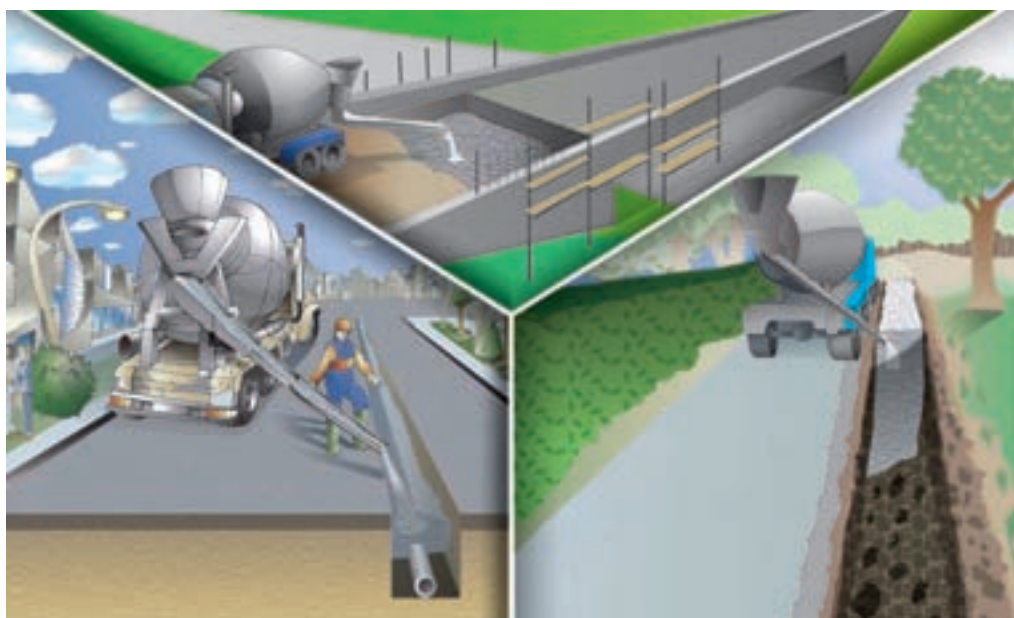


MATÉRIAUX DE REMBLAYAGE

Les matériaux autocompactants à base de ciment



Syndicat National
du Béton Prêt à l'Emploi

CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



MATÉRIAUX DE REMBLAYAGE

Les matériaux autocompactants
à base de ciment

Contributions à l'ouvrage

Cet document a été rédigé par :
Joseph Abdo Cimbéton

et validé par un groupe de travail constitué de :

Ludovic	Casabiel	Vicat
Frédéric	Didier	Holcim Ciments
Patrick	Dubois	Ciments Calcia
Antoine	Garrido	Ciments Calcia
Jean-Marc	Potier	SNBPE
Jean-Christophe	Redon	Lafarge Ciments
Jean-Pascal	Soufflet	Holcim Ciments
Benoist	Thomas	SNBPE

Sommaire

● Introduction	5
-----------------------	----------

● I Les matériaux autocompactants pour le remblayage des tranchées	7
1.1 - Pourquoi les matériaux autocompactants ?	8
1.2 - Qu'est-ce qu'un matériau autocompactant ?	9
1.3 - Les domaines d'application	10
1.4 - Performances attendues	12
1.4.1 - Résistances	12
1.4.2 - Délai de restitution à la circulation	12
1.4.3 - Réexcavabilité	13
1.4.4 - Résistance au gel – dégel	13
1.4.5 - Consistance	13
1.5 - La formulation	14
1.6 - La fabrication et le transport	14
1.7 - La mise en œuvre	14
1.8 - Les avantages et les précautions d'emploi	16
1.9 - Bilan	18

● 2 Les matériaux autocompactants essorables de structure (MACES)	19
2.1 - Définition du matériau	20
2.2 - Domaine d'application	20
2.3 - Performances attendues	21
2.3.1 - Résistances	21
2.3.2 - Comportement à la fatigue	21
2.3.3 - Délai de restitution à la circulation	21
2.3.4 - Réexcavabilité	22
2.3.5 - Résistance au gel-dégel	22
2.3.6 - Teneur en air et consistance	22
2.3.7 - État de surface	22

2.4 - Essais à disposition à ce jour et besoins	23
2.4.1 - Fabrication d'éprouvettes	23
2.4.2 - Ouvrabilité	23
2.5 - Méthode de dimensionnement	24
2.6 - Dispositions générales de fabrication, de mise en œuvre et de contrôle	24
2.6.1 - Fabrication	24
2.6.2 - Mise en œuvre	24
2.6.3 - Contrôle	24
2.6.4 - Réception	26
2.7 - Bilan	26

● 3 Les matériaux autocompactants pour les remblais techniques	27
3.1 - Définition du matériau	28
3.2 - Pourquoi le remblai technique?	28
3.3 - Les domaines d'application	28
3.4 - Performances attendues	29
3.4.1 - Résistances	29
3.4.2 - Limitation de la poussée hydraulique	29
3.4.3 - Délai de restitution à la circulation	29
3.4.4 - Réexcavabilité	30
3.4.5 - Résistance au gel – dégel	30
3.4.6 - Consistance	30
3.5 - La formulation	30
3.6 - La fabrication et le transport	30
3.7 - La mise en œuvre	31
3.8 - Les avantages	31
3.9 - Les précautions d'emploi	33
3.10 - Bilan	33

Bibliographie	35
----------------------	-----------

Introduction

● Les matériaux autocompactants sont des matériaux spécialement élaborés pour ne pas nécessiter de compactage lors de leur mise en œuvre. Ce sont des mélanges de granulats (sables, gravillons, fillers, etc.), de ciment, d'eau et d'adjuvants.

