

## PROJET NATIONAL RECYBETON

# LE RECYCLAGE DU BETON DANS LE BETON, TOUT NATURELLEMENT

16 juin 2015 – SMABTP, Paris

### **I - RECYBETON : un projet d'envergure nationale pour le RECYclage complet des BETONS**

- La France dispose d'un large gisement de matériaux de déconstruction non valorisé
- Un projet collaboratif de recherche appliquée pour remédier à cette situation
- Une initiative dont les origines remontent à 2009
- Des partenaires engagés et toujours plus nombreux

### **II - ENJEUX : valoriser des ressources délaissées et favoriser le développement durable**

- Recycler 20 millions de tonnes de « déchets »
- Rationnaliser l'utilisation des ressources naturelles
- Limiter les mises en décharge
- Réduire les transports de matériaux

### **III - OBJECTIF : réutiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons de déconstruction**

- Une deuxième vie dans le béton
- Une deuxième vie comme matière première

### **IV – METHODE : la recherche pour briser les obstacles techniques, scientifiques et normatifs**

- Des tests en laboratoire et des chantiers expérimentaux
- Quatre grands axes de recherche

### **IV – RESULTATS préliminaires : la faisabilité industrielle du recyclage du béton est prouvée**

- Le chantier de Chaponost : un test grandeur nature très concluant
- Des résultats concrets qui montrent le chemin à suivre pour toute une profession

**CONCLUSION : et demain ? De nouvelles perspectives pour le béton de déconstruction**

# **I - RECYBETON : un projet d'envergure nationale pour le RECYclage complet des BETONS**

A l'origine du projet un dispositif national spécifique offrant un cadre souple et adapté aux recherches multipartenaires, un programme de recherche et développement sur 4 à 5 ans, et le soutien des acteurs de la profession engagés volontairement.

## **La France dispose d'un large gisement de matériaux de déconstruction non valorisé**

La France produit chaque année environ 260 millions de tonnes de déchets du BTP. A l'heure actuelle, seule une fraction de ces déchets sont recyclés, et ne sont à présent destinés qu'aux travaux routiers. La part de granulats recyclés est estimée à seulement 10% de la production nationale totale de granulats.

Pendant ce temps, certains pays européens comme l'Allemagne, les Pays-Bas, le Danemark, la Norvège ou la Suisse, réalisent déjà des bétons de structure incorporant du granulat recyclé. Et une étude de l'Université de Brno en République Tchèque a mis en lumière la possibilité d'utiliser les fines du béton comme matière première pour l'élaboration du clinker (constituant principal du ciment).

C'est de ce triple constat qu'est né RECYBETON, dans un contexte en outre marqué par les réflexions issues du Grenelle de l'Environnement, avec une sensibilisation accrue de la société aux enjeux du développement durable et de l'économie circulaire.

## **Un projet collaboratif de recherche appliquée pour remédier à cette situation**

Le projet de recherche et développement baptisé RECYBETON, initié et porté par les professionnels de la construction et des travaux publics, vise précisément à combler ces lacunes.

L'idée a été formalisée dans des études dites d'opportunité, puis de faisabilité et de montage, qui lui ont fait décrocher le label officiel « Projet National » du RGC&U (Réseau Génie Civil et Urbain), administré par l'IREX (Institut pour la Recherche appliquée et l'EXpérimentation en génie civil), et soutenu par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

Le budget global du programme RECYBETON est de l'ordre de 5 M€ HT. Le projet est soutenu financièrement par le MEDDE (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie) et par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) dans le cadre du projet ECOREB (ECOconstruction par le Recyclage du Béton - [www.ecoreb.fr](http://www.ecoreb.fr)), mais il est principalement financé par les partenaires du projet.

La gouvernance du projet est assurée par un Comité Directeur qui détient les pouvoirs de décision concernant le déroulement du PN. Son rôle principal est de fixer les programmes et les budgets annuels, ainsi que d'approuver les rapports définitifs et les recommandations. Le Comité Scientifique et Technique assure la coordination scientifique et technique du projet, en définissant les actions à entreprendre, en donnant son avis sur les propositions des partenaires, en suivant l'exécution des études engagées et en dirigeant la préparation des documents qui en découlent. Enfin, un Comité de Coordination est en charge de prendre les décisions ne pouvant attendre les réunions du Comité Directeur.

Un Bureau constitué par le Directeur, le Directeur Scientifique et le Coordinateur du projet, assiste le Président du projet dans la prise de décisions et le suivi du programme.

