

MAI 2010

SYNERGIE

WWW.BCR.CC

Une publication de
Ciment Québec
Inc.

**RETRAITEMENT
À HAUTE PERFORMANCE AU CIMENT**



NOUVELLE ÉDITION DE LA NORME CANADIENNE

LE CIMENT PORTLAND AU CALCAIRE ARRIVE AU CANADA

L'édition 2009 de la norme de construction CSA A23.1 Béton - Constituants et exécution des travaux de la Canadian Standard Association, fera référence à une nouvelle classe de ciment appelé ciment portland au calcaire (CPC). Utilisé depuis plus de 25 ans en Europe, le CPC arrive sur le marché canadien après avoir été inclus l'an dernier dans la nouvelle édition de Cementitious Materials Compendium Standards pour la norme CSA A3000-08.

MÊME QUALITÉ, PLUS VERT

Le ciment portland au calcaire est un mélange de ciment portland à usage général avec de la pierre calcaire ou un co-broyage de clinker et de pierre calcaire. En ajoutant de la pierre calcaire, on réduit la portion de clinker ou de

ciment portland à usage général nécessaire à la fabrication d'un CPC. La nouvelle édition de la norme A23.1 permettra au cimentier d'employer jusqu'à 15 % de pierre calcaire dans un CPC.

Le ciment portland au calcaire comparé au ciment à usage général émet 10 % moins de gaz à effet de serre au moment de sa fabrication, mais conserve les mêmes qualités d'efficacité et de durabilité. Ce ciment VERT devient un sérieux avantage pour l'obtention de crédits en vue de la certification LEED des bâtiments durables.

RESTRICTION D'UTILISATION DU CPC

Après la réalisation d'une analyse documentaire, les chercheurs Doug

Hooton, PhD, de l'Université de Toronto, Mike Thomas, PhD, de l'Université du Nouveau-Brunswick et Michelle Nokken, PhD, de l'Université Concordia ont fait part de leurs inquiétudes.

Pour le moment, les bétons faits à partir de CPC ne peuvent pas être utilisés dans un environnement exposé au sulfate (même s'ils sont combinés à des ajouts cimentaires). Des informations contradictoires obtenues lors de l'analyse documentaire et des inquiétudes concernant la forme thaumasite d'attaque au sulfate ont conduit à cette contre-indication.

Cette restriction fait actuellement l'objet de trois programmes de recherches indépendants. On devra donc attendre la conclusion

de tests plus poussés réalisés en combinaison avec des ajouts cimentaires avant de pouvoir utiliser le ciment portland au calcaire dans un environnement exposé aux sulfates.

DANS LE CODE NATIONAL DU BÂTIMENT DU CANADA

Le CPC sera également inclus dans l'édition 2010 du Code national du bâtiment du Canada, et son emploi sera autorisé par la loi dans l'industrie canadienne de la construction dès que les autorités provinciales feront référence à la nouvelle édition des normes sur le ciment et le béton ou qu'elles adopteront le Code national du bâtiment de 2010. 🇨🇦

SYNERGIE

Volume 9, numéro 1

Mai 2010

Synergie est un magazine d'information sur les diverses facettes de l'industrie du ciment. Les opinions exprimées dans cette publication ne sont pas nécessairement partagées par Ciment Québec inc.

Édition

Marc Boulianne

Comité de rédaction

Yves Brousseau

François Marleau

Gaétan Salvail

Rédaction en chef

Marie-Josée Huot

Direction artistique

Chantale Huot

Collaboration

Charles Allain

Révision linguistique

Pierre Dion

Impression

Publications 9417

ISSN

1703-4213 Synergie

Poste-publications

40006422

Pour abonnement, changement d'adresse, copies supplémentaires, commentaires ou nous joindre, consultez le portail www.bcr.cc à la page consacrée au magazine Synergie.

Ciment Québec

145, boul. du Centenaire

Saint-Basile, comté de Portneuf, QC G0A 3G0

© 2010 Ciment Québec inc.

Synergie est imprimé sur papier recyclé et recyclable.

PRIX DU RÉSEAU ENVIRONNEMENT

YVES BROUSSEAU DE CIMENT QUÉBEC REÇOIT LA DISTINCTION FERNAND SÉGUIN

Yves Brousseau, directeur développement commercial et services techniques chez Ciment Québec a reçu la Distinction Fernand Seguin remise par le Réseau environnement pour son article intitulé *La solidification/stabilisation au ciment : un nouvel outil pour une gestion durable des sols contaminés*.

La Distinction Fernand Seguin est remise à l'auteur ou aux auteurs d'un article technique paru dans la revue VECTEUR environnement pour la rigueur du contenu et l'excellence générale de l'article.