Comme le laisse suggérer leur appellation, il s'agit de matériaux qui se mettent en place naturellement, par simple déversement, sans compactage ni vibration. Ils assurent en quelques heures une stabilité suffisante permettant une remise en circulation rapide. Ils présentent à long terme des résistances mécaniques adaptées à l'usage.

On distingue deux familles de produits : les produits essorables et les produits non essorables.

> Les **produits essorables** utilisent le principe des remblais hydrauliques. La fluidité nécessaire à leur mise en œuvre est assurée par une teneur initiale en eau élevée. Leur stabilité et leur capacité portante sont obtenues essentiellement par l'évacuation d'une forte partie de cette eau (40 à 50 %) dans les matériaux encaissants, par l'empilement optimal des granulats et par la prise et le durcissement du ciment. Sauf dispositions spéciales, leur utilisation est limitée aux matériaux encaissants suffisamment perméables.

> Les **produits non essorables** : leur fluidité est obtenue par l'utilisation d'adjuvants spécifiques et dont la capacité portante est engendrée par la prise et le durcissement du ciment.

Ces matériaux ont été utilisés avec succès dans de nombreux pays.

Au Canada : on les utilise depuis plusieurs années en remblai sous chaussée et en assise de chaussée sous la couche de roulement dans les zones à faible circulation. Il s'agit de produits essorables au dosage de ciment très faible, qui tiennent bien au gel et présentent une résistance moyenne en compression à 28 jours comprise entre 0,3 et 1 MPa.

Aux États-Unis : on utilise des mélanges généralement dosés en ciment entre 30 et 60 kg/m³, présentant des résistances en compression à long terme de 0,35 à 2 MPa. Ils sont appelés "Controlled Low Strength Materials – CLSM". Il existe également outre-Atlantique des "Low Density Controlled Low Strength Materials – LD CLSM", matériaux autocompactants à faible densité élaborés à partir d'une mousse de béton.

Au Royaume-Uni : on emploie des matériaux autocompactants qui sont des mousses de béton dont la densité est comprise entre 0,6 et 2, et dont la résistance à la compression à 28 jours varie entre 1 et 1,8 MPa. Ces produits sont utilisés en remblayage de tranchées (pour les canalisations de gaz et d'eau). Pour certains produits, à caractéristiques mécaniques légèrement supérieures (résistance à la compression à 28 jours supérieure à 2 MPa), leur domaine d'emploi peut être étendu aux couches d'assises de certaines catégories de chaussées sous réserve qu'ils soient recouverts d'une couche de surface d'épaisseur minimale de 10 cm.

Les matériaux autocompactants ont été introduits en France dans les années quatre-vingt-dix pour pallier les difficultés rencontrées avec le remblayage classique des tranchées. Devant le succès rencontré, ces matériaux se sont diversifiés pour répondre à d'autres besoins spécifiques, tels le remblai technique (remblayage derrière les culées des ouvrages d'art) et les matériaux autocompactants essorables de structures MACES (remblayage pour l'élargissement des routes sur accotements non stabilisés).

Les matériaux autocompactants pour le remblayage des tranchées

1.1 - Pourquoi les matériaux autocompactants ?

1.2 - Qu'est-ce qu'un matériau autocompactant ?

1.3 - Les domaines d'application

1.4 - Performances attendues

1.5 - La formulation

1.6 - La fabrication et le transport

1.7 - La mise en œuvre

1.8 - Les avantages et les précautions d'emploi

1.9 - Bilan

1.1 - Pourquoi les matériaux autocompactants ?

Malgré l'existence de règles de l'art bien définies, décrites dans la norme NF P98-331 et dans le guide technique SETRA-LCPC « *Remblayage des tranchées et réfection des chaussées* » (mai 1994), les tranchées remblayées classiquement présentent encore, en proportion importante, une défaillance de comportement liée essentiellement à une insuffisance de compactage lors de leur remblayage.

La multiplication des interventions en site urbain sur les nombreux réseaux entraîne l'ouverture de tranchées de plus en plus étroites (40 à 50 cm de largeur). Il devient donc difficile, dans si peu d'espace parfois très encombré, de compacter efficacement les matériaux traditionnels.