## Une initiative dont les origines remontent à 2009

Quelques dates-clé :

- **2009** : constat du manque de valorisation du béton de déconstruction en France et du retard en la matière par rapport à certains voisins européens, début de la réflexion des professionnels concernés pour y remédier
- **septembre 2010** : étude d'opportunité pour un Projet National de R&D sur le recyclage complet des bétons
- **mai 2011** : étude de faisabilité du projet
- **novembre 2011** : étude de montage du projet, précisant et finalisant le programme de recherche et de financement
- **27 janvier 2012** : Assemblée constitutive marquant le lancement officiel du Projet National RECYBETON avec un programme sur 4 à 5 ans
- **décembre 2013** : mise en œuvre du chantier expérimental de Chaponost (Rhône) consistant en la réalisation de 6 dalles de parking pour les véhicules d'une entreprise de travaux publics, dont les résultats confirment pleinement la faisabilité du recyclage du béton dans le béton dans ces conditions industrielles, y compris avec un béton à 100% de granulats recyclés.
- **juin/juillet 2014** : réalisation du chantier expérimental du CNM (Contournement ferroviaire Nîmes - Montpellier) comprenant la réalisation d'un piédroit et d'une traverse d'un pont cadre pour une véloroute. L'ouvrage

présente un comportement tout à fait comparable à des ouvrages similaires réalisés avec des bétons courants.

- **fin 2014-début 2015** : étude complète de 7 formulations de bétons comprenant de 0 à 100 % de substitution en granulats recyclés, et réalisation de murets et de trottoirs à Gennevilliers avec un béton normalisé contenant 30 % de gravillon recyclé.
- **février/mai 2015** : formulation des bétons recyclés pour le chantier expérimental de la classothèque de Mitry-Mory (Seine-et-Marne) et préparation des épreuves de convenance. Le béton est formulé avec 30% de sable recyclé et 50% de gravillon recyclé.
- **16 juin 2015** : bilan d'étape avec l'ensemble de la profession, les partenaires et toutes les parties prenantes

## **Des partenaires engagés et toujours plus nombreux**

Conformément au dispositif « Projet National », le programme de recherche RECYBETON rassemble tous les types d'acteurs de la chaîne de la construction, sur la base d'un engagement volontaire.

Maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre publics et privés, entreprises de BTP, bureaux d'études, ingénieries, industries productrices de matières premières ou de composants de la construction, laboratoires publics ou privés, universités et écoles d'ingénieurs, compagnies d'assurance, fédérations et syndicats, tous ces acteurs sont mobilisés et travaillent main dans la main au sein de groupes de travail pour contribuer (cotisation financière, apports en nature) et faire progresser la recherche afin d'aboutir à des solutions concrètes.

Le projet RECYBETON compte à ce jour 46 partenaires, tous signataires d'une Charte définissant leurs droits et obligations. Ils s'engagent à prendre en charge le programme du Projet National et à le mener à bien jusqu'au résultat final.

## **II - ENJEUX : valoriser des ressources délaissées et favoriser le développement durable**

Tendre vers une utilisation la plus complète possible du béton de déconstruction favorise la préservation de l'environnement et s'inscrit clairement dans un contexte de développement durable. Le projet RECYBETON va indubitablement dans le sens de l'histoire.

### **Recycler 20 millions de tonnes de « déchets béton »**

La France dispose d'un gisement significatif de matériaux de déconstruction. De nombreux bâtiments construits pendant la période des Trente Glorieuses arrivent en fin de vie et devraient générer de très conséquentes quantités de béton dans les années à venir.

Plutôt que de considérer ces dernières comme une fatalité, le parti pris des acteurs de RECYBETON est d'en tirer le meilleur en les recyclant, d'autant que les besoins sont réels. A titre d'exemple, des projets comme ceux du Grand Paris devraient accroître de 5 millions de tonnes par an la consommation de granulats en Île-de-France.

### **Rationaliser l'utilisation des ressources naturelles**

Une des raisons pouvant expliquer le retard de la France en matière de recyclage des matériaux issus de la démolition est qu'elle dispose de sources de granulats naturels bien réparties sur le territoire.

Mais ces derniers sont de moins en moins accessibles, notamment du fait qu'il est de plus en plus difficile d'ouvrir des carrières pour cause de contraintes environnementales et administratives. Quand on sait qu'ils constituent la partie la plus importante d'un béton (environ deux tiers de la masse), que le béton est le matériau de construction le plus utilisé au monde, et qu'il n'y a aucun signe d'un renversement de tendance, la raison veut qu'on les préserve autant que possible.

