

SPECIFICITES DES BETONS INCORPORTANT DES GRANULATS RECYCLES



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Les enjeux en lien avec la gestion des déchets et la préservation des ressources conduit au développement du recyclage des matériaux issus d'opérations de déconstruction, de construction ou d'aménagement.

Les granulats recyclés issus en particulier de bétons provenant de la déconstruction d'ouvrages sont majoritairement valorisés et de plus en plus recyclés après traitement (concassage, criblage, tri complémentaire,...) en technique routière à l'état granulaire (couches de forme, couches d'assises, etc.) ou en tant que constituant pour les bétons y compris ceux destinés aux structures.

Le béton déconstruit et trié, séparé des autres fractions minérales, représente environ 20 Mt par an soit environ 20% de la production annuelle de béton en BTP.

En fonction des dispositions applicables aux ouvrages en béton considérés, des granulats recyclés peuvent être incorporés aux formulations. Les bétons et les produits en béton ainsi fabriqués contribuent à la préservation des ressources naturelles.

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

INTRODUCTION

La norme NF EN 206+A2/CN contient des dispositions relatives à l'utilisation de granulats recyclés issus de la déconstruction pour la formulation des bétons en précisant **les conditions et les limites d'utilisation**

Il conviendra de se référer aux dispositions des **normes des produits en béton fabriqués en usine** ou du **Fascicule n° 65 du CCTG pour les parties d'ouvrage concernées**

Il conviendra de se référer aux dispositions des annexes nationales des normes de la série NF EN 1992 (y compris leurs amendements) pour le dimensionnement des structures incorporant des granulats recyclés (se référer notamment à la classe de taux de substitution de granulats recyclés et à leur type)

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LE FASCICULE 65 (2017)

Le Fascicule 65 « Exécution des ouvrages de génie Civil en béton » spécifie dans son chapitre 8 « Bétons et opérations de bétonnage paragraphe 8.1.2 (Constituants des bétons et mortiers) les possibilités d'emploi des granulats recyclés (Article 8.1.2.2 Granulats)

Extrait : Les gravillons recyclés de type 1 (selon NF EN 206/CN) issus de la déconstruction d'ouvrages d'art et dont la traçabilité est assurée peuvent être utilisés pour des bétons de classe de résistance inférieure à C35/45 en classe XC1, XC2, XC3, XC4 ou XF1 avec un taux maximum de substitution de 20 %



A l'initiative du Maître d'Ouvrage ou du rédacteur du CCTP en accord avec le Maître d'Ouvrage, il est possible d'aller au-delà des dispositions prévues sous réserve d'étudier l'utilisation de bétons contenant des granulats recyclés au-delà des pratiques reconnues comme des techniques courantes.

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LA NORME NF EN 206+A2/CN, L'EUROCODE 2 ET SES DISPOSITIONS NATIONALES

Des classes de taux de substitution en granulats recyclés sont définies allant de R0 à R7 pour les bétons contenant plus de 1 % de granulats recyclés en masse par rapport à la masse totale de granulats.

Classe de taux de substitution en granulats recyclés	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Plage de taux massique total de granulats recyclés (sable recyclé + gravillon Type 1)	0,01-0,05	0,06 – 0,15	0,16 -0,25	0,26 -0,40	0,41 -0,55	0,56 -0,70	0,71 -0,85	0,86 -1,00
Plage de taux massique total de granulats recyclés (Sable recyclé + gravillons de type 2)	0,01-0,02	0,03 – 0,07	0,08 -0,12	0,13 -0,20	0,21 -0,27	0,28 -0,35	0,36 -0,42	0,43 -0,50

Les granulats recyclés peuvent être incorporés dans le béton via l'utilisation de granulats de prémélange pour lesquels des pourcentages massiques sont définis (gravillons naturel et recyclé ou sables naturel et recyclé ou graves naturelle et recyclée)

Les classes R5 et au-delà ne peuvent être utilisées que via une approche performantielle selon les dispositions de la norme NF EN 206+A2/CN. *Cf. diapositive suivante*

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LA NORME NF EN 206+A2/CN, L'EUROCODE 2 ET SES DISPOSITIONS NATIONALES

D'un point de vue dimensionnement (à compléter par cf. NF EN 1992-1-2/NA/A2 pour le calcul au feu) :

Pour le béton armé :

