

Mise au point de matériaux de remblai réexcavables

Ing. Julien Fourny
ECAM-Bruxelles

Cet article présente en résumé les différentes phases abordées lors des recherches visant in fine à mettre au point des matériaux de remblai réexcavables. Ce sont des matériaux, recherchés pour une utilisation en remblai notamment, qui offrent des caractéristiques dites d'autocompaction pour une mise en œuvre ne nécessitant pas de serrage par voie externe du béton ainsi qu'une faible résistance à la compression permettant une réexcavabilité aisée du remblai dans l'éventualité de futurs travaux. Ce travail a reçu la mention honorable lors du prix d'étude 2007 du Groupement Belge du Béton.

Mots clefs : autocompaction, matériau de remblai, réexcavabilité, essorable, non-essorable

This article introduces a summary of the different stages that were tackled during research aiming to tune up re-excavable materials for filling. These materials are in great demand to be used among others for the ballast. They offer characteristics called self-compacting for an implementation that does not need a tightening of the concrete by external means and for a weak resistance to the compression which allows an easy re-excavability of the filling for possible roadwork. This paper was given the grade honourable at a study prize in 2007 of the Belgian Concrete Group (GBB).

Key words: self-compaction, material for filling, re-excavability, vacuumed material, non-vacuumed materials

1. Introduction

Ce travail de fin d'études, proposé par la FEBELCEM, présente, phase par phase, la mise au point d'une composition de béton pour un matériau de remblai « autocompactant » réexcavable.

Caractérisé par une faible résistance à la compression à long terme - garante d'une réexcavabilité aisée - et une fluidité suffisante et nécessaire pour obtenir une bonne mise en place sous son propre poids lors du déversement - donc sans vibration externe -, ce matériau innovant répond à un réel besoin de notre marché, notamment pour la réfection de la voirie dont les dégradations, de plus en plus nombreuses, sont souvent causées par des défaillances du compactage des remblais sous-jacents effectués par des impétrants.



Figure 1 : Exemple de détérioration routière suite à un mauvais remblai (crédit: M. Lemire, L. D'Amours; CERIU novembre 2006; Remblayage des tranchées, sommaire des pratiques courantes au Québec et recommandations)

Certains pays recourent déjà à un tel type de matériau pour les remblais afin d'en éliminer le problème de compactage, réduire la largeur d'une tranchée, la durée d'un chantier ou l'emprise des travaux.

L'analyse des marchés belge et étranger a permis de déterminer les composants de base, les caractéristiques et les propriétés nécessaires pour un tel matériau et d'appréhender, au départ de ces conclusions et par empirisme, un procédé de formulation devant permettre le développement d'un matériau « autocompactant » réexcavable pour des applications de lit de pose, de remblai, d'enrobage, voire, pour les trois simultanément.

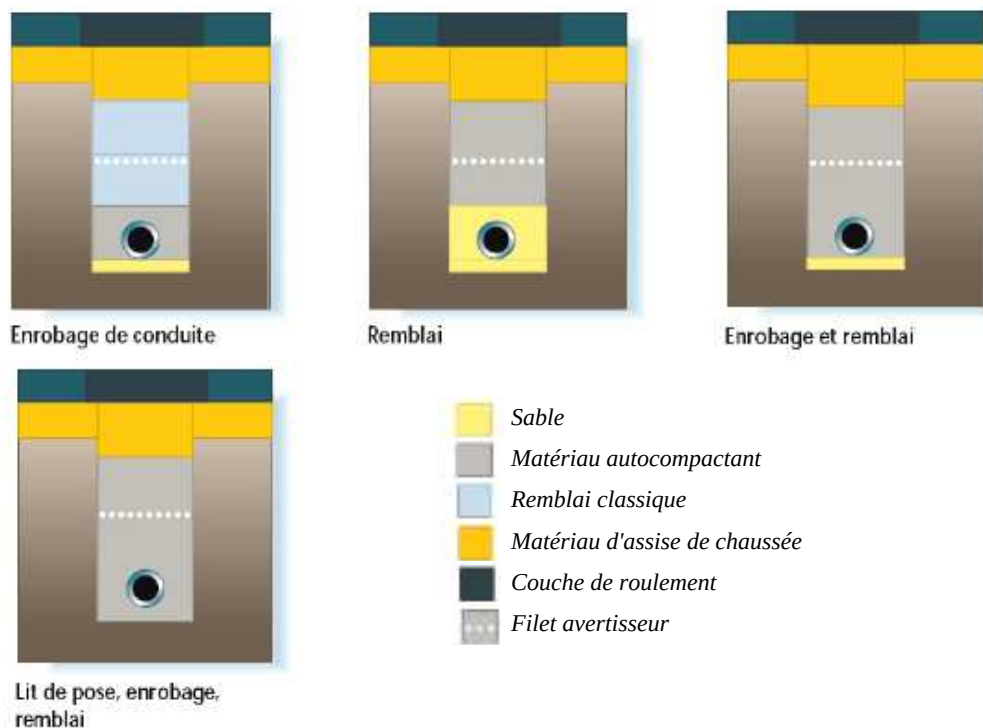


Figure 2 : Exemples d'applications (crédit: Dossiers du CERTU; Remblayage des tranchées, utilisation de matériaux autocompactants)