Yves Brousseau a corédigé cet article avec Jean-Sébastien Dubé, professeur au Département de génie de la construction à l'ÉTS, et Éric Hardy, directeur géoenvironnement chez Qualitas Montérégie. 🇨🇦

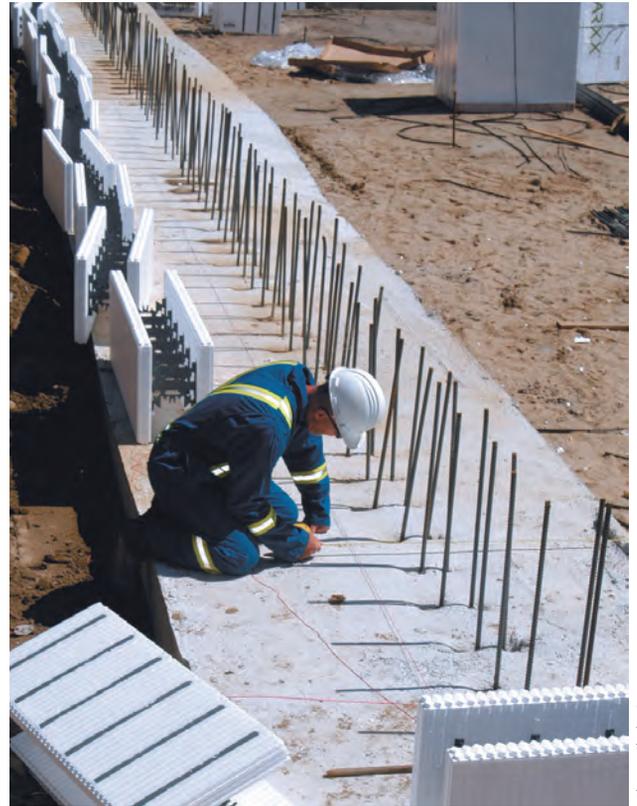


Yves Brousseau, Jean-Sébastien Dubé, Michel Lamontagne, président du Réseau environnement, et Éric Hardy.

Photo : Marie-Pierre Boisvert

COFFRAGE ISOLANT UN SECRET ENCORE TROP BIEN GARDÉ

Le coffrage isolant est une technologie encore mal connue au Québec. Bon nombre de professionnels de la construction, comme les architectes et les ingénieurs, hésitent encore à le proposer. Mais ses nombreux avantages devraient contribuer à accroître sa présence sur les chantiers.



Photos: Charles Grégoire

Le système de coffrage isolant consiste à utiliser des panneaux de polystyrène expansé pour monter le coffrage qui reçoit le béton. Mais, contrairement au coffrage en bois qu'on enlève une fois le béton durci, le coffrage isolant reste en place. Outre le fait d'offrir un environnement idéal d'humidité et de température pour le mûrissement du béton, les panneaux de polystyrène forment une paroi isolante qui augmente l'isolation et l'insonorisation des murs et des fondations construites de cette façon.

Monsieur Benoît Déry, président de la firme Construction Melcon, réalise 85% de ses projets de construction avec le système de coffrage isolant Arxx. Il s'étonne que le coffrage isolant ne soit pas plus répandu : « Environ sept projets sur huit qui nous sont proposés ne sont pas en coffrage isolant, mais ont des structures en bois ou en béton conventionnel. Je crois tellement aux qualités du coffrage isolant que j'emmène les clients voir d'autres chantiers en cours afin de les convaincre des grands mérites de cette technique. Lorsque le client est d'accord, nous devons refaire l'ingénierie du projet, mais le résultat en vaut la peine. Nos clients sont très satisfaits. »

La firme Construction Melcon s'intéresse de près aux techniques de béton depuis sa fondation en 1994. Il était donc normal que Benoît Déry explore les possibilités du coffrage isolant après avoir été en contact avec le produit au cours d'une foire spécialisée aux États-Unis. « Nous

avons essayé tous les systèmes disponibles sur le marché pour finalement choisir Arxx à cause de sa qualité et de sa stabilité, explique-t-il. Le fabricant offre un excellent soutien technique et visite régulièrement les chantiers afin de bien connaître les réactions des utilisateurs et d'améliorer son produit. »

À l'heure des bâtiments LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) et de l'augmentation probable des tarifs d'électricité, le coffrage isolant séduit de plus en plus. L'étanchéité à l'air des structures de ce type est particulièrement efficace. L'enveloppe hermétique de polystyrène limite les infiltrations d'air qui se traduit par une efficacité énergétique stable et permanente du bâtiment. L'insonorisation et la protection de trois heures contre le feu sont aussi de solides avantages, notamment en ce qui a trait à la construction de condominiums et de logements où l'on veut réduire le bruit et accroître la sécurité en cas d'incendie.

« Le confort des bâtiments édifiés avec le coffrage isolant surpasse celui des bâtiments en structures traditionnelles, ajoute Benoît Déry. C'est pourquoi nous le proposons systématiquement dans le cas de résidences pour personnes âgées ou dans nos projets haut de gamme, comme de prestigieuses résidences de plusieurs milliers de pieds carrés. »

Melcon incorpore souvent des fibres structurales et un superplastifiant au béton destiné aux

coffrages isolants en vue d'éliminer autant que possible les barres structurales de métal verticales et horizontales. Cela permet d'abaisser les coûts et d'éliminer le recours à la sous-traitance. Les murs sont également toujours vibrés en surface et à l'intérieur afin d'en améliorer le compactage. Le contrôle de la qualité est assuré par une caméra infrarouge qui détecte les éventuels nids d'abeille dans les murs et les fondations.

