

TROPHÉES

DES TP

Innovations
& Écologie

2022

CO-ORGANISÉ PAR

LE MONITEUR



LE MONITEUR
MATÉRIELS

Publidossier réalisé par *Le Moniteur*
pour le compte de la Fédération Nationale des Travaux Publics

SOMMAIRE

- Grand prix 2
- Organisation et logistique du chantier 4
- Économie circulaire 7
- Mise en oeuvre de matériaux bas carbone 10
- Sobriété et décarbonation des engins 13
- Biodiversité 16
- Éclaireurs 19
- Coup de coeur 22

JURY

Jérémy BELLANGER
Rédacteur en chef
MONITEUR MATÉRIELS
Rédacteur en chef adjoint
LE MONITEUR

Claire BETHIER
Responsable adjointe
du pôle programmation
et projets routiers -
Direction de la Voirie
DÉPARTEMENT DU NORD

Hervé DUMONT
Membre du Bureau Routes
de France et du conseil
d'administration FNTF -
Président de la section
des techniques routières
EIFFAGE

Alain GRIZAUD
Président
LES CANALISATEURS

Xavier NEUSCHWANDER
Président de la commission
technique et innovation
FNTF

Marie-Françoise L'HUBY
Directrice technique
et industrielles GRDF
GRDF

Jean-Christophe LOUVET
Président de la commission
développement durable
FNTF

Pierre RAMPA
Administrateur et membre
de la commission technique
et innovation
FNTF

Christian TRIDON
Président du syndicat
national des entrepreneurs
spécialistes de travaux de
réparation et de renforce-
ment des structures
STRRES

Virginie WILLAERT
BU Rail - Directrice stratégie
et développement durable
EGIS

L'innovation pour réussir la décarbonation des Travaux Publics

Afin d'accompagner les engagements pris par la France en termes de décarbonation, j'ai souhaité lancer il y a deux ans, avec les équipes de la Fédération, une ambitieuse étude sur la Transition Écologique dans les Travaux Publics, menée avec Carbone 4, Utopies et l'OFCE.



Bruno CAVAGNÉ
Président de la FNTF

De cette étude, dont les résultats viennent d'être publiés, il ressort très nettement que l'innovation est une condition majeure pour décarboner l'acte de construire : que l'on parle des matériaux (premiers émetteurs de gaz à effet de serre), des énergies utilisées par les engins de Travaux Publics, de la logistique ou de l'organisation des chantiers.

L'innovation est également essentielle dans d'autres aspects de la transition écologique tels que la préservation de la biodiversité ou le recyclage, indispensables face à la quantité limitée de ressources de la terre.

Enfin, les innovations d'après-demain se préparent dès aujourd'hui : c'est pourquoi la Fédération accompagne et valorise les travaux de recherche en amont de notre secteur.

Ce sont tous ces thèmes qui ont été proposés aux entreprises adhérentes de la FNTF dans le cadre des Trophées des Travaux Publics 2022 ainsi qu'aux étudiants-chercheurs.

Nous avons été heureux d'accueillir de nombreuses candidatures provenant d'entreprises de toutes tailles, avec des sujets très variés démontrant si besoin était, que notre secteur ne se contente pas de parler de transition écologique mais qu'il est bel et bien passé aux actes.

Nous avons également été fiers, de recevoir beaucoup de candidatures de nos jeunes chercheurs que nous avons baptisés « Éclaireurs ». Ils éveillent notre imagination et nous font envisager sereinement l'ambition que nous portons de réduire les émissions de la filière à l'horizon 2030, en conformité avec la Stratégie Nationale Bas Carbone, qui nous amènera à des émissions nulles à l'horizon 2050.

GRAND PRIX

EIFFAGE ROUTE

2 km d'enrobé recyclé végétal sur l'A40

L'utilisation de liants végétaux dans les enrobés permet d'améliorer le bilan carbone du recyclage des chaussées. C'est un procédé de cette sorte qui a été mis en œuvre sur une portion d'autoroute très circulée, notamment par les camions.

La substitution de liants d'origine végétale au bitume, pour améliorer le bilan carbone des chantiers routiers, est à l'ordre du jour. Eiffage Route, pour sa part, a mis au point un liant constitué à plus de 90% de matières premières végétales, issu de coproduits de la sylviculture française. Ce liant présente une

affinité chimique intéressante avec le bitume vieilli. Il est donc mis en œuvre dans le procédé Biophalt. Ce procédé est destiné au recyclage des agrégats d'enrobés à fort taux, au-delà de 30%, après rabotage. Le liant végétal est alors utilisé à la place du bitume d'apport, avec les granulats neufs. Le Biophalt peut être fabriqué dans des centrales d'enrobage classiques, à une température inférieure à 130-140°C, soit en dessous des 160°C d'un enrobé classique, et donc en économisant de l'énergie. Il est mis en œuvre dans des conditions identiques à celles d'un enrobé classique sans toutefois produire de fumées de bitume sur le chantier.

Le Biosphalt a été mis en œuvre sur

2 km de l'autoroute A40. Les 2000 t d'équivalent d'un BBSG (béton bitumineux semi-grenu), d'une granulométrie de 0/14, sur une épaisseur de 5 cm, ont été mis en place en 2 jours, fin 2020. L'APRR, le concessionnaire, et Eiffage Route ont décidé d'un suivi de la chaussée pendant 5 ans. Un premier suivi a mis en évidence un comportement normal de la section, fortement circulée par des poids lourds, comme l'avait déjà montré un essai sur le manège de fatigue de l'Université Gustave Eiffel à Bouguenais (44). L'écomparateur SEVE (Système d'Evaluation des Variantes Environnementales) a établi, sur la base de l'ACV (Analyse du Cycle de Vie) du liant végétal et des données collectives de l'industrie routière, la neutralité carbone du chantier de l'A40. Ce sont 120 t d'équivalent CO₂ qui ont été économisées par rapport à une technique conventionnelle. Le prix du liant végétal utilisé est supérieur de 30% à celui du bitume. Il pourrait diminuer par économie d'échelle si le procédé Biophalt était généralisé, explique Eiffage Route, qui travaille à l'élaboration de liants végétaux alternatifs moins onéreux.

L'ENTREPRISE

Eiffage Route est la filiale routière du groupe Eiffage. Elle est active dans les travaux neufs et la réhabilitation des chaussées routières et autoroutières, portuaires, aéroportuaires et industrielles, et elle accompagne les villes dans leur aménagement urbain. Avec ses 10 500 collaborateurs, et ses 100 agences, elle réalise un chiffre d'affaires de 2,2 milliards d'euros.



Julien VAN ROMPU
Chef de projet recherche
et innovation

EIFFAGE ROUTE

« Nous sommes très reconnaissants à la FNTF de nous avoir décerné ce Grand Prix. C'est la récompense de nombreuses années de travail. En choisissant notre dossier, la FNTF démontre son engagement vis-à-vis de la transition énergétique et des solutions bas carbone. C'est un signe très positif de la profession. Il est très important qu'APRR ait mené cette expérimentation avec nous. Cette application du Biophalt sur une importante portion de chaussée d'autoroute très circulée, avec des points réguliers et des résultats très satisfaisants, prouve que c'est une alternative technique crédible. En dépassant les 30%, on est au-delà du taux classique de l'utilisation des recyclés par les maîtres d'ouvrage. Quant à la question du coût, plus on en fera, moins ce sera cher. Nous n'aurons pas non plus de problème avec la ressource et l'on pourrait aller en France jusqu'à 1 million de t de Biophalt par an, alors qu'aujourd'hui nous sommes aux environs de 10 000 t. »

CATÉGORIE

ORGANISATION ET LOGISTIQUE DU CHANTIER

Cette catégorie récompense les entreprises de Travaux Publics pour des innovations réduisant les émissions de gaz à effet de serre dans les processus de la vie de leurs chantiers, au sens large (organisation, méthodes et logistique).

NOMMÉS

SOLETANCHE BACHY

Une paroi moulée définitive sans armature pour le Grand Paris Express

Moins de matériaux et moins d'énergie pour la réalisation d'un puits circulaire à grande profondeur. Cet ouvrage économise le béton, l'acier, les moyens de transport et de manutention. Sa construction s'inscrit d'autant mieux dans un chantier à l'emprise très restreinte.

C'est l'emprise limitée du chantier pour la réalisation d'un puits de secours et de ventilation/désenfumage qui a incité Soletanche Bachy à adopter une démarche qui aboutit à une économie de matériaux et d'énergie.

Les chantiers du Grand Paris Express sont souvent limités en espace. C'était le cas pour cet ouvrage dans le lot T2A de la ligne 15 Sud.

Il s'agissait de réaliser une paroi moulée circulaire, d'un diamètre

extérieur de 19 m et d'une épaisseur de 1,2 m, sur 65 m de profondeur.

Cet ouvrage devait être constitué de 7 panneaux primaires et de 7 panneaux secondaires, forés par joints remordus.

La moitié de la circonférence de l'ouvrage a été réalisée sans armatures. L'autre moitié en a été pourvue sur toute sa hauteur car de ce côté deux rameaux souterrains viennent se connecter en partie basse de l'ouvrage, induisant des sollicitations qui nécessitaient un ferrailage.

Grâce à la faible déviation de la paroi - à 0,15% - permettant une reprise des efforts suffisante, et à la qualité du béton, il a été possible de se passer du contre-voile intérieur prévu à l'origine par les concepteurs.

Initiative supplémentaire en faveur de l'environnement, le béton de la paroi moulée a été formulé avec un

produit de substitution au clinker à plus de 60%.

Le béton a atteint une résistance de plus de 45 MPa, supérieure à celle demandée par les études.

L'entreprise a chiffré les économies réalisées grâce à ses initiatives innovantes : moins 115 t d'acier pour les armatures, moins 292 m³ de béton armé pour le génie civil intérieur. S'y ajoutent les opérations de manutention et de transport réduites pour les aciers et le béton non utilisés.

La structure non armée et dépourvue de contre-voile réalisée par Soletanche Bachy est une première en France pour une construction permanente. Le procédé, conforme à la section 12 de l'Eurocode 2, est extrapolable sur des structures cylindriques à condition que les déviations demeurent très limitées et que le béton présente une résistance suffisante, précise l'entreprise.

L'ENTREPRISE

Soletanche Bachy (groupe Vinci) est le leader mondial des fondations et des technologies du sol : fondations profondes (pieux, micropieux), soutènement (parois moulées), confortement, étanchement. Avec un millier de collaborateurs, l'entreprise réalise 4 000 chantiers par an pour un chiffre d'affaires d'1,6 milliards d'euros.



NEOVIA SOLUTIONS

Réparer à chaud les chaussées en place en recyclant l'enrobé

Une intervention ponctuelle, simple, rapide, avec un réemploi total du matériau, et un apport faible à inexistant pour traiter à chaud les petits affaissements et les nids de poule des chaussées.

Réparer les routes à temps, permet d'augmenter leur durée de vie.

Les petits affaissements et nids de poule les exposent aux infiltrations d'eau qui nuisent à leur structure.

La thermorégénération localisée à chaud est une opération ponctuelle, légère, rapide, qui réutilise intégralement les matériaux dégradés. C'est l'objet de la technique britannique Nu-Phalt, dont Neovia Solutions détient l'exclusivité pour la France.

Cette technique met en œuvre un réchauffeur de 2 m x 1 m alimenté avec 200 l de GPL, un compacteur monocylindre à main et des bacs de réserve d'enrobé de 100 kg.

L'ensemble est acheminé sur le chantier dans un véhicule utilitaire de 3,5 t. Le réchauffeur est déployé à l'aide d'un treuil électrique directement sur la partie à réparer, sans travaux préparatoires.

