

ÉVALUATION DE LA POSSIBILITÉ  
D'UTILISER LES SABLES CONTAMINÉS  
DANS LE BÉTON

1992

CANQ  
TR  
GE  
SM  
122

920675

EVALUATION DE LA POSSIBILITE  
D'UTILISER LES SABLES CONTAMINES  
DANS LE BETON

PAR

JEAN-GUY LETOURNEAU, TECH. PRINCIPAL

ET

DANIEL VEZINA, INGÉNIEUR  
RESPONSABLE-BETON DE CIMENT

2100  
CAND  
TR  
GE  
SM  
122

Le 26 juin 1992

MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
930, CHEMIN SAINTE-FOY  
6<sup>e</sup> ÉTAGE  
QUÉBEC (QUÉBEC)  
G1S 4X9

<b>REÇU</b> CENTRE DE DOCUMENTATION  01 DEC. 2006  TRANSPORTS QUÉBEC
---

## Utilisation du sable contaminé dans le béton

### 1.0 Introduction

Le ministère des Transports, afin de se conformer aux exigences émises par le ministère de l'Environnement, exige de la part des entrepreneurs chargés de réaliser des travaux, que le sable utilisé pour le décapage des structures métalliques soit entièrement récupéré. Une fois récupéré ce sable de silice est contaminé par des résidus de peinture contenant du plomb, du zinc et d'autres métaux réglementés par le ministère de l'Environnement.

La disposition de ce sable est donc problématique et une tentative est faite afin de l'incorporer au béton de ciment afin de solutionner ce problème.

### 2.0 But de l'étude

Les travaux de laboratoire ont pour but de vérifier les points suivants:

- l'effet sur le béton de l'utilisation d'un sable de silice contaminé par le décapage d'une peinture à base de plomb.

- la stabilité des métaux lourds dans le béton.

### 3.0 Programme d'essais

Le programme d'essai vise essentiellement à déterminer l'influence de l'utilisation du sable contaminé sur les diverses caractéristiques physiques du béton de ciment.

Le mélange de béton a été confectionné en substituant le sable régulier, normalement employé, par le sable contaminé. Nous avons aussi réalisé des essais sur des mortiers en utilisant des teneurs variables en sable contaminé afin de déterminer s'il était possible d'en utiliser dans le béton. L'utilisation de mortiers nous a permis d'évaluer certaines caractéristiques sans confectionner des mélanges volumineux.

Les essais qui ont été réalisés sur le béton sont les suivants:

- résistance à la compression à 7, 28 et 56 jours.
- durabilité au gel et dégel
- résistance à l'écaillage
- affaissement et % d'air entraîné
- absorption d'eau

Avec les mortiers nous avons déterminé l'effet du contenu en sable contaminé sur le temps de prise et les résistances en compression à 3, 7 et 28 jours. Des essais de lixiviation sur les 2 sables ont aussi été réalisés ainsi que sur les 2 bétons confectionnés afin de déterminer si les métaux lourds demeuraient emprisonnés dans la matière de béton. Ces essais de lixiviation ont été réalisés selon la méthode mentionné dans le "Règlement des Déchets Dangereux" du ministère de l'Environnement.

4.0 Confection des mélanges de béton et de mortiers

4.1 Les mélanges utilisés sont décrits au tableau I ci-dessous:

Constituants	Sable à béton	Sable contaminé
Ciment type 10 kg/m <sup>3</sup> (St-Laurent)	338	338
Granulat 19 mm	212	212
Granulat 14 mm	636	636
Sable (kg/m <sup>3</sup> )	1034	1034
Eau (kg/m <sup>3</sup> )	169	188
Entraîneur d'air (ml) (Daravair)	157	157
Réducteur d'eau (ml) TCDA -XA	850	850
Rapport e/c	0.48	0.54
Affaissement (mm)	45	55
% air	8.5	12.0
Masse volumique kg/m <sup>3</sup>	2257	2057

Tableau I. Composition des mélanges de béton

## 4.2 Mélanges de mortiers

Les mélanges de mortiers ont tous été confectionnés avec un ciment de type 10 provenant de la compagnie Ciment St-Laurent. Les proportions des composants sont les suivantes:

- rapport sable/ciment: 2.75 en poids
- rapport eau/ciment : 0.5 en poids

Nous avons fabriqué 5 mélanges, afin d'évaluer l'effet de divers pourcentages de sable contaminé sur le temps de démoulage et les résistances. Les pourcentages de sable contaminé évalués sont les suivants: 0%, 25%, 50%, 75% et 100%. À 0%, tout le sable utilisé était un sable régulier à béton de ciment (le même que celui utilisé pour le béton) et à 100%, tout le sable était le sable contaminé.

