



Une version révisée de la norme européenne NBN EN 206-1 relative à la spécification, aux performances, à la production et à la conformité des bétons est parue en janvier 2014. En comparaison avec la version précédente datée de 2001, cette révision reprend aujourd'hui des exigences complémentaires pour le béton destiné aux travaux géotechniques spéciaux.

Comment spécifier un béton pour parois moulées ?

Ces exigences sont dictées par les modes de pose du béton dans les fondations, notamment dans le cas des parois moulées où le béton est coulé, au moyen de tuyaux, à des profondeurs considérables (jusqu'à 30 m, voire plus) dans un fluide de support (suspension bentonitique) assurant la stabilité de la tranchée.

La majorité de ces exigences ne sont pas nouvelles, puisque celles-ci figuraient déjà dans certaines normes relatives à l'exécution des travaux géotechniques spéciaux, notamment la norme NBN EN 1538 consacrée aux parois moulées.

Auparavant, lorsqu'il s'agissait de commander des bétons destinés aux parois moulées, beaucoup de prescripteurs se basaient uniquement sur la norme NBN EN 206-1 et son annexe NBN B 15-001, mais ils omettaient les exigences reprises dans la norme NBN EN 1538 relative à leur exécution.

Dégâts observés sur des parois moulées



Des conséquences malheureuses en découlaient parfois sur chantier : difficulté de mise en œuvre liée à une fluidité insuffisante et non maintenue durant la mise en œuvre, faible cohésion entre les couches due à une prise trop rapide, présence de canaux de ressuage en raison d'un ressuage excessif, enrobage insuffisant des armatures, cavités... Dans la mesure où ces parois remplissent souvent une fonction définitive avec une durée de vie prévue de 50 ans ou plus, il est essentiel qu'elles ne présentent pas d'imperfections importantes. En effet, il ne s'agit pas uniquement de garantir la durée de vie, mais également d'éviter des infiltrations de terre et d'eau (de la nappe) pendant et/ou après l'excavation de la fouille, ce qui pourrait engendrer des coûts supplémentaires importants pour la réparation ou, plus grave encore, conduire à des dégâts aux abords des travaux.

En 2016, la norme NBN EN 206 devrait être complétée par une révision de l'annexe belge NBN B 15-001, étant donné que de nombreuses exigences ne sont qu'"informatives" dans la norme européenne et que celles-ci doivent être fixées par chaque pays. Toutefois, dans le cas de travaux géotechniques spéciaux, les exigences applicables aux parois moulées sont d'ores et déjà normatives puisqu'elles figurent dans l'annexe D, qui est normative.

Outre les aspects courants nécessaires à toute spécification du béton (résistance mécanique, classes d'environnement ou d'exposition pour la durabilité...), il convient, pour la spécification du béton destiné aux parois moulées, de veiller

à ce que celui-ci :

- possède une ouvrabilité très élevée
- présente une grande résistance à la ségrégation
- soit apte à être serré de manière adéquate sous l'effet de la gravité
- soit suffisamment maniable pendant toute la durée du bétonnage.

En plus d'être conforme à la norme NBN EN 206 et à la future révision de l'annexe NBN B 15-001, la spécification doit donc comprendre les éléments décrits ci-après.

1 La résistance en compression

La résistance en compression est fixée par le bureau d'étude dans le but d'assurer la stabilité des parois moulées. Pour des questions de mise en œuvre, une quantité importante de ciment est néanmoins nécessaire. Cette teneur élevée peut mener à l'obtention d'un béton dont la classe de résistance est plus importante que celle requise pour des raisons mécaniques.

2 La classe d'environnement

Pour assurer la durabilité du béton, celui-ci doit disposer d'une teneur minimale en ciment et d'un rapport eau/ciment maximum en fonction de la classe d'environnement (voir [Les Dossiers du CSTC 2006/2.10](#)) ou des classes d'exposition et de la présence ou non d'armature. En dessous du niveau de gel, le béton destiné aux parois moulées doit être armé et appartenir à la classe d'environnement EE1.



3 La dimension maximale des granulats

Il y a lieu de spécifier les dimensions D_{sup} et D_{inf} correspondant respectivement à la plus grande et la plus petite valeur des granulats de classe granulométrique d/D autorisées par la spécification du béton. La valeur de D réellement utilisée dans le béton sera comprise entre ces valeurs et est dénommée D_{max} .