Deux types de matériaux ont été étudiés : un matériau essorable pour des encaissements dont la perméabilité autorise une saturation en eau pour lui assurer la fluidité requise et un matériau non-essorable pour des encaissements imperméables nécessitant le recours à d'autres alternatives pour lui assurer

cette fluidité, le sol ne permettant plus de drainer naturellement l'eau utilisée en excès pour fluidifier le matériau.

Développé sur base de l'étude des matériaux essorables, le béton «autocompactant » réexcavable semble le plus indiqué et approprié pour le marché belge.

L'utilisation par des entreprises d'un tel matériau peut présenter de nombreux avantages, tant du point de vue économique que sécuritaire ou de mise en oeuvre.

Ces différents points, accompagnés des résultats des expériences effectuées sont présentés et développés dans les différents chapitres du travail de fin d'études.

Ce produit étant déjà utilisé dans certains pays, les points forts de ce TFE n'ont pas été d'inventer un matériau mais bien d'étudier les marchés existants pour en dégager la technologie du matériau béton adapté au marché belge et utilisant des composants disponibles dans notre pays.

2. Développement du matériau essorable

En cours d'étude, nous nous sommes donc penchés sur les différents produits (bétons, mortiers) belges ou étrangers dont les caractéristiques sont communes ou tout au moins, très proches de celles recherchées, à savoir :

- une fluidité suffisante pour garantir une bonne mise en place ;
- une certaine propriété d'autocompaction pour ne pas nécessiter de compactage après la mise en place ;
- une faible résistance à la compression pour garantir une réexcavabilité aisée, c'est-à-dire manuelle ou faiblement mécanisée.

La littérature consultée à propos des produits susceptibles de nous intéresser étant essentiellement publicitaire ou concentrée sur des recherches plus ciblées, les informations qui y sont publiées s'avèrent lacunaires, tant sur les constituants des matériaux de remblais que sur les dosages. Un bilan différentiel des différents textes aurait pu, à la limite, nous inspirer un fil conducteur pour les approches empiriques que réclamait ce présent TFE,

mais au cours du travail, nous nous sommes aperçus que sous les noms « remblais sans retrait » et « bétons remblais » des chercheurs canadiens avaient étudié des matériaux assimilables en de nombreux points à celui que nous voulions développer et avaient publié leurs recherches et conclusions sur ce qui leur semblait être une méthode optimale pour la formulation des matériaux réexcavables pour remblais. Bien que le développement canadien repose toujours sur l'expérimentation, nous disposions, grâce à cette étude, de notre fil rouge idoine.

La réalisation du TFE a donc été structurée comme suit:

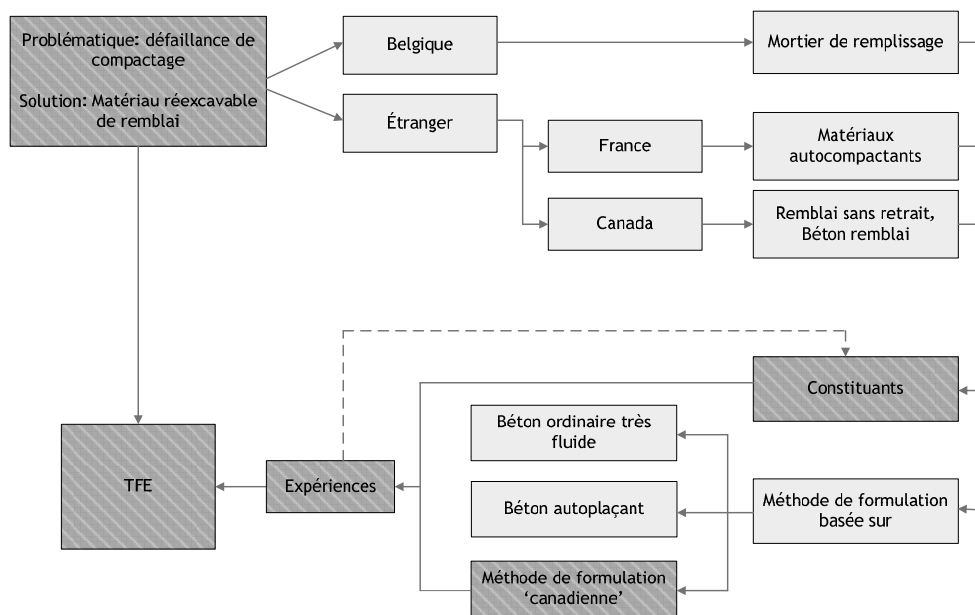


Figure 3 : Démarche générale du développement du TFE

La première étape consiste, sur base d'expérimentations en laboratoire, à faire le tri dans nos connaissances sur les bétons ordinaires, les bétons autoplaçants et les enseignements des littératures belges et étrangères pour isoler les constituants devant entrer dans la composition des matériaux réexcavables pour remblais.