Dans cette perspective, un moyen évident d'y parvenir est d'en recycler une partie dans les nouveaux bétons.

## **Trier et recycler**

Les déchets de démolition étant mélangés, et certains éléments étant difficilement séparables, il est primordial de mettre en place des moyens efficaces de tri des composants des matériaux, ainsi que de promouvoir la déconstruction sélective des bâtiments et des structures de génie civil.

Grâce au tri rigoureux et aux techniques de plus en plus utilisées de déconstruction sélective, les matériaux déconstruits pourront être orientés vers les meilleures filières de recyclage, dont le béton.

D'une manière générale, les volumes de déchets étant de plus en plus conséquents, et les coûts de mise en décharge de plus en plus élevés, nul besoin de démontrer la pertinence pour les professionnels de la construction de converger vers les objectifs énoncés par le Projet National RECYBETON.

## **Réduire les transports de matériaux**

Dans la mesure où il est probable que les granulats recyclés soient plus proches des lieux de leur consommation que les granulats naturels, en particulier dans les grandes agglomérations, l'utilisation croissante des granulats recyclés devrait permettre de réduire les coûts de transport.

Et qui dit moins de consommation de carburant dit aussi moins d'émissions de gaz à effet de serre.

### **III - OBJECTIF : réutiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons de déconstruction**

A terme, grâce aux progrès issus de la recherche initiée par le projet RECYBETON, le taux de réincorporation des granulats recyclés dans le béton devrait augmenter significativement, entraînant de fait la préservation des gisements naturels de granulats et l'essor économique des professionnels du secteur des déchets de construction. C'est toute une filière du recyclage des bétons déconstruits qui devrait s'organiser et prospérer.

#### **Une deuxième vie dans le béton**

Le premier grand axe de réflexion sur lequel planchent les partenaires RECYBETON concerne le moyen de réutiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons déconstruits, y compris la fraction fine, dans de nouveaux bétons (à l'exception des bétons à haute performance).

Pour cela la recherche s'attèle à résoudre les difficultés identifiées d'emblée : retrait, fissuration, absorption d'eau plus importante des granulats de béton concassés, alcali-réaction (réaction chimique pouvant engendrer un gonflement du béton).

Elle travaille également à améliorer la qualité des constituants issus des matériaux de déconstruction et du produit fini les incorporant. Il s'agit notamment de réexaminer les tolérances de composition chimique en fonction des utilisations prévues.

Enfin, une analyse très approfondie des nouveaux bétons recyclés doit permettre de les comprendre au mieux afin d'améliorer les méthodes de leur formulation et de prévoir leur durabilité.

#### **Une deuxième vie comme matière première**

Le second défi essentiel du Projet National est de recycler les matériaux issus de la déconstruction des bétons comme matière première pour la production de ciments, autrement dit comme liants hydrauliques, notamment pour produire le clinker ou comme ajout dans de nouveaux ciments.

En l'occurrence, il s'agit en premier lieu de trouver le moyen de distinguer, de prélever et d'exploiter les parties fines qui viendront se substituer aux constituants naturels habituels du ciment ou du clinker (calcaire, argile, etc.).

Il faut ensuite également caractériser les nouveaux produits fabriqués avec ces fines de matériaux déconstruits, du point de vue de leur composition chimique et minéralogique, ainsi qu'étudier avec précision leur comportement lors d'essais standards.

## **IV – METHODE : la recherche pour briser les obstacles techniques, scientifiques et normatifs**

Pour que la recherche mène, à terme, à des solutions concrètes reproductibles capables de répondre à des besoins collectifs, le Projet National RECYBETON compte à la fois sur la science pure et sur son application in situ. Et pour couvrir le spectre le plus exhaustif possible, elle est organisée en plusieurs thèmes soigneusement définis (voir encadré).

### **Des tests en laboratoire et des chantiers expérimentaux**

Au-delà des efforts de conception et des innombrables tests en laboratoire, il est indispensable de poursuivre les expérimentations et leurs applications sur des chantiers ou des ouvrages dans les conditions normales de production, afin de tirer des enseignements permettant d'asseoir et de généraliser de nouvelles pratiques.

L'idée est de démontrer la faisabilité du recyclage en s'assurant de la maîtrise de l'ensemble des aspects techniques et en mettant au jour d'éventuelles difficultés imprévues afin de trouver les solutions adéquates.

Les chantiers expérimentaux ont également l'avantage de favoriser la médiatisation du projet RECYBETON dans son ensemble, en communiquant vers un large public de plus en plus conscient de la nécessité du recyclage.