## 5.0 Résultat des essais

### 5.1 Prélèvements et mûrissement

Les résistances en compression du béton ont été évaluées sur des cylindres de 100 mm Ø X 200 mm, deux spécimens ont été cassés à chaque âge. Le gel et dégel est effectués sur deux prismes de 75 X 75 X 300 mm. Les essais d'écaillage sont réalisés sur une surface de 150 mm de diamètre.

Dans le cas des mélanges de mortiers, les résistances sont mesurées sur des cubes standards de 50 mm. Trois essais sont réalisés à chaque âge. Tous les essais ont été réalisés selon des procédures normalisées.

- compression (cylindre) : ACNOR A23.2-9C
- gel-dégel : ASTN C 666 procédure B
- résistance à l'écaillage: ASTM C672
- cubes de mortier : ASTM C109

Tous les spécimens prélevés ont été maintenus humides dans le moule au cours des premières 24 heures. Après cette période on procède au démoulage (si le béton le permet) et on place les spécimens dans la chambre humide jusqu'au moment de l'essai.

Dans le cas particulier ou il n'a pas été possible de procéder au démoulage après 24 heures, les spécimens étaient maintenus humide au moyen de jute jusqu'à l'âge du démoulage.

## 5.2 Résultats des essais

### 5.2.1 Retard de prise

La confection du mélange de béton avec le sable contaminé nous a permis de constater l'effet de ce sable sur le temps de prise du béton. Avec le sable régulier de démoulage s'est effectués après 24 heures, ce qui est normal; cependant pour le mélange fabriqué avec le sable contaminé le démoulage des spécimens n'a été possible qu'après 5 jours.

Suite à cette constatation nous avons confectionné une série de mélange de mortier contenant des pourcentages variables en sable contaminé afin d'évaluer le retard de prise engendré par le sable.

Les résultats obtenus sont donnés au tableau II ci-dessous:

% Sable contaminé	0%	25%	50%	75%	100%
Age au démoulage (jours)	1	1	2	4	4

Tableau II. Effet du contenu en sable contaminé sur l'âge au démoulage.

Comme on peut le constater, dès que la quantité de sable contaminée est supérieur à celle du sable régulier, on obtient un retard important dans l'âge de démoulage des spécimens.

### 5.2.2 Absorption d'eau

Les deux bétons ont un pourcentage d'absorption d'eau normal pour ce type de béton soit 5.4% pour le béton avec sable contaminé et 4.6% pour le béton avec sable régulier. Compte tenu du fait que le mélange contenant le sable contaminé ait un rapport e/c supérieur il est normal d'obtenir un pourcentage d'eau plus élevé.

### 5.2.3 Résistance à la compression

#### a) Mélange de béton

Comme le béton a du être conservé dans le moule pour une période de 5 jours, il n'a donc pas été possible d'évaluer la résistance à bas âge. Pour cette raison nous avons décidé d'évaluer la résistance à 56 jours afin de voir si l'écart de résistance entre les 2 bétons se maintenait.

Les résistances en compression obtenues sont données à la figure I. On remarque une très nette différence de résistance entre les 2 bétons; le béton avec le sable contaminé donne des résistances beaucoup plus faible. De plus, malgré un mûrissement en chambre humide, on observe peu de gain de résistance entre 28 et 56 jours pour le béton avec sable contaminé.

En conclusion, nous pouvons affirmer que l'emploi de ce sable contaminé pour la confection de béton a des effets très néfastes sur le développement des résistances du béton.

b) Mortier de ciment

Tel que mentionné précédemment les mortiers de ciment ont été confectionnés pour évaluer l'effet du contenu en sable contaminé sur le retard de prise. Nous avons également évalué les résistances en compression pour chacun de ces mélanges. Il est à noter que pour les 5 mélanges le rapport e/c a été conservé à 0.5

Les résultats obtenus sont donnés à la figure II. Il est à noter que pour des contenus de 100% et 75% en sable contaminé les résistances initiales ont été obtenues au démoulage c'est à dire à l'âge de 4 jours et non 3 comme indiqué sur la figure.

