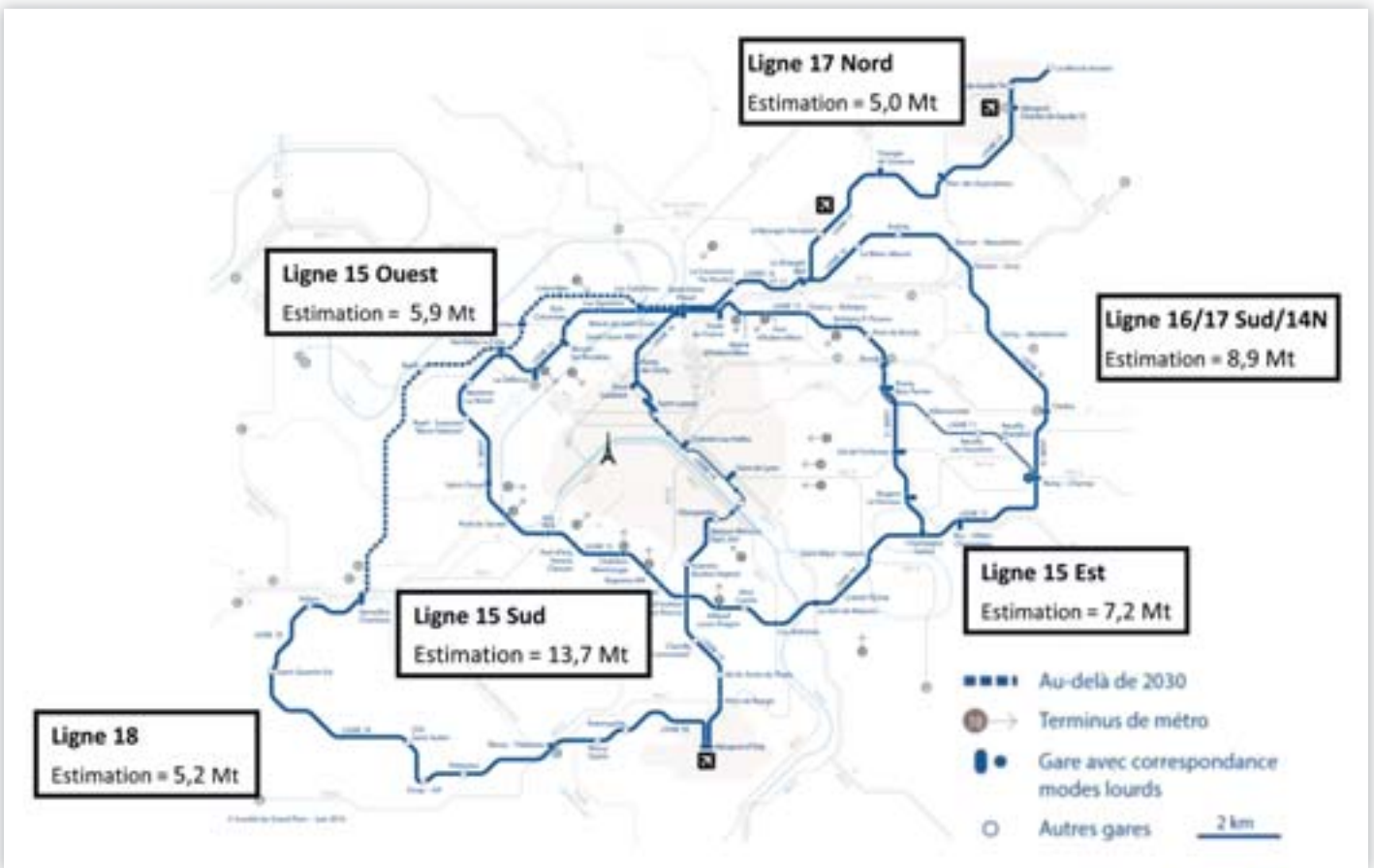


# Matériaux du Grand Paris Express

## Les solutions alternatives : viiiiite ?

Chaque année en juin, Afoco organise un colloque. Cette année, il s'intitulait *Quels matériaux alternatifs pour construire le Grand Paris Express ?* La matinée a fait le tour des solutions pour les granulats et les liants hydrauliques utilisables dans les bétons. La réglementation évoluera-t-elle aussi vite que le calendrier des travaux, en partie liés aux Jeux olympiques ?