De nouveaux matériaux, apparus en France depuis le début des années quatre-vingt-dix et appelés matériaux autocompactants, permettent de pallier ces difficultés. Ces matériaux sont dits « autocompactants » parce qu'ils se mettent en place naturellement dans les tranchées, par simple déversement, sans compactage, ni vibration. Ils assurent en quelques heures une portance suffisante permettant une remise en circulation rapide et présentent à long terme des résistances mécaniques suffisantes mais volontairement limitées pour permettre, en cas de besoin, une réexcavation facile de ces tranchées.



1.2 - Qu'est-ce qu'un matériau autocompactant ?

Les matériaux autocompactants pour le remblayage des tranchées combinent caractère autoplaçant, acquisition de portance rapide et caractéristiques mécaniques volontairement limitées et adaptées à l'usage. Ce sont des mélanges de granulats (sables, gravillons, fillers, etc.), de ciment en faible quantité (moins de 100 kg/m^3), d'eau et d'adjuvants.

Les produits

La plupart des centrales de Béton Prêt à l'Emploi (BPE) proposent une gamme de matériaux autocompactants.

On distingue deux familles de produits.

- **Les produits essorables**, qui utilisent le principe des remblais hydrauliques : la fluidité nécessaire à leur mise en œuvre est assurée par une teneur initiale en eau élevée. Leur capacité portante est obtenue essentiellement par l'évacuation d'une forte partie de cette eau (40 à 50 %) dans les matériaux encaissants, l'empilement optimal des granulats et par la prise et le durcissement du ciment. Sauf dispositions spéciales, leur utilisation est limitée aux matériaux encaissants suffisamment perméables.



- **Les produits non essorables**, dont la fluidité est obtenue par l'utilisation d'adjuvants spécifiques et dont la capacité portante est engendrée par la prise et le durcissement du ciment. Ces produits se répartissent en deux classes :

- ceux dont la granulométrie est inférieure ou égale à 6,3 mm ;
- ceux dont la granulométrie est supérieure à 6,3 mm.



1.3 - Les domaines d'application

L'un des domaines d'application privilégié des matériaux autocompactants est les tranchées étroites et encombrées (croisement, superposition de réseaux), car il est difficile – voire impossible – d'y réaliser un compactage correct, mais aussi, bien sûr, tous les autres types de tranchées (larges, profondes, etc.), ainsi que toutes les interventions ponctuelles.

Plus généralement, cette technique est particulièrement adaptée au remblayage des tranchées ayant, en outre, à satisfaire les deux exigences suivantes :

- une remise en circulation rapide ;
- absence de tassement différentiel ultérieur.

Tous les types de réseaux sont concernés (électricité, gaz, eau, assainissement, téléphone, etc.). Chaque concessionnaire peut imposer, pour les matériaux utilisés, des spécifications complémentaires relatives à la résistivité thermique, à l'agressivité chimique ou mécanique, à la perméabilité à l'air, etc.



Les produits actuellement proposés sur le marché, essorables ou non essorables, peuvent être utilisés à différents niveaux lors du remblayage des tranchées, en tant que :

- matériau d'enrobage ;
- matériau de remblai ;
- matériau d'enrobage et de remblai ;
- matériau de lit de pose, d'enrobage et de remblai.

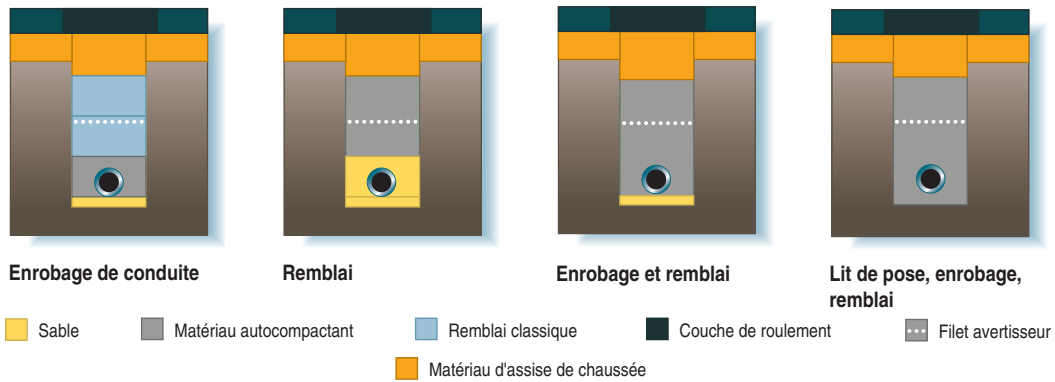


Fig. 1 : les domaines d'application courants

Pour certains produits, à caractéristiques mécaniques légèrement supérieures (résistance à la compression de l'ordre de 2 MPa), le domaine d'emploi peut être étendu aux couches d'assises de chaussées destinées à supporter un trafic de classe inférieure ou égale à T3 (150 poids lourds par jour).