### **Quatre grands axes de recherche**

Afin d'accroître les connaissances sur tous les aspects du recyclage, les partenaires du Projet National conduisent des actions de recherche et développement organisées autour de quatre thèmes principaux : **technologie et procédés, matériaux et structures, développement durable**, sans oublier les **aspects réglementaires et normatifs**.

Par ailleurs, le versant **socio-économique** du recyclage du béton fait également l'objet d'études. Sur le plan économique, on sait que le coût du traitement préalable des déchets et des techniques actuelles de transformation peut représenter un frein pour le développement du

recyclage dans le béton. Mais des recherches visent précisément à réduire ces coûts, et l'on tâche d'évaluer et de prendre en compte l'impact économique global qu'aura le recyclage sur tout le processus, toute la profession.

Côté sociétal, ce sont surtout des freins d'ordre psychologique qu'il s'agit d'anticiper, afin de les contenir par des réponses claires. Afin de ne pas laisser s'installer l'idée que les matériaux recyclés pourraient être des « sous-produits », la filière a initié et porté ce Projet National avec l'objectif de vérifier et démontrer qu'ils sont tout aussi performants, qu'ils ne présentent aucun danger sanitaire, et qu'ils ont en prime un atout écologique.

### **UN CHAMP D'EXPERTISE TRES LARGE**

La première tranche de travaux de RECYBETON a déjà été fructueuse.

☞ Le thème 1 « Technologie et procédés » s'est intéressé à l'importance du tri sélectif, à l'étude de l'influence du type de concassage sur les propriétés des granulats recyclés et à l'étude du potentiel cimentier des sables de béton concassé, à l'échelle du laboratoire ;

☞ Le thème 2 « Matériaux et structures » a travaillé principalement sur les caractéristiques des granulats recyclés et les caractéristiques des bétons à l'état frais. Les études de variabilité et de validité des normes d'essais appliquées aux granulats recyclés ont permis d'identifier certaines caractéristiques des granulats recyclés plus sensibles (absorption, teneur en sulfate, teneur en chlorure, gélivité). Le coefficient d'absorption a fait l'objet d'études spécifiques. ;

☞ Le thème 3 « Développement durable » a pour objet d'analyser les possibilités d'adaptation au recyclage complet du béton de filières existantes. En tranche 1, un outil permettant de mettre en regard la pertinence d'une filière avec son contexte géographique à l'échelle locale a été développé ;

☞ Le thème 4 « Aspects réglementaires et normatifs » est un thème transversal ayant des interactions avec l'ensemble des thèmes précédents. En tranche 1, l'analyse de textes français a montré que l'utilisation des granulats recyclés obéit à une modération dans leur usage dans les bétons de structure (taux d'incorporation) et à une caractérisation de leur qualité en corrélation avec la variabilité de leurs propriétés.

La dynamique enclenchée se poursuit actuellement. D'ailleurs le développement des travaux a conduit à créer un thème supplémentaire qui porte sur le prémélange en carrière des recyclats avec les granulats neufs. Il faut aussi noter que le projet ANR ECOREB complète RECYBETON par un pan de recherches à caractère scientifique plus poussé et plus académique.

## **IV – Résultats préliminaires : la faisabilité industrielle du recyclage du béton est prouvée**

2012-2015, après trois ans de travaux avec l'ensemble des partenaires, on peut affirmer que la recherche appliquée a bien mené à des résultats opérationnels transposables à une échelle industrielle, et que renverser la tendance des constats ayant provoqué la mise en place du projet RECYBETON est possible : le recyclage du béton dans le béton est réalisable.

### **Le chantier de Chaponost : un test grandeur nature très concluant**

Le premier chantier expérimental réalisé dans le cadre du Projet National RECYBETON s'est tenu du 9 au 19 décembre 2013 dans la région Lyonnaise, sur le site de la société ELTS à Chaponost (69) : la pose d'un dallage d'une épaisseur de 18 cm destiné à être un parking de 2 100 m<sup>2</sup> pour véhicules légers.

Un laboratoire en taille réelle idéal pour tester la fabrication et la mise en œuvre à l'échelle industrielle d'une gamme de bétons incorporant de 0 à 100% de granulats recyclés, et pour évaluer les risques de fissuration par retrait empêché liés à l'utilisation de bétons recyclés en dallage et autres applications « horizontales ». Hormis l'utilisation de béton recyclé, les pratiques habituelles du chantier n'ont nullement été modifiées.

