Les bétons projetés : définition, techniques de projection, formulation, utilisations, avantages et inconvénients

Septembre 2019

Le béton projeté est une solution incontournable pour le confortement des terrains, lors de la réalisation de tunnels notamment, grâce à la possibilité de bétonner en s'affranchissant des opérations de coffrage. Le béton projeté est également une solution idéale pour la réparation ou le renforcement d'ouvrages compte tenu de son adhérence au support. Le béton projeté ne se limite pas à ces deux utilisations. Focus sur une technique performante en constant développement !

Définition

Le béton projeté est un béton formulé à partir de ses constituants habituels, transporté dans un tuyau, accéléré par un jet d'air comprimé et mis en œuvre par projection sur un support auquel il adhère. L'énergie cinétique conférée par l'air comprimé compacte le mélange qui devient ainsi dense et homogène. Dans certains cas, cette force de compaction est complétée par l'impact des gravillons les plus gros qui viennent percuter le matelas de béton déjà mis en œuvre et accentuent le compactage du béton projeté.

Le mélange à projeter est composé de ciment, de sable, de graviers ou de gravillons et éventuellement d'eau, d'adjuvant (selon la technique de projection) et de fibres.

Cette technique de mise en œuvre s'affranchit donc des sujétions de coffrage, ce qui prédispose le béton projeté pour des utilisations spécifiques comme le soutènement de tunnels, le confortement de talus ou la réparation d'ouvrages en béton ou en maçonnerie.

Deux techniques de projection : la voie sèche (VS) et la voie mouillée (VM)

Il existe deux techniques de projection qui se différencient, entre autres, par le lieu d'introduction de l'air comprimé et de l'eau, ce qui induit des comportements très différents selon la technique. On distingue :

- la projection par voie sèche, avec ou sans prémouillage ou préhumidification ;
- la projection par voie mouillée, qui elle-même se divise en deux méthodes :
- la projection par voie mouillée à flux dense,
- la projection par voie mouillée à flux dilué, cette méthode est rarement utilisée de nos jours.

Dans le cas de la projection par voie sèche, le mélange sec ou légèrement humide et de consistance pulvérulente est introduit dans la machine de malaxage. Le transfert du mélange de la machine jusqu'à la lance est assuré par un flux d'air comprimé (transfert à grande vitesse). L'eau est ajoutée à la lance. Dans le cas de la projection par voie mouillée, le mélange, de consistance plastique, contient déjà toute l'eau nécessaire. Le transfert est mécanique : le béton est pompé, éventuellement additionné d'air comprimé pour en faciliter le transit (on parle alors de flux dilué). La projection est assurée par ajout d'air comprimé à la lance. La consistance des deux mélanges n'est donc pas comparable. Elle induit des différences en termes de comportement lors de la projection, de compactage du béton, de production de pertes et de poussière, et de rendement.

Projection par voie mouillée

Projection par voie mouillée

Projection par voie sèche

Projection par voie sèche

Principaux domaines d'utilisation

Les qualités des bétons projetés prédisposent l'emploi de l'une ou l'autre technique à :

La projection par voie sèche :

- travaux de réparation et de renforcement (forte résistance, grande adhérence et retrait réduit) ;
- rejointoiement des murs en maçonnerie à joint large (faible débit et grande adhérence) ;
- projection sur falaise et talus (forte résistance et grande adhérence) ;
- béton réfractaire (forte résistance et grande adhérence).

La projection par voie mouillée :

- soutènements en souterrain (fort débit, peu de poussière, résistance exigée moindre) ;
- protection des berges (fort débit, aucune adhérence nécessaire) ;
- projection verticale vers le bas (pas de piégeage des pertes) ;
- projection sur support fragile (faible force
- d'impact) ;
- rejointoiement de maçonnerie à joints étroits.

Principaux avantages de la projection de béton

Le béton projeté adhère au support par collage de la pâte cimentaire, mais également, dans le cas de la voie sèche, par accrochage mécanique. En effet, la force de projection incruste les éléments les plus fins, donc la pâte de ciment, dans les pores du support et génère après hydratation une liaison mécanique qui augmente la résistance de l'interface béton-support. Les granulats arrivant sur le support rebondissent, d'abord en compactant la couche de pâte cimentaire puis la couche de béton en cours de constitution, et tombent au sol. Les pertes ainsi générées permettent d'améliorer la compacité du béton en place. Ces spécificités prédisposent donc le béton projeté par voie sèche à la reconstitution du monolithisme de la section de béton comme cela est nécessaire en réparation structurelle ou en renforcement (norme dédiée : NF EN 95-102, en révision en 2019).

L'adhérence du béton projeté sur son support permet de s'affranchir d'un coffrage. Cette absence de coffrage se traduit par un gain de temps, une réduction de la main-d'œuvre, qui représentent un réel avantage économique.

Éventuellement, un coffrage localisé peut être mis en place, en rive, pour la délimitation d'arêtes.