La production des déblais de creusement des tunnels et des gares est estimée à 46 Mt, ce qui correspondra, selon les années, à 10 à 20 % de déblais de chantier en plus pour l'ensemble de la région Île-de-France.

**A**foco est l'Association française des opérateurs sur co-produits industriels. Elle fédère la quasi-totalité des industriels qui recyclent les déchets



Michel Gitzhofer, président d'Afoco.

minéraux d'industries lourdes. Visant l'avenir et la rentabilité du métier, le président d'Afoco **Michel Gitzhofer** insiste, dans son introduction, sur « *les process innovants pour contribuer à la réalisation des grands projets d'infrastructures en Europe* », ce afin de « *dégager une valeur économique positive* ».

**Bernard Cathelain**, membre du directoire de la Société du Grand Paris, présente le projet qui porte sur six lignes de métro :

- la ligne 11 prolongée vers l'est et
- la ligne 14 prolongée à ses deux

extrémités, jusque Saint-Denis Pleyel au nord et l'aéroport d'Orly au sud ;

- la ligne 15 réalisera un périphérique en banlieue, à une distance



Bernard Cathelain, membre du directoire de la Société du Grand Paris.

- de 3 à 5 kilomètres de Paris ;
- la ligne 16 desservira essentiellement la Seine-Saint-Denis ;
- la ligne 17 reliera Saint-Denis Pleyel à l'aéroport de Roissy ;
- enfin, la ligne 18 reliera l'aéroport d'Orly au plateau de Saclay, puis à Versailles et enfin à la Défense et à Saint-Denis Pleyel.

L'ensemble des travaux porte sur 200 kilomètres de voies nouvelles qui s'ajouteront aux 400 kilomètres de lignes de métro et de RER existantes. Les six lignes pour un coût total estimé actuellement à 36,1 Md€. Et l'on sait très bien que cela coûtera un peu plus cher, selon le rapport de la mission de Gilles Carrez (voir p.14), ce qui est toujours le cas des très grands projets, et même des petits. Par contre, certains tronçons, liés aux Jeux olympiques de 2024, ont une livraison garantie.

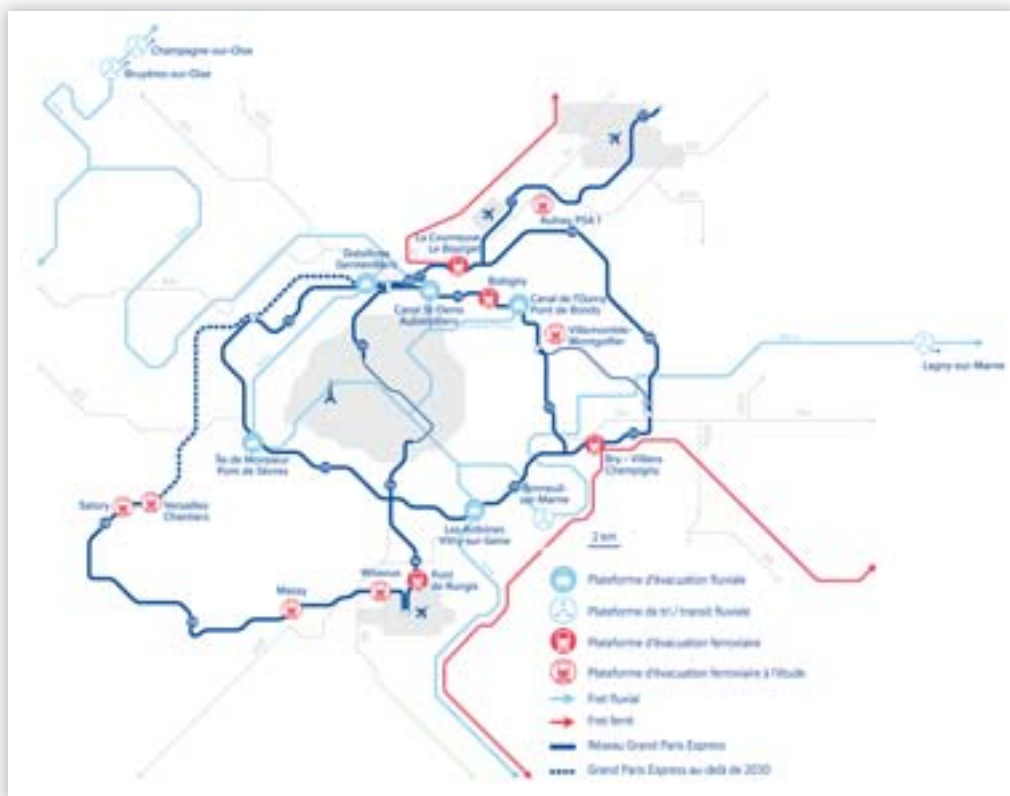
Les déblais générés sont estimés à 46 millions de tonnes. Les besoins en matériaux sont importants. Dans une optique de recyclage, quel rôle pourraient jouer certains matériaux ?