« Les histoires d'horreur et les rumeurs qui courent sur les coffrages isolants sont essentiellement liées à une mauvaise maîtrise des techniques de pose et de consolidation des coffrages, explique Benoît Déry. Selon moi, la principale difficulté n'est pas la mise en place des coffrages proprement dite, mais de trouver de bons ouvriers pour faire le travail. Bien souvent, les travailleurs âgés de 40 ans et plus ne veulent même pas y toucher! » Mentionnons toutefois que le nouveau programme de formation professionnelle menant au DEP Charpenterie-menuiserie offre une trentaine d'heures de formation sur le coffrage isolant. De plus, le Guide d'apprentissage Coffrages d'empanchements et de murs du Centre d'élaboration des moyens d'apprentissage du Québec (CEMEQ) comprend un chapitre important traitant du coffrage isolant.

Le coffrage isolant est promi à un bel avenir en raison de ses performances structurales et de ses caractéristiques environnementales. 🏗️

Pour en savoir plus : www.melcon.ca

RETRAITEMENT À HAUTE PERFORMANCE AU CIMENT UNE TECHNIQUE DE CONSTRUCTION ROUTIÈRE QUI GAGNE À ÊTRE CONNUE

De plus en plus répandu aux États-Unis et en Europe, le retraitement à haute performance (RHP) au ciment des chaussées répond aux préoccupations environnementales grandissantes dans le domaine des infrastructures routières.

Depuis la fin des années 1980, les techniques de retraitement en place des chaussées ont beaucoup évolué. Refaire une chaussée abîmée à partir des matériaux en place et en limitant l'apport de matériaux neufs pour en faire une nouvelle structure homogène et solide présente en effet beaucoup d'intérêt. Sur le plan environnemental, la réutilisation de matériaux déjà en place et l'économie de nouveaux matériaux à extraire de carrières et à transporter sur le chantier diminue la pression sur les ressources naturelles. Sur le plan économique, le RHP des chaussées a permis de réaliser des économies allant de 10 à 40% par rapport aux techniques traditionnelles de réhabilitation. Enfin, sur le plan pratique, le RHP permet de solidifier la capacité portante de la chaussée sans forcer la fermeture complète de la circulation, un réel avantage lorsque le chantier se trouve sur une route très fréquentée.

Aujourd'hui, les préoccupations liées à la minimisation de l'empreinte humaine sur l'environnement favorisent de plus en plus l'essor de cette technique (que l'on appelle FDR en anglais Full-Depth Reclamation).

LA TECHNIQUE

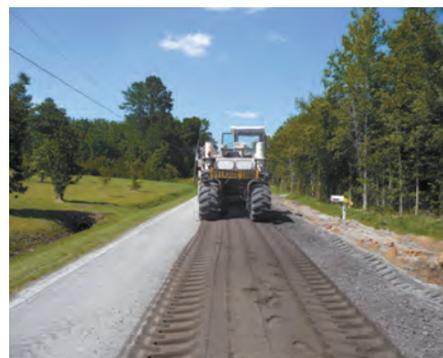
Le retraitement à haute performance (RHP) au ciment consiste à pulvériser la chaussée souple dégradée, puis à mélanger du ciment aux matériaux pulvérisés de la fondation et de la couche de roulement de la chaussée. On obtient ainsi une nouvelle fondation en béton de type compacté au rouleau (BCR) qui permet d'augmenter la capacité portante du sol sans recourir à des matériaux neufs.

DE PAR LE MONDE

Plusieurs pays européens utilisent la technique. Ils viennent d'ailleurs de publier des lignes directrices et des normes liées au RHP. Selon Carlos Jofré¹, directeur technique à l'Institut espagnol du ciment et de ses applications (IECA), les avantages du RHP en font une solution « durable » à bien des points de vue. L'Espagne est actuellement le pays le plus avancé en la matière : environ 1,25 million de mètres carrés de chaussée ont été retraités de

cette façon au cours des dernières années, dont une large portion d'une autoroute non loin de la frontière hispano-portugaise.

Plus près de chez nous, au sud du 45° parallèle, plusieurs États américains réalisent de plus en plus de projets en RHP. « Tous les États de la Nouvelle-Angleterre en ont maintenant complété, explique Dick Martin, spécialiste en RHP au Road Recycling Council du Vermont. En moyenne, les projets de RHP nous permettent d'économiser près de la





Au cours des prochaines années, la volonté de disposer d'infrastructures plus «durables» qui hypothèquent moins les ressources naturelles ne peut que favoriser l'essor du RHP auprès des donneurs d'ouvrage.

moitié des coûts par rapport à la construction d'une nouvelle route.» Ces États présentent des conditions climatiques très semblables à celles du Québec.

Au Québec, quelques expériences ont été tentées au début des années 1990, mais le RHP au ciment demeure encore peu connu ici. Au cours des prochaines années, la volonté de disposer d'infrastructures plus «durables» qui hypothèquent moins les ressources naturelles ne peut que favoriser l'essor du RHP auprès des donneurs d'ouvrage. Les nombreux exposés sur les techniques de retraitement prévus au symposium TREMTI 2009 (Treatment and Recycling of Materials for Transport Infrastructures), qui s'est tenu à Antigua au Guatemala en novembre dernier, témoignent de l'intérêt grandissant de la communauté internationale pour ce type d'intervention. 📌

NOTE

Carlos Jofré, « Sustainable materials and Construction ». Article publié dans IRF Bulletin Special Edition: Europe de l'International Road Federation, paru en juillet 2009.

