



Comment recycler le béton dans le béton

Recommandations du projet national RECYBETON

25 février 2020



- Un projet de recherche collaborative labellisé par l'Etat sur le thème « recycler le béton dans le béton »
- 6 années de travaux (2012 -2018)
- Un budget de 5,3 M€, cofinancé par
 - › les partenaires ~ 60% du budget (autofinancement et cotisations)
 - › l'Etat – MTES et l'ANR via le projet ECOREB
- 47 partenaires, administration IREX



■ Contexte

- › Augmentation du flux de matériaux de déconstruction : **potentiel réemploi ~ 39 Mt/an**
- › Nécessité de limiter
 - La consommation des ressources naturelles
 - Les mises en décharge
 - Les distances de transport



■ 2 objectifs principaux

- › Utiliser l'**intégralité des matériaux issus des bétons déconstruits** comme constituants des bétons
- › Recycler les matériaux issus de la déconstruction des bétons comme matière première de **ciments recyclés**

- Thème 1 – Technologies et procédés
- Thème 2 – Matériaux et structures
- Thème 3 – Développement durable
- Thème 4 – Aspects réglementaires et normatifs
- Thème 5 – Chantiers expérimentaux et valorisation



■ Production

- › 50 Rapports accessibles sur www.pnrecybeton.fr
- › **5 chantiers expérimentaux**
- › 95 publications scientifiques (66 RECYBETON, 29 ECOREB)

■ 4 livrables de référence

- › Ouvrage scientifique FR « Le béton recyclé » (2019)
- › Ouvrage scientifique EN « Concrete recycling: Research and Practice » (2019)
- › **Recommandations : « Comment recycler le béton dans le béton »**
- › Propositions d'évolution des normes



- **Recommandations**
 - › Pour la **prescription** du béton recyclé et pour le **dimensionnement** des ouvrages
 - › Pour la caractérisation et la production des **granulats recyclés**
 - › Pour la caractérisation et la production du **béton recyclé**
- **Éléments de contexte**
 - › sur le gisement et les impacts environnementaux
 - › **Exemples de réalisation**



› Extension des taux de recyclage admis

	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1	XD1, XS1	XF2, XD2, XD3	XS2, XS3	XF3, XF4*	XA
Gravillon recyclé type 1	60	40 60	30 50	30 50	20 40	10 30	10 30	5***
Sable recyclé**	30	10 20	10 20	10 20	10 15	10 15	5*** 15	5***
Règles de formulation complémentaires	/	E_{eff}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{eff}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{eff}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{eff}/L_{eq} max abaissé de 0,05

* granulats non gélifs
 ** sable recyclé présentant une absorption d'eau inférieure à 10 %
 ***uniquement pour les granulats recyclés issus de bétons de retour(cf. NF EN 206/CN : 2014)

Exemple pour un béton courant XC1/XC2 :
 Le taux maximum passe de 30% à 40% voire 60 en jouant sur le E_{eff}/L_{eq}

Tableau 10 *taux maximum (% massique) de substitution pour les gravillons recyclés de type 1 et le sable recyclé*



- **Recommandations sur**
 - la nature des essais
 - Les fréquences de contrôle
 - Les seuils

teneur maximale en sulfates solubles dans l'eau pour les GR : 0,3 % (la norme en vigueur fixant actuellement cette valeur à 0,2 %) ; teneur maximale en sulfates solubles dans l'eau pour un mélange GR+GN : 0,2%.

^a Tout lot de granulats recyclés et dont la production est inférieure aux fréquences d'essais du Tableau NA.3 doit faire l'objet d'un contrôle minimum pour chacune des caractéristiques. La notion de lot est définie par la norme NF P 18-545.

^b Il est proposé dans les présentes recommandations d'adopter le seuil de 0,3 % pour les sulfates au lieu de la valeur de 0,2% utilisée dans la norme actuelle (cf. 3.1).

^c Il est proposé dans les présentes recommandations de privilégier la mesure des chlorures dans l'eau.

^d Il est proposé dans les présentes recommandations d'adopter une catégorie A_{20} pour CR_B au lieu de A_{10} ; ceci compte-tenu de l'incertitude de mesure de la norme d'essai (15 min).

Tableau 8 caractéristiques des gravillons recyclés et fréquences d'essai proposées par le PN RECYBETON

Caractéristique	Méthode d'essai	Code	Catégorie	Types de fréquence d'essai ^a	
				Temporelle	Quantitative (en tonne)
Sulfates solubles dans l'eau	NF EN 1744-1, article 10.2	CR_B, CR_C	$SS_{0,3}^b$	1/semaine	1/1000
		CR_D	NF P 18-545, code $SS_D V_{SS} 0,7$		
Masse volumique	NF EN 1097-6	CR_B, CR_C	$\geq 2,0 \text{ t/m}^3$	1/semaine	1/1000
		CR_D	$\geq 1,7 \text{ t/m}^3$		
Influence sur le temps de début de prise	NF EN 1744-6	CR_B	A_{20}^d	2/mois	1/2000
		CR_C, CR_D	A_{40}		
Coefficient d'aplatissement	NF EN 933-3	CR_B, CR_C, CR_D	FI_{35}	1/mois	1/4000
Los Angeles	NF EN 1097-2	CR_B, CR_C	LA_{40}	1/2 mois	1/8000
		CR_D	LA_{50}		
Chlorures solubles dans l'eau ^c	NF EN 1744-1	CR_B, CR_C, CR_D	A déclarer	2/mois	1/2000
Absorption d'eau mesurée à 24h (WA_{24})	NF EN 1097-6	CR_B, CR_C, CR_D	A déclarer	1/semaine	1/1000
Alcalins libérables	XP P 18544	CR_B, CR_C, CR_D	A déclarer	2/mois	1/2000



- Deux paramètres pour le dimensionnement des chaussées
 - › σ_6 : contrainte conduisant à une rupture à 10^6 cycles en moyenne
 - › SN : dispersion du nombre de cycles à σ_6
- Les GR conduisent à une légère
 - › diminution de l'endurance (σ_6 / σ_0)
 - › augmentation de la dispersion SN
- Pour une même durée de vie
 - › l'épaisseur de la couche ↗
 - › la teneur en ciment/m² ↗
 - › Faible augmentation (<3%) si taux de recyclage 30% de gravillons
- En conclusion, le comportement à la fatigue n'est pas un frein au recyclage dans les bétons routiers



