

Solutions intégrées de valorisation des flux de matériaux issus de la déconstruction

Expériences en cours

Témoigner des recherches en cours est un peu frustrant dans la mesure où toutes les conclusions ne sont pas connues. Cependant, l'importance du projet Valdem IV justifie ces quelques pages.



Le programme Interreg Valdem IV est mis en œuvre avec le concours de l'Union européenne (Feder). La Wallonie, autorité de gestion, coordonne la réalisation des actions transfrontalières en partenariat avec cinq provinces belges, sept départements et deux régions françaises.

Le 13 mars, les promoteurs du projet de recherches Interreg IV Valdem avaient organisé une après-midi de restitution (voir *Carte de visite p. 46*). « L'objectif du projet est de favoriser une meilleure séparation des déchets issus de la déconstruction et de la démolition, en vue de leur valori-

sation », rappelle Hervé Bréquel, chercheur au CTP. Les situations réglementaires sont différentes en France, en Wallonie et en Flandre, le cadre géographique du projet Valdem. Les voies de valorisation particulières des granulats sont le béton préfabriqué et le béton prêt à l'emploi. Les travaux

identifient plusieurs secteurs d'activité :

- les entreprises de déconstruction et de démolition,
- les centres de traitement agréés,
- les fabricants de béton prêt à l'emploi,
- les fabricants de bétons préfabriqués et
- les entreprises de travaux publics.

Caractérisation de certains matériaux

Hugues Legrain et Sophie André traitent de la *Caractérisation de certains matériaux et certains tests en vue de valorisation*. **Hugues Legrain** relate les matériaux.

La recherche porte sur la caractérisation de certains matériaux et sur certains tests en vue de la valorisation d'un mélange mixte comprenant du béton et des briques. Les échantillons sont pris chez un déconstructeur installé en Wallonie. Les tests portent sur deux fractions différentes :

- une fraction fine 0-10 mm dont les applications sont moins courantes (lot 1), et
- la fraction commerciale ordinaire 0-32 mm (lot 2).

Les caractérisations ont été multiples, portant notamment sur la granulométrie. Dans la fraction 0-32 mm, la proportion de fines inférieures à 63 microns est plus importante en pourcentage que dans la fraction 0-10 mm. Et dans la pratique, la fraction 0-32 mm pose moins de difficultés à l'usage que la fraction 0-10 mm. Les com-



© PG / R&V

Hugues Legrain, Inisma.

positions chimiques des deux fractions sont très similaires. Ensuite, le CTP a prélevé deux nouveaux lots chez le même producteur (lots 3 et 4) et un autre lot chez un autre producteur (lot 5).

Les essais géotechniques de type Proctor ont donné des caractéristiques correctes, mais les matériaux sont sensibles à l'eau. L'entreprise doit "serrer" la teneur en eau.

Certains tests en vue d'une valorisation

Sophie André aborde certains tests en vue d'une valorisation. Elle note que la proportion des fines dans la fraction 0-10 mm incite à récupérer la fraction 0-2 mm afin de la substituer à un mélange argile-porphyre, dans la perspective de fabriquer des briques pleines. Les



© PG / R&V

Sophie André, Inisma.

teneurs en soufre (gypse), en fluor et en chlore ont été étudiées, le premier afin d'éviter les efflorescences, les deux suivants pour limiter les rejets atmosphériques. Deux compositions de mélange afin de produire des briques ont été étudiées: remplacement de la moitié du porphyre (6 %) ou de la totalité (12 %).

La substitution par les fines demande un ajout d'eau et a un très faible impact sur le séchage. Le comportement des briques dans le four est identique. Quelques semaines après la cuisson, des points de chaux sont apparus à la surface des briquettes. En conséquence, les tests suivants ont recouru à une fraction 0-1 mm. Et dans ce cas, les points de chaux ne sont pas apparus.

Les tests de densité, de porosité et de résistance à la compression donnent des valeurs similaires entre la brique à composition de référence et les briques.

Jig à eau et broyage sélectif

Valérie Sciamanna relate les *Manières de traiter les déchets pour les valoriser plus facilement*. Elle témoigne des essais menés afin de séparer les morceaux de briques des morceaux de béton. Les densités sont différentes: 1,7 pour la brique et entre 2 et 2,5 pour le béton. Deux méthodes de séparation sont testées: le jig à eau et le broyage sélectif, la brique étant plus facilement broyable que le béton.