### Valoriser les différents gisements de roches souterraines

Frédéric Willemin, directeur de l'ingénierie environnementale à la Société du Grand Paris, estime ainsi les productions de déblais :

- 13,7 Mt pour la ligne 15 sud ;
- 8,9 Mt pour les lignes 14 nord, 16 et 17 ;
- 5,2 Mt pour la ligne 18 ;
- 13,1 Mt pour la ligne 15, parties ouest et est ;
- 5 Mt pour la ligne 17.

La grande majorité des terres extraites sont variées en nature (calcaires, sables, argiles, marnes, etc.) et en granulométrie (cailloux, graves, sables et fractions fines). Les terres ayant subi une pollution industrielle seront traitées dans des biocentres, ou envoyées dans des installations de stockage de déchets non dangereux ou dange-



La densité urbaine impose d'évacuer les déblais de creusement en favorisant les alternatives à la route : rivières et canaux, voies ferrées et convoyeurs. On recense actuellement :

- 5 plateformes d'évacuation fluviale,
- 2 plateformes de tri et transit fluvial,
- 4 plateformes d'évacuation ferroviaire et
- 5 plateformes d'évacuation ferroviaire à l'étude.



Frédéric Willemin, directeur de l'ingénierie environnementale à la Société du Grand Paris.

reux. Ce modeste gisement est estimé à seulement 1 Mt.

Les productions des déblais en différents endroits du centre de l'agglomération posent un impératif de traçabilité. La valorisation "volume" porte sur le comblement de carrières souterraines, notamment de gypse, le réaménagement de carrières et des projets de territoire tels que des parcs urbains. La valorisation "matière" est plus diversifiée :