Comme pour le béton on note une très nette différence de résistance entre le mortier contenant du sable régulier et celui contenant du sable contaminé. L'importance de l'effet du sable contaminé sur les résistances varie selon la proportion de sable contaminé. La figure III illustre cet effet sur les résistances. Il est à noter que les résistances obtenues sur les mortiers sont différentes de celles obtenues sur le béton car la proportion de ciment n'est pas la même et que les spécimens utilisés sont des cubes au lieu de cylindres 100 X 200 mm. Cependant le ratio d'augmentation de résistance pour les mélanges à 100% et 0% de sable contaminé est à peu près identique (voir tableau III)

% Sable contaminé	Béton		Matière	
	0	100%	0	100%
R28/R7	1.22	1.58	1.14	1.47

Tableau III. Gain de résistance entre 7 et 28 jours.

#### 5.2.4 Gel et dégel

Les deux mélanges de béton ont donné d'excellents résultats à l'essai de gel et dégel. Après 380 cycles, les deux bétons étaient en parfait état et aucun dommages interne n'a été constaté. Le module d'élasticité dynamique s'est maintenu à 100%. On note par contre une légère détérioration des surfaces de béton concentrée principalement aux arêtes.

La bonne performance à cet essai est reliée principalement au contenu en air entraîné et au réseau d'air. Dans les 2 cas l'air entraîné était élevé soit à 8.5% et 12.0% ce qui nous assure une bonne performance à cet essai.

#### 5.2.5 Ecaillage de surface

Cet essai consiste à soumettre des spécimens de béton recouvert d'une solution saline (3% NaCl) à des cycles de gel et dégel et d'évaluer les dommages engendrés aux surfaces. Les pertes de particules sont exprimés en  $\text{kg/m}^2$ . L'essai se poursuit jusqu'à 50 cycles. Les résultats obtenus sont donnés au tableau IV. L'exigence pour un béton de bonne qualité est  $0.8 \text{ kg/m}^2$ .

	Pâte ( $\text{kg/m}^2$ ) 50 cycles
Sable contaminé	0.4
Sable régulier	3.87

Tableau IV. Ecaillage de surface

Comme on peut le constater, le béton confectionné avec le sable contaminé a donné d'excellents résultats alors que le béton normal a très mal performé. Cette bonne performance du béton contenant le sable contaminé peut être attribuable au contenu très élevé en air entraîné soit 12% mais aussi au fait que ce sable soit très fin ce qui fait que l'eau est retenue dans la masse de béton et que la finition de surface est beaucoup plus difficile. Pour le béton conventionnel, on remarque un ressuage ce qui peut affaiblir la surface et amener des pertes élevées à cet essai.