Chaponost présentait de multiples avantages : aucun risque de mise en péril des usagers, exposition aux intempéries pour étudier les réactions, observabilité du matériau sur le long terme pour étudier son évolution, et sur un plan technique, des conditions de retrait gêné parfaites pour évaluer les risques de fissuration, principale crainte.

### **Des résultats concrets qui montrent le chemin à suivre pour toute une profession**

L'analyse comparée approfondie des différentes formules de béton montre que, selon la part de granulats recyclés, on assiste à un abaissement d'élasticité (module élastique moindre), et à un retrait plus important (accroissement des retraits, avant et après prise). Cependant, la théorie ne

prévoit pas pour autant une augmentation du risque de fissuration, et les observations relevées sur le chantier de Chaponost le confirment, même pour les granulats 100% recyclés.

Bien évidemment, les contraintes de disponibilité de matériaux recyclés et de coût conduiront - du moins dans un premier temps - à des taux nettement plus faibles. Mais les hypothèses formulées par le Projet National RECYBETON sont donc avérées, la preuve de la faisabilité industrielle du recyclage du béton est ainsi pleinement faite, et elle ouvre la voie à bien d'autres chantiers, en rapport avec le Projet National et au-delà.

### **PROGRES CONCRETS ENGENDRES PAR LE CHANTIER DE CHAPONOST**

Sur un plan technique, le chantier de Chaponost a permis :

- d'adapter les formules,
- de prouver la facilité d'entraîner de l'air dans les bétons recyclés,
- de démontrer que la fabrication, le transport et la mise en œuvre des bétons recyclés n'ont pas engendré de problèmes particuliers,
- de pointer du doigt la vigilance nécessaire à l'avenir concernant la cure appliquée aux bétons recyclés,
- d'insister sur la surveillance nécessaire du module élastique, de l'augmentation du retrait et du fluage en vue du risque de fissuration,
- de recommander un contrôle renforcé lors de l'incorporation des recyclés dans les bétons architectoniques, afin d'éviter la remontée en surface de constituants étrangers.

### **UN POINT SUR LA REGLEMENTATION ACTUELLE**

Elle pénalise la mise en installations de stockage des déchets de déconstruction et tend à optimiser l'utilisation des matériaux issus du recyclage, mais il reste du chemin à parcourir.

- dans le secteur du bâtiment : on ne peut utiliser des matériaux recyclés pour faire du béton que depuis 2012, et pas dans tous les ouvrages ; par exemple, la norme NF EN 206-1/CN, publiée en décembre 2014, autorise **20%** de substitution de gravillons naturels par des gravillons recyclés dans des bétons soumis à des classes d'expositions courantes.

- concernant la voirie : la normalisation est bien avancée, **60%** des bétons sont d'ores et déjà valorisés en sous-couches routières.

Cet aspect normatif est essentiel pour la réussite du Projet National RECYBETON : si la réglementation ne comporte pas de dispositions restrictives, le manque de guides de recommandations est encore un frein au développement du recyclage. Les partenaires travaillent à l'élaboration de règles techniques et de documents fixant un cadre réglementaire.

## **CONCLUSION : et demain ? De nouvelles perspectives pour le béton de déconstruction**

La boucle du recyclage du béton dans le béton est amorcée. Pari en partie réussi pour le Projet National RECYBETON.

Afin que ce bilan d'étape très positif prenne tout son sens, les résultats essentiels obtenus sur les chantiers expérimentaux doivent être largement partagés et surtout adoptés par l'ensemble des acteurs de la construction en France.

Le recyclage n'est plus seulement souhaitable, on sait maintenant qu'il est possible, dans des conditions industrielles. Il faut que cela se sache et donner aux professionnels la connaissance et les outils spécifiques pour mettre en œuvre les techniques minutieusement élaborées au cours de ces années de recherche.

C'est pourquoi l'étape à venir est la publication pour une diffusion la plus large possible :

- d'un ouvrage de synthèse résumant les acquis scientifiques du Projet National (prévu pour 2017) ;
- d'un ou plusieurs guides pratiques à destinations des professionnels ;
- d'un recueil de propositions d'évolutions normatives et réglementaires visant à encourager et faciliter l'utilisation du béton recyclé.

D'autres rendez-vous auront lieu à Paris et à travers la France pour continuer de présenter l'avancée de la recherche et les nouvelles solutions qui en découlent. De même, les actions de formation, rouages essentiels de la réussite du Projet National, se poursuivront tant qu'elles seront nécessaires.