- En classes R0 et R1, les relations de la NF EN 1992-1-1 donnant les propriétés du béton sont inchangées
- En classes **R2 et R3**, voir relations de la norme NF EN 1992-1-1/NA/A1 ou utiliser les valeurs des propriétés du béton mesurées
- En classe **R4 et au-delà**, seuls des granulats recyclés correspondant à un lot identifié peuvent être utilisés et les valeurs des propriétés du béton à utiliser doivent être mesurées

Classe de taux de substitution en granulats recyclés	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Plage de taux massique total de granulats recyclés (sable recyclé + gravillon Type 1)	0,01-0,05	0,06 – 0,15	0,16 -0,25	0,26 -0,40	0,41 -0,55	0,56 -0,70	0,71 -0,85	0,86 -1,00
Plage de taux massique total de granulats recyclés (Sable recyclé + gravillons de type 2)	0,01-0,02	0,03 – 0,07	0,08 -0,12	0,13 -0,20	0,21 -0,27	0,28 -0,35	0,36 -0,42	0,43 -0,50

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LA NORME NF EN 206+A2/CN, L'EUROCODE 2 ET SES DISPOSITIONS NATIONALES

D'un point de vue dimensionnement (à compléter par cf. NF EN 1992-1-2/NA/A2 pour le calcul au feu) :

Pour le béton précontraint :

- En classe R0, les relations de la NF EN 1992-1-1 donnant les propriétés du béton sont inchangées
- En classe **R1**, voir relations de la norme NF EN 1992-1-1/NA/A1 ou utiliser les valeurs des propriétés du béton mesurées
- En classe **R2**, seuls des granulats recyclés correspondant à un lot identifié peuvent être utilisés, voir relations de la norme NF EN 1992-1-1/NA/A1 ou utiliser les valeurs des propriétés du béton mesurées
- En classe **R3 et au-delà**, seuls des granulats recyclés correspondant à un lot identifié peuvent être utilisés et les valeurs des propriétés du béton à utiliser doivent être mesurées

Classe de taux de substitution en granulats recyclés	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Plage de taux massique total de granulats recyclés (sable recyclé + gravillon Type 1)	0,01-0,05	0,06 – 0,15	0,16 -0,25	0,26 -0,40	0,41 -0,55	0,56 -0,70	0,71 -0,85	0,86 -1,00
Plage de taux massique total de granulats recyclés (Sable recyclé + gravillons de type 2)	0,01-0,02	0,03 – 0,07	0,08 -0,12	0,13 -0,20	0,21 -0,27	0,28 -0,35	0,36 -0,42	0,43 -0,50

LA NORME NF EN 206+A2/CN

La norme NF EN 206+A2/CN prévoit l'utilisation de granulats recyclés issus de la déconstruction pour la fabrication des bétons destinés aux structures en précisant les conditions et les limites d'utilisation (articles NA.5.1.3 Granulats).

Les granulats recyclés doivent :

- Etre obtenus par traitement de **matériaux minéraux auparavant utilisés en construction** tels les granulats issus de la déconstruction de béton
- Etre **conformes aux normes** relatives aux granulats (NF EN 12620+A1 et NF P 18-545)

3 types de gravillons recyclés sont définis en fonction de leurs caractéristiques :

- **Type 1 : toutes les caractéristiques sont CR_B**
- **Type 2 : toutes les caractéristiques sont CR_B ou CR_C**
- **Type 3 : toutes les caractéristiques sont CR_B ou CR_C ou CR_D**



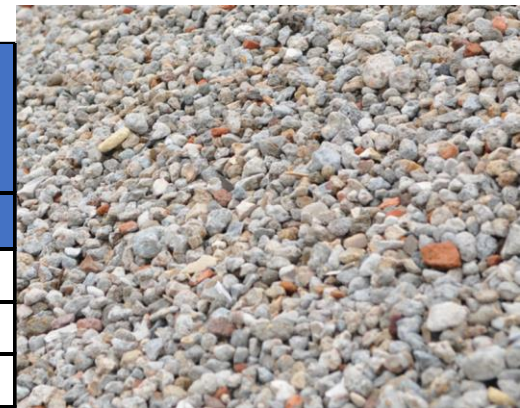
Seuls les **gravillons de type 1 et 2** peuvent être utilisés pour des **applications structurelles** ou la réalisation de **granulats de prémélanges**