# COMPRESSION DU BETON

Cylindre 100 x 200 mm

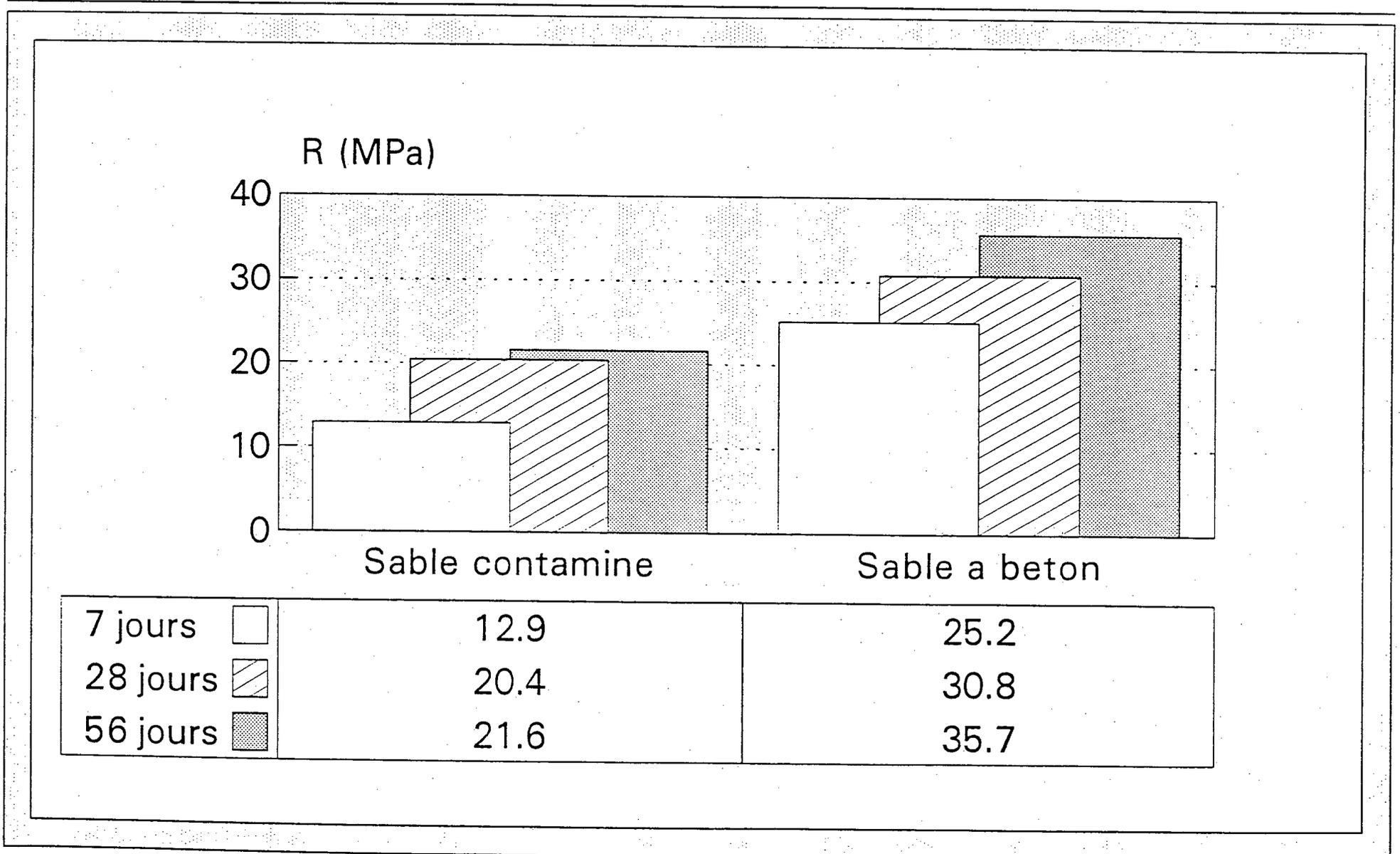
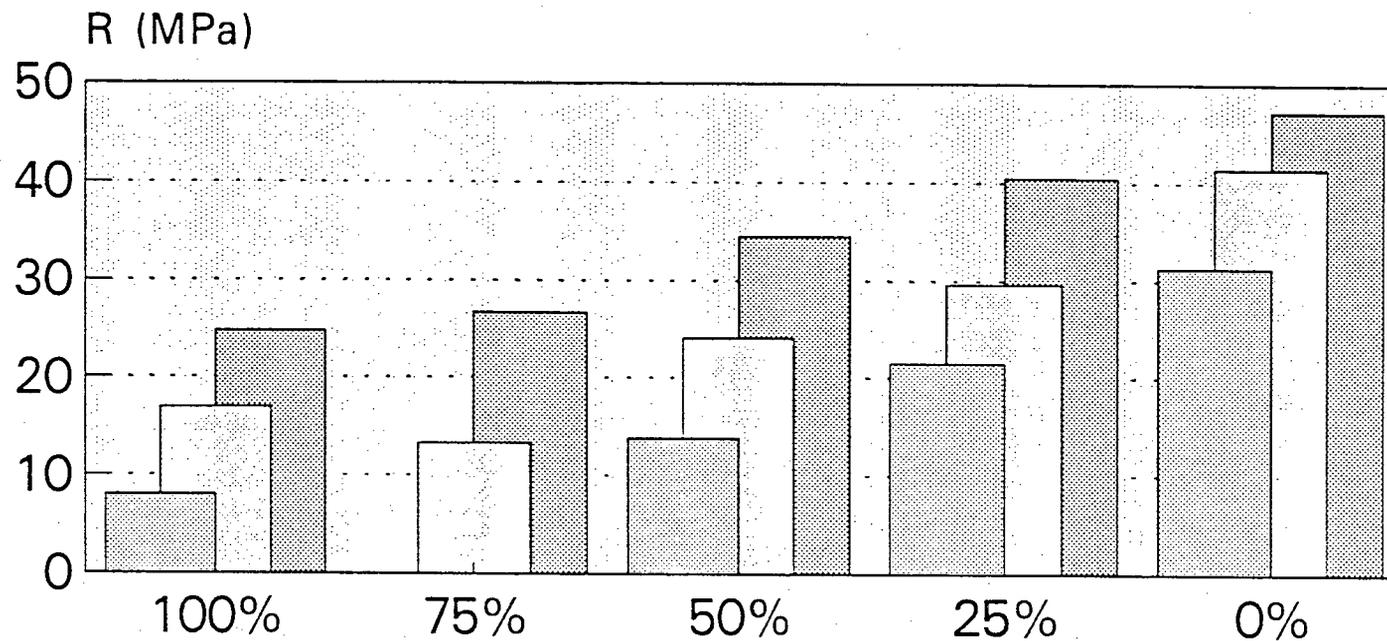


