

## 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 et des exigences particulières d'exécution, ainsi que des besoins de formation et de certification des personnels de projection et d'encadrement de chantier.

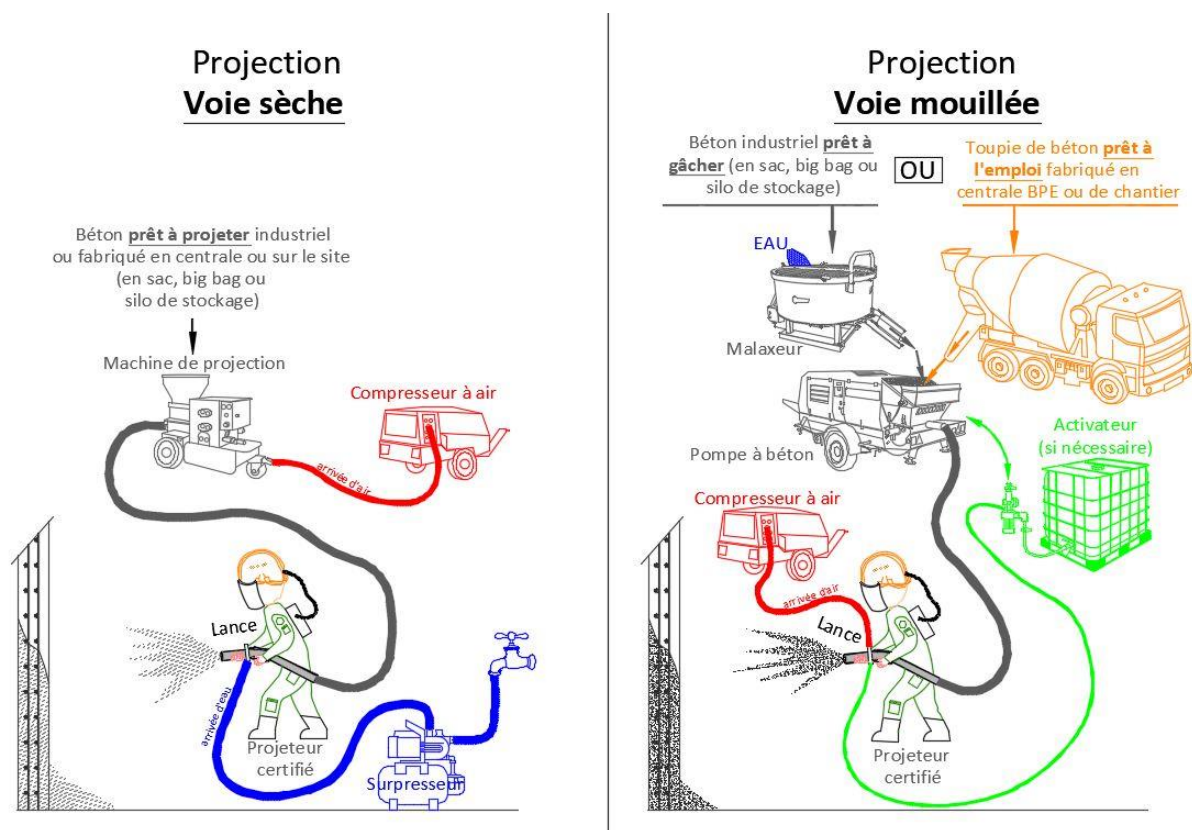
Bien prescrire les bétons projetés nécessite d'intégrer dans les contrats de travaux des clauses de CCTP précises et complètes, portant sur de nombreux sujets, tous importants. C

On peut identifier les points suivants :

- Définition des exigences mécaniques (à court et long termes), des exigences de durabilité et de finition ;
- Choix des matériaux, avec une spécificité concernant les activateurs de prise ;
- Formulation du béton ;
- Matériels de projection (machine, conduite, lance, etc.) et connexe (compresseur d'air, surpresseur d'eau, etc.) ;
- Exigences de certification des opérateurs de projection et d'agrément des encadrants de chantier ;
- Consistance des épreuves d'études (nécessitant parfois une mise en œuvre par projection), de convenance et de contrôle
- Réception des travaux.

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

Les principes correspondants sont schématisés ci-après.



Les bétons projetés font l'objet des séries des normes européennes NF EN 14487 et 14488.

Lorsqu'ils sont utilisés pour des « interventions » sur structures existantes, ils entrent alors dans le champ d'application de la norme française NF P95-102-1 « **Protection, réparation et renforcement des ouvrages en béton** – Mortier et béton projeté », qui a été soumise à l'enquête publique au cours de l'été 2022. Cette norme est maintenant finalisée et devrait être publiée prévue fin 2022. Ils peuvent également entrer dans le champ de la norme NF P95-102-2 « Protection, réparation et renforcement des ouvrages en **maçonnerie** – Mortier et béton projeté », dont l'écriture va débuter en 2023 au sein de la commission Réhabilitation des Ouvrages d'Art (ROA) du BNTRA.

## BÉTON PROJETÉ PAR VOIE MOUILLÉE

Le groupe de travail GT6-ASQUAPRO a produit une recommandation conjointe AFTES-ASQUAPRO intitulée « **Bétons projetés par voie mouillée pour une application définitive en ouvrage souterrain**, Principes et aide à la prescription », adoptée par le comité technique de l'AFTES de janvier 2022.

Cette nouvelle recommandation complète et remplace le guide technique CETU-ASQUAPRO intitulé « Aide à la rédaction de CCTP pour les bétons projetés par voie mouillée pour le soutènement des tunnels ». Ce dernier ne prenait pas en compte les exigences de maintien

des performances à long terme et ne traitait pas de la méthode de justification des bétons fibrés par le Model Code 2010 qu'il couvre désormais.

