

RECOMMANDATIONS : BIEN PRESCRIRE LES BÉTONS

SPÉCIFICITÉS DES BÉTONS PROJETÉS

Les bétons projetés sont des bétons dont la mise en œuvre particulière induit des spécificités de formulation (e.g. teneur en fine, limitation de la taille des granulats, G/S généralement inférieur aux bétons coulés), ainsi que la nécessité du respect des bonnes pratiques d'exécution.

L'influence majeure de la qualité de la mise en œuvre a conduit à ne pas limiter cette recommandation sur la bonne prescription des bétons projetés à des spécifications sur la formulation, les constituants, les classes d'exposition, etc. mais à intégrer l'ensemble de la chaîne de production : de la formulation à la mise en œuvre et aux contrôles de chantier.

Les deux types de mise en œuvre par projection sont la voie sèche et la voie mouillée.

Nota : il existe des variantes :

- *pour la voie sèche, avec la préhumidification des mélanges à projeter ou le prémouillage en amont de la buse de projection,*
- *pour la voie mouillée, avec le flux dilué (rarement employé actuellement mais parfois utile en cas de mauvaise maîtrise de la régularité de la fabrication du béton ou dans des cas très spécifiques).*

BÉTON PROJETÉ PAR VOIE MOUILLÉE

Le guide technique CETU-ASQUAPRO « Aide à la rédaction de CCTP pour les bétons projetés par voie mouillée pour le soutènement des tunnels » est disponible [en ligne](#). Ce guide couvre le champ d'application des soutènements « provisoires », dans le sens où ils seront protégés ultérieurement par un revêtement en béton coulé en place, contrairement aux bétons projetés « définitifs » qui assurent la double fonction de soutènement-revêtement.

Ce premier guide, comme son titre l'indique, a pour vocation de proposer des clauses-types et d'indiquer les éléments à spécifier par le maître d'œuvre, en apportant à ce dernier toutes les informations pour l'aider à prendre en compte les particularités de son projet. Les bétons de soutènement « provisoire » présentent des exigences réduites en matière de classes d'exposition et de durabilité.

Un guide analogue est en cours de finalisation pour les bétons projetés de « soutènement-revêtement » dans le cadre d'un groupe de travail AFTES-ASQUAPRO (parution prévue en 2019). Il sera facilement adaptable aux autres applications des bétons projetés « définitifs » par voie mouillée.

On se reportera utilement à ces documents, dont on peut résumer ci-dessous les idées-force :

- Hors référence probante, une épreuve d'étude est nécessaire avant chaque démarrage de chantier. Cette étude, dont le contenu est détaillé dans le paragraphe 6.3 du guide CETU-ASQUAPRO en ligne, se déroule en laboratoire, sans utilisation de matériel de projection.
- La teneur minimale en liant équivalent couramment recommandée est de 400 kg par mètre cube (cf §4.1).
- L'usage de ciments de type autre que CEM I ou CEM II/A sans laitier est fortement déconseillé en l'absence d'études détaillées probantes (pour des raisons de montée en résistance et de compatibilité avec les activateurs actuels). Des évolutions techniques importantes liées à l'activation de ces bétons sont en cours de finalisation. Elles ouvrent des perspectives d'utilisation de laitier de hauts fourneaux dans les bétons projetés.
- La classe de consistance est prescrite par l'entreprise. Il n'est pas nécessaire de l'imposer dans le CCTP. Par contre, le CCTP limite le rapport E/C à 0,48 au maximum (hors contrainte plus forte liée à des exigences de durabilité). Ceci conduit à utiliser systématiquement un plastifiant ou superplastifiant pour obtenir une fluidité adaptée au pompage.
- Les exigences de durabilité reposent sur les principes de la norme NF EN 206/CN. Elles sont différentes pour les bétons de soutènement qui seront protégés ultérieurement par un revêtement en béton coulé en place et pour les bétons projetés qui assurent la double fonction de soutènement et revêtement.
- Le respect des fuseaux granulaires proposés par l'Asquapro est favorable à l'obtention de bétons pompables avec des rebonds limités lors de la projection. Il n'est cependant pas obligatoire.
- En raison de l'utilisation d'activateur pendant la projection, c'est seulement lors de l'épreuve de convenance que l'on peut vraiment contrôler les résultats obtenus après

projection, qui sont ceux qui intéressent *in fine* le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage. En conséquence, les convenances doivent impérativement être anticipées afin d'avoir le temps suffisant pour réagir en cas de non-atteintes des exigences spécifiées (on recommande un minimum de 7 semaines).