FIGURE 1

# COMPRESSION, Cube de mortier

Effet du contenu en sable contamaine



3 jours		8*	0*	13.8	21.5	31.3
7 jours		16.9	13.3	24.1	29.6	41.4
28 jours		24.8	26.7	34.5	40.5	47.2

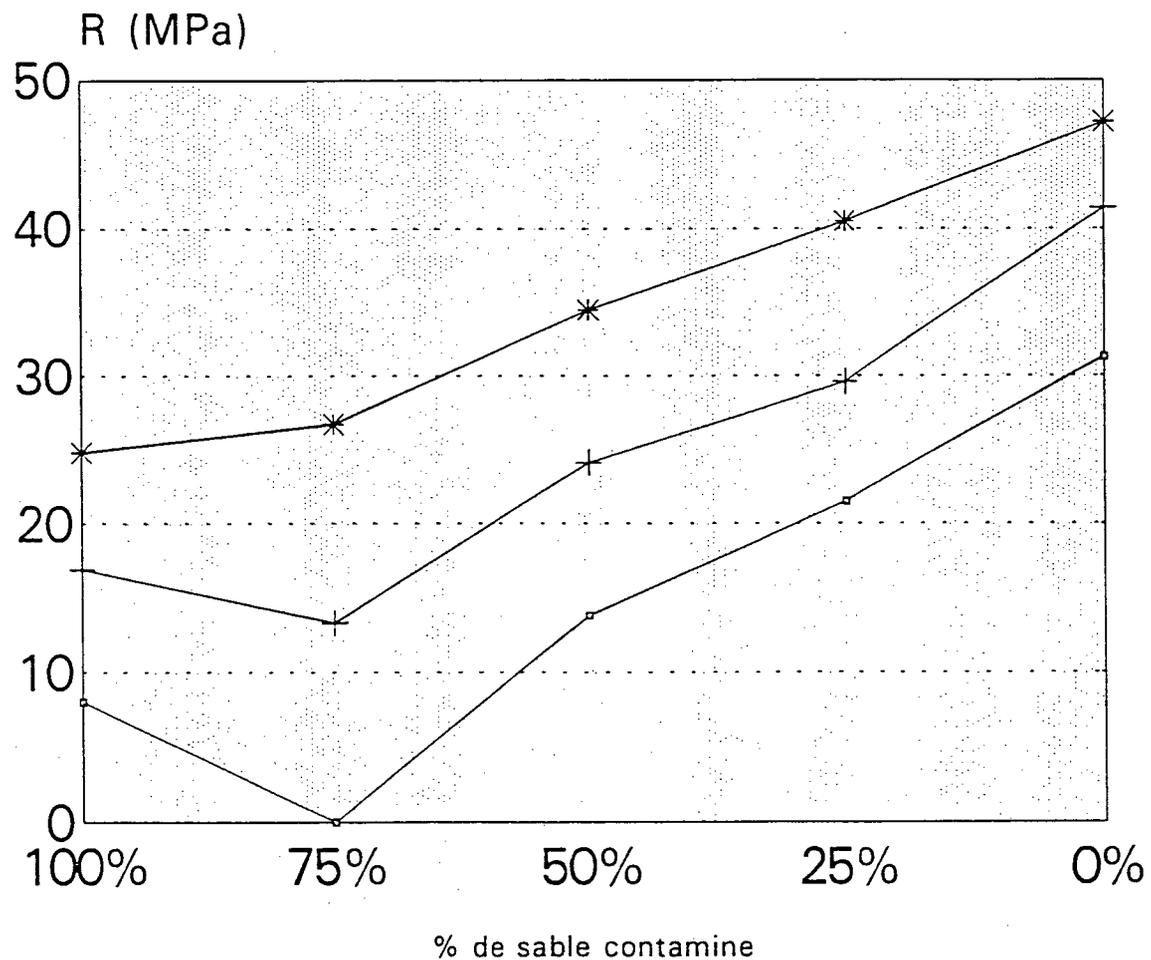
\* 4 jours

% de sable contamaine

FIGURE 2

# COMPRESSION, Cube de mortier

Effet du contenu en sable contamine



Age en jours

○ 3 jours

+ 7 jours

\* 28 jours

FIGURE 3

#### 5.2.5 Essai de lixiviation

Cet essai est exécuté conformément au "Règlement sur les déchets dangereux" et a pour but de mesurer la concentration de métaux dangereux comme le plomb, le chrome et zinc.

Cet essai a été réalisé sur les matières premières utilisées soit le granulats et les deux sables; les résultats sont donnés à l'annexe 1 et démontre que le sable contaminé a des concentrations excessivement élevées pour les matières dangereuses alors que le sable et la pierre utilisée normalement ne présentent pas de problèmes à ce niveau.

Afin de déterminer si la matrice de béton pouvait stabiliser efficacement ces métaux lourds, l'essai de lixiviation a été refait mais sur des échantillons de béton. Les résultats obtenus sont donnés à l'annexe 1.

On constate que le fait d'utiliser le sable contaminé dans le béton diminue grandement les concentrations de chrome et de zinc qui peuvent être lixiviés cependant la concentration de plomb demeure au dessus de l'exigence fixée de 5.0 ppm.

Donc le béton ne fournit pas une matrice suffisamment stable pour empêcher les métaux lourds de retourner dans l'environnement.