D_{sup} ne doit pas dépasser 32 mm et $\frac{1}{4}$ de l'espacement nu à nu des barres longitudinales, la plus petite valeur devant être retenue. D_{inf} peut être égal à D_{sup} si l'on souhaite obtenir une valeur déterminée pour D_{max} .

4 La classe de consistance

Une fluidité élevée est nécessaire pour la mise en œuvre de parois moulées. Un affaissement de 220 mm \pm 40 mm sera dès lors requis.

5 Exigences complémentaires

Outre les exigences de base précitées, il convient de tenir compte de quelques exigences qualifiées de complémentaires par la norme NBN EN 206, mais essentielles pour la mise en œuvre correcte des parois moulées.

5.1 La teneur minimale en ciment

La teneur en ciment découlant du choix de la classe d'environnement est loin d'être suffisante pour l'obtention de la fluidité élevée et de la stabilité du béton. En fonction de D_{max} , la teneur en ciment doit être conforme aux exigences du tableau ci-dessous.

5.2 La granulométrie continue

Le squelette granulaire doit être continu afin de réduire le plus possible la ségrégation.

5.3 La teneur en fines et en sable

Lorsque D_{max} vaut 32 mm, la teneur pon-

dérale en sable ($D \leq 4$ mm) des granulats doit être supérieure à 40 % tout en veillant à la continuité de la courbe granulométrique. De plus, la masse totale des particules fines ($D \leq 0,125$ mm) dans le mélange de béton (intégrant le ciment et les autres fines) doit être comprise entre 400 et 550 kg/m³.

5.4 Le maintien de la consistance

Etant donné le mode de pose spécifique et la durée du coulage du béton nécessaires à la réalisation d'une paroi profonde (plusieurs heures), la consistance spécifiée au § 4 doit être conservée pendant toute la durée de coulage théorique. En l'absence de spécification, l'ouvrabilité du béton doit être maintenue durant 30 minutes après l'ajout éventuel des adjuvants et le remalaxage du béton. S'il est nécessaire de maintenir l'ouvrabilité plus longtemps, il convient de le spécifier.

L'usage de granulats non poreux est requis. Le maintien dans le temps de la consistance peut, en effet, être affecté en cas d'utilisation de granulats recyclés ou poreux.

5.5 Le ressuage

Le ressuage du béton doit être limité, même si aucune exigence n'est actuellement reprise dans la nouvelle norme NBN EN 206. En cas de ressuage excessif, des canaux de ressuage peuvent apparaître. La teneur totale en eau de ressuage devrait être limitée à 1 % si elle est déterminée sur la base de la norme européenne NBN EN 480-4. Si le ressuage est mesuré selon la norme américaine ASTM 232, la vitesse de ressuage devrait être limitée à 0,1 ml/min. Il existe également des essais adaptés aux fondations et tenant compte des conditions de pression présentes dans

les fondations profondes, notamment l'essai Bauer. L'EFFC/DFI recommande une valeur limite de 15 l/m³ pour une mesure réalisée selon cet essai. En Belgique, une limite de 13 cc correspondant à 8,7 l/m³ est souvent spécifiée.

5.6 Le ciment Low Alkali

Vu la présence d'eau dans le sol, l'usage d'un ciment Low Alkali est recommandé.

5.7 Le ciment résistant aux sulfates

Dans le cas où le béton est en contact avec des sulfates présents dans le sol ou dans l'eau (teneur > 600 mg/kg dans l'eau ou > 3.000 mg/kg dans le sol), un ciment à haute résistance aux sulfates, conformément à la norme NBN B 12-108, doit être utilisé. La classe d'environnement EA2 ou EA3 devra être également considérée parallèlement à la classe dont il est question au § 2.

6 Conclusion

Les exigences de base prévues dans la norme NBN EN 206-1 et son annexe NBN B 15-001 étaient loin d'être suffisantes pour la spécification des bétons destinés aux parois moulées. La révision de cette norme comble la majorité de ces lacunes. Néanmoins, celle-ci devrait être complétée par un certain nombre d'exigences en ce qui concerne le ressuage. **I**

V. Pollet, ir., chef adjoint du département Matériaux, technologie et enveloppe, CSTC
M. Roovers, ir., président de l'ABEF
N. Huybrechts, ir., chef de la division Géotechnique, CSTC

Teneur minimale en ciment destinée aux parois moulées

D_{max} [mm]	Teneur minimale en ciment [kg/m ³]
32	350
22,4	380
16	400