L'enrobé est réchauffé progressivement, par séquences, sans contact avec la flamme, pendant une dizaine de minutes. Les 2 à 3 cm d'enrobé portés à 180°C-200°C sont scarifiés et mélangés à un régénérant constitué d'une graisse végétale issue de l'industrie forestière. Le bitume « ancien » retrouve des propriétés de flexibilité. Si nécessaire, on y ajoute de l'émulsion de bitume à la pelle. En cas de lacune on ajoute de l'enrobé réchauffé dans le camion. L'ensemble de la surface traitée est reréglée, sablée succinctement, compactée puis rendue à la circulation à environ 40°C.

L'usage d'un petit véhicule, parké dans la voie où se trouve la zone à traiter, limite l'emprise du chantier.

Il n'y a pas de matériau à découper et à évacuer puisque l'intégralité de l'enrobé à traiter est réutilisé. Il n'y a quasiment pas de matériau apporté. Ces facteurs préservent les ressources naturelles, en même temps qu'elles prolongent la durée de vie de la route.

La technique Nu-Phalt est utilisable sur tous les types de voies, voiries urbaines mais aussi sur le reste du réseau.

Le procédé a été utilisé sur autoroute, en lieu et place de l'enrobé à froid, ou d'une opération impliquant un rabotage et un apport d'enrobé, qui est justifiable sur des surfaces plus importantes.

Sur une journée, et en fonction de la formulation de l'enrobé qui conditionne sa montée en température, une équipe de deux personnes traite 16 à 20 m² de chaussée, pour un coût de l'ordre de 3 000 € H.T.

L'ENTREPRISE

Le groupe Neovia, qui réalise un chiffre d'affaires de 25 millions d'euros et emploie 170 personnes, est spécialisé dans l'entretien préventif et la maintenance curative de la route. Elle détient trois filiales, Neovia Maintenance, Neovia Technologies et Neovia Solutions. Cette dernière offre des prestations d'enrobé projeté et de thermo-régénération localisée.



GEOLEAD REZO PROCESS

Créer un jumeau numérique des regards

Une caméra 360°, plus la photogrammétrie, plus l'intelligence artificielle pour créer un modèle 3D géoréférencé des regards avec leurs éventuels défauts. Un outil simple de visualisation en réalité augmentée permet la visite depuis l'extérieur de ces regards.

Les exploitants des réseaux gravitaires ont souvent une mauvaise connaissance des ouvrages qu'ils exploitent. La cartographie des réseaux est souvent en classe C (incertitude maximale supérieure à 1,5 m), partielle, voire inexistante, observe RezoProcess.

Le produit que RezoProcess met à la disposition des collectivités et exploitants offre un moyen simple, rapide et peu onéreux d'acquisition, d'analyse et de visualisation des regards des réseaux gravitaires.

L'opérateur ouvre le tampon du regard puis place sur l'ouverture un cadre

gabarit pour le géoréférencement de l'ouvrage. Il descend une caméra 360° dans le fond du regard puis la remonte afin qu'elle filme l'ouvrage. Il n'est pas nécessaire que l'opérateur descende dans le regard. Le prix de la caméra demeure modeste, moins de 1000 €.

Cette opération permet, après traitement par RezoProcess, de générer un modèle 3D géoréférencé. Elle voit les parois du fût du regard et potentiellement toutes les entrées des fils d'eau des canalisations.

L'intelligence artificielle travaille sur la vidéo, détecte et classe les défauts, trous, fissures, décalages, etc. Ces défauts sont automatiquement géoréférencés.

Le modèle est utilisé pour créer une visualisation en réalité augmentée. Grâce à ce dispositif, l'opérateur visualise sur sa tablette ou son smartphone le regard, sans qu'on ait à l'ouvrir, et ses éventuels défauts

en « surimpression » sur l'image de la réalité. Le programme permet de n'afficher que les défauts auxquels on s'intéresse, ou de leur donner une couleur conventionnelle par catégorie.

Le jumeau numérique du regard en classe A ainsi créé peut être intégré directement, voire automatiquement, dans un SIG (système d'information géographique).

Ce produit est à destination des exploitants des réseaux, mais il a un intérêt direct pour les entreprises de travaux qui pourront bénéficier d'informations plus complètes dans la perspective de travaux, souligne RezoProcess.

Le procédé peut trouver des utilisations complémentaires. Avec les regards, les fils d'eau, les diamètres des ouvertures et les orientations on peut modéliser les canalisations, comme le ferait un géomètre.

Il est aussi extrapolable aux ouvrages de génie civil, puits, forages, etc.

L'ENTREPRISE

Créée par des experts en modélisation 3D par photogrammétrie terrestre, RezoProcess propose des services pour améliorer la productivité et la sécurité des chantiers : récolement par photogrammétrie vidéo des réseaux neufs et existants, visualisation en réalité augmentée dans des modèles géoréférencés.



LAURÉAT

MOBILITY BY COLAS

Réguler les flux logistiques des chantiers de la Part-Dieu

Les approvisionnements de cinquante chantiers et huit-cents entreprises au sein d'un même quartier : autant de flux logistiques gérés, par des moyens numériques et humains, pour les livraisons en « juste à temps », un minimum d'arrêts de chantier et de désagréments pour les riverains.

Le quartier lyonnais de La Part-Dieu est le cadre d'une cinquantaine d'opérations dont la plus importante est la rénovation du pôle d'échange multimodal de la gare, l'un des plus importants d'Europe. Ces opérations donnent lieu à des chantiers inscrits dans un périmètre très contraint,

impliquant près de 800 entreprises.

Les flux logistiques des chantiers qu'engendrent ces opérations ont été inclus dans Reguly, la marque locale du service Qievo, choisi par l'aménageur, la SPL (Société Publique Locale) Lyon-Part Dieu.

Depuis plus de deux ans, Qievo met à la disposition des entreprises et de leurs fournisseurs une infrastructure de livraison en « juste à temps », évitant des conséquences néfastes sur le trafic et des stationnements gênants.

Cette infrastructure, qui constitue une passerelle entre la logistique de chantier et la gestion du transport de marchandises, est composée d'itinéraires types d'entrée et de

sortie de la zone des chantiers, au Nord et au Sud, d'autant d'aires de régulation, et d'une signalisation pour l'approche des chantiers.

Une plateforme centralisée unique de réservation en ligne, apportée par Teamoty, permet aux entreprises de choisir des créneaux libres pour une livraison prévue. Les fournisseurs reçoivent, en plus des bons de livraison classiques, un protocole de livraison.

Les véhicules de livraison sont dirigés vers l'une des deux aires de régulation, où ils sont identifiés par leur plaque, tout comme les chauffeurs par leur nom et leur numéro de portable, puis contrôlés en entrée et en sortie.

Un panneau à message variable leur donne le top départ vers le chantier de destination.

Un poste central de commande assure en temps réel la liaison entre les chantiers et les livreurs. Un jalonnement et une application guident ces derniers des aires de régulation aux chantiers. En cas d'aléas sur le chantier ou dans la circulation, les véhicules bénéficient d'aires de temporisation en bord de voirie. L'efficacité des aires a été mesurée sous forme de plus de 4000 heures de « camions arrêtés moteur éteint », soit 58 t eq t CO₂.

L'ENTREPRISE

Mobility By Colas est un centre de profit de Colas (groupe Bouygues), créé en 2017. Cette entité, qui emploie 10 personnes, conçoit, développe, commercialise, et opère des offres de service principalement basées sur le numérique à destination des collectivités, Anais, Moov'Hub et Qievo. Qievo est une offre logistique destinée à réguler les flux logistiques des grands chantiers urbains.



Guillaume BERTRAND
Chef de produit

MOBILITY BY COLAS

« Je tiens à remercier la FNTF pour ce Trophée, ainsi que notre client, la SPL Lyon-Part Dieu qui nous a fait confiance pour ce projet. Nous l'accompagnons depuis plus de deux ans et il nous a permis de bâtir un vrai projet opérationnel. Je remercie aussi nos partenaires. Je pense à Logisur, spécialisée dans la logistique de chantier, au sens humain, et Teamoty qui a fourni la base logicielle sur laquelle nous avons pu faire les évolutions nécessaires pour passer à une échelle qui pour nous était une première, mais aussi Colas et Aximum pour la partie réalisation des aires et des itinéraires. Avec la force de ce groupement et les intégrations qu'on a pu en faire, on a pu prouver qu'on sait maintenant opérer, pour encore deux bonnes années, ce service, qui est une première à cette échelle-là. C'est pour nous une vraie satisfaction qu'il apporte un bénéfice direct aux riverains et aussi aux opérateurs qui sans cela auraient certainement rencontré des difficultés pour approvisionner leurs chantiers. »

CATÉGORIE

ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Cette catégorie récompense les entreprises de Travaux Publics pour des innovations réduisant l'utilisation de matières premières, limitant la production de déchets ou facilitant le réemploi ou le recyclage des déchets. Il peut également s'agir de démarche d'écoconception ou d'économie de fonctionnalité.

NOMMÉS

COLAS RAIL

Recycler les huiles des trains de travaux

6 000 l d'huile hydraulique à remplacer ou à recycler, sur une dégarnisseuse. C'est la deuxième option qui a été choisie, avec succès, permettant de faire une économie financière substantielle en réutilisant ce consommable. Cette expérience permettra à l'entreprise d'établir une stratégie pour son parc de machines de travail.

La RM900 était immobilisée pour son entretien des 10 ans, une opération qui dure plus de six mois. C'était l'occasion de mener cette expérimentation.

La dégarnisseuse de Colas Rail est une machine de 90 m de long, qui pèse 280 t.

La RM900 était immobilisée pour son entretien des 10 ans, une opération qui dure plus de six mois. C'était l'occasion de mener cette expérimentation. La dégarnisseuse de Colas Rail est une machine de 90 m de long, qui pèse 280 t. Cette machine

automotrice est équipée, d'une part, de dispositifs permettant de soulever la voie, et, d'autre part d'outils, qui, sous cette voie surélevée, enlèvent le ballast pollué de la plateforme, le criblent, et remettent en voie la fraction bonne de ce ballast. La dégarnisseuse peut enlever et remplacer jusqu'à 900 m³/h de ballast, jusqu'à 600 mm en dessous du niveau de la voie, à une vitesse maximale de travail de 400 m/h.

Ses deux moteurs diesel MTU, d'une puissance totale de 1264 kW, assurent son déplacement entre les chantiers et pendant les phases de travail, ainsi que le fonctionnement de ses équipements, via des circuits hydrauliques.

Ces circuits ne mobilisent pas moins de 6 000 l d'huile hydraulique, qui doit être vidangée et remplacée.

Pendant une semaine, les 6 000 l d'huile ont été pompés et filtrés, dans un dispositif extérieur, trois fois de suite et avec des filtres différents à chaque fois. Entre chaque phase, le

liquide a été soumis à des analyses. Le troisième passage de l'huile dans le dispositif l'a rendue apte au service.

Grâce à cette opération, Colas Rail a économisé les 67 500 € que représentent l'achat de l'huile et son évacuation vers des centres de retraitement en cas de changement.

La filiale ferroviaire de Colas travaille désormais sur deux axes. En premier lieu trouver des systèmes qui dans leur conception limitent la pollution de l'huile à l'intérieur du circuit. En second lieu optimiser le rythme de filtration, soit en restant sur un système de filtration externe ponctuel, comme pour la RM 900, soit en intégrant aux matériels un système de filtration en continu.

L'enjeu est de taille : le parc de Colas Rail comprend 2 dégarnisseuses, 1 train de pose de voie, et une trentaine de foreuses, régaleuses et stabilisateurs, tous ces matériels mobilisant de grosses quantités d'huile hydraulique.