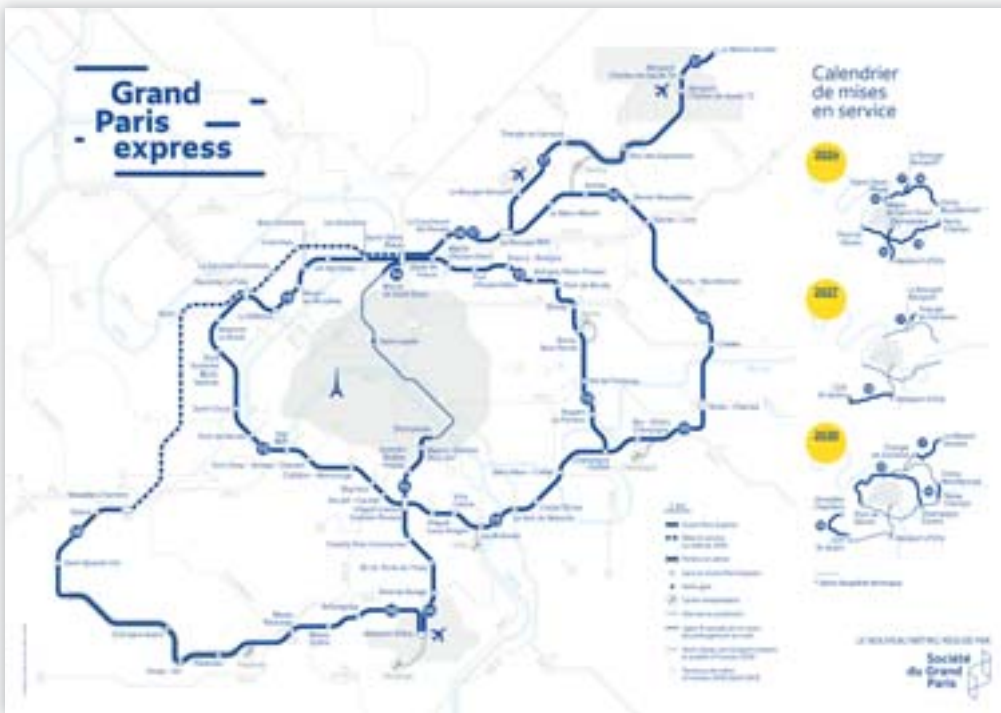
- assises et sous-couches routières,
- sables et graviers comme granu-

lats pour le béton,

- remblais et digues,
- plateformes pour le bâtiment et la voirie,
- couches d'étanchéité,
- cru pour cimenterie,
- matériaux en terre crue, en particulier les briques, et
- plâtre, lorsque l'on peut sortir un gypse propre.

L'ensemble des possibilités conduit à élaborer un catalogue des solutions de valorisation des différents gisements de roches souterraines. Frédéric Willemin vise « la fixation d'un objectif de valorisation par lot de génie civil ». Rappelons quatre projets "matière" retenus par la Société du Grand Paris (R&V n° 57, pages 30 à 34) :

- des briques de terre crue produites par la briqueterie de Wulf, avec le cabinet d'architectes Joly&Loiret et le centre de recherches amàco, atelier matières à construire.
- ProVaDBat conduit par Argiwest,



Le futur réseau des lignes de métro 14 (allongée aux deux extrémités) à 18 (les 15 à 18 sont entièrement neuves) est le même projet, mais le calendrier des livraisons a été modifié pour tenir compte des engagements liés aux Jeux olympiques de 2024. Il sera encore modifié durant ce printemps 2019.

Hoffmann JB Technologies et Séché Écoservices; il s'agit de fabriquer du béton (non structural) sans ciment en utilisant une réaction alcaline au sein de la matière.

- *Solpur*, mené par Terbis et ETPO, Entreprise de travaux publics de l'ouest, est une solution de confortement de cavités souterraines délaissées, en utilisant des terres dont on augmente les qualités géotechniques.
- *TerraGenese*, de la société Valorhiz, crée des terres fertiles à partir de déblais stériles et de matières premières organiques.

## Matériaux alternatifs en construction

**Laurent Eisenlohr**, chef de l'unité Déchets-Sols pollués-Eau souterraine au Cerema Centre-Est, a exposé un sujet nouveau, intitulé *Acceptabilité environnementale et sanitaire des matériaux alternatifs en construction*. Il s'agit de valoriser des matériaux alternatifs dans des usages différents de la technique routière. La DGPR, Direction générale de la prévention et des

risques du MTES, a confié au Cerema la mission d'élaborer une méthode « opérationnelle et prescriptive » avec le concours du CSTB, de l'Ineris, du BRGM et de l'Ademe. La méthode sera déclinée en un guide d'application dédié à un gisement de déchet, les terres excavées, en précisant les limitations d'usage.

L'acceptabilité doit prévenir les risques de pollution de nappe et l'exposition des populations dans les habitations. Les domaines d'emploi des matériaux peuvent être :

- les réseaux, c'est-à-dire les canalisations, regards, tampons et caniveaux;
- les parties supérieures des terrassements, y compris sous les bâtiments;
- les mobiliers urbains et de chantier, comme les blocs de guidage, ainsi que les dallages, bordures et pavés;
- les éléments de structure tels que les fondations et les murs;
- les parements comme les enduits de façade ou intérieurs, et la couverture comme les tuiles ou les terrasses.