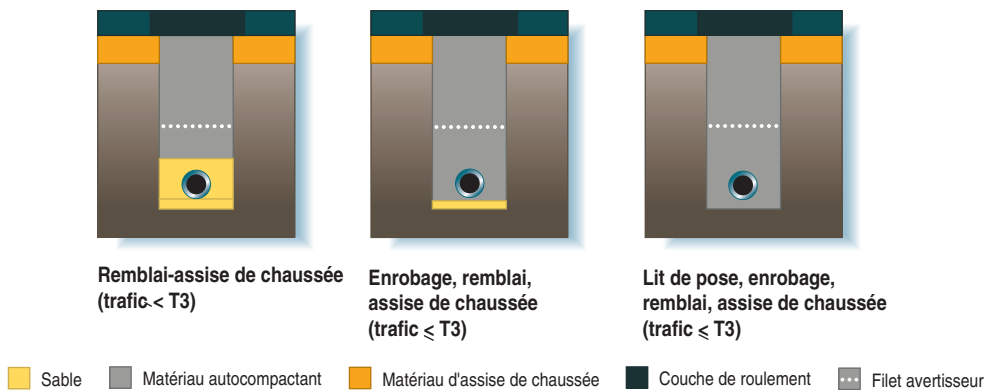


Fig. 2 : les domaines d'application potentiels

1.4 - Performances attendues

L'évolution des propriétés des matériaux autocompactants se fait soit par auto-compactage hydraulique, puis par hydratation et prise du ciment (cas des matériaux essorables), soit uniquement par hydratation et prise du ciment (cas des matériaux non essorables).

■ **1.4.1 - Résistances**

On vise une résistance à la compression à 28 jours inférieure ou égale à 2 MPa.

■ **1.4.2 - Délai de restitution à la circulation**

On cherche à remettre la chaussée en service le plus rapidement possible. L'expérience montre que, sur site, les produits essorables peuvent être ouverts à la circulation des piétons dans des délais courts (1 à 2 heures), à celle de véhicules légers en 6 heures et à celle des poids lourds en 24 heures. Pour les produits non essorables, ces délais sont plus longs (5 heures pour les piétons) et la restitution au trafic routier est variable en fonction de la température ambiante et du squelette granulaire.





■ 1.4.3 - Réexcavabilité

Matériaux facilement réexcavables selon les critères définis dans le tableau 1.

Tableau 1 : critères de réexcavabilité des matériaux autocompactants

	Résistance à la compression à 28 jours	
	Inférieure à 0,7 MPa	Comprise entre 0,7 et 2 MPa
Réexcavabilité	Facile	Moyennement facile
	Manuelle	Manuelle ou mécanisation légère

■ 1.4.4 - Résistance au gel – dégel

Les performances mécaniques et porosité du matériau sont suffisantes pour le considérer comme *a priori* non gélif. Cette hypothèse est confirmée par le comportement de ces matériaux, observé sur plusieurs années.

■ 1.4.5 - Consistance

Le matériau est autoplaçant. La mesure au cône d'Abrams reste possible, les valeurs obtenues sont couramment comprises entre 15 et 25 cm. Dans le cas de remblayage de tranchées présentant une pente longitudinale, il est nécessaire d'appliquer des dispositions spéciales de type cloisonnement.

1.5 - La formulation

Chaque fabricant a sa propre méthodologie pour déterminer la composition de ses produits. Une fiche produit précise les principales caractéristiques du matériau : type, granulométrie, résistance en compression, délais de restitution à la circulation piétonne et à la circulation des véhicules et éventuellement les caractéristiques spécifiques à chaque concessionnaire de réseau.

1.6 - La fabrication et le transport

Les matériaux autocompactants excavables sont fabriqués par des centrales BPE assurant le dosage des constituants et le malaxage.

Le transport doit se faire en camion malaxeur car, d'une part, pour certains produits, les adjuvants doivent être introduits à l'arrivée sur le chantier et, d'autre part, les matériaux essorables doivent être malaxés énergiquement (3 à 5 minutes à grande vitesse) avant leur mise en œuvre et ceci afin d'assurer l'homogénéité du mélange.

1.7 - La mise en œuvre

Comme pour les bétons traditionnels, ces produits ne doivent pas être mis en œuvre (sauf dispositions spéciales) par des températures ambiantes inférieures à 5 °C.

Le matériau est versé directement depuis la goulotte du camion malaxeur dans la tranchée au fur et à mesure de la progression du camion. Pour éviter la ségrégation, il convient de limiter la hauteur de chute depuis la goulotte. Les canalisations ainsi que les grillages avertisseurs doivent être arrimés pour éviter qu'ils soient déplacés sous l'effet de la poussée hydrostatique. Pour ce faire, on utilisera par exemple des plots en béton, des étriers métalliques, des entretoises horizontales, etc.

La mise en œuvre nécessite un ouvrier qui guide la goulotte de déversement dans la tranchée et un autre qui égalise la surface.

Les différentes étapes de la mise en œuvre d'un chantier



a



d



b



e



c



f

1.8 - Les avantages et les précautions d'emploi

Les matériaux autocompactants sont spécialement étudiés pour le remblayage des tranchées. Ils sont fabriqués, de façon locale, par des centrales BPE qui en garantissent la régularité des caractéristiques et des performances.