L'ENTREPRISE

Colas Rail est une filiale de Colas (groupe Bouygues) spécialisée dans les travaux ferroviaires, construction et gestion des infrastructures, mais aussi dans la gestion des matériels ferroviaires. Présent dans plus de 22 pays, Colas Rail réalise un chiffre d'affaires de 500 millions d'euros et emploie 5 000 collaborateurs.



SEFI-INTRAFOR

Produire un meilleur coulis d'injection avec moins d'émissions

Cette centrale produit, en continu, un coulis homogène, et régulier. D'une capacité trois fois supérieure aux matériels classiques, elle optimise la consommation de matériaux et d'énergie.

Tout commence par un chantier important, qui nécessitait la production de 240 000 m³ de coulis de ciment en trois ans. Un volume qu'il n'était pas possible de produire avec un seul des matériels à la disposition de Sefi-Intrafor. Sefi-Intrafor et SAML, le service matériel qui gère les matériels de l'entreprise, établissent un cahier des charges pour une installation qui produirait les quantités souhaitées, économe en matériaux et en énergie. SAE, du groupe Fayat comme les deux demandeurs, constructeur spécialisé dans les matériels pour les produits bitumineux, mais aussi pour le

traitement des graves, apporte son savoir-faire dans la conception de la SRCG03. Pour satisfaire à la demande de débit, on passe d'une production traditionnellement discontinue à une production en continu.

Les matériaux constitutifs du coulis, ciment, bentonite, et sables, stockés dans des silos, sont versés à sec sur une bande convoyeuse et acheminé vers un malaxeur à deux axes horizontaux. C'est dans celui-ci qu'est injectée l'eau. En sortie de malaxeur le coulis passe dans un tamis vibrant, et est versé dans un bac de reprise de 6 m³.

Utilisée sur le chantier de Bagneux (94) pour lequel elle avait été prévue, puis dans deux autres chantiers, la centrale a rempli son cahier des charges. La qualité du coulis, servie par la fabrication en continu, et un pesage automatisé, est très homogène et très régulière.

Les cadences de production de la nouvelle centrale sont trois fois plus importantes que celle d'une centrale classique, soit 100 m³/h contre 35m³/h, pour une puissance de seulement 32,7 kW, contre 30 kW. Ceci avec un personnel identique. Les pertes de matériaux lors de la fabrication sont de 1%, contre 5 à 10% avec une centrale classique.

Ramenée au m³ de coulis produit, l'empreinte carbone de la nouvelle centrale est réduite de 13%.

Sur le dernier chantier où elle a été mise en oeuvre, pour une production de 5 700 m³, la centrale a économisé 50 t d'équivalent CO₂ : 6 t d'équivalent pour les matériaux, 4 t pour le transport de ces matériaux, 10 t sur le poste énergie, et 30 t sur le déplacement d'un personnel en moindre quantité et pendant une période réduite.

L'ENTREPRISE

Sefi-Intrafor est, avec Franki Fondation, l'une des deux filiales qui constituent le pôle Fayat Fondations du Groupe Fayat. Spécialisé dans les fondations profondes et les travaux souterrains, Sefi-Intrafor dispose d'un bureau d'études intégré qui intervient en conception et en exécution. Elle réalise un chiffre d'affaires de 76 millions d'euros.



BOTTE FONDATIONS

Des pieux à diamètre variable pour en diminuer l'empreinte carbone

Une méthode simple pour économiser du béton, mais aussi de l'acier et des transports. La réalisation de pieux d'un diamètre inférieur en partie basse mobilise des moyens moindres. Au total on aboutit à une baisse des émissions de CO₂, et aussi du bruit pour un chantier plus court.

Le rôle des pieux est d'aller chercher le bon sol en profondeur lorsque la portance du terrain superficiel est faible et ne permet pas de reprendre les charges d'une construction. Ils sont réalisés dans une excavation opérée par une foreuse en remplaçant les déblais par du béton coulé après mise en place d'une cage d'armature. L'idée de Botte Fondations est de faire une économie de matériaux en réalisant des pieux selon deux diamètres différents. On fore la partie supérieure avec l'outil du premier diamètre jusqu'à la cote prévue, puis la partie

basse après montage d'un outil de diamètre inférieur, en veillant à bien centrer la dernière partie du forage. Ce n'est pas une contrainte dans la mesure où il est courant de changer l'outil des foreuses lorsqu'on change de terrain, fait observer l'entreprise.

Avec cette technique il n'est pas prévu d'armer la partie basse. Cette dernière, d'un diamètre suffisant pour qu'elle présente une bonne cohésion avec la partie supérieure, travaille alors seulement en compression.

Le calcul doit tenir compte de cette géométrie, mais, a priori, le diamètre de la partie supérieure demeure identique à celle d'un pieu conventionnel.

Les bénéfices de cette méthode sont nombreux. En premier lieu il y a moins de déblais, et, partant, moins de transport pour leur évacuation. Le chantier réalise une économie de béton à mettre en place, soit l'équivalent du volume de déblais économisé, et une

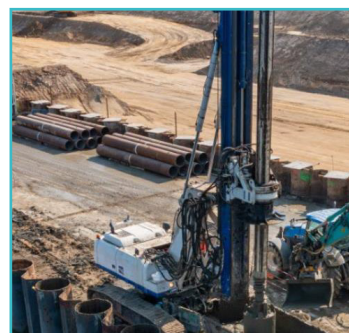
économie d'acier. Il faut y ajouter des économies de moyens de transport, rotations de camions bennes, et de porte-malaxeurs à béton. Il est aussi envisageable de réduire la taille des matériels mobilisés : foreuses et pelles hydrauliques pour le chargement des camions.

Botte Fondations a expérimenté la méthode sur un chantier à Paris (75005). La situation de cette réalisation, en centre-ville, a concouru à rendre encore plus pertinente la limitation des nuisances.

L'entreprise en a mesuré les bénéfices en termes de matériaux. Un pieu de 24 m et de 900 mm de diamètre nécessite 15,27 m³ de béton. Avec un pieu à diamètre variable, 12 m à 900 mm de diamètre et 12 m à 600 mm de diamètre, la consommation de béton passe à 11,03 m³ de béton soit un gain de 28%, et une économie de CO₂ de 568 kg, soit 568 t pour un chantier de 1000 pieux.

L'ENTREPRISE

Botte Fondations (groupe Vinci) est spécialisée dans les fondations spéciales : parois moulées, pieux, micropieux, tirants d'ancrage, clous, boutons, etc. Son chiffre d'affaires est de 106,3 millions d'euros. Elle emploie 490 collaborateurs. Elle a 7 implantations en France.



LAURÉAT

DEMATHIEU BARD

Les déblais du tunnel réutilisés pour la plateforme du métro de Lyon

La plateforme destinée à recevoir les voies du métro a été réalisée en grande partie avec les alluvions extraites par le tunnelier. Et ceci à l'avancement, pour éviter la constitution de stocks et des transports de matériaux inutiles.

Utiliser une partie des matériaux extraits par le tunnelier pour fabriquer, à l'avancement, le « béton de rechargement » du tunnel, voici l'idée de Demathieu Bard, pour la réalisation du tunnel destiné au prolongement de la ligne B du Métro de Lyon en direction de « Hôpitaux-Lyon Sud », dans le cadre d'un groupement avec Implenia.

Les alluvions extraites par le tunnelier Herrenknecht à marinage hydrau-

lique, pour creuser le tube de 2,4 km de longueur et de 8,55 m de diamètre intérieur, se sont révélées de qualité convenable pour l'usage qu'on leur réservait.

C'est donc un matériau issu du tunnelier, du sable 0,63/6 et du gravier 6/100, complété par un sable de correction 0/4 à hauteur de 25%, qui a été produit et mis en place par couches successives de 30 cm d'épaisseur et compacté. La centrale de traitement des matériaux de marinage avait été prévue pour la production des matériaux nécessaires à cette utilisation.

La portance moyenne obtenue, 100 MPa, est largement au-dessus de celle nécessaire pour une plateforme accueillant un métro.

L'entreprise a poussé l'exercice jusqu'au bout pour éviter de constituer un stock de matériau nécessairement en dehors du chantier. C'est donc à l'avancement, en flux tendu, qu'a été réalisé l'ouvrage.

Seule la partie supérieure a été couverte par un simple dallage de béton de 20 cm d'épaisseur.

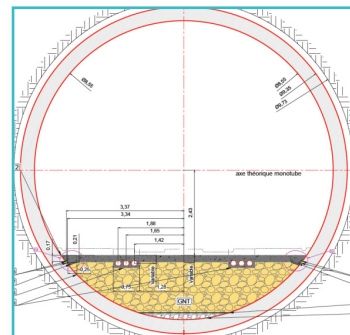
Ce « chantier dans le chantier » a nécessité une coordination des équipes en conséquence. Priorité était évidemment donnée à l'alimentation du tunnelier en voussoirs, également fabriqués par l'entreprise, les trains sur roues roulant sans difficulté sur l'ouvrage en construction.

Ce sont donc 14 000 m³ des matériaux excavés sur les 180 000 m³ extraits par le tunnelier qui auront été réutilisés. La réalisation de la plateforme a permis d'économiser une grande partie du béton de remplissage qui était prévu à l'origine et a épargné 2 100 trajets de semi-remorques a calculé l'entreprise.

Le reste des matériaux excavé a été valorisé à 100%, notamment pour la réalisation des remblais du chantier, et sous forme de sables pour le mortier de bourrage des voussoirs. Les réutilisations ont toutes été opérées dans un rayon de 35 km, précise l'entreprise.

L'ENTREPRISE

Spécialisé dans les ouvrages d'art et le génie civil, mais aussi le bâtiment et l'immobilier, Demathieu Bard réalise un chiffre d'affaires d'1,5 milliards d'euros et emploie 3 900 personnes. L'entreprise possède des filiales spécialisées dans le béton, préfabrication, béton fibré, béton architectonique. Elle travaille en France et à l'étranger (Luxembourg, Allemagne, Amérique du Nord).



Romain LÉONARD
Directeur technique
infrastructures et génie civil

DEMATHIEU BARD

« Nous sommes heureux et fiers d'être lauréats des Trophées des TP 2022 sur le thème de l'économie circulaire. Notre candidature portait sur un ouvrage souterrain. Dans ce domaine, il est important de réfléchir à la réutilisation des déblais quand le contexte s'y prête. Demathieu Bard a engagé il y a déjà plusieurs années une démarche de développement durable. Notre engagement se renforce chaque année. Par exemple, nous avons signé dernièrement un partenariat avec Hoffmann Green Cement Technologies. Il s'agit pour nous d'utiliser ces ciments décarbonés dans nos activités de construction, aussi bien en bâtiment qu'en génie civil. Les politiques d'achat sont encore principalement basées sur les prix, or l'aspect environnemental doit être le critère qui oriente les choix que font les entreprises. La mise en place de « crédits verts » aura certainement pour effet d'encourager les entreprises dans leurs démarches en faveur de la protection de l'environnement. »

CATÉGORIE

MISE EN OEUVRE DE MATÉRIAUX BAS CARBONE

Cette catégorie récompense les innovations d'entreprises de Travaux Publics qui permettent de développer et/ou d'industrialiser des matériaux bas carbone adaptés aux projets et aux besoins des usagers et des clients.

NOMMÉS

EIFFAGE ROUTE

2 km d'enrobé recyclé végétal sur l'A40

L'utilisation de liants végétaux dans les enrobés permet d'améliorer le bilan carbone du recyclage des chaussées. C'est un procédé de cette sorte qui a été mis en œuvre sur une portion d'autoroute très circulée, notamment par les camions.