La séparation au jig à eau a travaillé sur une fraction 4-32 mm. Les tests ont porté sur deux fractions [-10/+4] et [-19/+4] qui représentent respectivement 20 et 41 à 45 % de l'échantillon initial. Le jig à eau a une course de piston de 22 mm et une fréquence de 25 Hz. La classification s'opère grâce à des courants d'eau pulsés et les granulats se déposent dans des anneaux.

La séparation des granulats de la

Intervenants mentionnés

- Sophie André, chercheur au département Recherche, Inisma, à Mons (Belgique).
- Mohamed Karim Bouarroudj, étudiant doctorant.
- Hervé Bréquel, chercheur au CTP, Centre Terre et Pierre de Tournai (Belgique) ; organisateur.
- Romain Breuil, consultant spécialisé sur l'ACV, Analyse du cycle de vie, cd2e.
- Charlotte Colman, étudiante doctorante.
- Adèle Grellier, étudiante doctorante.
- Hugues Legrain, ingénieur et chercheur service géotechnique, Inisma, à Mons (Belgique).
- Valérie Sciamanna chercheur au CTP, Centre Terre et Pierre, à Tournai (Belgique).
- Liesbet Van Cauwenberghe, développement Qualité et support au département Grondbank, Tracimat.

fraction [-10/+4] dans les différents anneaux est assez efficace. Les anneaux 0, 1 et 2 ne recueillent que les granulats de béton et de pierre, soit 47,6 % de 20 % de l'ensemble des granulats obtenus au départ, donc 9,52 %.

Le tri des granulats s'effectue en appliquant la norme NF EN 933-11. Elle distingue quatre produits types: les granulats enrobés, les terres cuites, les céramiques et enfin, les granulats de béton, mortier et pierre naturelle.



© PG / R&V

Valérie Sciamanna, CTP.

Pour la fraction [-10/+4], les granulats de béton réutilisables et recueillis dans les anneaux 0 et 1 représentent 6 % de l'échantillon initial. Si l'on veut améliorer l'efficacité du système, on traite la fraction [-19/+4]. Les granulats de béton réutilisables et recueillis dans les anneaux 0 à 3 représentent 23 % de l'échantillon initial.



© PG / R&V

Mohamed Karim Bouarroudj, étudiant doctorant.

Une autre manière de séparer les matières consiste à recourir à un broyage sélectif. La séparation est basée sur le fait que les terres cuites se fragmentent plus vite que le béton et la pierre naturelle. La fraction [+4] est analysée selon la norme NF EN 933-11. On procède à des broyages avec charges et sans charges.

Deux types de broyage sans charges donnent 46,1 % et 47 % de fractions [+4] selon que le broyage dure 10 minutes ou 165 minutes. Il faut noter deux remarques : la proportion de fines est trop importante et la durée optimale du broyage reste à optimiser.

Formulation des bétons autocompactants

L'objectif de la thèse de **Karim Bouarroudj**, *Utilisation du béton recyclé dans la formulation des bétons autocompactants*, consiste à étudier les propriétés, à l'état frais et à l'état durci, d'un béton autocompactant réalisé avec des sables et des fines issus du recyclage. Les bétons autocompactants, homogènes et très fluides, sont mis en œuvre sans vibration ni choc. Leur composition recèle un volume de pâte élevé, une importante quantité de fines, le recours à un superplastifiant et éventuellement un agent de cohésion.

Les bétons autocompactants offrent des comportements différents selon



© PG / R&V

Charlotte Colman, étudiante doctorante.

qu'ils contiennent un sable naturel ou un sable issu du recyclage. Voyez les graphiques *A. Étalement à l'état frais des mortiers selon le sable qui les compose* et *B. État durci des mortiers selon le sable qui les compose*. Par contre, le recours à des fines issues du recyclage donne une résistance mécanique équivalente quelque soit le taux de substitution des fines.