Les constituants retenus sont :

- un ciment CEM III A 32,5 N LA, courant en centrale et garant d'une faible résistance à long terme ;
- un gravillon concassé calcaire de calibre 2/20, reconstitué par les différentes sous-fractions granulométriques (2/4,4/6,6/10,10/14,14/20). Cette astuce de laboratoire permet de minimiser les erreurs sur les dosages ;
- un sable concassé calcaire 0/2, non lavé qui contient un pourcentage élevé (de l'ordre de 10%) en fines ;
- de l'eau de distribution.

Dans un premier temps, nous avons tenté de mettre au point le matériau essorable (destiné aux encaissants perméables), matériau pour lequel la fluidité est apportée par une saturation en eau. Les dosages ont été obtenus en utilisant la méthode canadienne qui peut se résumer en trois étapes :

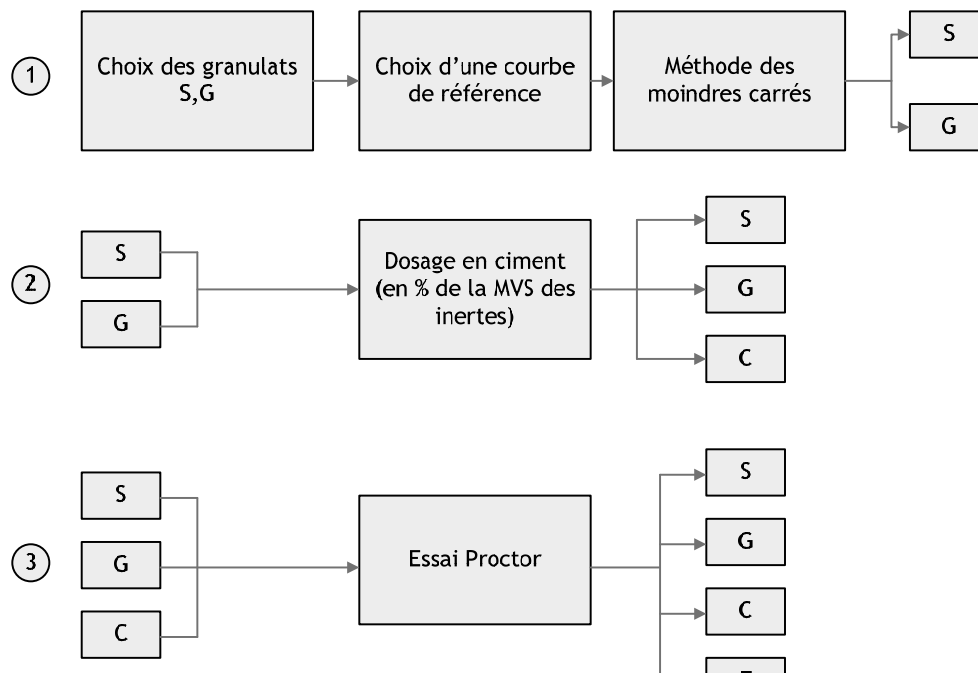


Figure 4 : Principe de formulation des matériaux essorables

Avec : S= sable ; G=gravillons ; C=ciment ; E= eau.

Etape 1 : Après avoir sélectionné les granulats (sable et gravillons), on en détermine les courbes granulométriques respectives. Pour en déterminer les dosages respectifs, on utilise comme courbe granulométrique de référence, une courbe dont l'équation répond à celle énoncée par Fuller.

Etape 2 : Le dosage en ciment utilisé au cours des recherches correspond à un compromis entre divers paramètres. D'une part, la littérature étrangère conseille de doser les bétons à raison de 25...C...100 kg/m³ pour s'assurer de la réexcavabilité.

D'autre part, le ciment est responsable de la cohésion des éprouvettes. Ce dosage a, dès lors, une importance pratique puisqu'il a un impact sur la maniabilité des éprouvettes en laboratoire qu'il faut éviter de détruire lors des manipulations. Travailler à la limite inférieure, préconisée par l'expérience étrangère, du dosage en ciment s'est avéré peu fructueux en termes de résultats exploitables.

Un troisième paramètre, bien qu'ayant une faible influence ici vu les faibles dosages, est l'intérêt des fines dans un mélange dont on recherche des bonnes caractéristiques de fluidité, « d'autocompaction ». Pour ce faire, nous fixons arbitrairement, après différents essais à différents dosages, que C=50 kg/m³ pour la suite du développement.

