

Recherche et Développement

Valorisation des déblais du Grand Paris Express (Partie I)

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'École Mines-Télécom Nord Europe. Et avec l'aide de l'Ademe, qui a subventionné un tiers de l'expérimentation.

I - Quel est le contexte ?

Chaque année, entre 2 500 et 4 250 Mm³ de béton sont produits dans le monde. L'industrie de la construction a donc un impact environnemental important. Impact qu'elle s'est engagée à réduire pour atteindre les objectifs d'émissions définies dans le cadre de Stratégie Nationale Bas Carbone.

Environ 94 % des émissions du béton sont liées à celle du ciment. La production de 1 t de clinker, son principal constituant, génère environ 765 kg de CO₂ (source infociments.fr). Mais aujourd'hui, des solutions existent ou sont en train d'émerger, afin de réduire ce bilan...

Tout en préservant les ressources.

L'utilisation de constituants minéraux produits à partir de terres excavées représente un avantage économique et écologique. La valorisation de ressources secondaires comme les déblais et terres flash calcinés, les métakaolins, peut représenter une nouvelle source de matière permettant de développer des liants moins carbonés. Et aussi performants que les liants traditionnels, à travers une démarche performancielle. La Société du Grand Paris (SGP) souhaite accélérer la transition écologique et devenir un acteur de référence en matière de construction durable et d'innovation



L'ensemble des chantiers du Grand Paris Express doit extraire un total de plus de 47 Mt de déblais. Ici, les déblais du tunnel du lot 1 de la ligne 18.

environnementale. Elle s'est donnée pour objectif de valoriser 70 % des déblais extraits de ses chantiers (estimés à un total de 47 Mt). Parmi les modes de valorisation figure la possibilité de recycler ces déblais en les transformant, en partie, en constituants minéraux pour la fabrication de liants destinés à la formulation du béton bas carbone.

L'étude propose de caractériser et de valider le procédé de calcination flash sur des déblais argileux du Grand Paris Express (GPE) pour la production de constituants pouvant se substituer au clinker.

II - Comment les gisements de déblais sont-ils sélectionnés ?

Les typologies de sols excavés dans le cadre du GPE sont très diverses, dues à la nature des formations géologiques du sous-sol francilien. Partenaire de l'étude, le bureau d'études Neo-Eco étudie les filières de recyclage en fonction des caractéristiques premières des sols. Celles mises en avant ici portent sur les argiles. De manière générale, les sols contiennent tous une certaine proportion d'argile. L'objectif de cette recherche est donc double. Tout d'abord, identifier et étudier un gisement remplissant les caractéristiques techniques, en termes de propriété du produit valorisé. Puis, vérifier que ce gisement soit disponible en quantité importante, afin que la contribution à l'économie circulaire sur le projet du GPE soit la plus importante possible.

Afin de sélectionner les formations géologiques, un programme d'analyse a été dressé. Il s'axe sur trois faisceaux principaux. A savoir : leurs propriétés intrinsèques, leur impact sur le bilan carbone du ciment et la pérennité de la filière.

Les propriétés techniques des déblais constituent le faisceau primordial. Le but est de comparer les caractéristiques des matières premières et leurs effets dans une formulation de bétons. Une teneur riche

Retrouvez l'article
Valorisation des déblais du Grand Paris Express (Partie I)
et plus de photos

sur acpresse.fr/ ou



Déblais bruts



Déblais flash calcinés



©SCPF

en alumine et en argile est, par exemple, recherchée, traduisant un haut indice d'activité et assurant la bonne prise du béton.

La valorisation envisagée possède un haut potentiel de réduction de l'impact sur l'environnement par rapport à un ciment classique. Tant en ce qui concerne l'énergie nécessaire pour la production du liant que vis-à-vis des émissions en CO₂ relativement faibles lors de sa calcination. L'impact environnemental est donc un facteur déterminant pour la sélection du gisement à tester. Les déblais excavés sont donc analysés par rapport à l'énergie requise pour leur activation, ainsi que vis-à-vis de leurs rejets lors de la calcination.

La pertinence de sélection du gisement passe aussi par des considérations plus opérationnelles : pérennité et homogénéité du gisement, ou encore préparation nécessaire des matériaux.

L'élaboration de la liste des déblais à tester a été réalisée suivant deux critères principaux : l'argilosité de la lithologie (Photo 1) et sa disponibilité sur les chantiers du GPE.

III - Quels matériels et quelles méthodes ?