La technique de béton projeté réduit les délais de mise en œuvre du béton et augmente la cadence du chantier. Cette technique est donc tout à fait pertinente, notamment pour la mise en sécurité rapide lors du creusement de tunnels. La projection de béton a permis de réduire de 50 % le délai de réalisation des ouvrages souterrains, par rapport aux méthodes anciennes de confortement. Le support du béton projeté peut être une surface en béton ou en maçonnerie, le terrain, naturel ou une structure métallique ou en bois. L'adhérence du béton projeté nécessite un support peu friable et stable lors de la projection.

Quelques inconvénients

La projection de béton sur un support génère des rebonds et des retombées qui, même si les premiers participent à la qualité du béton en place, représentent un surcoût en termes de consommation de matériaux et de gestion de l'évacuation des pertes.

En plus des rebonds et des pertes, la projection est génératrice d'aérosols, sous forme de poussière humide (dans le cas de la voie sèche) ou d'eau, éventuellement chargée en accélérateur de prise (dans le cas de la voie mouillée). L'ensemble de ces éléments constitue un risque à prendre en compte, pour les personnes ou objets présents à proximité de la zone de projection.

La démarche de formulation des bétons projetés n'est pas facile.

Pour la voie sèche en particulier, ce mode de mise en œuvre influence la composition du béton projeté par rapport au mélange initial, avec notamment un gradient du dosage en ciment dans l'épaisseur de la couche projetée. Pour la voie sèche comme pour la voie mouillée, l'épreuve d'étude en laboratoire diffère des démarches habituelles de formulation des bétons coulés et c'est seulement lors de l'épreuve de convenance que l'aptitude à la projection de la formule est vraiment vérifiée.

Dans ce domaine, une bonne expérience est nécessaire. Par ailleurs, il existe également des produits industriels « prêts-à-l'emploi » dont la « projetabilité » a été vérifiée lors d'essais préalables (ou démontrée sur des chantiers antérieurs).

Opérateur de projection en voie mouillée

Opérateur de projection en voie mouillée

Avantages et inconvénients de chaque technique de projection

Bétons projetés par voie sèche

Avantages :

- tuyauterie/lance plus légère ;
- grande distance de transfert possible (1 200 m) ;
- nettoyage simplifié (mélange pas ou peu humide) ;
- fort compactage (résistance élevée et retrait réduit) ;
- bon enrobage des armatures ;
- forte adhérence mécanique (pénétration des fines du mélange dans le support) ;
- optimisation du rapport E/C (besoin en eau uniquement pour l'hydratation du ciment) ;
- enrichissement en ciment favorisant le collage ;
- parement « fermé » par une couche de laitance.

Inconvénients :

- production de pertes et de poussière ;
- respect des conditions d'hygrométrie pour les granulats dans le cas de la confection des mélanges in situ et en centrale BPE ;
- coût élevé du matériel (compresseur de forte puissance, abrasion des tuyaux et de la machine) ;
- rapport E/C en place non contrôlable et dépendant de l'expérience du porte-lance donc pas parfaitement maîtrisable, risque d'hétérogénéité du mouillage à la lance ;
- forte influence de la compétence du porte-lance (position de la lance et réglage de la teneur en eau), ce qui nécessite qualification/formation/ certification du personnel de chantier.

Bétons projetés par voie mouillée

Avantages :

- formulation similaire à un béton coulé en place ;
- pas de modification de la composition du mélange avant et après projection ;
- dosage en ciment et en eau maîtrisable ;
- pertes limitées ;
- respect des supports fragiles.

Inconvénients :

- double adjuvantation nécessaire ;
- activateur générant d'éventuelles difficultés à remplir les zones derrière les armatures ou les reillis ;
- longueur de transfert réduite du fait des frottements (100 m) ;
- projection manuelle difficile au-delà d'un débit de projection de 6 m³/h (ou tuyauterie de diamètre supérieur à 60 mm) ;
- pertes contenant du ciment qui nécessite un nettoyage ;
- nettoyage du matériel et du chantier en fin de journée ou lors de longs arrêts.

Démarche de formulation des bétons projetés

La démarche de formulation d'un béton pour une mise en œuvre par projection doit à la fois prendre en compte les caractéristiques attendues du **béton projeté** en place, la technique de projection retenue (voie sèche ou voie mouillée), la « projetabilité » du mélange et, également, sa faculté d'être transporté depuis la machine jusqu'à la lance.

Dans le cas de la projection par voie mouillée, la formulation vise avant tout à la pompabilité du mélange et la résistance en **compression** attendue, l'activateur assurant sa tenue sur le support.

La pompabilité résulte de paramètres liés à la formulation (composition, teneur en fines, type de granulats, teneur et type de fibres, type d'adjuvants), au transport (longueur d'acheminement, diamètre, type de tuyaux et tracé) et au chantier (**environnement**, température lors de la mise en œuvre). Les paramètres de formulation favorisant la pompabilité sont également basés sur une optimisation du squelette granulaire.

Dans le cas de la projection par voie sèche, la formulation est guidée par une optimisation du squelette granulaire, pour favoriser le transfert dans les tuyaux, la projection sur le support et l'optimisation de la quantité de pertes.

Schéma de l'accrochage mécanique du béton projeté par voie sèche sur le support

Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
Accédez à toutes nos archives
Abonnez-vous et gérez vos préférences
Soumettez votre projet

Article imprimé le 29/11/2026 © infociments.fr