La démarche d'acceptabilité environnementale s'inscrit en continuité de celle utilisée pour les techniques routières. La ressource en eau souterraine au droit des constructions est l'élément observé. La définition des émissions admissibles, des « valeurs limites », repose sur le respect de la potabilité de l'eau souterraine. Elle est réalisée par modélisation. Les constructions sont intégrées dans le modèle en fonction de leurs émissions :

- à « faible émission » comme le mobilier urbain, les trottoirs, murs, enduits de façade, toitures ou parties supérieures des terrassements;
- à « moyenne émission » comme les dallages, pavés et bordures;
- enfin, les constructions immergées comme les fondations profondes et les parkings.

## Enrichir « un univers pauvre en données »

La recherche des valeurs limites tient compte de l'addition de plusieurs ouvrages sur un même site. L'obtention des valeurs limites respecte le référentiel eau potable pour une cible située à 20 mètres de l'émission. Les scénarios de modélisation tiennent compte de quatre facteurs :

- la condition climatique représentative du territoire,
- le contexte hydrogéologique permettant le transfert de polluants,
- l'émission de l'ensemble des constructions intégrant des matériaux alternatifs et
- la densité de construction correspondant à une commune urbanisée, soit 10 000 hab/km<sup>2</sup>.

La démarche d'acceptabilité sanitaire teste plusieurs scénarios en fonction des voies d'exposition : ingestion de particules, inhalation de particules et inhalation de vapeur. Les valeurs limites sont calculées afin de tenir compte d'une exposition de la population dans



© PG / R&V

Laurent Eisenlohr, Cerema Centre-Est.



des espaces récréatifs, dans le milieu professionnel et au domicile.

Les travaux en cours pour la rédaction de la méthode et concernant l'acceptabilité environnementale conduisent à gérer l'interface entre le Code de l'environnement, pour sa partie "déchets", et le Code de la construction pour la partie "produit de construction", et à choisir l'essai de conformité. Les travaux en cours pour la rédaction de la méthode et concernant l'acceptabilité sanitaire portent sur les valeurs limites issues de la réglementation et de l'estimation des risques, et à définir l'essai de conformité selon le scénario du risque sanitaire. « *Les premières publications commenceront en fin d'année dans un univers pauvre en données* », conclut Laurent Eisenlohr.

### Les multiples avantages du laitier granulé vitrifié

Rory Mc Neill intervient pour Ecocem, premier producteur européen de laitier moulu, avec 32 % du laitier granulé produit en Europe. Les quatre usines cumulent une capacité de production de 2,5 Mt/an, en n'employant que 115 personnes.

Rory Mc Neill rappelle que le laitier granulé vitrifié de haut-fourneau moulu classe A a une composition chimique assez voisine de celle du ciment Portland: moins de chaux (42,9 % contre 67 %), mais plus de silice (38 % contre 23 %), d'oxyde d'aluminium (10,8 % contre 7 %) et d'oxyde de magnésium (6,6 % contre 3 %). Pour être dans l'air du temps, l'empreinte carbone est environ quarante fois moindre: 20 kg CO<sub>2</sub>/t contre 854 kg CO<sub>2</sub>/t pour un CEM I et 752 kg CO<sub>2</sub>/t pour un CEM II.

De façon courante, le laitier granulé est utilisé en cimenterie, broyé avec le clinker pour fabriquer des ciments de types II, III ou V, ou dans le malaxeur d'une centrale à béton. Ce laitier améliore la résistance des bétons dès 28 jours, réduit

la chaleur d'hydratation, réduit la pénétration des chlorures dans le béton, augmente fortement la résistance du béton aux sulfates et au feu.

Quelles pourraient être les applications pour les travaux du Grand Paris Express? Ce laitier est utilisable pour les bétons moulés et projetés, le béton des voussoirs, les bouchons de départ et d'arrivée des tunneliers, les coulis et mortiers de remplissage des vides annulaires, les parois moulées et les pieux forés, le traitement des sols par injection, en comblement ou en barrage, et enfin les travaux de génie civil des gares souterraines, des tranchées couvertes, etc.