LES ÉTAPES DU PROCESSUS DE RHP

1- ÉTUDES PRÉALABLES DE LA CHAUSSÉE ET DES SOLS

La première étape consiste à analyser la chaussée abimée afin d'identifier les causes de sa détérioration. On effectue ensuite des tests sur les matériaux en place pour en évaluer la qualité et déterminer s'il est possible de produire un nouvel agrégat permettant d'obtenir la capacité portante souhaitée. Il faut également déterminer l'épaisseur de la nouvelle chaussée. Ces études sont indispensables, car ce sont elles qui justifient ou non le retraitement.

2- SCARIFICATION ET PULVÉRISATION

On passe ensuite à la scarification de la chaussée et à la pulvérisation de la route (recouvrement, fondation et sous-fondation) à une profondeur allant de 15 à 30 cm, selon l'équipement dont on dispose et les exigences spécifiées lors des études préalables. Il faut souvent effectuer plusieurs pulvérisations avant d'obtenir le grade souhaité. Le diamètre des particules ne doit pas excéder 5 cm, et plus de la moitié doit pouvoir passer au travers d'un tamis no 4. Le matériau pulvérisé est ensuite mis en forme.

3- APPORT DU LIANT ET MALAXAGE

Le liant sert à donner plus de cohésion et à augmenter la capacité portante. Il existe des liants hydrauliques (comme le ciment portland GU) et des liants hydrocarbonés, comme les émulsions de bitume. Le ciment sec ou humide — la technique du ciment sec est de loin la méthode la plus répandue — est ensuite directement incorporé au matériau sur place, puis de l'eau est mélangée au granulat pour obtenir la nouvelle fondation.

4- COMPACTION

La compaction s'effectue à l'aide d'un rouleau compresseur vibrant.

5- CURE ET APPLICATION DE LA COUCHE DE ROULEMENT

Il est important de conserver un taux d'humidité adéquat tout au long du processus de solidification. On applique ensuite une couche de roulement (asphalte ou béton) pour compléter le retraitement.

LES 10 PLUS GRANDS MYTHES AUX SUJETS DU BÉTON DE CONSTRUCTION

Les employés ont besoin de connaître la vérité pour faire du bon travail du premier coup.

Les mythes et les faux concepts pullulent au sein du monde de la construction de béton. Avec le temps, certains d'entre eux deviennent si tenaces que plus personne ne s'interroge sur leur véracité. Dans le présent article, nous jetons un regard révélateur sur dix mythes populaires et totalement faux que l'industrie de la construction de béton perçoit encore aujourd'hui comme autant de vérités.

MYTHE 1

Ajouter de l'eau au mélange est la seule façon d'augmenter l'affaissement du béton.

Réalité

Il existe d'autres méthodes que l'ajout d'eau pour augmenter plus efficacement l'affaissement du béton.

L'ajout d'eau en quantité excessive au béton coulé en place accroît son affaissement, mais réduit considérablement du même coup sa résistance. L'eau ajoutée dilue la pâte et augmente le rapport eau-liants hydrauliques (E/L). De l'eau en excès peut également réduire la résistance du béton aux cycles de gel et de dégel, augmenter son retrait de séchage et occasionner d'autres problèmes liés aux conditions de service.

En vertu des spécifications de CSA A23.1, section

5.2.4.3.2, lorsque le béton ne présente pas la maniabilité nécessaire, on peut y ajouter de l'eau pour corriger la situation, à condition de ne pas excéder le rapport E/L maximal, de le faire au début du déchargement (premier 10%) et dans l'heure suivant le chargement et de limiter l'ajout à 16 l/m^3 ou 10% d'eau de gâchage. En règle générale, l'ajout de 51 d'eau par mètre cube de béton augmente l'affaissement de 20 mm. La bonne façon d'ajouter de l'eau consiste à ne pas incorporer une quantité d'eau précise au mélange de départ, de consigner cette quantité manquante sur le billet de livraison puis d'ajouter celle-ci au béton coulé en place sur le lieu de livraison. Ce dernier présente ainsi le bon rapport E/L.

De nombreux devis interdisent l'ajout d'eau au béton coulé en place. Il existe quand même d'autres moyens d'augmenter l'affaissement et la maniabilité du béton. Les réducteurs d'eau et les superplastifiants peuvent également servir à augmenter l'affaissement sans changer le rapport eau-liant (E/L). L'entraînement de l'air augmente lui aussi le degré de maniabilité. L'ajout d'eau à un mélange contenant des adjuvants chimiques en modifie les propriétés et peut causer une perte d'affaissement excessive, favoriser une prise inégale et modifier la teneur en air du béton. La granulométrie et la taille maximale des granulats font varier considérablement les quantités de ciment et d'eau qui déterminent la maniabilité du mélange de béton.

MYTHE 2

Le béton armé ne fissure pas.

Réalité

Les renforts structurels n'empêchent pas la formation de fissures causées par les variations de volume.