La substitution de liants d'origine végétale au bitume, pour améliorer le bilan carbone des chantiers routiers, est à l'ordre du jour. Eiffage Route, pour sa part, a mis au point un liant constitué à plus de 90% de matières premières végétales, issu de coproduits de la sylviculture française. Ce liant présente une affinité chimique intéressante avec le bitume vieilli. Il est donc mis en œuvre dans le procédé Biophalt. Ce procédé est destiné au recyclage des agrégats

d'enrobés à fort taux, au-delà de 30%, après rabotage. Le liant végétal est alors utilisé à la place du bitume d'apport, avec les granulats neufs. Le Biophalt peut être fabriqué dans des centrales d'enrobage classiques, à une température inférieure à 130-140°C, soit en dessous des 160°C d'un enrobé classique, et donc en économisant de l'énergie. Il est mis en œuvre dans des conditions identiques à celles d'un enrobé classique sans toutefois produire de fumées de bitume sur le chantier.

Le Biosphalt a été mis en œuvre sur 2 km de l'autoroute A40. Les 2000 t d'équivalent d'un BBSG (béton bitumineux semi-grenu), d'une granulométrie de 0/14, sur une épaisseur de 5 cm, ont été mis en place en 2 jours, fin 2020. L'APRR, le concessionnaire, et Eiffage Route ont décidé d'un suivi de la chaussée

pendant 5 ans. Un premier suivi a mis en évidence un comportement normal de la section, fortement circulée par des poids lourds, comme l'avait déjà montré un essai sur le manège de fatigue de l'Université Gustave Eiffel à Bouguenais (44). L'écocomparateur SEVE (Système d'Evaluation des Variantes Environnementales) a établi, sur la base de l'ACV (Analyse du Cycle de Vie) du liant végétal et des données collectives de l'industrie routière, la neutralité carbone du chantier de l'A40. Ce sont 120 t d'équivalent CO₂ qui ont été économisées par rapport à une technique conventionnelle. Le prix du liant végétal utilisé est supérieur de 30% à celui du bitume. Il pourrait diminuer par économie d'échelle si le procédé Biophalt était généralisé, explique Eiffage Route, qui travaille à l'élaboration de liants végétaux alternatifs moins onéreux.

L'ENTREPRISE

Eiffage Route est la filiale routière du groupe Eiffage. Elle est active dans les travaux neufs et la réhabilitation des chaussées routières et autoroutières, portuaires, aéroportuaires et industrielles, et elle accompagne les villes dans leur aménagement urbain. Avec ses 10 500 collaborateurs, et ses 100 agences, elle réalise un chiffre d'affaires de 2,2 milliards d'euros.



SEMAROUTE

Une nouvelle centrale d'enrobage à haute performance environnementale

La nouvelle installation peut recycler jusqu'à 90% d'enrobés, chauffés pour cela à 160°C par un générateur d'air chaud. Celui-ci récupère la chaleur résiduelle du process. Un stockage à chaud des matériaux permet de limiter les redémarrages de l'installation. Elle peut aussi produire de l'enrobé à basse température.

Pour Semaroute, il était temps de remplacer la centrale d'enrobage d'Oberschaefolsheim (67), vieille de vingt ans. L'entreprise en a profité pour faire un saut en matière de productivité mais aussi pour faire des choix en matière de bilan carbone. La nouvelle unité de production, achetée à Benninghoven avec le soutien de l'ADEME Région Grand Est – c'est la première de ce type en France – a permis à l'entreprise d'augmenter sensiblement sa capacité de production à 320 t/h puisqu'elle

remplace une centrale Amman de 200 t/h. Mais elle permet aussi à Semaroute de passer d'un taux de recyclage d'enrobés maximum de 30% à 90%.

Pour cela, l'enrobé à recycler est chauffé à 160°C dans un tambour sécheur. Cette technique évite d'avoir à surchauffer les granulats neufs pour compenser une température plus faible des recyclés et garantit une meilleure mobilisation du bitume résiduel. Le constructeur a opté pour un générateur d'air chaud, à 500°C, en lieu et place d'un brûleur.

En sortie du tambour sécheur, l'air, à environ 100°C, est renvoyée dans la chambre de combustion, où les composés volatils sont partiellement brûlés.

Les fines engendrées sont réinjectées au niveau du stockage d'enrobés chauds.

La centrale, qui fonctionne en discontinu, produit des gâchées de

4 t. Afin de limiter les redémarrages de l'installation, les matériaux, granulats neufs, enrobés à recycler et produits finis, sont stockés à chaud.

La centrale produit sur demande un enrobé à basse température (130°C) selon le procédé « bitume mousse » au moyen d'une ligne d'injection d'eau sous pression au moment de l'injection du bitume dans le malaxeur.

Elle bénéficie aussi d'une ligne spéciale pour la production d'enrobés clairs à base de liants de synthèse ou végétaux sans perte de cadence de production.

Les objectifs de Semaroute ont été dépassés, puisque la production de la centrale a cru de 40% par rapport à l'objectif. Le taux de recyclage moyen est passé de 15% à 35%. En décembre 2021, la centrale a produit un enrobé avec 80% d'enrobé recyclé qui a été mis en œuvre avec succès. Les mesures de rejets atmosphériques de polluants se sont révélées très bonnes.

L'ENTREPRISE

Semaroute est la filiale du groupe familial Lingenheld qui fournit les enrobés à Lingenheld Travaux Publics. Elle réalise un chiffre d'affaires de 7,5 millions d'euros sur les 172 millions d'euros du groupe. Elle dispose de deux unités de production, à Obershaefolsheim (67) et Louvigny (57), pour servir au plus près les zones de travaux de la filiale routière du groupe, et aux clients de l'Est de la France.



ARD NORMANDIE TECHNOLOGIES

Un liant bas carbone aux laitiers d'aciéries pour les bétons

Utiliser un maximum de coproduits industriels et notamment des laitiers de hauts fourneaux c'est la caractéristique de ce liant bas carbone. Le suivi de ce constituant dès sa production en garantit l'efficacité pour la réalisation de bétons dans des ouvrages horizontaux.

L'Ecosoil participe de la volonté de faire baisser l'empreinte carbone des bétons. Il a été mis au point et breveté par ARD Normandie Technologies dont le programme de recherche et développement a été labélisé par l'ADEME au travers du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA).

Ce liant breveté est constitué principalement de laitiers de hauts-fourneaux et de laitiers d'aciéries, la proportion de ces derniers constituant au moins 60%, et jusqu'à 75% du produit.

Les laitiers d'aciérie avaient une mauvaise réputation car ils ne faisaient pas l'objet d'une traçabilité en matière de qualité et pouvaient contenir une proportion excessive de chaux libre. Ce n'est plus le cas, dit ARD Normandie Technologies, ce qui autorise l'usage de ce produit moins onéreux que les laitiers de hauts-fourneaux. Ces coproduits industriels, issus de l'aciérie d'ArcelorMittal Dunkerque, constituent 95% de l'Ecosoil. Les 5% restant sont des activateurs, carbonates de sodium et sulfates de sodium.

Le laitier d'aciérie est suivi : sélectionné à la source, il est déversé dans des fosses spécifiques, et broyé selon les spécifications d'ADM Normandie Technologies. Il a une teneur moyenne en CaO libre de 12,43 %.

L'Ecosoil présente un pH légèrement basique, 7,5. Le début de la prise est hydraulique, puis pouzzolanique.

L'impact carbone du produit est de 17 kg équivalent CO₂ par tonne produite.

ARD Normandie Technologies propose une gamme de quatre formules en fonction de l'application, des résistances que l'on veut obtenir, et de la saison de mise en place.

Ces formules, qui sont 20 à 25% plus chères qu'un liant traditionnel, sont utilisables dans les ouvrages qui ne nécessitent pas une prise rapide, soit surtout des applications horizontales. En premier lieu le traitement des sols pour les plateformes, à la place du ciment à base de clinker. Suivent les sous-couches des voiries urbaines ainsi que les aménagements paysagers. L'Ecosoil est également utilisable, sous la forme de mortiers autoplacants, pour le rebouchage des tranchées. A présent, l'Ecosoil est utilisé par quelques entreprises « pilotes ». ARD Normandie Technologies travaille à la constitution d'un réseau de distribution.

L'ENTREPRISE

Le bureau d'études ARD Normandie emploie deux personnes et réalise un chiffre d'affaires de 300 000 €. Il a deux spécialités : la production de procédés nouveaux pour la décontamination des sols, y compris les sédiments, et la formulation de liants à base de coproduits industriels.



LAURÉAT

VINCI CONSTRUCTION

5 anneaux de voussoirs en béton ultra bas carbone

Jusqu'à 100% de laitiers de haut fourneau alcali-activés pour le béton des voussoirs pour le tunnel de la ligne 18 du Grand Paris Express. Une première pour ce matériau qui permet de réduire de 70% l'empreinte carbone du béton mis en œuvre et dont il est envisagé une utilisation à échelle industrielle.

Cinq anneaux de voussoirs du tunnel du lot 1 de la ligne 18 du Grand Paris Express, vont être réalisés en béton ultra bas carbone.

Ce béton est produit à partir d'un liant alcali-activé, jusqu'à 100% à base de laitiers de haut fourneau. Un produit

qui se comporte comme le ciment à base de clinker. L'empreinte carbone des laitiers est réputée nulle car c'est un coproduit de l'industrie.

C'est un partenariat entre Ecocem et Vinci Construction qui a permis la mise au point de l'Exegy, un béton fabriqué à partir d'un liant alcali-activé Ecocem.

Les partenaires ont opté pour une activation au carbonate de sodium. Cet activateur a été choisi, par rapport aux produits alternatifs, car il est moins agressif que la soude – le produit final présente un pH équivalent à celui du ciment traditionnel – moins onéreux, et présente une empreinte carbone plus faible que le métasilicate de sodium.

Au total, le béton Exegy a une empreinte carbone réduite de 70% par rapport à un béton traditionnel.

Préalablement à l'utilisation du matériau dans le tunnel du Grand Paris Express, des essais de fabrication de voussoirs de tunnels ont été réalisés dans l'usine CDB (Vinci) de Chazey-Bons (01) avec du béton Exegy. Ces essais ont permis d'apprécier le comportement du matériau soumis aux vibrations dans les moules et aux variations de température d'étuvage, pour affiner la formulation du béton.

Les contrôles en laboratoire ont permis d'envisager une industrialisation de cette solution.

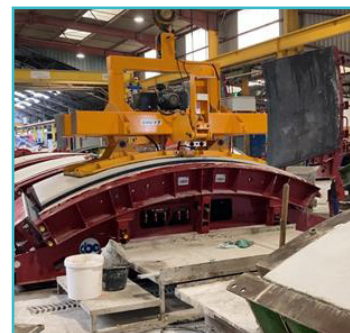
Les 40 voussoirs destinés au tunnel de la ligne 18 ont été réalisés en septembre 2021 dans l'usine Stradal d'Aubergenville (78). Ils seront mis en place en avril 2022.

Ce type d'utilisation de ce béton pourrait permettre d'économiser 1 t d'équivalent CO₂ par mètre linéaire de tunnel, a calculé l'entreprise.

L'objectif de Vinci Construction France est de généraliser l'usage de ce béton ultra bas carbone qui serait produit et mis en œuvre dans les mêmes conditions que les bétons traditionnels à des prix compétitifs mais sa prise est un peu plus lente.

L'ENTREPRISE

Avec un chiffre d'affaires de 4,866 milliards d'euros, Vinci Construction France est le numéro un du BTP en France. L'entreprise, qui emploie 19 000 collaborateurs, a 378 implantations lui permettant de réaliser 6 500 chantiers par an, dans le bâtiment, le génie civil et les réseaux.



