

Recherche et Développement

Valorisation des déblais du Grand Paris Express (Partie II)

Dans le cadre du Grand Paris Express, quelque 47 Mt de terres doivent être excavées. En charge du projet, la Société du Grand Paris souhaite les valoriser à hauteur de 70 %. D'où une vaste expérimentation visant à en transformer une partie en constituants minéraux pour liants bas carbone. Ceci, en partenariat avec le bureau d'études Neo-Eco et l'Ecole Mines-Télécom Nord Europe. Et avec l'aide de l'Ademe, qui a subventionné un tiers de l'expérimentation.

IV - Quels sont les résultats ?

1 – Les caractéristiques physico-chimiques

Le Tableau B présente les résultats de l'argile à meulière. Cette dernière montre une valeur de surface BET* élevée, présageant un potentiel de réactivité important. Par ailleurs, l'analyse granulométrique permet de constater que l'argile à meulière offre une granulométrie assez proche de celle du métakaolin. D'autre part, le traitement par calcination flash a un effet positif sur la masse volumique absolue : son augmentation a été constatée pour l'ensemble des déblais après calcination flash.

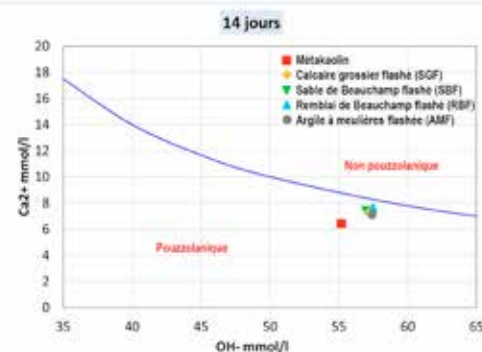
Tableau B - Caractéristiques physico-chimiques de l'argile à meulière.

Argile à meulière	Avant calcination flash	Après calcination flash
D ₁₀ (μm)	4,053	2,514
D ₅₀ (μm)	39,06	29,87
D ₉₀ (μm)	230,1	186,1
Masse volumique (g/cm ³)	2,49	2,71
BET (m ² /g)	34,36	33,011
Perte au feu (%)	8,6	0,57

2 – L'activité chimique

Le test Frattini a permis de réaliser la sélection des argiles à meulière parmi d'autres matériaux. Ceci, sur plusieurs types de déblais, ainsi que pour le métakaolin à 8 j et 14 j (Graphique C). Le test à 14 j s'avère intéressant pour pouvoir détecter une potentielle activité à moyen terme. A court terme, cette dernière n'est pas identifiable pour certains constituants. Concernant les résultats à 14 j, le métakaolin se révèle très réactif. Les déblais flash calcinés se situent sous la courbe de solubilité de Ca(OH)₂, à des positions très rapprochées. En effet, les autres déblais utilisés pour la sélection et en guise de comparaison sont le sable de Beauchamp flashé (SBF), le calcaire grossier flashé (CGF), le remblai flashé (RF) et l'argile à meulière flashée (AMF).

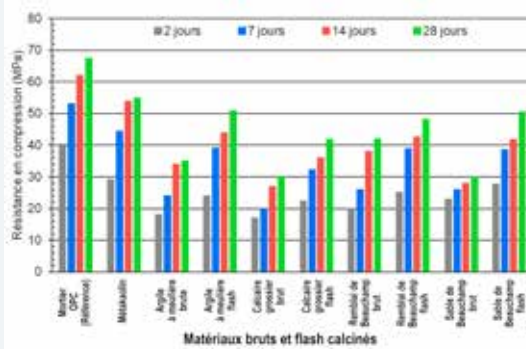
Graphique C - Résultats du Frattini à 14 j.



3 – La résistance à la compression sur mortiers

Les essais de résistance à la compression ont été réalisés à plusieurs échéances de maturation des mortiers : 2 j, 7 j, 14 j et 28 j sur des éprouvettes contenant 25 % de constituants minéraux flash calcinés. Les résultats obtenus sont présentés dans le Graphique D.

Graphique D - Résistance à la compression des différentes formulations de mortiers confectionnés avec des argiles brutes ou flash calcinées.



Ils montrent que les résistances à la compression augmentent à mesure que le temps de cure progresse. Cette hausse est liée au développement des hydrates qui évoluent dans le temps. Par ailleurs, à court terme (7 j), les résistances à la compression

Retrouvez l'article
Valorisation des
déblais du Grand
Paris Express
(Partie I)
et plus de photos
sur acpresse.fr/ ou



ENVIE D'ELARGIR VOS CONNAISSANCES ?

Tout notre fonds
scientifique sur
acpresse.fr/Béton
rubrique **Savoirs**

NOTRE SÉLECTION

Gel/dégel des
bétons : Vers un
nouveau protocole
d'essai ?

par Sara Al Haj Sleiman
Ingénieure – Docteure
en génie civil de l'Ecole
Centrale de Nantes



L'alkali-réaction
par Abdelkrim Ammouche
Directeur technique
et scientifique
Lerm (groupe Setec)



des formulations substituées sont inférieures à celles du mortier témoin (100 % ciment). Cette baisse est évaluée à 17 % pour le métakaolin, à 26,4 % pour l'argile à meulière, remblais et sable de Beauchamp, et à 40 % pour le calcaire grossier. *A contrario*, à moyen terme (28 j), une augmentation a été constatée pour l'ensemble des constituants minéraux : 20 % pour le métakaolin, 18 % pour le remblai et 25 % en moyenne pour l'argile à meulière, calcaire grossier et sable de Beauchamp. Elle est liée à la réactivité des matériaux flash calcinés. Et par conséquent, elle constitue une amélioration des caractéristiques mécaniques.