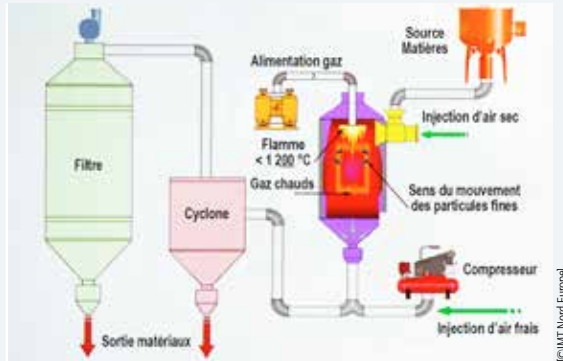
1 - Les méthodes de caractérisation et les matériaux utilisés

Masse volumique, surface spécifique BET*, distribution granulométrique, perte au feu constituent les principales méthodes de caractérisation des échantillons. Celles-ci ont été complétées par des mesures de résistances à la compression pratiquées sur des échantillons de mortiers.

Au niveau des formulations, un ciment CEM I 52,5 N et un ciment CEM III/A 52,5 N ES ont été utilisés. Les constituants minéraux mis en œuvre sont le méta-kaolin (Argeco), le laitier de hauts fourneaux (Ecocem) et les déblais de type argile à meulière flash calcinée. Le sable et les granulats proviennent des carrières de Bocahut (59).

2 - La calcination flash des matériaux

La calcination flash est une technique de traitement thermique, consistant en une exposition rapide de matériaux finement divisés, en présence d'air et sous températures élevées (Photo 2). Elle a été utilisée pour activer chimiquement certaines argiles (telle la kaolinite) dans le but de leur conférer des propriétés



Principe de fonctionnement de la calcination flash.

©IMT Nord Europe



©SCPF

Argile à meulière brute et flash calcinée. L'observation visuelle montre un changement d'aspect (couleur).

pouzzolaniques. L'instantanéité du processus induit une déstructuration partielle du matériau caractérisé par un état amorphe de la matière, aboutissant à une potentielle réactivité supplémentaire du produit. On parle de déshydroxylation.

Une étude d'optimisation a été conduite en amont, afin de déterminer une température idéale de calcination. Celle-ci a été fixée à 750 °C. La Photo 3 montre un des déblais (argile à meulière) avant et après calcination flash.

3 - La formulation des bétons

Présentées en Tableau A, quatre formulations optimales ont été retenues, figurant quatre types d'utilisations : béton de parois moulées (B2), béton de voussoirs préfabriqués (B5), béton de structure interne (B8) et béton de rechargement (B11).

Les bétons B2 et B8 contiennent 20 % de déblais flash calcinés (DFC) et 20 % de laitier de hauts fourneaux (LHF). Les bétons B5 et B11 sont, eux, à base de 30 % de DFC.

Les B2 et B5 sont comparés à un témoin formulé à partir de CEM III/A. Quant aux formulations B8 et B11, elles sont confrontées à un témoin formulé à partir de CEM I 52,5 N.

Une classe d'exposition XA3 (au sens de la norme NF EN 206/CN) a été considérée pour les postes B2 et B5. Et une classe de XC3 pour le B8 et aucune classe pour le B11. Le dosage minimal en liant équivalent pour les postes B2, B5 et B8 est de 385, 360 et 300 kg/m³, et la classe de résistance correspond à C40/50 pour le B2 et B5, et à C30/37 pour le B8.

Mouhamadou Amar	Reda Belmajdoub	Romain Genna
Professeur assistant IMT Nord Europe	Responsable mission béton bas carbone à la Société du Grand Paris	Chef de projet économie circulaire chez Néo-Eco

*Méthode établie par Brunauer, Emmett et Teller.

Retrouvez la partie II de l'article "Valorisation des déblais du Grand Paris Express" dans Béton[s] le Magazine n° 107 Juillet/Août 2023

Composition des bétons pour l'étude de durabilité (en kg/m ³)	Déblai flash calciné (DFC)	Laitier (LHF)	Ciment CEM I 52,5 N	Ciment CEM III/A 52,5 N ES	Volume total (en l*)	Eau (en l)	Rapport G/S	Superplastifiant Chryso (en l)
Formule B2 (20 % de DFC + 20 % de LHF)	68,52	68,52	196,68	-	113,55	144	1,86	7,29
Formule B5 (30 % de DFC)	86,4	-	201,6	-	91,42	130	1	5,76
Formule B8 (20 % de DFC + 20 % de LHF)	60	60	180	-	101,24	150	1,86	6
Formule B11 (30 % de DFC)	66	-	154	-	73,08	110	1,86	4,4
Témoin CEM III/A 52,5 N ES pour B2	-	-	-	358,81	113,55	144	1,86	7,89
Témoin CEM III/A 52,5 N ES pour B5	-	-	-	288	288	130	1	5,76
Témoin CEM I 52,5 N pour B8	-	-	277,82	-	87,92	142	1,86	6,11
Témoin CEM I 52,5 N pour B11	-	-	220	-	87,92	142	1,86	4,64

*Volume de liant constant car la masse volumique des constituants minéraux est inférieure à celle du ciment.