

## MISE EN CONTEXTE

Afin de bonifier la gamme des bétons disponibles pour la réparation et la construction des ouvrages d'art, un nouveau type de béton, le béton semi-autoplaçant (BSAP), a été ajouté à la norme 3101 « Béton de masse volumique normale » en 2015. Le BSAP a été élaboré dans le cadre de la Chaire de recherche CRSNG sur les bétons à haute performance fluides à rhéologie adaptée de l'Université de Sherbrooke de 2008 à 2013. L'étroite collaboration du Ministère et des différents partenaires de cette chaire a permis à la technologie du BSAP de passer rapidement du laboratoire au chantier.

De façon générale, le BSAP peut être utilisé lorsque la forme de l'élément à bétonner rend la vibration difficile, lorsque la réalisation de portes d'accès à l'intérieur du coffrage n'est pas envisageable ou encore en présence de détails architecturaux particuliers. Ainsi, le BSAP est très bien adapté pour les piles et les chevêtres fortement armés des ouvrages d'art situés en zone de sismicité élevée. Le BSAP peut également être utilisé en préfabrication pour des pièces fortement armées ou avec motifs architecturaux.

## CARACTÉRISTIQUES

Le BSAP, comme la plupart des bétons, est un mélange de liant, d'eau et d'adjuvants dans lequel sont enrobés des granulats fins et des gros granulats. Les caractéristiques du BSAP, classifié type XVII, sont données au tableau 3101-2 « Caractéristiques des bétons de masse volumique normale pour les ouvrages d'art » de la norme 3101.

En ce qui a trait à la viscosité, le BSAP se situe à mi-chemin entre un béton superplastifié de 35 MPa de type V-S nécessitant une mise en place par vibration et un béton autoplaçant de construction de type XIV-C ne nécessitant pas de vibration. L'étalement exigé pour le BSAP est de  $500 \pm 50$  mm comparativement à  $625 \pm 50$  mm pour le type XIV-C.

Les adjuvants entrant dans la composition du BSAP sont les mêmes que ceux utilisés pour les bétons autoplaçants. Le superplastifiant représente un constituant essentiel du BSAP afin d'assurer une bonne fluidité. Le plus souvent, le superplastifiant est accompagné d'un adjuvant modificateur de viscosité (agent colloïdal). Ce dernier permet d'accroître la résistance à la ségrégation des mélanges de BSAP.

La masse minimale de liant exigée pour le BSAP est la même que pour le béton autoplaçant de construction (type XIV-C), soit 400 kg/m<sup>3</sup> pour un liant binaire (GUb-SF) et 420 kg/m<sup>3</sup> pour un liant ternaire (GUb-F/SF, GUb-S/SF). Le rapport eau/liant maximal exigé est de 0,41. Cela confère au BSAP d'excellentes propriétés mécaniques et de durabilité. Les fuseaux granulométriques permis pour les gros granulats sont 5-14 et 5-20 mm. La teneur en air du BSAP frais doit se situer entre 6 et 9%. Enfin, le BSAP doit respecter les mêmes exigences qu'un type V-S ou un type XIV-C en ce qui a trait au facteur d'espacement et à la perméabilité aux ions chlorure (230 µm et 1000 coulombs).

## AVANTAGES

Le BSAP étant un béton fluide, il peut remplir les coffrages et enrober l'armature avec une légère consolidation mécanique, sans toutefois subir de séparation importante des constituants. Le BSAP nécessite une énergie de vibration inférieure de l'ordre de 50% par rapport à un béton ordinaire. Le vibreur doit être introduit dans le béton jusqu'à sa consolidation complète, sans toutefois provoquer de la ségrégation.

Le BSAP permet donc d'accélérer la cadence de bétonnage d'ouvrages fortement armés en réalisant une vibration réduite, tout en diminuant les risques de nids de cailloux. Le BSAP offre une meilleure robustesse, un coût de production moindre et des pressions de coffrage plus faibles que le béton autoplaçant de construction de type XIV-C. Tout comme pour le béton XIV-C, les coffrages du BSAP doivent être étanches. Le réseau d'air du BSAP est généralement plus stable après pompage que celui d'un béton autoplaçant.

Lors de la réalisation d'éprouvettes, il faut consolider le BSAP en utilisant 40% du nombre de coups de bourroir par couche indiqué à la norme de référence pour un béton vibré puisque le BSAP est considéré comme ayant un affaissement supérieur à 180 mm. Par exemple, lors de la confection d'un cylindre de 100 mm de diamètre selon la norme CSA A23.2-3C « Confection et cure des éprouvettes de béton destinées aux essais de compression et de flexion », le nombre de coups de bourroir par couche passe de 20 à 8.

## PROJETS PILOTES

En 2011, dans le cadre des activités de la chaire de recherche de l'Université de Sherbrooke, le Ministère a saisi l'opportunité

d'utiliser le BSAP lors d'un premier projet pilote. Il s'agissait du bétonnage d'une pile centrale fortement armée avec motif architectural d'un pont d'étagement situé dans le prolongement de l'autoroute 410 à Sherbrooke (photos 1 et 2).



**Photo 1 : Bétonnage des colonnes de la pile centrale**  
(Sherbrooke, mai 2011, chaire de l'Université de Sherbrooke)  
Source : Olivier Bonneau



**Photo 2 : Pile centrale après bétonnage**  
(Sherbrooke, 4 novembre 2011) Source : Olivier Bonneau

Ce projet a permis d'élaborer une formule de mélange optimale, de valider les propriétés mécaniques et de durabilité du béton malaxé avec les spécificités d'une usine à béton, de rédiger un devis technique tout en respectant les exigences du CCDG, d'ajuster la consolidation des éprouvettes et du béton dans l'ouvrage, de vérifier l'aptitude au pompage du BSAP et de quantifier la pression exercée sur les coffrages.

Le deuxième projet pilote sur l'utilisation du BSAP a été réalisé lors du bétonnage d'une glissière ancrée à la base de murs de soutènement d'un pont d'étagement sur le boulevard Wilfrid-Hamel, au-dessus de l'autoroute Robert-Bourassa, à Québec en 2013 (photos 3 et 4). L'espace prévu pour vibrer le béton était

limité en raison de la présence de barres d'armature et de la configuration très mince du coffrage. La formule de mélange et les clauses du devis étaient similaires à celles du premier projet. Ce second projet a démontré le bon comportement du BSAP, tant pour sa mise en place dans un élément où l'espace pour vibrer le béton est restreint que pour ses propriétés mécaniques et de durabilité.



**Photo 3 : Haut de la glissière avec ouverture inférieure à 200 mm lors du bétonnage**  
(Québec, 9 août 2013) Source : Nadia Pouliot



**Photo 4 : Glissière ancrée après le décoffrage**  
(Québec, 21 août 2013) Source : Nadia Pouliot

**RESPONSABLES :** Nadia Pouliot, ing., Ph. D.  
Alain Hovington, ing.  
Service des matériaux d'infrastructures

**DIRECTEUR :** Guy Tremblay, ing., M.Sc.