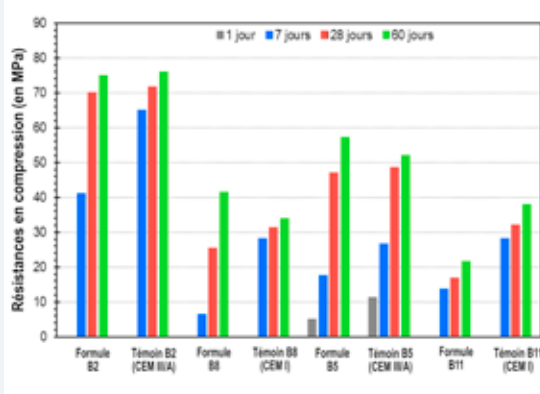
4 – La résistance en compression sur bétons

Pour les caractéristiques à l'état durci, les résultats des essais de résistance à la compression ont permis de sélectionner une formulation optimale pour chaque famille de bétons (voir Tableau E). Les résultats présentés dans le Graphique F montrent qu'à 28 j, la formulation B2 est la plus optimale et atteint 69,93 MPa. De même, la formulation B5 atteint 51,5 MPa. Le choix de ces formulations a été fait de façon à maximiser le taux de substitution du ciment, tout en garantissant le respect des prescriptions de la SGP.

Tableau E - Détails des formulations de béton testées.

Codification	Eléments d'ouvrage	Formulation
Formule B2	Parois moulées	20 % de DFC + 20 % de LHF
Formule B5	Voussoirs	30 % de DFC
Formule B8	Structures internes	20 % de DFC + 20 % de LHF
Formule B11	Bétons de rechargement	30 % de DFC

Graphique F - Résultat des essais de résistance en compression.



5 – Les essais de durabilité

Plusieurs essais de durabilité ont été effectués dans le cadre d'une approche performancielle pour identifier les effets de la présence des déblais flash calcinés dans les bétons. Dans la suite, les résultats de l'essai de porosité accessible à l'eau et de l'attaque sulfatique externe sont présentés. Les autres essais (RAG, RSE, diffusion aux ions chlorures, perméabilité au gaz) ont conduit à des conclusions satisfaisantes.

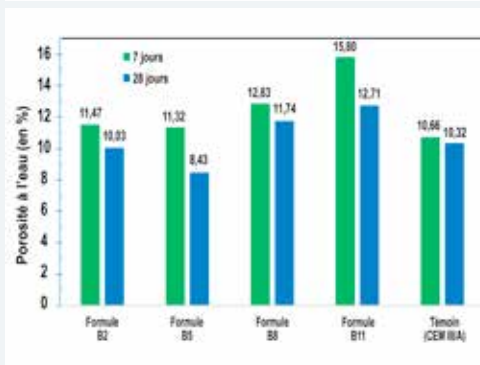
a – La porosité accessible à l'eau

Les résultats de la mesure de la perméabilité accessible à l'eau à 7 j et à 28 j sont présentés dans le Graphique G. Pour l'ensemble des formulations, la

porosité à 28 j est inférieure à celle mesurée après 7 j de maturation. Ceci s'explique par la densification de la structure grâce aux réactions d'hydratation. Par ailleurs à 28 j, les formulations B5 et B2 présentent des porosités inférieures à celles du témoin T (CEM III/A 52,5 N ES), qui sont respectivement de 8,43 %, de 10,03 % et de 10,32 %.

Les formulations B8 et B11 présentent des porosités supérieures à celles de la formulation témoin T (CEM III/A 52,5 N ES). Ces différentes valeurs sont à mettre en perspective avec les dosages en liant de chaque formulation. Toutes les formulations montrent des porosités à 28 j comprises entre 8 % et 13 %. Ces valeurs correspondent aux porosités relevées sur des bétons ordinaires de composition similaire. L'utilisation des DFC en substitution du ciment ne semble donc pas conduire à des modifications particulières (ou néfastes) d'un point de vue de la porosité.

Graphique G - Perméabilité accessible à l'eau des formulations de béton mesurée à 7 j et à 28 j.



b – La réaction sulfatique externe

Les variations dimensionnelles des bétons soumis à la réaction sulfatique externe (RSE) sont présentées en Graphique H. Les formulations, y compris celles du témoin, ont été suivies pendant seize semaines. Les résultats montrent que l'ensemble des formulations ont des déformations inférieures à 0,02 %, largement inférieures à la limite de 0,05 % à six mois fixée dans la norme ASTM C1012. La substitution d'une partie du ciment par les DFC n'engendre donc pas de désordre en lien avec le RSE.

Graphique H - Variation dimensionnelle des bétons soumis à l'attaque sulfatique externe.