## 6.0 Commentaires

Les essais réalisés au cours de cette étude nous permettent d'affirmer que l'introduction dans le béton de ciment de sable de silice contaminé par des résidus de peinture provenant du décapage de structures métalliques, n'est pas un moyen efficace pour disposer de ce sable. Les effets sur les temps de prise et sur le développement des résistances font que ce moyen est peu pratique et non recommandable. De plus, le béton de ciment, malgré une teneur en ciment de  $338 \text{ kg/m}^3$ , ne fournit pas une matrice suffisamment stable pour empêcher le passage en solution des métaux lourds comme le plomb.

ANNEXE 1

L'IXIVIATION



Echantillon Sable à béton

No de rapport: CJ002-92

Fournisseur: Daniel Vézina

No. d'échantillon:

Endroit d'échantillonnage:

No. contrat:

Expéditeur:

No. commande:

Echantillonneur: Jean-Guy Létourneau

Date d'échantillonnage:

Analyste: C. Jomphe-L. Campeau

Date de réception: 92-01-15

Norme: Règlement sur les déchets dangereux(Q-2,r.12.1)

Eléments	Concentration PPM mesuré dans le lixiviat		Norme maximale résidu solide (PPM)
	Sable silice	Sable à béton	
Chrome (Cr)	9,8	< 1	5.0
Plomb (Pb)	474	< 1	5.0
Zinc (Zn)	2261	< 1	10

Eléments dosés dans l'échantillon original.  
Attaque à l'eau régale

Eléments	Sable silice
Chrome (Cr)	70 PPM
Plomb (Pb)	2103 PPM
Zinc (Zn)	2804 PPM

Copie à: Daniel Vézina

Préparé par: Lucien Campeau

Approuvé par: *Dominique M. S. Campeau*

Date: 92-07-09 /sl

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 226 754