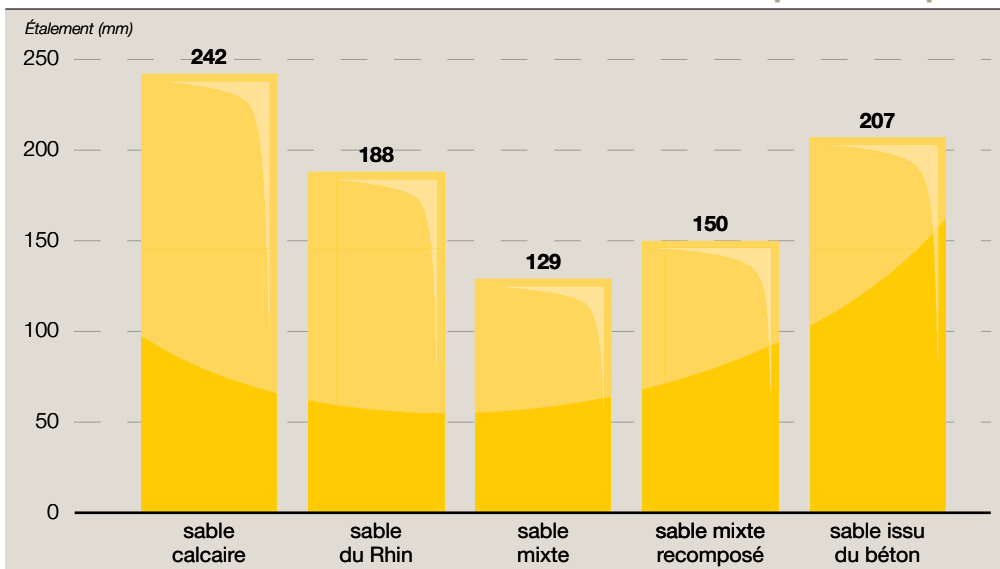
Diabole de gypse !

Charlotte Colman mène une thèse à propos des *Résidus de gypse présents dans les matériaux recyclés, Effets sur les propriétés microstructurales et mécaniques des mélanges cimentaires*. Trois conclusions se dégagent déjà. La présence de plâtre dans les déchets recyclés pose des problèmes évidents, comme la formation d'ettringite, confirmés par les premiers résultats de l'étude. Les informations sur la mesure dans laquelle la réaction de gonflement peut se manifester dans le contexte de déchets de construction et de déconstruction aideront à répartir les flux de déchets problématiques dans différentes applications. Promouvoir l'utilisation de matériaux recyclés a une valeur sociétale, industrielle et environnementale claire.

Fines issues du recyclage

Adèle Grellier fait le point sur sa thèse en cours, *Valorisation des fines de recyclage des matériaux silicatés (briques, tuiles), Élaboration de liants hydrauliques*. L'objectif de la thèse est de chercher à valoriser les fines [-1 mm] dans les formulations des bétons et mortiers, ainsi que dans de nouveaux matériaux "géopolymères" qui fonctionnent avec une activation alcaline. De premiers essais seront menés sur des briques et des tuiles, avec la possibilité de caractériser leurs compositions chimiques et minéralogiques, et d'effectuer des tests physiques et mécaniques, ce afin de comprendre les différentes réactions à l'intérieur

A. Étalement à l'état frais des mortiers selon le sable qui les compose.





© PG / R&V

Adèle Grellier, étudiante doctorante.

des matériaux, notamment la prise du ciment et l'activation alcaline. Les tests d'étalement (en 10, 20 et 30 minutes) entre la pâte cimentaire et les pâtes de fines de tuiles et de briques ne dégagent pas de grandes différences. Des tests de résistance à la compression de mortiers ont aussi été menés. Le remplacement du ciment par des fines de tuiles, jusqu'à 50 %, diminue les résistances des mortiers :

- à la compression, de 42 jusqu'à 24 MPa, et
- à la flexion, de 8 jusqu'à 5,8 MPa.

Analyse de cycle de vie

Romain Breuil travaille sur l'analyse du cycle de vie et ses méthodes. Les résultats attendus de l'étude sont d'apporter des éléments concrets et scientifiques sur les bénéfices environnementaux du recyclage des déchets de démolition, et d'opérer une démarche d'économie circulaire dans le secteur de la construction. La façon d'allouer les impacts et les bénéfices environnementaux du recyclage ne fait pas encore un consensus, mais suscite des débats : on recense plusieurs groupes de travail au niveau européen. Trois méthodologies se distinguent :

- **méthode des impacts évités.** Les bénéfices de la matière première secondaire obtenue à partir de la première vie des produits sont

affectés en déduction de cette première vie. La méthode des impacts évités est valable si les déchets sont produits à court terme, ce qui favorise l'emploi de produits recyclables.