Le béton se fissure lorsqu'il ne peut bouger quand son volume change, étant donné qu'il résiste mal à la traction. La plupart du temps, l'acier d'armature lui-même empêche le béton de bouger. Même si les renforts structurels sont incapables d'enrayer le processus de fissuration, ils parviennent toutefois à maintenir ensemble les parois scindées. Lorsque le béton armé se fissure, la contrainte de traction est transférée du béton à l'acier. C'est pourquoi le béton armé résiste davantage que le béton ordinaire aux efforts de tractions.

MYTHE 3

La cure du béton consiste simplement à le laisser sécher.

Réalité

Le béton a besoin d'eau pour s'hydrater et devenir résistant.

Le béton ne durcit pas en séchant. Tant que le taux d'humidité est suffisant et qu'une température adéquate est maintenue, le processus d'hydratation se poursuit pendant un laps de temps assez important. Celui-ci prend fin lorsque le béton frais est séché (son taux d'humidité relative est alors inférieur à environ 80 p. cent). En revanche, le processus ralentit considérablement lorsque la température du béton coulé s'approche du point de congélation (moins de 4° C). La cure du béton a donc pour but de fournir au béton l'humidité nécessaire et de maintenir une température adéquate juste après sa mise en place. Plus la cure se prolonge, plus le béton gagne en résistance et en durabilité.

MYTHE 4

Le béton est indestructible.

Réalité

Oui, le béton est solide, mais sa durabilité repose sur une conception, un dosage, une mise en place et un entretien adéquats.

La science du béton est très avancée et évolue sans cesse. Elle a permis de mettre au point plusieurs types de béton dont les caractéristiques répondent à plusieurs types d'utilisations. Le béton est un matériau dont la durabilité est éprouvée, dans la mesure où il a été bien conçu, bien dosé, correctement mis en place et bien entretenu.

MYTHE 5

Le béton est imperméable.

Réalité

Même le béton le plus dense présente une certaine porosité.

L'eau et d'autres substances à l'état liquide ou gazeux peuvent traverser le béton en quelques minutes ou quelques mois, selon son degré de porosité. On peut à la fois réduire la perméabilité et accroître l'étanchéité du béton en utilisant des formulations à faible rapport E/L auxquelles on incorpore des granulats bien calibrés, des adjuvants chimiques, tels les superplastifiants, et d'autres ajouts cimentaires, comme les fumées de silice et les cendres volantes. Les traitements de surface, par exemple les scellants et les membranes, sont également envisageables.

La science du béton est très avancée et évolue sans cesse. Elle a permis de mettre au point plusieurs types de béton dont les caractéristiques répondent à plusieurs types d'utilisations.

MYTHE 6

La durabilité du béton est directement proportionnelle à sa résistance.

Réalité

La résistance à la compression du béton ne détermine pas à elle seule sa durabilité.

Bien que la résistance à la compression soit une caractéristique importante du béton, celui-ci doit posséder d'autres qualités essentielles pour durer en milieu agressif. En règle générale, la détérioration des structures de béton est principalement causée par la corrosion de l'acier d'armature, les cycles de gel et de dégel, la réaction alkali-granulat et l'attaque des sulfates. La réduction de la perméabilité constitue donc l'élément clé de la durabilité du béton.

MYTHE 7

Le chlorure de calcium est un antigel.

Réalité

Le chlorure de calcium est un accélérateur de prise du béton et non un antigel.

Bien que les chlorures de calcium ne soient pas permis dans les bétons armés, il existe des accélérateurs sans chlorure. Un accélérateur, comme le terme le suggère, augmente la vitesse de développement de l'hydratation et de la résistance du béton au début de la prise. Toutefois, il faut encore protéger du gel le béton fraîchement coulé, au moins jusqu'à ce qu'il atteigne une résistance minimale de 3,5 MPa. Sans cette précaution préalable, le béton qui a gelé sera moins résistant. Pour éviter les problèmes de mise en place par temps froid, il faut protéger adéquatement le béton et contrôler la température ambiante, conformément aux conseils fournis par la norme CSA A23.1, *Béton: Constituants et exécution des travaux*, et la spécification ACI 306, *Cold Weather Concreting* (bétonnage par temps froid).

**MYTHE 8**

Le béton coulé sur un sol gelé ne requiert aucune précaution particulière.

Réalité

Des précautions particulières s'avèrent nécessaires pour protéger le béton et prévenir d'éventuels problèmes de sol lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises.

Le béton coulé sur une fondation gelée risque de reposer sur une surface inégale au moment du dégel, ce qui pourrait le fissurer. L'écart de température entre le sol gelé et le béton chaud peut également entraîner le refroidissement rapide de ce dernier et en ralentir la prise. Théoriquement, la température du sol doit approcher le plus possible de celle du béton au moment de la coulée. Il existe divers moyens pour dégeler le sol et permettre de couler le béton, notamment les couvertures de cure et les systèmes de chauffage à eau chaude. Quoi qu'il en soit, l'idéal est de prévenir le gel plutôt que de forcer le dégel.