- Des spécifications particulières sont introduites dans le « CCTP-type » CETU-ASQUAPRO pour réduire le plus possible le délai d'attente des résultats des essais réalisés de contrôle de la conformité du béton aux prescriptions : sur la base de nombreux retours d'expérience, il est proposé d'imposer d'obtenir à 7 jours, lors de l'épreuve de convenance, au moins 80% des caractéristiques mécaniques exigées à 28 jours.

A noter : l'épreuve de convenance n'est pas nécessairement entièrement réalisée dans l'ouvrage à construire. Les matériaux, matériels et personnels du chantier sont imposés mais une première phase de l'épreuve de convenance peut être réalisée avant même le début du creusement pour vérifier la pertinence des matériaux et de la formulation retenus. Elle sera complétée par une seconde phase en souterrain pour vérifier que le personnel maîtrise la technique de projection en voûte.

- Afin d'optimiser l'utilité des essais de contrôle et la réactivité de tous les intervenants vis-à-vis de leurs résultats, il est préconisé de déterminer, à l'issue des épreuves de convenance, les performances mécaniques visées à 7 j ; ceci évite d'attendre 28j avant de prendre les mesures nécessaires le cas échéant.
- Lorsque les exigences de durcissement au jeune âge sont liées aux conditions d'exploitation de l'ouvrage pendant les travaux (par exemple pour des travaux de réparation, elles font l'objet de spécifications dans le marché de travaux.
- Pour les travaux neufs, il est au contraire proposé de laisser à l'entreprise la responsabilité de la spécification et du contrôle du durcissement au jeune âge du béton projeté. Le marché ne fixe que les exigences à 28j (qui sont transposées en exigences à 7 jours à l'issue de l'épreuve de convenance) et les exigences de durabilité.
- L'attention est attirée sur le fait que la méthode d'essai de la norme NF EN 14488-2 « Résistance à la compression au jeune âge du béton projeté » n'est pas correctement intitulée. En effet, elle permet seulement de mesurer un durcissement. Les courbes d'étalonnage des annexes informatives ne sont que des exemples. Pour des valeurs de R_c inférieures à 3 MPa, la corrélation du durcissement évalué par cet essai avec la résistance en compression est impossible car on ne peut pas prélever d'échantillons de béton projeté pour faire des écrasements à la presse. A partir de 3 MPa, on peut chercher à établir une telle corrélation mais cette démarche doit être réalisée pour chaque formulation. C'est pourquoi il est proposé que l'entreprise fixe, lors de l'épreuve de convenance, ses exigences de durcissement au jeune âge afin d'assurer la sécurité des personnes sans complexifier les contrôles (en effet les essais de la norme NF EN 14488-2 sont plus simples et rapides que les mesures de R_c).

Des préconisations axées sur la mise en œuvre sont consultables dans les recommandations ASQUAPRO et AFTES (en cours d'actualisation).

BÉTON PROJETÉ PAR VOIE SÈCHE

Ces bétons sont couverts par la norme française NF P 95-102 « Protection, réparation et renforcement des ouvrages en béton – Mortier et béton projeté », en cours de révision (parution prévue en 2019). Ils peuvent être utilisés pour de nombreuses autres applications mais cette norme reste une base très utile pour leur prescription.

Les fascicules ASQUAPRO sur la formulation, la mise en œuvre et les contrôles de chantier donnent les connaissances de base sur les bétons projetés, pour les deux types de projection. D'autres fascicules plus spécifiques traitent des bétons projetés renforcés de fibres. Tous sont disponibles par téléchargement gratuit sur le site asquapro.com.

Un guide AFTES-ASQUAPRO d'aide à la prescription est également prévu pour la projection par voie sèche (parution attendue en 2020).