Bruno PAUL-DAUPHIN
Directeur des solutions
bas carbone – Exegy

VINCI CONSTRUCTION

« Vinci Construction est honoré d'avoir obtenu ce prix et remercie la FNTF d'avoir organisé les Trophées et décerné ce prix à Exegy. Derrière Exegy il y a toute une équipe menée par la Tunnel Factory et nos experts matériaux. Il y a avant tout Ecocem avec qui nous avons développé cette solution ultra-bas carbone, sur la base de leur technologie et du liant Ecocem Ultra, mais également la Société du Grand Paris qui a tout de suite accueilli avec bienveillance et soutenu cette initiative d'expérimenter des voussoirs avec ce matériau innovant. Je n'oublie pas les équipes de Stradal qui nous ont reçu les bras ouverts et ont produit ces voussoirs. Elles ont démontré que ce qui avait été conçu en laboratoire, puis testé, fonctionne dans les mêmes conditions dans leur usine. Vinci Construction a développé cette solution pour se différencier sur le matériau béton avec une volonté de performance technique, environnementale et économique. La démarche Exegy donne à Vinci Construction les moyens de ses ambitions : décarboner nos bétons. »

CATÉGORIE

SOBRIÉTÉ ET DÉCARBONATION

DES ENGINS

Cette catégorie récompense les innovations des entreprises visant à l'efficacité énergétique et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ainsi que des autres polluants atmosphériques.

NOMMÉS

COLAS RAIL

Le « start & stop » pour les locomotives

Un système de gestion de l'énergie « maison », perfectionné, qui peut être monté sur n'importe quelle machine. Il économise gazole et émissions de CO₂ au parc de locomotives de l'entreprise.

Une étude de Colas Rail de 2014 a établi que ses locomotives diesel étaient à l'arrêt, freins serrés, moteur au ralenti, 56% de leur temps de service, en phase de stationnement ou d'attente. La consommation de ces machines au ralenti, leur moteur demeurant sollicité pour fournir une puissance de 100 kW (alternateur, circuit hydraulique, compresseur d'air) a été mesurée : entre 10 l/h et plus de 60 l/h. Comment économiser cette consommation inutile de GNR ? En les dotant d'un système de « start & stop ».

Développé en interne, l'Ecostop utilise un « software » et des cartes

électroniques « maison » et un automate fourni par un spécialiste français. Le moteur est stoppé quand il est au ralenti, que le frein de la locomotive et les freins des wagons sont serrés, et après vérification d'un certain nombre de paramètres : réservoirs d'air suffisamment pleins, batteries chargées à 100%, liquide de refroidissement à plus de 43°C pour un redémarrage à chaud, sans émission de fumée.

Le prototype de l'Ecostop installé sur une machine a permis de perfectionner le dispositif, notamment en tenant compte de l'avis des conducteurs. Un système de temporisation permet d'outrepasser l'arrêt s'il est jugé intempestif, le chauffage et la climatisation sont maintenus lors de l'arrêt du moteur, etc. Un petit groupe électrogène auxiliaire maintient la charge des batteries si nécessaire. Le système est « communicant » et fournit des informations sur le gain de

carburant, la consommation totale, le nombre d'arrêts traités.

L'Ecostop est utilisable en « unités multiples » sur les locomotives couplées, les deux bénéficiant du système, ce qui n'est pas possible avec les « start & stop » proposés sur le marché. Une soixantaine de machines du parc de Colas Rail sont désormais équipées.

L'Ecostop permettant une économie de carburant de 15 000 l par an et par machine, réduit ainsi son émission de CO₂ de 39 t. La réduction de son temps de fonctionnement en augmente la durée de vie d'environ 12%, réduit le nombre d'opérations de maintenance et de vidanges. Il réduit sa pollution sonore par arrêt du moteur.

L'Ecostop, dont la commercialisation commence en 2022, est breveté, certifié CE, et peut équiper des machines récentes mais aussi anciennes, en « rétrofit ».

L'ENTREPRISE

Colas Rail est une filiale de Colas (groupe Bouygues) spécialisée dans les travaux ferroviaires, construction et gestion des infrastructures, mais aussi gestion des matériels ferroviaires. Présent dans plus de 22 pays, Colas Rail réalise un chiffre d'affaires de 477 millions d'euros et emploie 2 000 collaborateurs.



SOLETANCHE BACHY

Zéro émission de CO₂ pour l'Hydrofraise électrique

Cette machine, destinée à la réalisation des parois moulées, peut recevoir un « Powerpack » qui lui permet d'être alimentée par le réseau électrique. Ce dispositif en supprime toute émission de CO₂ et en réduit considérablement le bruit de fonctionnement.

Les constructeurs de matériels de chantier travaillent à l'électrification de leurs machines pour diminuer les émissions de CO₂ des parcs de machines équipées, pour l'instant, de moteurs diesel. Chez Soletanche Bachy 91% des rejets directs de CO₂ sont liés à la consommation de gazole des engins. Le parc d'Hydrofraise de l'entreprise, destiné à la réalisation des parois moulées, a une part prépondérante dans cette consommation. Soletanche Bachy a mené un travail de conception-fabrication pour intégrer dans ces machines une motorisation électrique. Machines qui assurent un forage

en continu, grâce au principe de la circulation inverse, en injectant une boue bentonitique, à mesure qu'elles évacuent le terrain par pompage.

Dès 2017, l'entreprise équipe une de ses Hydrofraise d'une alimentation électrique. Suivront des applications sur plusieurs chantiers.

L'alimentation électrique est assurée par un « Powerpack », monté sur l'Hydrofraise en lieu et place du moteur thermique, sans en modifier l'encombrement, qui anime le système hydraulique - l'opération est réversible.

Elle peut ainsi travailler en s'alimentant via un câble sur le poste d'alimentation EDF en haute tension du chantier, à 400 V.

Deux modèles de la gamme peuvent fonctionner en électrique. Les prochaines machines conçues par Soletanche Bachy seront prévues pour recevoir l'alimentation électrique.

L'Hydrofraise électrique ne consomme donc plus d'énergie fossile et travaille

sans émission directe de CO₂. De plus, le bruit émis par la machine est réduit d'un facteur quatre au bénéfice des riverains et de personnels des chantiers.

Sur le premier chantier où la HC05G électrique a été utilisée, à Monaco, 60 000 l de GNR ont été économisés en quatre mois de production.

En 2021, une Hydrofraise EV5 électrique a été mise en service sur le chantier Austerlitz à Paris.

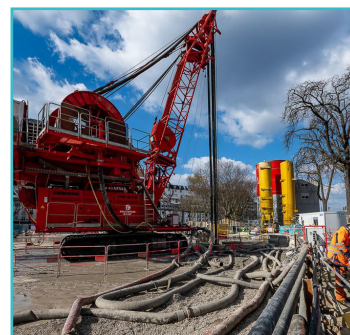
La prochaine intervention d'une Hydrofraise électrique aura pour cadre le lot T3A de la ligne 15 du Grand Paris Express.

Soletanche Bachy propose désormais cette solution en réponse aux appels d'offres lorsqu'elle est la plus pertinente, par exemple en milieu urbain.

Le parc de Soletanche Bachy, qui comporte une trentaine de machines, pourrait être électrifié, soit à l'occasion de renouvellement, soit en «etrofit ».

L'ENTREPRISE

Soletanche Bachy (groupe Vinci) est le leader mondial des fondations et des technologies du sol : fondations profondes (pieux, micropieux), soutènement (parois moulées), confortement, étanchement. Avec un millier de collaborateur, l'entreprise réalise 4 000 chantiers par an pour un chiffre d'affaires d'1,6 milliards d'euros.



VINCI CONSTRUCTION MARITIME ET FLUVIAL

L'éco conduite pour les bateaux de travail

Comment réduire la consommation de gazole des bateaux de travail de 40%, et, en conséquence, les émissions de CO₂ ? En incitant les opérateurs à modifier, faiblement, leur vitesse. Les capitaines des navires de l'entreprise vont bénéficier d'une formation à l'écoconduite de leurs unités.

Combien consomment les bateaux de travail de Vinci Construction Maritime et Fluvial et quels sont les comportements qui influent sur cette consommation ? Comment peut-on la réduire ? Pour le savoir, une vingtaine des quelques 150 bateaux de travail de Vinci Construction Maritime et Fluvial ont été instrumentés pour communiquer via la télématique : la consommation instantanée, la consommation cumulée, la charge moteur, les heures moteurs et la vitesse des navires.

Première constatation : lors des translations, les moteurs sont souvent sollicités au maximum de leur régime par « une bonne proportion » des capitaines.

L'un des cinq bateaux nettoyeurs du parc Ile-de-France, le Port Marly 2, a été mis à contribution pour mesurer l'influence du comportement sur la consommation. Sans précaution particulière, soit à un régime moteur de 2 700 tr/min, ce navire consommait 220 l de GNR par jour, soit 2 600 l par mois. En s'appuyant sur les courbes fournies par le constructeur du moteur, l'entreprise a mesuré les conséquences d'un autre positionnement de la manette des gaz. A 2100 tr/min, la consommation de gazole a chuté de 40% ! L'idée de Vinci Construction Maritime et Fluvial était de trouver le réglage optimum. En passant de 2700 tr/min à 2 200 tr/min, soit en se rapprochant du couple maximum, la vitesse du Port Marly, chargé, passe de 8,5 km/h à 7,5 km/h contre le sens du courant,

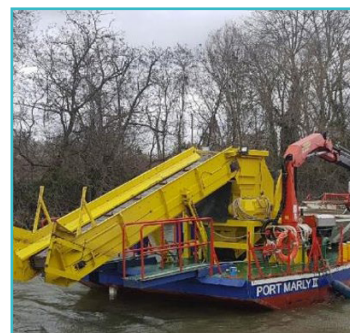
et de 16 km/h à 15 km/h dans le sens du courant, avec des gains de consommation de respectivement 41,3% et 41%. Le gain potentiel est de 14 l/h en navigation. Soit en cumul annuel, une économie de 11 400 l de GNR, d'un coût de 8 550 €, et une réduction des émissions de CO₂. L'allongement moyen du temps de propulsion journalier se situe autour des 15 minutes. L'entreprise pointe aussi les gains en termes de maintenance et de durée de vie du moteur.

L'instrumentation des navires de Vinci Construction permettra aux capitaines de surveiller les paramètres du fonctionnement de leurs moteurs, en relation avec la formation à l'écoconduite qui leur aura été dispensée.

Dans un deuxième temps, l'entreprise mettra à profit des enseignements qu'elle a recueillis sur la gestion des ralentis moteurs, autre source importante de réduction des consommations.

L'ENTREPRISE

Vinci Construction Maritime et Fluvial est la filiale spécialisée du groupe Vinci dans les travaux maritimes et fluviaux, dragage, déroctage, battage, génie civil fluvial et maritime, et travaux subaquatiques. Elle réalise un chiffre d'affaires de 113 millions d'euros. Son parc de navires compte 150 unités, pousseurs, bateaux nettoyeurs, barges, pontons, etc.



LAURÉAT

CHARIER

De l'hydrogène vert pour le chantier « Zéro émission »

Créer une filière de production, de transport et d'alimentation des engins dans la perspective d'arriver au chantier Zéro Emission nécessite la mobilisation des savoir-faire locaux, avec toutes les étapes techniques à surmonter.

C'est un projet « grand régional », pour les Pays de la Loire, qui pourrait éclore de cette expérimentation en vraie grandeur.

Le chantier d'agrandissement du port de La Turballe (44), confié à Charier, va mettre en œuvre un tracteur dont le moteur thermique fonctionne à l'hydrogène. Ce tracteur ira charger des blocs d'enrochement à 5 km du chantier, en traversant l'agglomération.

Persuadé que la logique du chantier « Zéro émission » implique un schéma local, Charier a dû mobiliser les savoir-faire de nouveaux fournisseurs, tous de la région. Il lui a fallu conclure des partenariats pour l'électrification de l'engin, la production de l'hydrogène, son conditionnement, son transport à haute pression, son stockage mobile et sa distribution aux engins.