- **méthode des stocks.** La matière première secondaire obtenue par le recyclage du produit en première vie est gratuite du point de vue environnemental, déduction faite des opérations nécessaires au recyclage. La méthode des stocks favorise l'emploi de déchets recyclés pour la fabrication des produits de la deuxième, troisième, etc., vie.

- **méthode par répartition.** A priori, les impacts et les bénéfices sont alloués à 50/50 entre la première vie et la seconde vie des produits. La méthode par répartition incite à produire des déchets de qualité, mais l'affectation des impacts et des bénéfices ne s'effectue pas toujours à 50/50.

Traçabilité des déchets Tracimat

Liesbet Van Cauwenberghe présente Tracimat, un nouvel organisme qui gère les déchets de démolition. Dans la très densément peuplée Flandre belge (481 hab/km², 6,510 millions d'habitants), les déchets de déconstruction et de

construction sont transformés en 16,5 Mt/an de granulats, avec un taux de recyclage de 95 %, essentiellement en sous-couches routières. Cependant, la quantité de granulats recyclés disponible est presque trop importante et la qualité pas toujours au rendez-vous. Environ 300 concasseurs sont certifiés en Flandre. Néanmoins, en 2013, une étude a montré que 13 % des granulats n'étaient pas conformes :

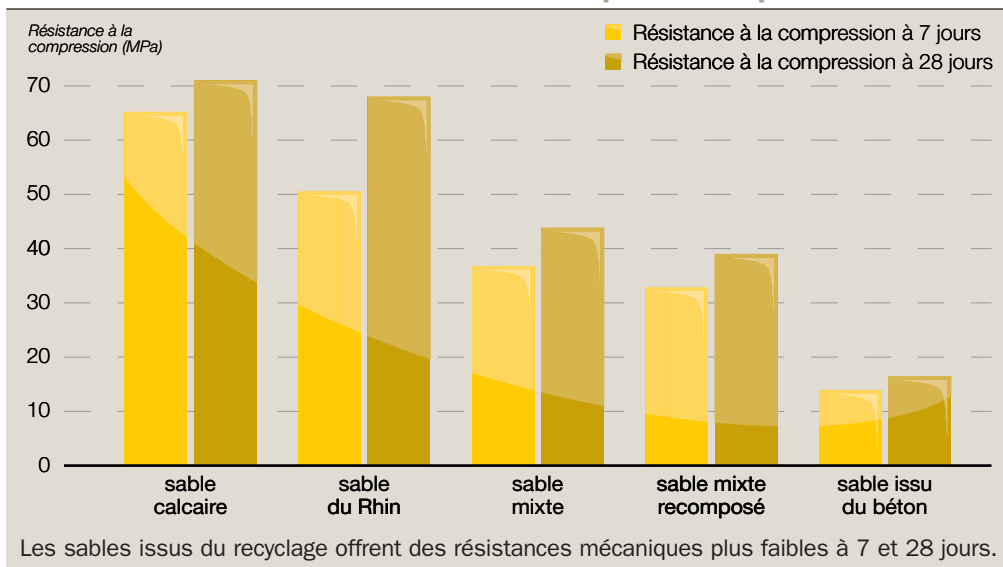
- 6,6 % contenaient de l'amiantement ;
- 12,8 % subissaient une pollution physique (bois, verre, plâtre et autres substances perturbatrices) ;
- 6,6 % présentaient une pollution chimique (huile minérale, PCB, pyrène, etc.).



© PG / R&V

Romain Breuil, cd2e.

B. État durci des mortiers selon le sable qui les compose.





© PG / R&V

Liesbet Van Cauwenberghe, Tracimat.

De façon assez pragmatique, les autorités ont modifié les critères d'acceptation des déchets issus de la démolition arrivant chez les concasseurs. Les déblais bien identifiés bénéficient d'une surveillance allégée; ils sont originaires d'une déconstruction sélective, suivis par un système de traçabilité et contrôlés par Tracimat. Par contre, les déblais présentant un risque environnemental doivent être isolés par lots et contrôlés par quantités de 1 000 m³. Leur coût de traitement, plus exigeant, est ainsi plus élevé.