Consultez notre portail Internet sur le béton compacté au rouleau

WWW.BCR.CC

**MYTHE 9**

On peut entreprendre le lissage du béton s'il n'y a pas d'eau de ressuage et que le test de l'empreinte de pied est concluant.

Réalité

Il n'existe aucune règle empirique infaillible permettant de savoir s'il est temps de commencer le lissage du béton.

Un mauvais lissage du béton peut se traduire par l'apparition de défauts sur sa surface, comme le cloquage, le poussé, le faïençage et la délamination. Seuls des gens de métier savent par expérience quand le moment est venu de passer au lissage. La méthode désuète de l'indentation de ¼ de pouce avec l'empreinte du pied après le lissage avec une truelle mécanique, poussée ou autoportée, n'est pas toujours fiable, surtout à cause des différentes formulations, des conditions météorologiques variables et des outils de finition employés. De plus, la disparition du miroitement de l'eau à la surface ne constitue pas un indicateur sûr de la fin du ressuage. Dépendamment des propriétés du béton et de l'environnement dans lequel il a été mis en place, le ressuage peut se poursuivre sans pour autant être visible. Il faut qu'il ait pris fin sur toute l'épaisseur de la dalle de fondation avant de passer au lissage de cette dernière. Un bon jugement et une solide connaissance des matériaux utilisés permettent de bien choisir le moment du lissage, qui varie avec les conditions météorologiques, la formulation, la vitesse de la mise en place et d'autres variables encore. Les lisseurs-finisisseurs le savent et tiennent compte de tous ces facteurs.

**MYTHE 10**

La surface du béton reste plane et de niveau après la mise en place et le lissage.

Réalité

Le béton change de volume durant la prise, le durcissement et le séchage.

Le gauchissement des bords de la dalle de béton est causé par l'écart d'humidité et de température entre sa surface et sa base. Les bords cherchent à se soulever lorsque la surface supérieure de la dalle est plus sèche ou plus froide que sa surface inférieure. De même, le gauchissement inversé se produit lorsque la surface supérieure de la dalle est plus humide ou plus chaude que sa surface inférieure. On peut contrôler les effets du gauchissement à l'aide de techniques qui permettent de réduire le retrait différentiel et de limiter les variations de volume causées par les écarts de température et d'humidité à l'origine d'un tel retrait. 📌

Source :

Michelle L. Wilson et David F. Ey,
Association du ciment Portland, article
paru dans la revue *Concrete construction magazine*, 1^{er} août 2006

Adapté pour le Québec par Luc Bédard,
Association béton Québec



LES GALERIES MULTIRÉSEAUX

L'AVENIR POUR MIEUX GÉRER L'ESPACE DU SOUS-SOL URBAIN

Face aux désagréments causés par les interventions d'excavation dans les rues et le grand nombre d'utilisateurs du sous-sol urbain, les gestionnaires municipaux s'intéressent à des solutions comme les galeries multiréseaux (GMR). Ce type d'installation regroupe de façon ordonnée des réseaux techniques urbains (téléphonie, gaz, électricité, câbles) et des services publics (égouts et réseaux d'alimentation en eau potable) dans un même habitacle qui est habituellement en béton coulé en place ou préfabriqué de forme rectangulaire ou voûtée. Cette solution simple pour mieux gérer l'espace du sous-sol urbain, pourrait aisément se réaliser au Québec.

APPLICATION AU QUÉBEC

Le Québec ne compte actuellement aucune GMR, mais cette solution est sérieusement envisagée. Des études ont déjà démontré la faisabilité technique sur notre territoire et la valeur attestée de cette approche.

LES AVANTAGES

Les galeries multiréseaux présentent plusieurs avantages. D'abord, il y a la mise en commun des infrastructures dans un même espace organisé et spécialement aménagé pour faciliter l'entretien et la gestion des réseaux. En fait, les études menées en Europe montrent une économie d'espace d'environ 40 % du sous-sol urbain, ce qui permet de prévoir et d'organiser d'autres usages, tels que les plantations, les stationnements souterrains ou autres.

Il y a ensuite l'accessibilité à la galerie, à hauteur d'homme, qui réunit tous les réseaux. Cet accès dans un environnement propre, à l'abri des intempéries et sans risque, devrait susciter l'enthousiasme des employés affectés à l'entretien des réseaux.

En présence d'une galerie multiréseaux, il n'y a plus de travaux d'excavation. Ipso facto, on élimine les regards d'égouts, les boîtes de vanne et toutes les infrastructures transitoires entre la surface et le souterrain. Les problèmes de circulation et les désagréments aux citoyens causés par les travaux sont également évités. Les conséquences financières et socio-économiques de cet état de fait sont majeures.

En outre, la galerie multiréseaux augmente la durée de vie utile des

infrastructures souterraines. Elle permet d'installer toutes les infrastructures souterraines à l'intérieur d'un habitacle qui agit à la fois de protection contre les conditions externes (intempéries, mouvements de sol, etc.) et d'enveloppe assurant le contrôle et le maintien des conditions internes (température, humidité, etc.)