C'est Lhyfe qui produira de l'hydrogène « vert », à Bouin (85), au moyen de l'électricité provenant d'éoliennes. Le système de transport et de distribution a été mis au point et sera opéré par Europe Technologies (Carquefou, 44).

L'hydrogène qui sort de l'usine à 25 bars sera comprimé à 350 bars, et chargé dans des réservoirs installés

dans un cadre de conteneur de 20 pieds. Il sera ainsi transporté par camion dans l'enceinte du chantier où le conteneur sera posé et branché sur un poste de distribution fixe.

C'est le savoir-faire d'E-Néo (Les Brouzils, 85), spécialiste de la conversion des véhicules à la traction électrique, qui a été mobilisé pour le « retrofit » du tracteur John Deere. Doté d'une pile à combustible qui alimente une batterie, ce tracteur, équipé de réservoirs spécifiques pour l'hydrogène, est animé par un moteur électrique.

La capacité du conteneur est de 300 kg d'hydrogène à 350 bars. A cette pression, le tracteur devra faire deux pleins par jour.

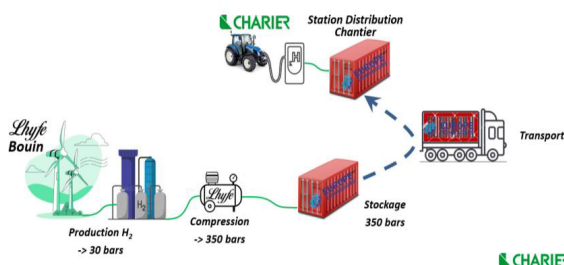
Charier devrait poursuivre son expérimentation de l'hydrogène à l'occasion d'un petit chantier de démolition ou de terrassement. Seraient mis en œuvre le tracteur, mais aussi une pelle de 20 t, également à hydrogène, et possiblement le chariot à hydrogène que Manitou, autre industriel des Pays de la Loire, est en train de développer.

L'ENTREPRISE

Charier est active dans le terrassement, la route, les carrières, le génie civil, les travaux urbains, les travaux maritimes et fluviaux. Implantée en Loire Atlantique, l'entreprise travaille dans tout l'Ouest de la France et aussi dans la Région Parisienne. Avec 1 600 salariés, le groupe réalise un chiffre d'affaires de 278 millions d'euros.



De l'éolienne au chantier



Valéry FERBER
Directeur environnement
& innovation

CHARIER

« Tout n'était pas prêt, tout n'était pas réglé, mais il est très important que certains se lancent, a pensé le jury de notre projet. La FNTF l'a reconnu comme innovant, et à mettre en avant. Nous nous sommes impliqués, dans cette perspective-là : établir un maillon « travaux publics » dans la chaîne de l'utilisation de l'hydrogène. Nous avons vécu collectivement ce projet qui a mobilisé des compétences très variées en interne. Il conjugait des aspects matériels, achats, énergie, transport, logistique, avec toutes les incertitudes qu'engendre la nouveauté. A chaque étape il fallait trouver un nouveau partenaire : Lhyfe, Europe Technologies, E-Néo, ou encore Manitou. Nous souhaitons que d'autres entreprises s'engagent comme nous dans la voie de l'hydrogène renouvelable. Car si l'on n'est pas assez à en acheter c'est une filière qui ne sera jamais viable. Nous comptons aussi beaucoup sur les constructeurs pour nous proposer des matériels fonctionnant à l'hydrogène. Il faudra qu'entre maîtres d'ouvrage et entreprises chacun prenne sa part des surcoûts. »

CATÉGORIE BIODIVERSITÉ

Cette catégorie récompense les innovations des entreprises visant à la préservation des milieux naturels (terrestres et aquatiques), la prise en compte ou l'intégration de la biodiversité dans les procédés ou les réalisations ainsi que la lutte contre les espèces invasives.

NOMMÉS

VINCI CONSTRUCTION MARITIME ET FLUVIAL

Des blocs d'enrochement en béton qui favorisent la biodiversité

Pourquoi ne pas faire profiter l'écosystème marin des structures immergées par l'homme ? C'est l'objet de ces blocs préfabriqués dont la géométrie favorise l'accueil des espèces végétales et animales. Le travail de plusieurs universités et de deux entreprises permettra de définir des modèles « biomimétiques » industrialisables.

La faune et la flore marine colonisent plus ou moins les ouvrages sous-marins installés par l'homme. Concevoir, réaliser et expérimenter des éléments préfabriqués en béton remplissant un rôle structurel et propices au développement de la vie : c'est le fil conducteur du projet Marineff (Marine Infrastructure Effects). Centré sur la Manche et prévu pour se terminer en 2024, il rassemble des partenaires universitaires français et britanniques,

dont l'Esitc Caen (chef de file), le Museum National d'Histoire Naturelle de Dinard, Ports de Normandie, et deux entreprises, Vinci Construction Maritime et Fluvial et Travaux Publics du Cotentin. Les blocs ont été dessinés en s'inspirant des structures naturelles. Ils présentent des gouttières horizontales et verticales, pour les espèces suspensives, des angles ouverts pour permettre la fuite, des trous de différentes formes et tailles, dont des trous traversant pour accueillir des espèces qui ne peuvent pas reculer. Deux versions de revêtement ont été prévues : un béton lisse et un béton désactivé pour favoriser l'accrochage des végétaux.

C'est Travaux Publics du Cotentin (Groupe Vinci) qui s'est assuré de la faisabilité des blocs de 1,2 m x 1,2 m x 1,2 m, d'un poids de 3,3 t et les a réalisés avec un béton de classe d'exposition XS3, incorporant des coproduits coquilliers.

36 de ces blocs, dans les deux

finitions, ont été posés à la grue, à partir d'un ponton flottant, avec un positionnement au GPS, sur le fond rocheux de la rade de Cherbourg d'une part, en septembre 2020, 12 en pleine eau et 12 en zone marnante, et 12 sur le sable de Bernières-sur-Mer (14) en mars 2021.

Les premières observations d'une campagne qui comprend une plongée tous les deux mois, ont permis de constater une amélioration de 15% de la biodiversité autour des blocs par rapport à d'autres blocs immergés traditionnels dans la même zone, et une meilleure colonisation des algues sur les faces en béton désactivé. Cette expérimentation permettra de définir des profils adéquats pour des blocs immergés destinés, in fine, à une industrialisation à grande échelle.

Le projet Marineff comporte également des modules de formes différentes : modules prismatiques pour accueillir le naissain d'huîtres, mouillages pour bateaux, etc.

L'ENTREPRISE

Née en 2017 du rapprochement des filiales de Vinci Construction France spécialisées, Vinci Construction Maritime et Fluvial rassemble plus de 250 unités flottantes et des compétences en matière de dragage, déroctage, battage, génie civil fluvial et maritime, et travaux subaquatiques.



ECOFHAIR

Des cheveux pour dépolluer les chantiers

La capacité des cheveux à adsorber les liquides rend ce matériau pertinent pour des usages contre les pollutions par hydrocarbures. Une offre de produits à partir d'une ressource naturelle peu exploitée et concurrente de produits issus du pétrole.

Les cheveux humains ont des propriétés d'adsorption des liquides. Ils sont protégés des agressions extérieures par une cuticule en forme d'écailles qui a la capacité de retenir les liquides et notamment les corps gras. 1 kg de cheveux peut retenir jusqu'à 8 l d'hydrocarbures.

Un coiffeur a monté une association, « Coiffeurs justes » pour recycler les cheveux en utilisant leurs propriétés à des fins de dépollution.

Serpol, filiale de Serfim, spécialisée dans la dépollution des sites, s'intéresse à cette initiative et crée en mars 2021, avec des partenaires, Ecofhair.

Les cheveux sont acheminés dans un centre de retraitement à Brignolles (83), où sont réalisés des boudins en tissu recyclé de 50 cm de longueur et de 8 cm de diamètre renfermant ces cheveux. Sous la dénomination commerciale Capisorb, ils sont utilisés comme produit dépolluant.

Le port de Cavalaire-sur-Mer (83) est le théâtre des premières applications. Les boudins sont utilisables dans les compartiments moteurs des bateaux de plaisance, susceptibles de recevoir des huiles, de l'essence ou du gazole. Le port lui-même utilise des boudins de plusieurs mètres de long, rendus flottants par l'ajout de bouchons de liège recyclés, autour de la station d'avitaillement et de ses pompes à carburant en cas de pollution ponctuelle.

Le Capisorb se positionne comme un concurrent des boudins classiques remplis de fibres synthétiques – principalement du polyéthylène, qui agit, lui, par absorption – avec l'avantage

de ne comporter que des ressources naturelles. Ceci pour un prix comparable.

Les produits d'Ecofhair sont donnés pour absorber, sur le plan pratique, 2,8 fois leur volume de produits polluants. Une fois utilisés ils sont confiés à des spécialistes du recyclage, mais Ecofhair envisage une filière recyclage intégrée.

La ressource est importante : le stock d'Ecofhair rassemble à présent 200 t de cheveux, une matière première qui pourrait croître avec l'ouverture de nouvelles unités de production du Capisorb.

Ecofhair a reçu des demandes d'entreprises de TP intéressées par le Capisorb d'une part en cas de venue de polluants lors d'opérations de terrassement d'autre part en cas de pollution accidentelle d'huile hydraulique ou de GNR par des engins.

L'ENTREPRISE

Serpol est une filiale de Serfim spécialisée dans la dépollution. Avec ses 200 collaborateurs elle réalise un chiffre d'affaires de 35 millions d'euros. Elle compte 8 établissements en France et 3 en Espagne, et un laboratoire d'essais. Ses 1 300 m² d'atelier lui permettent de concevoir, fabriquer, installer et exploiter des unités de traitement sur-mesure.



SPIE BATIGOLLES VALÉRIAN

Une stratégie environnementale pour une digue de 10 km

Le chantier de la digue qui va contenir les crues du Rhône entre Tarascon et Arles fait l'objet de nombreuses mesures compensatoires hydrauliques et biologiques. Création d'une îlône, de nouvelles mares, aménagements et plantations sont au programme.

La loi impose aux ouvrages de génie civil, d'éviter, de réduire, et/ou de compenser les impacts de ces projets sur les milieux naturels. La construction d'une digue entre Tarascon et Arles a donné lieu à des interventions de compensation hydraulique, de préservation d'espèces et de végétalisation.

Il a été décidé de contenir les crues centennales du Rhône et d'assurer un déversement des eaux sans brèche jusqu'à la crue millénaire au moyen d'un ouvrage de 10 km de longueur construit sur la rive gauche du fleuve, à l'ouest de la voie ferrée Avignon-

Marseille, dont le remblai faisait jusqu'alors office de digue.

La dimension écologique du projet, pour le compte de la Symadrem (Syndicat Mixte interrégional d'aménagement des Dignes du Delta du Rhône et de la Mer) a été traitée dans un lot particulier par Spie batignolles valérien, mandataire, ATP environnement et La Compagnie des Forestiers.

La digue était une vraie création, et nécessitait donc 2 millions de m³ de matériau, dont 1,5 prélevés à proximité de l'ouvrage. Cet emprunt, le long du fleuve a été aménagé sous la forme d'une îlône (ancien bras d'un fleuve) artificielle de 3,5 km de longueur et 70 m de largeur, 4 à 5 m en dessous du terrain initial. Cet ouvrage, maintenu en eau par des martellières, a été façonné de manière à créer une dizaine de mares d'une profondeur de 50 à 70 cm. Ces ouvrages ont été réalisés autant que possible lors des opérations de terrassement.

Outre son rôle de compensation hydraulique, la îlône et ses abords sont prévus pour recueillir la faune locale, sollicitée par exemple par la création de plus de 200 abris pour reptiles en blocs de pierre. Parmi les espèces attendues, la Diane, papillon protégé, amateur d'aristoloches, plantes herbacées du type liane, qui avaient été déplacées et mises en pension à Porquerolles (83) le temps des travaux, ou encore le guêpier d'Europe, oiseau considéré comme aménageur d'écosystèmes. Ce dernier a colonisé un talus volontairement non aménagé.