Le laitier a déjà été utilisé comme coulis bi-composant dans la galerie de reconnaissance du Lyon-Turin, pour la gare du Cnit du chantier Eole, pour la tranchée couverte de Veigné sur la LGV Tours-Bordeaux, pour les voussoirs de Crossrail C310 à Londres et de la ligne B du métro de Rennes, ainsi qu'en comblement de carrière pour la ligne 15 du GPE!

### Recourir aux adjuvants

Intervenant au nom de l'adjuvantier Chryso, Jean-Philippe Bigas a insisté sur l'importance et le renouvellement du choix des adjuvants dans les formulations des bétons, en particulier lorsque leur composition comprend des matériaux alternatifs. Nous ne rentrerons pas dans les détails qui ne sont pas l'objet du contenu informatif de la revue.

### Les laitiers d'aciérie électrique

Cyril Florentin, représentant Afoco, rappelle les qualités des laitiers d'aciérie électrique. En 2017, leur production a atteint 0,456 Mt pour les laitiers d'aciérie au carbone et 0,226 Mt pour les laitiers d'aciérie inox, sur un total de 4,905 Mt pour la totalité des laitiers (filères

fonte et électrique, et convertisseurs). Les laitiers de four électrique font l'objet de processus qualité qui n'ont rien à envier aux produits carriers.

Damien Ferrand s'exprime au nom de Riva Acier qui dispose de quatre aciéries électriques en France, d'une capacité totale de production de 2,5 Mt/an. Les productions de laitier noir, 240 000 t/an, se répartissent ainsi :

- 85 000 t/an à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle),
- 70 000 t/an à Montereau (Seine-et-Marne),
- 50 000 t/an à Gargenville (Yvelines) et
- 35 000 t/an à Bonnières-sur-Seine (Yvelines).

Ces laitiers trouvent des applications comme le remblaiement et les techniques routières, le bâtiment, les travaux publics et le génie civil, la production de laine de roche, ou encore la filtration des eaux usées en station d'épuration.

### Les mâchefers ordinaires

Maeva Laderval, des Matériaux routiers franciliens, MRF filiale d'Eurovia, présente les Scorvia, des matériaux routiers à base de mâchefers d'incinération. MRF dispose de six plateformes de maturation des mâchefers d'incinération, totalisant 450 000 t/an :

- 140 000 t/an à Saint-Ouen-l'Aumône (Val-d'Oise),
- 100 000 t/an à Triel-sur-Seine (Yvelines),
- 90 000 t/an à Ouarville (Eure-et-Loir),
- 60 000 t/an à Gonfreville-l'Orcher (Seine-Maritime),
- 35 000 t/an à Massy (Essonne),
- 25 000 t/an à Caen (Calvados).

La gamme Scorvia réunit cinq matériaux routiers différents :

- *Scorgrave*, une grave de MIDND élaborée, pouvant être formulée et/ou traitée, pour les remblais, les couches de fondation et de forme;



Rory Mc Neill, Ecocem.



Jean-Philippe Bigas, Chryso.



Cyril Florentin, Harsco.



Damien Ferrand, Riva Acier.



Maeva Laderval, MRF.

## Innovations et surprotection réglementaire

Un débat sobre a conclu la matinée. Frédéric Willemin, Société du Grand Paris, s'interroge sur « un recours accru aux matériaux alternatifs ? Le démarrage est prudent et normatif, comme tout maître d'ouvrage. La production des bétons répond à une approche des performances. »

Éric Seitz, Afoco et Phoenix Services, se réjouit de « propos encourageants pour une douzaine d'années. Une première possibilité est offerte par le Sidmix. Certains laitiers trouvent leur emploi dans les bétons lourds et les laitiers d'affinage en comblement. »

Rory Mc Neill, Ecocem, demande que « les CCTP, Cahiers des clauses techniques particulières, présentent des exigences avec ciment et liant équivalents ».