DIFFICULTÉS

La plus grande difficulté qui fait obstacle à l'implantation d'une GMR demeure la résistance au changement. « La GMR implique le partage d'un espace commun par tous les opérateurs de réseaux. Or, les pratiques nord-américaines sont aux antipodes de cette culture. Chacun réalise ses propres travaux, selon ses propres méthodes et en fonction de ses propres priorités », explique Serge Boileau, président de la Commission des

services électriques de Montréal et membre du comité sur les GMR du CERIU.

La gestion d'une GMR ressemble à celle d'un édifice à condominiums. Chacun est responsable de ses réseaux, mais tous partagent un espace commun. Aussi, pour réussir la mise en commun, il est essentiel de désigner un gestionnaire capable de mener à bien le projet, d'assurer l'autofinancement de l'opération et de faire preuve d'une impartialité totale vis-à-vis les divers occupants.

Y AURA-T-IL DES GMR AU QUÉBEC ?

La mise en place d'un projet-pilote pourrait démontrer les vertus d'une GMR au Québec. Il suffit de s'entendre entres intervenants. 🗨️



LE BÉTON AU SERVICE DU VENT

ENERCON, le plus important fabricant d'éoliennes en Allemagne et la troisième entreprise mondiale dans ce secteur, construit actuellement une usine de fabrication de tours en béton et d'assemblage de composantes électriques d'éoliennes à Matane en Gaspésie. Les caractéristiques uniques des tours en béton conçues par l'entreprise présentent beaucoup d'intérêt pour les parcs d'éoliennes.



Les moules à béton préfabriqué, les sections et l'assemblage d'une tour d'éolienne.

Les tours conventionnelles en acier culminent actuellement à environ 85 m, alors que les tours en béton peuvent atteindre 138 m de hauteur.

Choisie en mai 2008 parmi les soumissionnaires retenus lors de l'appel d'offres d'énergie éolienne lancé par Hydro-Québec, la multinationale allemande ENERCON a décidé de s'installer à Matane, en raison de la proximité de ses marchés et de la présence des installations portuaires. La future usine de 165 000 m² implantée dans le parc industriel entraînera la création d'environ 150 emplois dans la région. ENERCON possède déjà plusieurs usines en Allemagne, en Turquie, en Suède, au Portugal et en Inde, mais l'usine de Matane constituera une première en Amérique du Nord pour cette société.

LE BÉTON PLUTÔT QUE L'ACIER
ENERCON a conçu et breveté le système de tours en béton au début des années 2000 et les installe en Europe depuis 2004. C'est d'ailleurs la seule entreprise au monde qui en fabrique. Pourquoi choisir le béton ? Essentiellement pour aller plus haut, là où le vent rencontre moins d'obstacles et où l'effet du relief se fait moins sentir. Les tours conventionnelles en acier culminent actuellement à environ 85 m, alors que les tours en béton peuvent atteindre 138 m de hauteur. Chaque mètre supplémentaire permet d'augmenter la production d'électricité sans augmenter substantiellement les coûts.

Formées de sections de trois mètres de hauteur, les tours sont en béton armé recouvert d'une membrane géotextile et d'un enduit protecteur qui protègent le béton des intempéries tout en lui permettant de respirer. ENERCON effectue présentement des tests en vue de mettre au point le mélange de béton qui sera retenu pour les tours implantées au Québec.

« Les propriétés des matériaux sont différentes au Québec par rapport à ce que l'on trouve en Allemagne, explique Marc-Antoine Renaud, chargé d'affaires et du développement chez ENERCON Canada. Nous devons donc adapter la composition



L'installation d'une tour de 98 m de hauteur commande la coulée d'une fondation d'environ 600 m³ de béton dans le sol. La fabrication d'une tour en béton, quant-à elle, nécessite 290 m³ de béton et 54 tonnes d'acier.

du mélange, notamment sa densité, afin qu'il soit optimal pour le marché local. Dès que ces tests seront terminés, nous pourrons signer des ententes avec des fournisseurs de béton québécois pour approvisionner l'usine de Matane.»

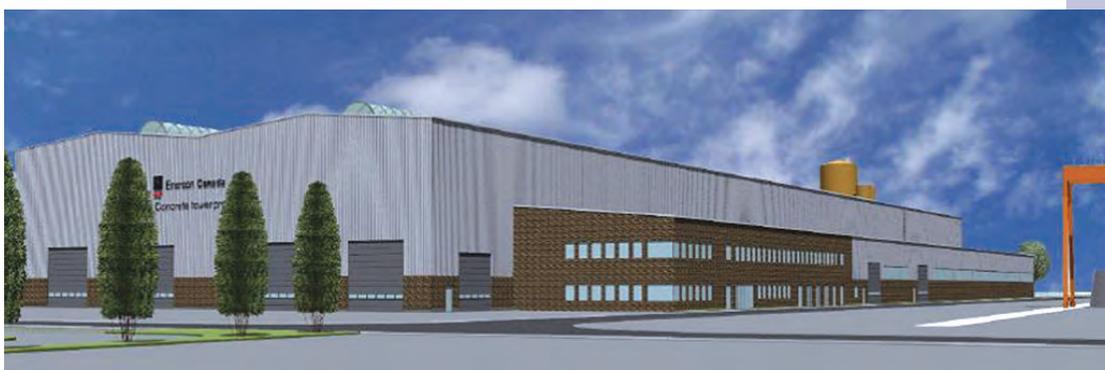
La fabrication d'une tour en béton nécessite 290 m³ de béton et 54 tonnes d'acier. L'installation d'une tour de 98 m de hauteur commande la coulée d'une fondation d'environ 600 m³ de béton dans le sol. ENERCON prévoit fabriquer annuellement

environ 120 tours en béton, ainsi que 200 modules renfermant les composantes électroniques de puissance des tours à son usine de Matane.