La digue a été ensemencée avec des variétés locales, en vue de sa stabilisation et de son intégration paysagère. Le long de l'ouvrage a été créé une bande boisée de 8 km de longueur qui permettra l'inscription paysagère d'une voie verte cyclable.

Au total, ce sont 45 000 plants forestiers, et 6000 baliveaux, qui ont été mis en place.

L'ENTREPRISE

Spie batignolles valérien exerce ses activités dans les secteurs du terrassement, de l'assainissement et du génie hydraulique, du génie civil, des VRD et de l'environnement. Elle intègre l'ensemble des métiers de la conception à la construction, de la maintenance à l'exploitation. L'entreprise réalise un chiffre d'affaires de 124 millions d'euros et emploie 550 personnes.



LAURÉAT

NGE

Un outil numérique pour lutter contre les espèces invasives

Comprendre et agir sur le développement des espèces indésirables, tel était le projet qui a permis la création d'un outil numérique pour le choix de mélanges grainiers propres à combattre l'installation des plantes exotiques envahissantes après les travaux.

Le chantier est susceptible de favoriser le développement des plantes exotiques envahissantes (PEE). Ces végétaux indésirables modifient les écosystèmes et la chaîne alimentaire. Ils peuvent aussi avoir un impact sanitaire important (allergies, brûlures) ou encore un impact économique en compromettant le fonctionnement des ouvrages et des structures

qui leur sont associés, notamment en milieu aquatique (cours d'eau, barrages, etc.).

Le simple fait de terrasser un terrain, peut favoriser le développement des PEE préexistantes ou en encourager l'installation.

Les maîtres d'ouvrage sont tenus de traiter les zones infectées lorsqu'elles sont identifiées à l'occasion de travaux.

NGE a souhaité se doter d'un outil pour proposer, dès l'appel d'offres, des solutions pour lutter contre les PEE.

En complément des méthodes mécaniques à la disposition de l'entreprise pour la destruction des PEE en fonction de leur stratégie de reproduction (coupe, arrachage,

broyage, enfouissement), c'est une stratégie grainière qui a été mise au point grâce à une Convention industrielle de formation par la recherche (Cifre) avec l'Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes et l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE Avignon Université).

Il s'agissait de définir des mélanges grainiers d'espèces-clés spécifiques propres à décourager le développement des PEE.

L'identification de familles de graines à semer, le pourcentage de graines en fonction de ces familles – capacité de fixer l'azote, vitesse de croissance – ont été calés sur la flore locale, à partir des 13 régions du label « végétal local », et trois types de milieu humides, secs, mésophiles.

Le projet a permis de créer un outil numérique interne à l'entreprise. Très raffiné, cet outil est aussi très souple. Il offre un choix de graines par familles, en fonction de leur disponibilité. Il permet aussi de proposer au maître d'ouvrage des mélanges propres à ses choix d'entretien. Par exemple des variétés plutôt herbacées pour faciliter la tonte, ou, à l'inverse, des variétés offrant au terrain à traiter un aspect plus rustique, avec la création de buissons.

L'ENTREPRISE

Nouvelle génération d'entrepreneurs, telle est la signification de NGE, entreprise dont 80% du capital est détenu par les salariés et les dirigeants. Elle réalise un chiffre d'affaires de 2,4 milliards d'euros avec 14 000 collaborateurs dans 17 pays, dans le bâtiment, le génie civil, la route, les VRD et les travaux ferroviaires.



Anne SCHER
Directrice adjointe
à l'environnement

NGE-BTP

« Tout NGE est ravi d'avoir importé un peu de nos expertises au Forum des TP et d'avoir remporté le Trophée dans la catégorie Biodiversité. Ce contexte nous permet de mettre en exergue ces nouvelles expertises que nous développons au sein de notre groupe, notamment en matière de génie végétal et de génie écologique. La biodiversité était, dans le milieu du BTP, un domaine un peu occulté par le réchauffement climatique. Nous sommes contents qu'elle soit mise sur le devant de la scène. Le Trophée et le Forum nous ont permis de renforcer notre communication, interne et externe, et aussi de créer des contacts avec des maîtres d'ouvrage. Nous espérons fortement que notre solution sera mise en application très rapidement dans de nombreux projets pour montrer l'efficacité de cette technique et toute l'efficacité des solutions fondées sur la nature. Nous remercions les partenaires de ce projet, la Tour du Valat, l'IMBE, et Manon Hess, la « thésarde » qui a permis l'aboutissement de ce projet. »

CATÉGORIE ÉCLAIREURS

Cette catégorie récompense les doctorants ou jeunes docteurs menant des recherches et dont les travaux « d'éclaireurs » sont susceptibles de contribuer à l'amélioration des performances environnementales des métiers et projets de TP.

NOMMÉS

MARIE SERENG UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL

Améliorer le process de carbonatation des granulats recyclés

Sur quels paramètres faut-il agir pour obtenir une carbonatation maximale des granulats à recycler dans de nouveaux bétons, débit, pression du gaz, humidité du matériau ? C'est l'objet de cette étude qui permettra d'améliorer les process industriels à venir.

Les granulats recyclés offrent, notamment leur partie fine, la possibilité d'une carbonatation accélérée. Ce processus permet de compenser, d'une part les émissions de gaz à effet de serre dans la confection du ciment, d'autre part les défauts de ces matériaux relativement à leur réemploi, forte porosité et fort coefficient d'absorption d'eau.

Cette étude porte sur la faisabilité préindustrielle, dans le cadre du projet national Fastcarb (Carbonatation accélérée de granulats de béton recyclé), de la carbonatation des granulats recyclés.

Trois types de granulats et deux fractions ont été étudiés ainsi que deux protocoles mis en oeuvre : un protocole statique et un protocole dynamique.

Le protocole statique a permis d'étudier l'effet de la teneur en eau, de la carbonatation naturelle initiale, du type de granulat et de la fraction, de la concentration de CO_2 et de la température.

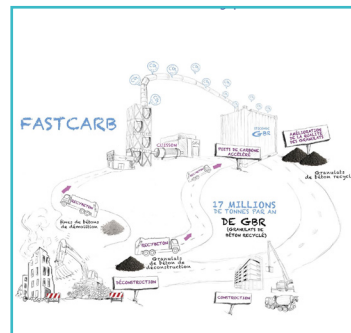
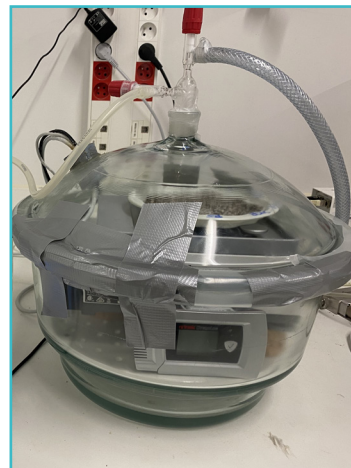
Les résultats obtenus ont permis d'optimiser le programme expérimental pour l'application du protocole dynamique.

Le protocole dynamique se présente comme le pilote d'une application industrielle sous forme de lits de granulats soumis à un flux de CO_2 qui les traverse, avec, notamment, des débits et des pressions différents. Parmi eux on a utilisé des granulats à destination de démonstrateurs industriels, issus de centrales de BPE. L'expérimentation a permis de constater une relation entre le débit

de CO_2 et son stockage. En revanche le stockage de CO_2 augmente, modérément, avec la pression jusqu'à un certain niveau à partir de laquelle l'humidité des granulats baisse, et leur capacité à stocker le CO_2 .

L'objectif final du projet est de compléter la base de données déjà disponible avec de nouvelles conclusions sur l'optimisation des paramètres et leur couplage.

Le projet a été mené par Marie Sereng dans le cadre de l'Université Gustave Eiffel, en relation étroite avec les responsables des démonstrateurs dans le cadre de FastCarb, le sécheur à tambour rotatif de Vicat, et le sécheur à lit fluidisé de LafargeHolcim. Les résultats de l'étude, et ceux des démonstrateurs, sur les mêmes fractions de granulats ont montré des ordres de grandeur similaires. Le coefficient d'absorption d'eau dans les granulats traités montre une baisse de 50%, ce qui permet d'envisager une réutilisation des granulats recyclés carbonatés.



ELIO ZIADE

UNIVERSITÉ DE LIMOGES

Comportement et durabilité des enrobés à base de matériaux recyclés

On s'accorde sur la nécessité de recycler les chaussées usagées dans le nouvel enrobé, mais on n'est pas certain de la mobilisation du bitume ancien dans le mélange. Une étude à trois niveaux, numérique, laboratoire et vraie grandeur, pour caractériser ce comportement.

C'est en optimisant le mélange chaussée recyclée et matériaux neufs que l'on pourra s'assurer la durée de vie des chaussées incorporant des matériaux anciens, et, partant du fait qu'on en accroîtra l'acceptabilité.

Quand on mélange un constituant neuf et un constituant usagé est-on sûr que c'est un mélange à 100%, que l'enrobé vieilli se mobilise suffisamment ? C'est l'objet de cette thèse de comprendre l'influence des enrobés recyclés sur ces mélanges.

Pour cela elle étudie à trois échelles - numérique, expérimental en laboratoire, et expérimental en vraie grandeur - le comportement des mélanges enrobés recyclés et constituants neufs, dans différentes proportions. C'est le niveau du mortier ou du mastic intergranulaire qui a été jugé le plus pertinent pour mieux comprendre les interactions entre les matériaux vieux et neuf. Ceci dans deux applications: la couche de roulement et la couche de base.

La fissuration sous la sollicitation thermique est le mode de dégradation le plus important sur les chaussées autoroutières. Quatre planches expérimentales constituées d'enrobés avec plusieurs pourcentage d'enrobés recyclés, y compris avec des enrobés très durs, avec et sans additifs, ont été installées sur l'autoroute A 62 (ASF), entre Toulouse et Bordeaux, en juin 2021.

Parallèlement des éprouvettes ont été

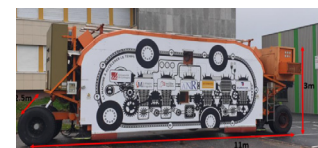
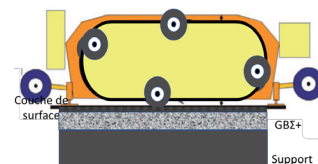
soumises à une déformation mécanique équivalente à une déformation thermique.

Pour la couche de base, qui, elle, est sujette à la fatigue mécanique, un matériau produit par Spie batignolles malet, la grave-bitume GB Epsilon+ comprenant 40% de produits recyclés, a été soumis à une simulation de trafic accéléré avec le Load Simulator MLS 10 du laboratoire d'Egletons (19).

La méthode numérique proposée dans le cadre de cette étude permet de créer un mortier numérique dans lequel on peut faire varier les proportions des différents mastics et granulats. On pilote ainsi le pourcentage de remobilisation du bitume ancien. En comparant le module du mélange numérique et le module d'un mortier testé au laboratoire on pourra obtenir le pourcentage de remobilisation expérimental.

➤ Approche expérimentale- chantier

Simulateur de trafic MLS10-Egletons



Evaluer la durabilité de la couche de base

Planches comparatives A62-Agen



LUCAS HESS

INSA TOULOUSE

Clarifier les mécanismes de corrosion du béton armé

La corrosion des armatures du béton armé sous l'action des chlorures est-elle conditionnée par l'ouverture des fissures fonctionnelles ? C'est l'objet de cette expérimentation innovante de répondre à cette question, qui conditionne le dimensionnement des ouvrages.