Ils présentent les principaux avantages suivants.



- **Possibilité de reconstituer rapidement la chaussée définitive** sans risque de tassements différentiels ultérieurs.

- **Élimination des nuisances** liées au bruit et aux vibrations provoquées par le compactage mécanique, indispensable dans le cas d'un remblayage classique.

- **Pas de stockage de matériau de remblai sur le site** : l'utilisation de camions malaxeurs supprime les stockages intermédiaires entre fabrication et mise en œuvre et offre la possibilité de mise en place directe par goulotte ou pompe suivant l'emplacement du vide à remplir et le type de matériau.





- **Réduction du matériel de chantier:**

la mise en œuvre se fait sans chargeur ni compacteur.

- **Gain de productivité:**

- chantier rapide, sa durée est globalement réduite;
- main-d'œuvre moins nombreuse.

- **Sécurité accrue des ouvriers**, qui n'ont plus à descendre dans les tranchées au moment du remblayage, à l'instar de la méthode classique.

- **Possibilité de remblayage des tranchées étroites et encombrées.**

- **Pas de contrôle de compacité pendant le chantier.**

- **Pour les tranchées blindées, le retrait du blindage est facile.** Le matériau autocompactant, occupant progressivement le volume laissé par celui-ci, ne présentera ni déformation, ni tassement.

- **La présence d'une faible quantité d'eau dans la tranchée n'est pas un obstacle à son remblayage avec des produits non essorables sous réserve de mettre en place judicieusement le matériau, pour ne pas le délayer.**



Les principales précautions d'emploi à prendre pour l'utilisation des matériaux autocompactants sont les suivantes :

- **l'arrimage des conduites et des grillages avertisseurs est nécessaire** pour contrer la poussée hydrostatique exercée par ce matériau ;
- **après remblayage, un délai minimal est requis** pour obtenir une portance autorisant la circulation piétonne (1 à 5 heures selon les produits et selon les conditions du chantier). En revanche, un délai plus long est nécessaire pour la circulation des véhicules automobiles. Toutefois, les matériaux essorables permettent les délais les plus courts ;
- **l'emploi est limité à des tranchées présentant une faible pente longitudinale**, sauf à prendre des dispositions spéciales.

1.9 - Bilan

Les chantiers réalisés avec les matériaux autocompactants donnent toute satisfaction à l'ensemble des acteurs (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, concessionnaires de réseaux et entreprises). Le marché s'élève actuellement à environ 300 000 m³ par an. Les chantiers réalisés en France sont nombreux et concernent l'ensemble des domaines d'application.

Les matériaux autocompactants essorables de structure (MACES)

2.1 - Définition du matériau

2.2 - Domaine d'application

2.3 - Performances attendues

2.4 - Essais à disposition à ce jour et besoins

2.5 - Méthode de dimensionnement

**2.6 - Dispositions générales de fabrication,
de mise en œuvre et de contrôle**

2.7 - Bilan

2.1 - Définition du matériau

Les MACES (Matériaux AutoCompactants Essorables de Structure) combinent caractère autoplaçant, acquisition de portance rapide et caractéristiques mécaniques équivalentes à une grave ciment de type G2 à G3.

Une formule typique de MACES comprend un squelette granulaire de diamètre maximal 14 à 20 mm, un dosage en ciment de 140 kg/m³ et une teneur en eau (efficace) d'environ 200 l/m³.

2.2 - Domaine d'application

Ces matériaux sont destinés à la réalisation d'assises de chaussées où ils peuvent se substituer avantageusement aux graves traitées pour les raisons suivantes, du fait de l'absence de compactage nécessaire :

- **mise en œuvre sur sols peu porteurs, dans des zones étroites où le compactage est difficile ;**
- **possibilité de réaliser des couches épaisses en une seule fois (pas de problème de séparation de couche) ;**
- **exécution rapide.**



Les MACES n'ont, jusqu'à présent, été utilisés qu'en poutres de rives pour la réfection partielle ou l'élargissement de chaussées à faible trafic (T3). Le matériau était dans ce cas versé directement sur le fond de forme et était recouvert finalement par une couche de roulement.

Ces matériaux peuvent être mis en œuvre quelle que soit la perméabilité du sol support : sur un sol perméable, l'eau en excès s'évacue par le bas, sur un sol imperméable elle s'évacue par le haut. Dans les deux cas, ce départ d'eau se fait sans dégrader l'homogénéité du matériau.

2.3 - Performances attendues

L'évolution des propriétés du MACES se fait par autocompactage hydraulique, puis par hydratation et prise du ciment présent dans le matériau.

■ **2.3.1 - Résistances**

On vise une classe G2-G3 selon le guide de dimensionnement des chaussées. Les ordres de grandeurs des performances mécaniques à 28 jours sont les suivants :

$R_{tb} = 1 \text{ à } 1,5 \text{ MPa}$

$E = 10 \text{ à } 25 \text{ GPa}$

Pour mémoire, $R_c = 5 \text{ à } 7 \text{ MPa}$.