Des itérations sont nécessaires pour trouver le pourcentage de la Masse Volumique Sèche des inerts que cela représente. En effet, les dosages ne sont trouvés que pas à pas, et la masse volumique sèche du béton est déterminée par l'essai Proctor Modifié. Or, pour faire celui-ci, il y a lieu de connaître les dosages en ciment, sable et gravillons.

Etape 3 : Puisque nous travaillons sur un matériau essorable, nous allons chercher à remplir tous les vides de l'empilement S-G-C (qui sont déterminés ou fixés lors des deux premières étapes) par de l'eau. Pour ce faire, on cherche le volume de vides via l'essai Proctor Modifié, volume qui correspondra au volume d'eau nécessaire.

Les dosages des 4 constituants ainsi déterminés permettent de passer au malaxage, à la confection des éprouvettes. Celles-ci sont des cylindres en carton dont on ôte le fond et que l'on pose sur un lit de sable afin de simuler la perméabilité de l'encaissant.

Les dosages déterminés lors de ces études sont repris au tableau 1 :

<i>Constituant</i>	<i>Dosage requis (kg/m³)</i>
<i>G(14/20)</i>	<i>406,1</i>
<i>G(10/14)</i>	<i>304,6</i>
<i>G(6/10)</i>	<i>274,3</i>
<i>G(4/6)</i>	<i>300,0</i>
<i>G(2/4)</i>	<i>153,0</i>
<i>S</i>	<i>721,0</i>
<i>C (CEM III/A 32,5 N LA)</i>	<i>50,0</i>
<i>E</i>	<i>264,0 (l)</i>

Tableau 1 : Dosages requis pour un matériau essorable

Les résultats d'essais sont:

<i>Age (jours)</i>	<i>Rc' [MPa]</i>
<i>14</i>	<i>0,4</i>
<i>21</i>	<i>0,9</i>

*Tableau 2 : Résultats essais
compression essorable,
mise en œuvre 1*

<i>Age (jours)</i>	<i>Rc' [MPa]</i>
<i>14</i>	<i>0,5</i>
<i>28</i>	<i>0,5</i>
<i>56</i>	<i>0,7</i>

*Tableau 3 : Résultats essais
compression essorable,
mise en œuvre 2*

Il est utile tout d'abord de préciser la valeur de la résistance à la compression, R_c' (MPa) à atteindre, tests effectués sur cylindre 160x320 mm. Ces valeurs bien que non universelles semblent être considérées comme des bonnes références que ce soit par le CERTU dans son dossier numéro 78 sur l'utilisation des matériaux autocompactants pour le remblayage des tranchées ou du Recherche Routier belge dans son guide sur l'amélioration des sols pour le remblayage de tranchées d'égouts et l'enrobage de tuyaux.

$R'_{c,28j}$	$< 1 \text{ MPa}$	De 1 à 2,5 MPa	$> 2,5 \text{ MPa}$
Réexcavabilité	Facile	Moyennement facile	Difficile
Réexcavation	manuelle	Manuelle, légèrement mécanisée	Mécanisée

Tableau 4 : Evaluation de la réexcavabilité d'un béton de remblai

Dans l'étude de ce matériau, c'est une réexcavabilité aisée, manuelle ou faiblement mécanisée (par exemple avec une excavatrice hydraulique) que nous voulons atteindre. Les valeurs obtenues sur les éprouvettes sont donc dans la gamme voulue.

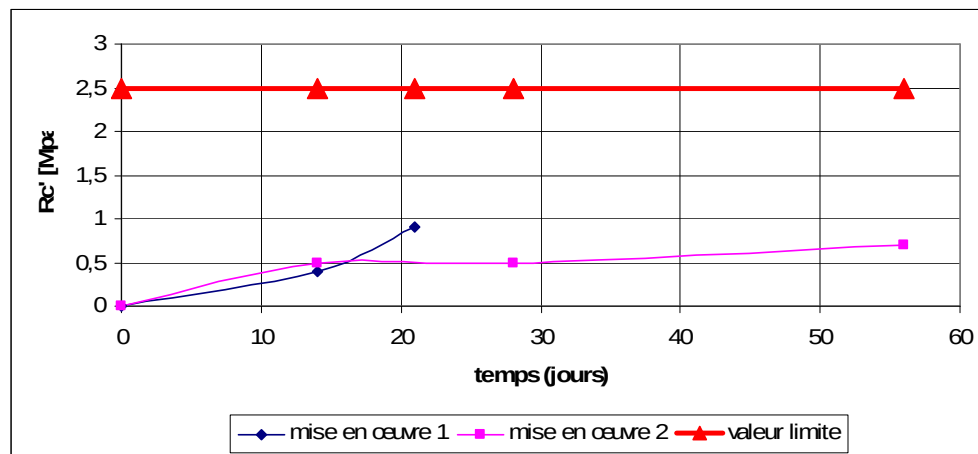


Figure 5 : Evolution des résistances en fonction du temps

Les résultats obtenus (figure 5) sont dans la fourchette recherchée de réexcavabilité (tableau 4), c'est-à-dire, une réexcavabilité moyennement, voire facilement réexcavable pour les deux mélanges.