Les bétons projetés qui sont au cœur de la recommandation AFTES-ASQUAPRO sont ceux qui assurent la **double fonction de soutènement et de revêtement de tunnels**. Ils doivent être associés à une étanchéité afin d'obtenir un niveau équivalent à celui obtenu avec un revêtement coulé en place. Des indications sont fournies, en coordination avec le GT9 de l'AFTES, pour aider au choix de cette étanchéité.

Cette recommandation a pour vocation de proposer des clauses-types de CCTP en mettant en évidence les éléments à spécifier par le maître d'œuvre, et en lui apportant toutes les informations nécessaires pour l'aider à prendre en compte les particularités de son projet.

De nombreuses fiches d'information ajoutent un caractère pédagogique à ce document directement opérationnel et très complet. Les maîtres d'œuvre peuvent utiliser cette recommandation pour d'autres applications définitives de bétons projetés par voie mouillée, moyennant quelques adaptations.

Il est conseillé de se reporter à cette recommandation pour chacun des points suivants :

- Une épreuve d'étude est systématiquement nécessaire avant chaque démarrage de chantier. Lorsque le béton projeté doit respecter une exigence de résistance en traction par flexion, l'épreuve d'étude (cf. 2.5.4) doit nécessairement inclure une phase de projection (dans les autres cas, le retour d'expérience est suffisant pour réaliser les études sur béton coulé et valider les formules après projection à l'issue de l'épreuve de convenance.
- Une nouvelle méthode d'essai a été ajoutée à la norme européenne NF EN 14488-3 afin d'évaluer les résistances à la flexion sur des panneaux carrés entaillés. Cette méthode doit encore être corrélée, au stade des études et convenance, avec la méthode sur poutre de la norme NF EN 14651+A1 mais elle est ensuite beaucoup plus simple à utiliser que cette dernière.
- Les ciments autorisés sans étude spécifique sont ceux de type CEM I ou CEM II/A sans laitier (cf. §2.3.1). Cette relative restriction est liée aux précautions à prendre vis-à-vis de la compatibilité entre les activateurs et certaines additions, notamment les laitiers.
- La classe de consistance doit être prescrite par l'entreprise et il n'est pas nécessaire de l'imposer dans le CCTP. Par contre, le CCTP limite le rapport  $\frac{\text{Eau}_{\text{efficace}}}{\text{Liant}_{\text{équivalentC}}}$  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 (cf. § 2.1.1).
- Les exigences de durabilité reposent sur les principes de la norme NF EN 206/CN. Certains essais sont délicats à transposer aux bétons projetés, notamment pour le gel-dégel. Des périodes de préparation suffisamment longues sont nécessaires pour permettre la réalisation des essais et la vérification de l'obtention des performances requises. Les essais doivent porter sur le béton mis en œuvre par projection. Les résultats sur béton coulé ne sont pas représentatifs.

- 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 (cf. § 2.2.2).

*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.*

- 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 peuvent logiquement faire l'objet de spécifications dans le marché de travaux. Dans le cas contraire, les exigences d'évolution du durcissement du béton au jeune âge sont de la responsabilité de l'entreprise (cf. § 2.2.2.5).

L'organisation de la qualité et la mise en œuvre des bétons doivent respecter les exigences définies par la norme NF EN 13670/CN. **Pour l'application de cette norme, la classe d'exécution à retenir est la classe 3.**

## **BÉTON PROJETÉ PAR VOIE SÈCHE**

Le béton projeté par voie sèche est historiquement le 1<sup>er</sup> à avoir vu le jour, en 1907.

Il garde un avantage certain, notamment mais pas seulement, pour des travaux de réparation ou de renforcement structurel.

Ce sont ses qualités naturelles de compacité, de forte adhérence au support et de bonne durabilité qui le rendent encore incontournable dans bien des cas. Il convient également très bien aux travaux intermittents car les arrêts de projection sont simples à gérer. Il permet de s'affranchir d'une centrale à béton car les matériaux secs peuvent être stocker à proximité du chantier. De plus, la distance entre la position de la machine et le lieu de la projection pose nettement moins de difficulté qu'en voie mouillée.

La gestion des poussières à la machine et à la lance est un sujet de préoccupation important. Il existe des « bonnes pratiques », en termes de formulation, de matériels, de mise en œuvre, qui peuvent limiter énormément la quantité de poussières émises. Lorsque leur niveau est élevé, ceci est généralement lié, soit à une formulation inadaptée, soit, très souvent, à un mauvais choix de matériel.

Une des limitations de la voie sèche est le débit des machines. Il ne faut pas vouloir obtenir par cette méthode des débits supérieurs à 8 m<sup>3</sup>/h.

Le groupe de travail GT6VS-ASQUAPRO va travailler dans la continuité du travail fait pour la voie mouillée afin d'établir un document d'aide à la prescription, à caractère pédagogique, pour les bétons projetés par voie sèche. Le champ d'application de cette future recommandation sera essentiellement les ouvrages souterrains mais sa transposition pour d'autres types ouvrages devrait être assez simple.

-----

Les fascicules ASQUAPRO restent des documents de base permettant de mieux comprendre les spécificités des bétons projetés, quel que soit leur mode de projection. Ils sont disponibles en téléchargement gratuit sur le site [www.asquapro.com](http://www.asquapro.com).

La recommandation « Voie mouillée » GT6 AFTES-ASQUAPRO

est en cours de publication par l'AFTES (en français et en anglais). Sa version française est disponible dès à présent, en format Word, pour les membres de l'ASQUAPRO. Il propose des clauses types de CCTP.