Dans quelle mesure faut-il limiter l'ouverture des fissures fonctionnelles du béton armé pour limiter la corrosion des armatures en fond de fissure sous l'action des chlorures, sels de déverglaçage ou atmosphère marine ? Telle est la question à laquelle cette recherche entreprend de répondre.

Le contrôle de la fissuration préconisé par les normes de construction « sans qu'il y ait un consensus sur le sujet » conduit à alourdir les structures et à augmenter les densités de ferrailage, la complexification des cages d'armature, et, partant, de la mise

en place du béton. La consommation de béton et d'acier, potentiellement surabondantes, pénalise fortement l'empreinte carbone des structures.

Le projet est donc de clarifier les mécanismes de corrosion en fond de fissures fonctionnelles, en présence de chlorures, et de montrer que le contrôle de l'ouverture de ces fissures n'a pas d'influence sur le processus de corrosion en fond de fissures, dans la perspective de la modification des normes de dimensionnement.

Il consiste en une étude expérimentale sur une structure en béton qui réunit pour la première fois deux dispositifs innovants : la mesure du courant de corrosion en fond de fissures, et l'observation des piqûres par tomographie de rayons X.

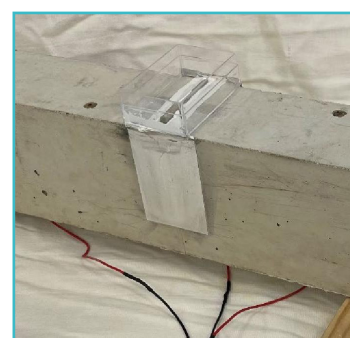
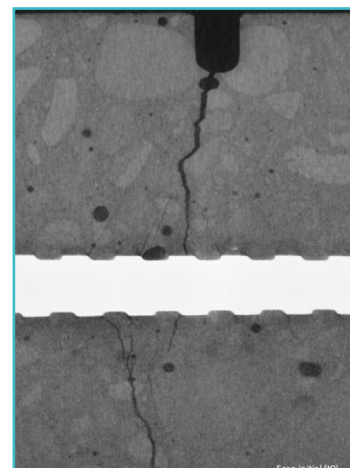
Les bétons mis en œuvre pour l'expérimentation, sous la forme d'une poutre de 50 cm x 10 cm x 7 cm, sont assez robustes, représentatifs de ceux utilisés pour les ouvrages d'art, et ont un rapport un E/C faible.

L'expérimentation est menée à l'échelle de la fissure, créée par une flexion de la poutre, dans laquelle on verse de l'eau chlorée. On travaille sur deux bétons différents (l'un très performant, l'autre un peu moins), différentes ouvertures de la fissure, et différents états d'interface entre l'acier et le béton.

L'évolution du courant de corrosion permet de suivre l'avancée de la corrosion dans la poutre.

La tomographie apporte, sans destruction de l'échantillon, une vision du phénomène à l'intérieur de la poutre, à différentes échéances.

Le projet se déroule dans le cadre d'une thèse Cifre portée par la FNTP, encadrée par Vinci Construction-Grands Projets. Il est réalisé en codirection par le LMDC (Laboratoire des Matériaux de la Durabilité de la Construction de l'Insa Toulouse et le LECBA (Laboratoire d'Études du Comportement des Bétons et Argiles, CEA Saclay).



LAURÉAT

LISA MONTEIRO UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Du béton bas carbone in situ à partir de sédiments de dragage

Le dragage des ports produit des sédiments utilisables pour la fabrication des bétons, sous la forme d'un liant réalisé par géopolymérisation, et de granulats. Utilisée sur place cette ressource pourrait réduire l'empreinte carbone des ouvrages de génie civil.

Chaque année 9 millions de m³ de sédiments sont dragués dans la Gironde, mais aussi dans le Bassin d'Arcachon, à Bayonne et à La Rochelle. Ces matériaux sont à présent rejetés en mer, pour ceux extraits de la Gironde – un procédé qui risque d'être compromis par la

Loi sur l'économie bleue en 2025 - ou stockés sur le sol à Arcachon.

Ces matériaux sont constitués en moyenne à 80% de vase et à 20% de sables.

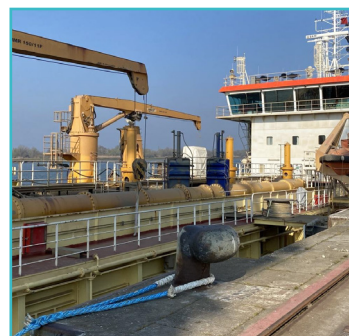
C'est l'objet de ValoSed (Valorisation des sédiments des ports de la Gironde) de parvenir, à partir de ces sédiments, à des formules de béton « écologique », dans le cadre d'une thèse menée à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) de l'Université de Bordeaux financée par la région Nouvelle Aquitaine, le Grand Port Maritime de Bordeaux et la FNTF et accompagnée par NGE, Spie batignolles malet, Eiffage Infrastructures et Soletanche Bachy.

Les sédiments vaseux peuvent être utilisés pour la fabrication d'un liant géopolymérisé à froid en utilisant le principe d'un précurseur et d'un activateur. Ce précurseur contenant de l'aluminium et du silicate, c'est la vase. L'activateur peut être du silicate de sodium ou encore de l'hydroxyde de calcium.

Après plusieurs mois d'expérimentation de différentes formules de confection du liant, avec un part de ciment, avec des laitiers de haut fourneau, et tenant compte de la variabilité des sédiments, les essais de résistance mécanique ont validé la pertinence du choix d'une vase à 30% d'eau simplement polymérisée.

La prochaine partie de l'étude portera sur l'utilisation des granulats issus des dragages. La fraction granulométrique des produits du dragage est faible, aussi il est envisagé d'y ajouter des agrégats recyclés si nécessaire.

L'emploi de matériaux qui ne sont traités ni chimiquement ni thermiquement, la réduction des transports induits par l'apport de matériaux importés, réduirait les émissions de carbone de 30%, dans cette application innovante des principes de l'économie circulaire.



Lisa MONTEIRO
Doctorante

« Je remercie la FNTF pour ce prix, ainsi que les partenaires de cette recherche, entreprises et ports. Mon père et mon grand-père travaillent dans les travaux publics. Depuis que je suis enfant on m'emmène sur les chantiers. Je voulais surtout travailler dans l'environnement. Mais j'ai finalement choisi un master ingénieur Environnement et Génie Civil. J'ai donc retrouvé le génie civil et cela me plaît beaucoup. On a vu au Forum de la FNTF que ce milieu avait commencé sa transition écologique, notamment avec l'utilisation de granulats recyclés. On essaie maintenant d'aller vers la valorisation de nouvelles ressources, comme les sédiments de dragage. Nous avons réussi à produire notre liant à partir de la vase. Nous avons rajouté du sable selon plusieurs pourcentages pour représenter les fractions granulométriques présentes dans l'estuaire. Pour l'instant, avec les entreprises, nous sommes partis sur un coulis de comblement ainsi que sur du BCR routier. »

COUP DE COEUR

ECOFHAIR

Des cheveux pour dépolluer les chantiers

La capacité des cheveux à adsorber les liquides rend ce matériau pertinent pour des usages contre les pollutions par hydrocarbures. Une offre de produits à partir d'une ressource naturelle peu exploitée et concurrente de produits issus du pétrole.

Les cheveux humains ont des propriétés d'adsorption des liquides. Ils sont protégés des agressions extérieures par une cuticule en forme d'écailles qui a la capacité de retenir les liquides et notamment les corps gras. 1 kg de cheveux peut retenir jusqu'à 8 l d'hydrocarbures.

Un coiffeur a monté une association, « Coiffeurs justes » pour recycler les cheveux en utilisant leurs propriétés à des fins de dépollution.

Serpol, filiale de Serfim, spécialisée dans la dépollution des sites, s'intéresse à cette initiative et crée en mars 2021, avec des partenaires, Ecofhair.

Les cheveux sont acheminés dans un centre de retraitement à Brignolles (83), où sont réalisés des boudins en tissu recyclé de 50 cm de longueur et de 8 cm de diamètre renfermant ces cheveux. Sous la dénomination commerciale Capisorb, ils sont utilisés comme produit dépolluant.

Le port de Cavalaire-sur-Mer (83) est le théâtre des premières applications. Les boudins sont utilisables dans les compartiments moteurs des bateaux de plaisance, susceptibles de recevoir des huiles, de l'essence ou du gazole. Le port lui-même utilise des boudins de plusieurs mètres de long, rendus flottants par l'ajout de bouchons de

liège recyclés, autour de la station d'avitaillement et de ses pompes à carburant en cas de pollution ponctuelle.

Le Capisorb se positionne comme un concurrent des boudins classiques remplis de fibres synthétiques – principalement du polyéthylène, qui agit, lui, par absorption –, avec l'avantage de ne comporter que des ressources naturelles. Ceci pour un prix comparable.

Les produits d'Ecofhair sont donnés pour adsorber, sur le plan pratique, 2,8 fois leur volume de produits polluants. Une fois utilisés ils sont confiés à des spécialistes du recyclage, mais Ecofhair envisage une filière recyclage intégrée.

La ressource est importante : le stock d'Ecofhair rassemble à présent 200 t de cheveux, une matière première qui pourrait croître avec l'ouverture de nouvelles unités de production du Capisorb.

Ecofhair a reçu des demandes d'entreprises de TP intéressées par le Capisorb d'une part en cas de venue de polluants lors d'opérations de terrassement d'autre part en cas de pollution accidentelle d'huile hydraulique ou de GNR par des engins.

L'ENTREPRISE

Serpol est une filiale de Serfim spécialisée dans la dépollution. Avec ses 200 collaborateurs elle réalise un chiffre d'affaires de 35 millions d'euros. Elle compte 8 établissements en France et 3 en Espagne, et un laboratoire d'essais. Ses 1 300 m² d'atelier lui permettent de concevoir, fabriquer, installer et exploiter des unités de travitement sur-mesure.



Emmanuel GARCIA
Directeur

ECOFHAIR

« Je remercie le jury des Trophées des TP et aussi le groupe Serfim qui accompagne Ecofhair dans cette démarche de valorisation de la ressource cheveux, et dans l'exploration de nouveaux marchés. Nous avons commencé dans la dépollution des milieux maritimes et désormais nous avons la possibilité de nous développer dans les problématiques terrestres. Les Trophées des TP 2022 et le Forum des Travaux Publics 2022 : « Investir la transition écologique » nous ont donné l'occasion de rencontrer des acteurs de la construction, hautement responsables de leur impact sur le milieu, qui nous ont fait part de leurs préoccupations dans l'utilisation des engins. Par exemple, on nous a demandé des kits de dépollution pour équiper les matériels. Nous demeurons fidèles aux principes de l'économie circulaire et nous étudions la possibilité de créer un centre de collecte de cheveux et de fabrication de Capisorb en particulier dans la Région Est, afin que l'utilisation soit proche de la ressource. Nous travaillons également avec Serpol, filiale de Serfim, pour mettre en œuvre une solution de retraitement de nos produits lorsqu'ils sont pollués. »



Lauréat
« Grand prix »
EIFFAGE ROUTE



Lauréat
« Organisation et logistique du chantier »
MOBILITY BY COLAS



Lauréat
« Economie circulaire »
DEMATHEU BARD



Lauréat
« Mise en oeuvre de matériaux bas carbone »
VINCI CONSTRUCTION



Lauréat
« Sobriété et décarbonation des engins »
CHARIER



Lauréat
« Biodiversité »
NGE



Lauréat
« Éclaireurs »
LISA MONTEIRO



Lauréat
« Coup de cœur »
ECOFHAIR

TROPHÉES

DES TP

Innovations
& Écologie

2022

CO-ORGANISÉ PAR

LE MONITEUR



LE MONITEUR
MATÉRIELS