Ces mélanges ne sont cependant pas optimisés. On constate par exemple une perte d'homogénéité dans le malaxeur lors de la seconde mise en œuvre, et on le constate également au niveau des résultats. Nous n'avons toutefois pas cherché à éliminer ces défauts en améliorant le développement

de l'essorable, mais bien en développant le second matériau, le non-essorable dont la puissance commerciale semble plus intéressante. Vu la faible résistance des éprouvettes et la mise en œuvre particulière du béton, ceci a causé la perte de quelques éprouvettes lors de la première campagne d'essai, ce qui justifie l'existence de seulement deux résultats. En effet le matériau de remblai essorable est coulé dans un cylindre sans fond posé sur du sable, devant simuler la couche drainante. Dès lors pour pouvoir être mis sous presse, il y a lieu de rectifier les faces des éprouvettes et de les enduire, processus qui nécessite un démoulage précoce pour pouvoir effectuer des tests à 7 jours. Ces manipulations sont rendues délicates par la faible résistance du matériau et ont conduit à la perte de certaines éprouvettes. Les résultats à 7 jours ne sont dès lors plus demandés lors de la seconde campagne d'essais. Dans le cadre du matériau non-essorable, les cylindres récepteurs des éprouvettes ayant un fond, il n'y a plus lieu de rectifier, le démoulage peut dès lors se faire plus tardivement et les résultats à 7 jours peuvent alors être obtenus.

3. Développement du matériau non-essorable

Pour le développement de ce second matériau, les hypothèses sont :

- les dosages validés par la rhéologie et les propriétés mécaniques du premier matériau (essorable) ;
- le principe de la méthode canadienne de saturation des vides est conservé ;
- la fluidité ne peut plus être apportée par un excès d'eau ;
- rechercher d'un compromis entre la fluidité recherchée sans saturer le mélange en eau et la proposition canadienne qui est de remplir en eau la totalité du le volume de vides noté V_v .

Pour ce dernier point, nous avons posé arbitrairement que :

$$(V_v)_{essorable} = E_{essorable} = \begin{cases} E_{non-essorable} & \text{à raison de 50 \%} \\ F & \text{à raison de 50 \%} \end{cases}$$

Formule dans laquelle F représente le volume de Filler et E, le volume d'eau.

Schématiquement, cela donne:

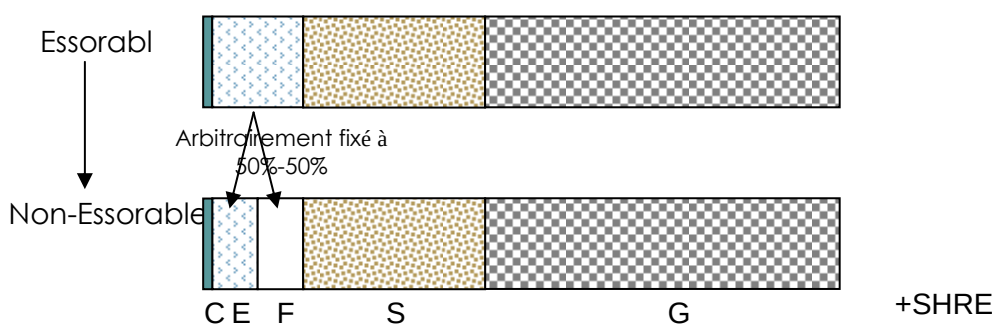


Figure 6 : Mise au point du matériau non-essorable

En fonction de la fluidité atteinte, nous nous sommes réservé la possibilité d'utiliser un superplastifiant.

Après différents essais les dosages jugés satisfaisants sont :

Constituants	Dosage (kg/m ³)
G(14/20)	335,7
G(10/14)	251,9
G(6/10)	226,6
G(4/6)	248,1
G(2/4)	125,7
S(0/2)	596,2
C (CEM III/A 32,5 N LA)	50,0
E (litres)	217,4
F	294,4
SHRE	0 ⁽¹⁾

Tableau 5 : Dosages utilisés pour la formulation d'un matériau non-essorable

⁽¹⁾ : lors de premiers essais effectués pour déterminer les dosages idéaux, deux paramètres sont inconnus ; les dosages en eau et en superplastifiant.

Ceux-ci sont ajoutés au fur et à mesure du malaxage, l'eau sur base du matériau essorable, en tenant compte de la grande demande en eau des fines (du sable, le ciment et le filler) et le superplastifiant en pourcents de la masse de ciment. Mais celui-ci n'apportait rien à la composition, il a dès lors été décidé de ne plus en utiliser lors des essais suivants, ceci justifiant la mise à 0 de son dosage. La plage d'efficacité pour l'utilisation d'un superplastifiant n'est pas atteinte (trop d'eau ou trop peu de ciment) pour le justifier dans la composition.