Le système de qualité

Le système de qualité pour la démolition sélective Tracimat distingue deux phases: en amont du chantier et pendant les travaux. La phase préparatoire commence par un inventaire et une caractérisation des matériaux présents sur le site

concerné. Les déchets dangereux et non dangereux, notamment, l'amiante-ciment, sont recensés. La localisation et la quantité de chaque type de déchet sont détaillées. Des recommandations sont émises pour la démolition sélective. Cette procédure peut recourir à une étude historique des bâtiments, et effectuer une recherche sur le terrain par une inspection visuelle et la prise d'échantillons.

Durant les travaux, l'entrepreneur notifie leur démarrage à Tracimat. Un expert vérifie l'élimination des déchets dangereux et établit un rapport de contrôle. Quand Tracimat a vérifié ce rapport, l'entrepreneur demande le permis de traitement pour la démolition structurelle. L'obtention du permis de traitement ouvre l'acceptation des déblais par l'entreprise de concassage comme matériaux à faible risque environnemental. À la fin des travaux, l'entreprise de concassage adresse une confirmation de réception à Tracimat (quantités et qualité des matériaux reçus et traités) qui, en retour, émet une attestation de démolition sélective.

Le rôle de Tracimat est de contrôler la qualité de l'inventaire via l'attestation de conformité, de contrôler l'élimination correcte des matériaux dangereux et de tracer les différents déchets de déconstruction. Tracimat a développé une plateforme digitale facile à utiliser et qui organise un registre numérique pour chaque chantier. Tracimat effectue aussi des contrôles aléatoires des chantiers.

Multiples avantages

Le système de traçabilité mis en place par Tracimat fournit une assurance qualité aux entreprises de recyclage, avec des garanties sur l'origine et la qualité des matériaux, dépourvus de substances dangereuses. Première conséquence, la qualité des granulats issus du recyclage est améliorée. Seconde conséquence, la confiance s'établit plus

facilement avec l'utilisateur de matériaux secondaires, comme bonne alternative aux matériaux neufs. Et ceci promeut un recyclage haut de gamme.

Le client de l'opération de déconstruction bénéficie de plusieurs avantages:

- meilleur inventaire dans la demande d'offre des travaux de déconstruction afin que le déconstructeur donne un prix correct;
- diminution du risque des coûts imprévus grâce à un inventaire de démolition amélioré;
- traitement des déblais à un prix moindre;
- meilleure garantie que les déblais seront traités de façon légale;
- protection de l'utilisateur des matériaux secondaires.

Le déconstructeur bénéficie aussi de plusieurs avantages:

- un inventaire précis au moment de la demande d'offre;
- des matériaux de meilleure qualité et des coûts de traitement (prix de revient) plus faibles;
- un avantage commercial compte tenu de l'assurance qualité;
- la diminution de la concurrence déloyale.

L'entreprise de concassage n'est pas en reste:

- amélioration de la qualité des déblais fournis, ce qui réduit le risque de non-conformité;
- confiance renforcée dans la qualité des granulats produits;
- qualité accrue vers des applications plus haut de gamme.

Tracimat a un statut associatif. Créé en 2014, Tracimat a été reconnu par le ministère de l'environnement en août 2017. Les membres sont:

- la confédération de la construction,
- la fédération des déconstructeurs Caso,
- la fédération des entreprises de concassage FPRG et
- la fédération des bureaux d'études Ori.

CARTE DE VISITE

LES PARTENAIRES D'INTERREG IV VALDEM

Le projet de recherches Interreg IV Valdem réunit plusieurs partenaires:

- le CTP, Centre Terre et Pierre, à Tournai (Belgique),
- Amines, acteur de la recherche des écoles des mines,
- cd2e, pôle d'excellence des éco-activités, à Loos-en-Gohelle – Pas-de-Calais),
- INISMa, Institut interuniversitaire des silicates, sols et matériaux, à Mons (Belgique),
- IMT Lille Douai, École Mines Télécom IMT université de Lille, à Douai (Nord),
- neo-eco Recycling, à Hallennes-les-Haubourdin (Nord) et
- l'université de Liège (Belgique).

PG / R&V