UNE ENTREPRISE EN PLEIN ESSOR

Fondée en 1984 par l'ingénieur Aloys Wobben à Aurich, une petite ville située au nord de l'ancienne Allemagne de l'Ouest, la société ENERCON est devenue en quelques années le troisième leader mondial de l'industrie de l'éolienne en mettant au point le premier site sans transmission au monde. L'entreprise, qui emploie aujourd'hui

plus de 13 000 personnes et dont le chiffre d'affaires annuel s'élève à plus de 4,5 milliards de dollars canadiens, a érigé jusqu'à maintenant plus de 15 000 éoliennes dans le monde, ce qui représente une production totale de plus de 17 Gigawatts. Son arrivée à Matane constitue une excellente nouvelle pour l'industrie éolienne et l'industrie du béton en Gaspésie et dans le Bas-Saint-Laurent. L'exploitation de l'usine devrait débiter progressivement à compter de l'été 2010.



Dessin de la future usine.

ENERCON prévoit produire divers types de tours en béton préfabriquées pour l'été 2010. L'usine de 165 000 pieds carrés et d'une hauteur d'une quarantaine de mètres sera en exploitation 24 heures par jour sur la base de trois équipes de huit heures chacune.



Anne-Marie Leclerc
Sous-ministre adjointe
et directrice générale
des infrastructures et des
technologies au MTQ.

Le tronçon de l'autoroute 20 entre l'Ontario et la ville de Lévis fait désormais partie du réseau blanc.

ORIENTATION MINISTÉRIELLE SUR LE CHOIX DES TYPES DE CHAUSSÉES LE BÉTON GAGNE DES KILOMÈTRES

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) a instauré une nouvelle orientation ministérielle sur le choix des types de chaussées. Et les routes de béton ont gagné des kilomètres. Désormais, le tronçon de l'autoroute 20 entre l'Ontario et la ville de Lévis fait partie du réseau blanc. En tout, c'est 1230 km de route qui sont alloués au béton. L'orientation concerne des projets de reconstruction complète de la route.

« Cette orientation ministérielle nous permet de trancher l'épineuse question du choix entre les chaussées en enrobé bitumineux et les chaussées en béton pour toute nouvelle construction routière, plutôt que de procéder à l'analyser individuelle des divers projets. Fondée sur des analyses sérieuses, l'orientation entraîne une gestion plus saine des fonds publics à long terme », explique Anne-Marie Leclerc, sous-ministre adjointe et directrice générale des infrastructures et des technologies au MTQ.

Depuis la première orientation ministérielle en 2001, des tronçons qui devaient faire l'objet d'une analyse sont désormais attribués au béton. Le MTQ a révisé son processus d'évaluation reposant sur l'analyse des coûts globaux et l'analyse multicritères. Il a considéré les nouvelles technologies et pratiques dans ce domaine.

L'analyse des coûts globaux LCCA (*Life Cycle Cost Analysis*) tient compte d'une durée de vie de 50 ans de la chaussée. La LCCA permet de calculer le coût unitaire de l'enrobé et du

béton, les coûts de l'intervention initiale de construction routière et les coûts des interventions d'entretien et de réhabilitation de la chaussée sur 50 ans. L'analyse LCCA repose sur 16 cas type de chaussée avec des variantes tenant compte du type de circulation locale et de transit, du DJMA (débit journalier moyen annuel) et du nombre de voies. Le logiciel REALCOST de la Federal Highway Administration (FHWA) aux États-Unis a été utilisé pour réaliser cette analyse.

L'analyse multicritères repose sur 17 éléments regroupés en cinq catégories : incidences sur l'environnement (32 %), incidences sur les usagers (25 %), intervention en exploitation (18 %), intervention en construction (15 %) et planification et gestion (10 %). Les critères retenus devaient être significatifs, discriminants et suffisamment démontrés dans la pratique. En accordant la plus grande part du pointage aux impacts environnementaux, le MTQ montre qu'il est résolument tourné vers le développement durable. Pour la première fois, il a confié l'analyse du cycle de vie au Centre

interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG).

« Certains tronçons d'autoroute présentent des hausses considérables du camionnage de 1996 à 2007. Et les coûts unitaires du béton sont plus compétitifs que lors de notre première orientation ministérielle en 2001. Ainsi, la rentabilité du béton croît avec le volume du camionnage et la hausse du prix du bitume », précise M^{me} Leclerc.

C'est sans surprise que l'on constate que les analyses privilégient les routes de béton, là où le camionnage de transit présente un volume élevé. La nouvelle orientation ministérielle, qui demeurera en vigueur pendant cinq ans, a reçu l'aval de toutes les autorités du ministère des Transports. ■

Consultez notre portail Internet
sur le béton compacté au rouleau

WWW.BCR.CC