Les résultats des essais mécaniques pour cette composition sont:

<i>Age (jours)</i>	<i>R_c' [MPa]</i>
7	0,6
14	0,9
28	1,3

Mise en œuvre 1 (3 éprouvettes)

<i>Age (jours)</i>	<i>R_c' [MPa]</i>
7	0,6
14	0,9
28	1,4
56	1,8

Mise en œuvre 2 (4 éprouvettes)
avec un test à long terme

*Tableau 6 : Résultats d'essais pour un matériau de remblai non-essorable
(2 séries d'éprouvettes issues du même mélange)*

Au vu des résultats de ce matériau et en comparaison avec le matériau essorable, nous constatons que la résistance se développe plus vite. Ce phénomène peut être dû à trois paramètres de la composition: une compacité plus élevée du mélange, un effet positif du filler - inerte, il n'augmente pas la résistance, mais a un effet favorable sur celle-ci aux jeunes âges (augmentation de la cinétique) -, et la moins grande quantité d'eau à drainer du matériau.

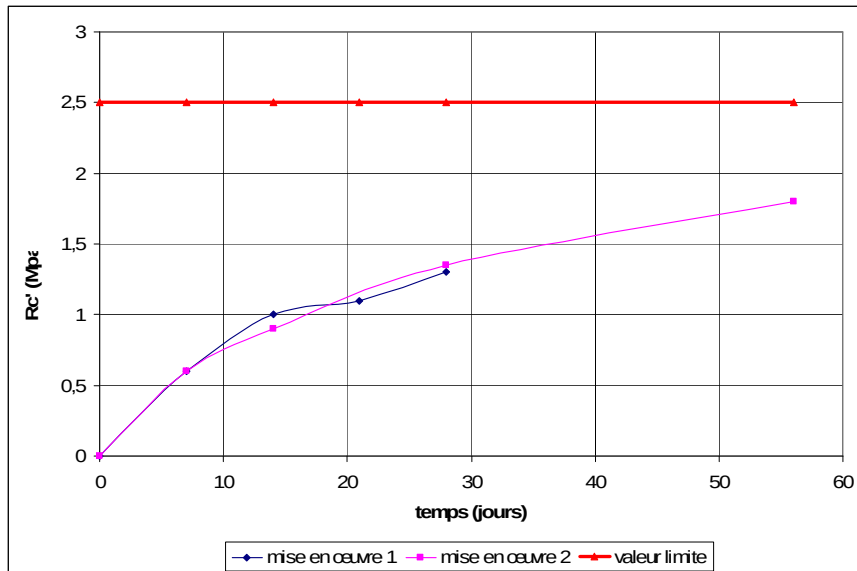


Tableau 7 : Evolution des résistances

Outre les essais mécaniques, des essais sur la rhéologie sont également effectués. Le nom choisi est autocompactant et non pas autoplaçant, nuance introduite pour indiquer une différence entre un béton structural fortement lié en ciment et un matériau de remblai réexcavable faiblement lié en ciment. Un béton autoplaçant répondra aux critères d'affaissement (valeur supérieure à une classe S_5), d'écoulement et de stabilité.

Un béton autocompactant, est un béton fluide (classe S_3 ou S_4 , ce qui correspond aux classes obtenues lors des essais) faiblement lié en ciment, dont la mise en place se fait par simple déversement, sans nécessiter un compactage externe. Ces valeurs de fluidité ont été fixées lors de ce travail et ne sont mentionnées dans aucun document de notre bibliographie.

Des essais de portance en laboratoire sont également effectués. Ils ont pour buts de déterminer le comportement temporel du matériau, de mettre en avant un avantage qui découle de l'utilisation d'un tel matériau qui est la rapidité de restitution des travaux de remblais, et enfin d'explorer la possibilité d'applications autres que le lit de pose, le remblai et l'enrobage. Les résultats sont les suivants:

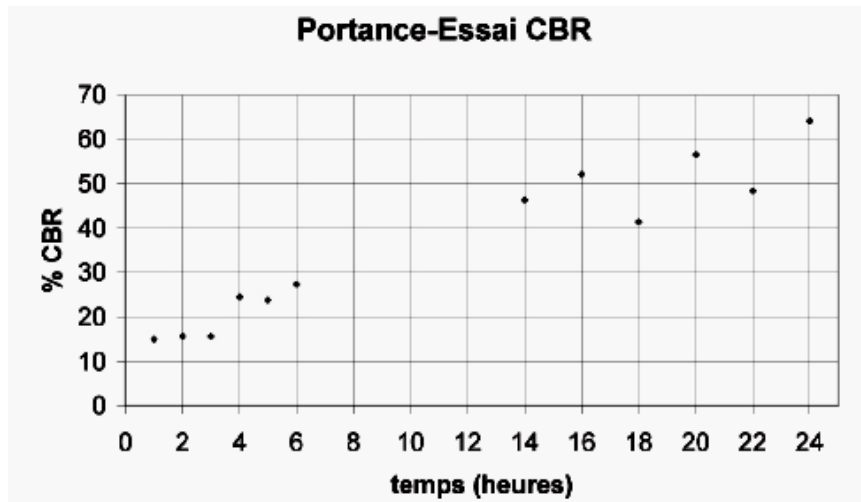


Figure 7 : Evolution de l'indice CBR

A titre de comparaison, nous pouvons nous baser sur le tableau suivant:

Type de terrain	Déformabilité sous passage d'un essieu de 13 T	Valeur CBR %	
		N.P. profonde (> 60 cm sous T.N.)	N.P. superficielle(< 60 cm sous T.N.)
Argiles fines saturées d'eau	trafic quasiment impossible, très déformable	2-3	0-2
Limons argileux	profond orniérage très déformable	3-10	2-5
Sables et graves argileux ou limoneux	peu d'orniérage légèrement déformable	10-20	5-10
Sables à granulométrie régulière, graves	très peu déformable	20-50	10-30
Graves compactées	pas d'orniérage indéformable	> 50	30-50

Tableau 8 : Conditions de circulation en fonction de l'indice CBR

L'objectif d'une restitution rapide du chantier semble donc atteint. Pour la restitution piétonne ou automobile, un essai visant à déterminer l'IPI (indice

de portance immédiate) aurait pu permettre des conclusions plus fermes en la matière. Mais cela aurait alors nécessité d'utiliser le matériau de remblai pour combler la totalité de la tranchée, la restituer et ensuite utiliser la propriété de réexcavabilité afin de recreuser au niveau voulu du remblai.

Cette technique, utilisée par quelques fabricants en France, n'était pas envisagée au début de cette étude, ce qui a rejeté ces essais.

Pour ce qui est des éventuelles applications complémentaires, la réponse est plus délicate à donner. D'une part, parce que les impositions du cahier des charges type RW99 donne des portances en terme de module d'essai à la plaque et qu'il n'existe pas de corrélation entre cet essai et l'indice CBR (California Bearing Ratio, essai durant lequel on compare les mesures de la résistance à l'enfoncement d'un poinçon dans l'éprouvette par rapport à un sol californien de référence) et, d'autre part, parce que ce type d'utilisations demande des caractéristiques complémentaires (comportement par rapport à l'eau, au gel, au trafic) non étudiées pour un matériau destiné au remblai.

Ces utilisations se limitent donc à des hypothèses, mais un recours aux MaR pour le fond de coffre nous paraît, à ce stade-ci, tout à fait réaliste.



Figure 8 : Aspect d'un matériau de remblai non-essorable.

A gauche, éprouvette CBR testée après 1 heure.

A droite, éprouvette CBR testée après 3 heures.

4. Conclusions

Vu sa polyvalence (possibilité de l'utiliser quel que soit le type d'encaissant), le matériau dit non-essorable constitue la solution que nous avons retenue pour répondre à un besoin de matériau de remblai « autocompactant » réexcavable pour un usage belge. Une composition type est :

<i>Constituants</i>	<i>Dosage (kg/m³)</i>
<i>G(14/20)</i>	<i>335,7</i>
<i>G(10/14)</i>	<i>251,9</i>
<i>G(6/10)</i>	<i>226,6</i>
<i>G(4/6)</i>	<i>248,1</i>
<i>G(2/4)</i>	<i>125,7</i>
<i>S(0/2)</i>	<i>596,2</i>
<i>C (CEM III/A 32,5 N LA)</i>	<i>50,0</i>
<i>E (litres)</i>	<i>217,4</i>
<i>F</i>	<i>294,4</i>

Tableau 9 : Matériau de remblai proposé

Il apporte pour des applications de constitution de fond de tranchée, lit de pose, enrobage et de remblai les avantages suivants (cautionnés par la littérature consultée à ce sujet):

- absence de compactage extérieur;
- décaissement manuel ou par des moyens faiblement mécanisés pour la maintenance du réseau;
- possibilité de travailler en tranchée fortement encombrée;
- diminution du temps de présence d'un homme dans la tranchée, de la pénibilité des tâches et des risques d'accident y liés;
- réduction de la largeur de la tranchée;
- réduction de nuisances sonores par l'absence de compactage;
- travail en tranchée dissymétrique intéressant;
- déversement depuis la goulotte du malaxeur;
- stockage de matériau de remblai sur site supprimé;
- formulation du matériau contrôlée en centrale;
- restitution rapide du chantier à la circulation;

- garantie d'épouser toutes les formes des conduits dans la tranchée et des parois de celle-ci;
- rendement élevé.

