"

## II.3.3 - Résultats des essais 4x4x16 [3]

Une première série de mélanges a été préparée avec un pourcentage constant de polymère égal à 8% et avec des pourcentages de 25, 30, 35, 40, 45 et 50 % de ciment. Dans une deuxième série, le pourcentage de polymère était de 2, 4 et 6% pour respectivement 30 et 50% de ciment. La durée de stockage des éprouvettes était de 2 mois à l'air libre à la température ambiante.

Les résultats des essais 4x4x16 sont indiqués sur les figures 6 et 7 respectivement pour les essais de traction par flexion et pour les essais de compression. Les valeurs obtenues pour la résistance à la traction sont faibles, de l'ordre de 0,1 à 0,3 MPa, et augmentent avec le pourcentage de ciment. L'influence de la teneur en polymère ne semble pas jouer un rôle prépondérant, la variation de la résistance à la traction n'est pas proportionnelle à la teneur en polymère. Ce produit qui avait été initialement choisi pour jouer le rôle d'un adjuvant dans des mélanges "vase - ciment - sables calcaires" ne semble pas d'une utilisation appropriée. Le but de son utilisation était de former des liens entre les grains de sable carbonaté. Un pourcentage de sable de 15 % a conduit à l'obtention de mélanges "vase - ciment - sables carbonatés" de résistances à la traction et à la compression plus faibles que celles présentées ici.

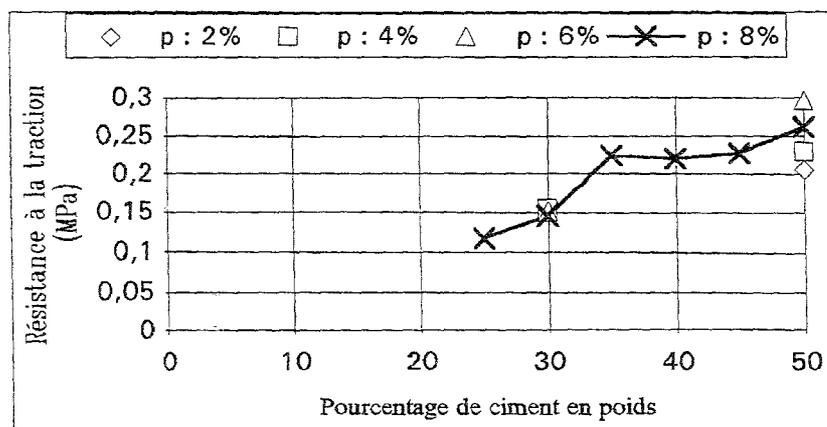


Fig. 6 : Résistance à la traction par flexion d'éprouvettes 4x4x16 en fonction du pourcentage de ciment et de polymère

La figure 7 montre les valeurs obtenues pour la résistance à la compression. Ces valeurs sont comprises entre 2,5 MPa et 8 MPa en fonction de la teneur en ciment. Les variations de résistance en fonction du pourcentage de polymère sont plus importantes à forte teneur en ciment, c'est également le cas en traction sur la figure 6. Mais ces variations ne sont pas proportionnelles à la quantité de polymère. Une trop faible quantité (2%) serait insuffisante pour participer à l'augmentation de résistance, les liens créés entre les grains de ciment par l'intermédiaire du polymère sont négligeables en quantité par rapport à ceux créés par la réaction d'hydratation du ciment. Une trop grande quantité de

polymère (sous forme soluble dans l'eau) apporte une quantité d'eau importante et diminue dans des proportions désavantageuses le rapport C/E.

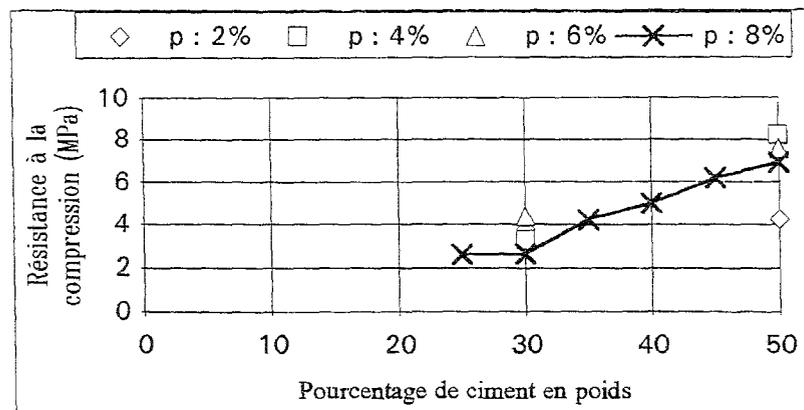


Fig. 7 : Résistance à la compression d'éprouvettes 4x4x16 en fonction du pourcentage de ciment et de polymère

### III CONCLUSIONS

L'étude présentée dans cette communication ne donne pas toutes les qualités nécessaires des mélanges "vase - ciment". Elle a consisté simplement à montrer que les résistances obtenues peuvent être suffisantes dans le cas d'une utilisation dans certains domaines de la construction où de grandes résistances ne sont pas nécessaires. La résistance à la compression simple et à la traction d'éprouvettes constituées par ces mélanges "vase - ciment" sont respectivement de l'ordre de 2 à 8 MPa (compression) et 0,2 à 0,3 MPa (traction). Il est indispensable d'étudier plusieurs autres aspects en plus de l'aspect résistance mécanique, en particulier, il faut s'assurer de la stabilisation à long terme des mélanges obtenus et surveiller l'apparition de désordres attribuables à des phénomènes du type alcali - réaction ou réaction sulfatique. Deux approches semblent a priori possibles pour les proportions des mélanges. Des pourcentages relativement importants de vase permettraient la transformation massive de ces matériaux qui pourront être utilisés lorsqu'une faible résistance est suffisante. De faibles pourcentages de vase permettraient de rester dans des gammes de résistance telles que ces mélanges pourraient être destinés à un emploi courant (confection de béton de bonne résistance mécanique).

### REFERENCES

- [1] : MAROT F. Caractérisation et traitement des boues portuaires. DEA Nantes 1994.
- [2] : G.T.I. Process 79, RN 10, 78310 Coignières
- [3] : GUERRY et RABAUD, Projet de fin d'études (Ecole Navale de Brest) réalisé au laboratoire de Génie Civil - Génie - Côtier du Havre.