Laurent Eisenlohr, Cerema Centre-Est, met l'accent sur « le besoin d'une palette de solutions assez large », et il s'interroge quant à « une surprotection réglementaire ».

Frédéric Willemin rappelle que les travaux sont « producteurs de déblais et utilisateurs de matériaux alternatifs ». La SGP tient compte « des enjeux financiers, de la maîtrise du coût et du bilan carbone du projet. Le financement par des obligations vertes et par emprunts auprès de la Caisse des dépôts et de la Banque européenne conduit à mesurer un bilan des gaz à effet de serre et à montrer les efforts entrepris pendant la phase de construction, à savoir l'évacuation des déblais et le bilan carbone des bétons. »

Il est trop tôt pour tirer le moindre bilan. Les portes de l'innovation sont ouvertes, mais espérons que la réglementation, un cancer hexagonal, ne torpille de bonnes intentions.



De gauche à droite : Laurent Eisenlohr, Cerema Centre-Est; Rory Mc Neill, Ecocem; Jérôme Bergerot, journaliste animateur; Éric Seitz, Afoco et Phoenix Services; Frédéric Willemin, Société du Grand Paris.



Julien Waligora, Eiffage TP.



Philippe Dhervilly, Groupe Marais.

- *Scorcim* qui est une *Scorgrave* tritée au liant hydraulique;
- *Scorsable*, un matériau routier composé de *Scorgrave* et d'un correcteur granulaire; *Scorcim* et *Scorsable* servent de couche de forme et de couche de finition;
- *Scorcan*, un béton de mâchefer incompressible et autoplaçant, pour le remblaiement des tranchées;
- et enfin, *Scorive*, un béton de mâchefer autocompactant comprenant du ciment, pour la réalisation des poutres de rive en élargissement de tranchée.

### Et le fameux Sidmix

**Julien Waligora**, d'Eiffage TP, rappelle les qualités du *Sidmix*,

un liant hydraulique utilisable pour les travaux routiers et souterrains. Il est élaboré à partir des laitiers de l'aciérie au carbone située à Dunkerque, auxquels on ajoute du gypse naturel. Plus de 250 000 t ont été commercialisées depuis 14 ans associé à différents matériaux (sols, sables, graves, craies, recyclés, etc.) et pour des usages divers (retraitement de chaussées et de sols, béton compacté routier BCR, couche de forme, coulis de comblement, mortiers, etc.).

Pour ce qui concerne le Grand Paris Express, *Sidmix* vise plusieurs usages. Les mortiers de bourrage situés entre voussoirs et paroi bénéficient d'un important

décali de maniabilité et d'un temps de prise supérieur ou égal à dix heures. Dans l'univers routier, le *Sidmix* peut s'utiliser pour la route, la réhabilitation des chaussées, les plateformes et les parkings. Ses qualités sont la prise continue dans le temps, la moindre sensibilité à la fissuration, le faible impact CO<sub>2</sub> et l'utilisation de 95 % de matériaux recyclés.

**Philippe Dhervilly**, du Groupe Marais, expose les possibilités de valorisation des déblais de chantier in situ avec des matériaux alternatifs. Nous reviendrons sur cet exposé avec un article sur un chantier effectif qui se déroule durant cet l'automne.

PG / R&V



**SIM 2018**

17, 18 & 19  
Octobre 2018  
Clermont-Ferrand



Vos partenaires  
Concassage Criblage  
Lavage Recyclage



PREMIER PERCUTEUR I-120RS  
mis en service en France

**TEREX** | **FINLAY**

Tout un parc de matériels disponibles en location et location avec option d'achat  
pour la carrière, le recyclage, scalpage, concassage, criblage de tous types de matériaux



Scalpeur à disques FlexRoro

Schmidt-Posch



Scalpeur 883+



Cribleuse 694+ - 3 étages



Mâchoires J-1175

### NOUVEAU AVEC MAITEK



Installations complètes de lavage - Etude, conception, réalisation, mise en service



01 45 10 09 50 - lheureux@lheureux.fr - www.lheureux.fr