Une rapide analyse économique montre que ce type de matériau, au-delà des avantages techniques, a sa place sur le marché belge :

	Sable stabilisé	MaR	Béton maigre	Déblai	Empierrement
matériaux	- (1)	Ref (1)	= (1)	- - (2)	-
malaxage	=	Ref	=	- -	-
transport	=	Ref	=	-	=
mise en place : hommes	++	Ref	++	++	++
mise en place : matériel	+	Ref	+	+	+
évacuation des déblais	+	Ref	+	-	=
maintenance	=	Ref	+	=	=

Tableau 10 : Comparaisons économique de différents produits de remblayage, le Matériau de Remblai (MaR), ici le non-essorable étant pris comme référence.

[(1)] peut varier suivant la région

[(2)] sauf si nécessité d'amélioration (traitement à la chaux ou au ciment)

[+] le matériau est économiquement moins avantageux que le MaR

[-] le matériau est économiquement plus avantageux que le MaR

Cependant, quelques points faibles doivent être concédés :

- pose du filet avertisseur éventuellement plus délicate qu'avec des matériaux classiques suivant la condition d'utilisation du matériau;
- arrimage des canalisations légères nécessaire pour contrer la poussée d'Archimède;
- nécessité d'évacuer des déblais;
- travail en pente longitudinale limitée sauf si prise de précautions particulières;
- exclusion de travailler par des températures inférieures à 5°C.

Concernant le travail de fin d'études en lui-même, arrivé au terme de l'étude il permet de sensibiliser les utilisateurs potentiels à l'intérêt d'un matériau de remblai réexcavable ne nécessitant pas de vibrage externe après déversement. Nous avons jeté une base de développement pour le marché belge, que ce soit via les dosages trouvés, les méthodes ou encore les matériaux utilisés. Mais tout ceci n'a jamais fait l'objet d'une optimisation. Certains estimeront que les matériaux utilisés (filler, gravillons calcaires, etc.) sont trop nobles et que ce genre d'utilisation doit favoriser le recyclage, d'autres estimeront que certains dosages sont trop élevés (notamment le ciment et le filler posés arbitrairement). Ces optimisations sont donc encore envisageables, il existe des perspectives d'avenir pour les matériaux de remblais.

Mais outre le sujet abordé au long de ce travail et la démarche utilisée pour le mener à bien, un autre point fort est l'intérêt concret que prêtent entreprises et sociétés à ce travail. Que ce soit le MET, le CRR, la FEBELCEM, tous peuvent voir un intérêt dans le produit final, le matériau de remblai.

Les acteurs industriels peuvent également se sentir intéressés. D'une part les entreprises qui permettraient de commercialiser le produit et indirectement les revendeurs des différents composants et d'autre part les entrepreneurs actifs dans la pose de canalisation, de remblais, etc. qui peuvent voir les avantages de l'utilisation d'un tel produit.

Enfin, ce travail s'est limité à des parties en laboratoire et tous les tests n'ont pas pu être effectués. La perméabilité du béton, le comportement au gel, la perméabilité aux gaz, etc. n'ont pas été testés, alors qu'ils peuvent s'avérer importants pour certains concessionnaires, laissent donc la porte ouverte à un futur.

5. Bibliographie

- [1] « *Remblayage des tranchées, utilisation de matériaux autocompactants* », Belgique, Dossier du Certu n°78
- [2] LUPIEN, GAGNE & MARTIN, « *Utilisation optimale du remblais sans retrait* », Canada, Université de Sherbrooke, pp. 1-14
- [3] « *Remblayage de tranchées : les matériaux autocompactants à base de ciment* », Collection technique cimbéton, les matériaux autocompactants à base de ciment T62, pp. 1-16
- [4] PICOT, « *Remblayage de tranchées* », France, groupe de travail CERTU-SETRA, pp. 1-54
- [5] PLOYAERT Claude, « *Les bétons autoplaçants* », Belgique, Dossier Ciment n°36, FEBELCEM
- [6] « *Code de bonne pratique pour la pose d'égouts et collecteurs* », Belgique, Centre de Recherches Routières
- [7] « *Autocan, procédé pour remblayage de tranchées* », France, Eurovia, fiche produit
- [8] « *Le remblai technique : le moyen de raccourcir un chantier d'une semaine à une journée* », France, Routes n°91, mars 2005, chantier pp. 13-15

6. Remerciements

L'auteur tient ici à remercier Messieurs C. Ployaert, ingénieur conseil à la FEBELCEM et M. Gilmard, enseignant à l'ECAM, respectivement Promoteur et Tuteur du travail de fin d'études. Mais aussi les membres de l'AIECAM, du GBB, du CRR, du CRIC et des centrales à béton rencontrés lors de l'étude, ainsi que les professionnels qui nous ont contacté pour continuer des recherches à ce sujet.