■ **2.3.2 - Comportement à la fatigue**

Des essais préliminaires confirment un comportement proche de celui des graves traitées de mêmes performances statiques.

■ **2.3.3 - Délai de restitution à la circulation**

On cherche à remettre la chaussée en service le plus rapidement possible. L'expérience montre que, sur site, le matériau peut être ouvert à la circulation des piétons en une à deux heures, à celle de véhicules légers en six heures environ, et à celle des poids lourds en 24 heures.

Lors de l'étude de formulation, la portance à court terme est estimée par mesure de l'indice portant immédiat (IPI), qui doit atteindre 35 en 5 à 7 heures. À noter que la problématique piéton est secondaire car les MACES sont, *a priori*, destinés aux chaussées interurbaines.

La restitution au trafic pose deux problèmes : la manque de marquage de la surface et le risque de détérioration du matériau en fond de couche lors de sa prise.

■ 2.3.4 - Réexcavabilité

Comme une grave traitée, ce matériau n'est pas conçu pour être réexcavable.

■ 2.3.5 - Résistance au gel-dégel

Les performances mécaniques et porosité du matériau sont suffisantes pour le considérer comme *a priori* non gélif. Ce postulat est confirmé par le comportement sur plusieurs années des MACES mis en place dans les premiers chantiers expérimentaux dans la région de Metz. Attention aux travaux d'arrière-saison.

■ 2.3.6 - Teneur en air et consistance

Le matériau est autoplaçant. La mesure au cône d'Abrams reste possible, les valeurs obtenues sont couramment comprises entre 15 et 25 cm, mais ne sont pas discriminantes.

On peut utiliser le concept de coefficient de remplissage. Les matériaux doivent pouvoir tenir des pentes élevées pour s'adapter au profil longitudinal des chaussées.

■ 2.3.7 - État de surface

Il dépend du type de couche de roulement posée par-dessus. Si seulement un gravillonnage est prévu la surface doit être soignée.



État de la chaussée élargie avant la réalisation de la couche d'enrobé.

2.4 - Essais à disposition à ce jour et besoins

■ 2.4.1 - Fabrication d'éprouvettes

Compte tenu du caractère autocompactant et essorable du matériau, la confection des éprouvettes doit être faite en suivant un protocole particulier. Pour cela, les cylindres (16 x 32 cm) sont remplis par déversement du matériau depuis l'un des cônes d'un appareil de Glanville (cet appareil est constitué de deux cônes placés l'un au dessus de l'autre, on n'utilise ici que l'un des deux). Cette méthode permet de mettre en place le matériau avec une énergie contrôlée.

Pour simuler le mode d'évacuation de l'eau qui se retrouvera sur le chantier, le fond des éprouvettes peut être percé dans le cas des sols supports perméables. La pertinence de cette méthode a été validée par des carottes prélevées sur chantier.

■ 2.4.2 - Ouvrabilité

L'appareil de Glanville permet également de mesurer un coefficient de remplissage qui peut servir à caractériser l'ouvrabilité en étude comme en contrôle. Il s'agit de mesurer la densité d'un échantillon mis en œuvre avec le Glanville et de la comparer à la densité maximale théorique.

2.5 - Méthode de dimensionnement

Les MACES ne sont pour l'instant utilisés qu'en poutres de rive. Il n'existe pas encore de méthode de dimensionnement et il semble nécessaire de travailler sur ce point. Actuellement l'utilisation est limitée aux trafics T3 et l'épaisseur minimale de MACES est de 35 cm.

2.6 - Dispositions générales de fabrication, de mise en œuvre et de contrôle

■ 2.6.1 - Fabrication

Pour l'instant un ciment 52,5 a été privilégié pour une remise en service rapide.

■ 2.6.2 - Mise en œuvre

La mise en œuvre du matériau s'effectue par simple versement depuis un camion toupie dans la fouille, suivi d'un traitement manuel léger qui dépend de l'état de surface souhaité (lisse ou rugueux). L'agitation de gauche à droite de la goulotte de la toupie favorise la mise en place du matériau notamment lorsque la teneur en eau a été réduite pour pouvoir tenir des pentes élevées.

Leur caractère autocompactant permet de les mettre en œuvre dans des tranchées de faible largeur et à une cadence importante.

Les diamètres maximaux des matériaux réalisés jusqu'à présent vont de 14 à 20 mm.



Gros plan sur le matériau auto-compactant Maces 140.



Préparation de la poutre.



Planche d'essai effectuée sous le contrôle du laboratoire DDE de LAVAL.



Phase d'assainissement avec mise en place d'un fossé drainant dans les faibles largeurs d'emprise.



Mise en œuvre du matériau auto-compactant Maces 140.

■ **2.6.3 - Contrôle**

En contrôle, la mesure de l'affaissement ne semble pas discriminante: lui préférer une mesure de coefficient de remplissage (nécessite une balance).

Il est possible de réaliser des éprouvettes $\varnothing 16 \times 32$ cm pour caractérisation mécanique avec l'appareil de Glanville.

■ **2.6.4 - Réception**

Essai de déflexion à la poutre.

2.7 - Bilan

Le concept des MACES est relativement récent (2000). Seules applications: en poutre de rive pour élargissement de chaussées:

- 7 km par le Conseil Général de Vienne ;
- 2,5 km par le Conseil Général de Mayenne ;
- 3 km par le Conseil Général de Moselle.

Les matériaux autocompactants pour les remblais techniques

3.1 - Définition du matériau

3.2 - Pourquoi le remblai technique ?

3.3 - Les domaines d'application

3.4 - Performances attendues

3.5 - La formulation

3.6 - La fabrication et le transport

3.7 - La mise en œuvre

3.8 - Les avantages

3.9 - Les précautions d'emploi

3.10 - Bilan

3.1 - Définition du matériau

Le Béton Chantier de Remblaiement Technique (BCRT) est une grave fluide auto-compactable, auto-essorable et excavable. Elle est fabriquée en centrale de BPE et livrée sur chantier par camion-malaxeur. Selon la configuration du chantier, elle peut être coulée à la goulotte ou au tapis distributeur.

3.2 - Pourquoi le remblai technique ?

Il est rendu nécessaire par l'accroissement de la circulation, l'élargissement des routes existantes se heurtant souvent au goulot d'étranglement que représentent les ponts en maçonnerie.

Leur redimensionnement est une opération lourde et parfois risquée: il faut démonter les parapets, évacuer en décharge les matériaux de remplissage puis mettre en œuvre un matériau comme de la GNT (grave non traitée) qu'il faut compacter dans un ouvrage déjà fragilisé. D'où l'intérêt d'une solution alternative, fondée sur un remblaiement sans compactage, qui assure l'obtention rapide d'une assise avec des performances techniques permettant la construction d'une dalle, avec la certitude d'une répartition des charges sans tassement.

3.3 - Les domaines d'application

L'emploi d'un matériau de remblaiement spécifique, facilement excavable, auto-compactant et auto-essorable, fait gagner un temps précieux sur les chantiers de redimensionnement des ouvrages d'art, réalisés à l'occasion du passage en 2 x 2 voies d'anciennes routes.

Cette technique peut aussi être transposée sur des ouvrages neufs tels que les P.I.P.O. (Passages Inférieurs Portique Ouvert) où se posent souvent des problèmes d'accessibilité et de compactage des remblais techniques pour les ouvrages en déblais.



3.4 - Performances attendues

■ 3.4.1 - Résistances

On vise une résistance à la compression à 28 jours, inférieure ou égale à 2 MPa.

■ 3.4.2 - Limitation de la poussée hydraulique

Puisque ce produit est mis en œuvre par déversement quasi liquide sur plusieurs mètres de hauteur, il faut vérifier, à partir d'une méthodologie de mise en œuvre, que ce matériau n'apporte pas de poussées sur les piédroits, supérieures à celles classiquement retenues pour l'ouvrage à réaliser et donc sans incidence sur le ferrailage.

■ 3.4.3 - Délai de restitution à la circulation

On cherche à remettre la chaussée en service le plus rapidement possible.

■ 3.4.4 - Réexcavabilité

Les remblais techniques sont des matériaux facilement réexcavables, selon les critères définis dans le tableau 1 page 10.

■ 3.4.5 - Résistance au gel – dégel

Les performances mécaniques et porosité du matériau sont suffisantes pour le considérer comme *a priori* non gélif.

■ 3.4.6 - Consistance

Le matériau est autoplaçant. La mesure au cône d'Abrams reste possible, les valeurs obtenues sont couramment comprises entre 15 et 25 cm. Dans le cas du remblai technique présentant une hauteur de plusieurs mètres, il est nécessaire de réaliser des coffrages provisoires.

3.5 - La formulation

Chaque fabricant a sa propre méthodologie pour déterminer la composition de ses produits. Une fiche produit précise les principales caractéristiques du matériau : type, granulométrie, résistance en compression, délais de restitution à la circulation des véhicules.

3.6 - La fabrication et le transport

Le remblai technique est fabriqué par des centrales BPE assurant le dosage des constituants et le malaxage. Le transport doit se faire en camion malaxeur car ces matériaux doivent être malaxés énergiquement (3 à 5 minutes à grande vitesse) avant leur mise en œuvre, et ceci afin d'assurer l'homogénéité du mélange.

3.7 - La mise en œuvre

Comme pour les bétons traditionnels, les remblais techniques ne doivent pas être mis en œuvre (sauf dispositions spéciales) par des températures ambiantes inférieures à 5 °C. Le matériau est versé directement depuis la goulotte du camion malaxeur ou au tapis distributeur.



3.8 - Les avantages

Les remblais techniques présentent les principaux avantages suivants.

- **Raccourcir les délais des déviations et réduire les nuisances sonores**

Dans le cadre d'un aménagement routier 2 x 2 voies par doublement de la voie existante, la solution classiquement retenue pour les rétablissements des voiries en déblais en P.I.P.O. est celle d'un terrassement global sur l'ensemble chaussée existante et nouvelle chaussée. Ce qui implique la réalisation d'une déviation hors emprise, une technique longue et coûteuse (occupation temporaire de terrains, construction de chaussée provisoire, etc.).

Avec le remblai technique, il devient possible de réaliser un demi-ouvrage à l'emplacement de la chaussée actuelle, en prévoyant une déviation (très courte) sur l'emprise de la future deuxième voie. Il suffit ensuite de réaliser le second demi-ouvrage en rétablissant la circulation sur la voie initiale.

Autre avantage, la gêne à l'usager diminue pour une meilleure sécurité.



- **Le remblai technique fait office de couche de forme**

Grâce à sa portance homogène, le remblai technique peut aussi faire office de couche de forme routière sur 10-15 m de part et d'autre du pont.

- **Grande stabilité dimensionnelle**

Un des atouts de ce matériau est sa grande stabilité dimensionnelle. Il devient donc superflu de réaliser une dalle de transition et donc les corbeaux ainsi que les drainages derrière les piédroits.

- **Fonction drainante après prise**

La fonction drainante subsiste après la prise et permet donc de se dispenser des habituels drains verticaux, ce qui est plus économique.

- **Gain de temps appréciable**

La mise en place du remblai prend une journée seulement au lieu d'une semaine. Puisqu'on peut se dispenser de la réalisation de corbeaux, de dalles de transition et de drains, le gain de temps peut atteindre deux à trois semaines.

- **Coût global compétitif.**

Le raisonnement en coût global montre qu'il s'agit d'une solution compétitive.

• **Réduction des gênes aux riverains**

Cette technique pourrait s'avérer intéressante sur les chantiers en site urbain ou périurbain. Comme le matériau est stable après décoffrage, y compris dans le cas de parois verticales provisoires, lors de la construction d'un passage inférieur sous route, cela évite d'avoir à battre un rideau de palplanches pour la réalisation de chaque demi-ouvrage. Les nuisances sonores et la transmission de vibrations par le sol au voisinage sont ainsi évitées.

3.9 - Les précautions d'emploi

Les principales précautions d'emploi à prendre pour l'utilisation des matériaux autocompactants sont les suivantes :

- vérification des poussées hydrauliques ;
- compte tenu de la hauteur de chute du matériau, la formulation doit être bien étudiée pour éviter la ségrégation du produit ;
- respecter une épaisseur minimum de 40 cm ;
- stabiliser la zone d'accès des camions toupies ;
- prévoir un exutoire (drain le long de semelles par exemple) à la base de l'ouvrage ;
- assainir le fond de fouille, par pompage si nécessaire, pendant la mise en œuvre.

3.10 - Bilan

- RD 863 – Ouvrage à la hauteur de la Chapelle-sur-Oudon – Année 2000 – Quantité utilisée: 600 m³.
- RD 775 – Ouvrage entre Angers et Rennes – Année 2004 – Quantité utilisée: 600 m³.

Bibliographie

> **Matériaux autocompactants pour le remblayage des tranchées :**

nombreux reportages dans la revue Routes éditée par Cimbéton.

> **MACES :**

Articles

O. HERR, M. VACHON, T. SEDRAN, F. de LARRARD et J-M BALAY, Les Matériaux Autocompactants Essorables de Structure (MACES) : étude de faisabilité d'une nouvelle gamme de matériaux hydrauliques pour les assises de chaussées, *Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées* n° 232, pp 99-103, mai-juin 2001

T. SEDRAN, O. HERR, F. DE LARRARD and G. MARCHESE, Laboratory Studies For a new selfcompacting bleeding cementitious material for pavement bedding, 9th International Symposium on Concrete Roads, Istanbul, April 2004

F. de LARRARD, T. SEDRAN et V. MATHIAS, Innovations récentes et futures dans le domaine des matériaux hydrauliques pour la route, *Revue générale des Routes* n° 830, pp71-76, juillet-août 2004. Les matériaux autocompactants essorables de structure "MACES" pour l'élargissement de chaussées, *Routes* n° 89, sept 2004.

Aménagement de la RD 151 à Saint-Fraimbault (Mayenne), *Routes* n° 89, sept 2004.

Présentation

T. SEDRAN, Les Macés, Journée CETE/CIMBÉTON/SNBPE Voirie en Béton : techniques et performances, Nantes, 8 juin 2004.

> **Les matériaux autocompactants pour les remblais techniques :**

nombreux reportages dans la revue Routes éditée par Cimbéton.

Crédit photographique

Romualda HOLAK, LAFARGE,
X, tous droits réservés.

Illustration de la couverture

David Lozach

Mise en page et réalisation

Amprincipe Paris
R.C.S. Paris B 389 103 805

Impression

Édition juin 2008



CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10
E-mail : centrinfo@cimbeton.net • internet : www.infociments.fr