BIEN PRESCRIRE LES BETONS

LA NORME NF EN 206+A2/CN

Parmi les différentes caractéristiques à prendre en compte pour établir l'aptitude à l'emploi des gravillons et des sables recyclés, celles présentées ici sont par exemple relatives à la constitution des gravillons recyclés qu'ils soient ou non utilisés via des granulats de prémélange

Code	Constituants principaux catégorie NF EN 12620 + A1	Constituants secondaires			
		Catégories NF EN 12620 + A1			
CR _B	Rcu95	Rb ₁₀₋	Ra ₁₋	XRg _{0.5-}	FL ₀₊₂₋
CR _C	Rcu90	Rb ₁₀₋	Ra ₁₋	XRg ₁₋	FL ₂₋
CR _D	Rcu70	Rb ₃₀₋	Ra ₁₀₋	XRg ₂₋	FL ₂₋



LA NORME NF EN 206+A2/CN

Constituants principaux et secondaires à quantifier :

- Rc : béton, mortier, élément de maçonnerie en béton contenus dans un granulat recyclé
- Ru : granulats non liés, pierre naturelle, granulats traités aux liants hydraulique contenus dans un granulat recyclé
- $R_{cu} = R_c + R_u$
- Rg : verres contenus dans un granulat recyclé
- Ra : matériau bitumineux contenu dans un granulat recyclé
- Rb : éléments en argile cuite (briques, tuiles), éléments en silicate de calcium, béton cellulaire non flottant contenus dans un granulat recyclé
- X : argiles, sols, métaux, bois, plastiques, caoutchouc, plâtre contenu dans un granulat recyclé
- FL : matériau flottant (exprimé en volume) contenu dans un granulat recyclé

BIEN PRESCRIRE LES BETONS

LA NORME NF EN 206+A2/CN

Des % pourcentages massiques maximaux d'introduction de granulats recyclés selon les **classes d'exposition considérées** et le **type de gravillon recyclé** (% de la masse de gravillon - respectivement de sable - recyclé rapportée à la masse totale de gravillons - respectivement de sables)

TYPE 1 et sable

	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 a	30 a	0b
Sable recyclé	30	10	20	10	20	10	20	10	15	10	15	0b	15	0b
Règles de formulation complémentaire		/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	

Type 2 et sable

	X0	XC1, XC2		XC3, XC4, XF1		XD1, XS1		XF2, XD2, XD3		XS2, XS3		XF3, XF4		XA
Gravillon recyclé type 2	40	20	30	15	25	15	25	10	20	5	15	5 a	15 a	0 b
Sable recyclé	15	5	10	5	10	5	10	5	5	0b	5	0b	5	0b
Règles de formulation complémentaire		/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	/	$E_{ff}/L_{eq} \text{ max abaissé de } 0,05^c$	

aGravillons résistants au gel au sens de la norme NF P18-545.

bA l'exception des granulats récupérés qui restent utilisables dans les conditions du 5.2.3.3 et NA.5.2.3.3.

c Par rapport aux préconisations des tableaux NA F

LE PROJET NATIONAL RECYBETON



Les dispositions normalisées ont bénéficié notamment des avancées techniques du projet national RECYBETON

La filière béton s'est fortement mobilisée au sein du Projet National de recherche et développement « RECYBETON » qui avait pour objectifs de parvenir au recyclage complet des matériaux issus des bétons de déconstruction et permettre la réalisation d'ouvrages encore plus vertueux

Les recherches visaient à :

- Réutiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons de déconstruction, comme constituants de nouveaux bétons
- Recycler aussi ces matériaux comme matière première pour la production de ciments (clinker et ciments composés)

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LE PROJET NATIONAL RECYBETON



Les enjeux du recyclage :

- **18 millions de tonnes de bétons de déconstruction** sur les 240 millions de tonnes de déchets inertes du BTP .
- **80 % des bétons de déconstruction sont déjà valorisés** après traitement (concassage, criblage, tri, ...) principalement en technique routière.
- Utilisation rationnelle des ressources naturelles
- Limitation des mises en décharge
- Réduction des circuits de transports des matériaux
- Réduction des émissions de CO2 et de la consommation énergétique

Les objectifs de la filière :

- Développer **le recyclage** dans la production des bétons
- Augmenter le taux de réincorporation des granulats recyclés dans les bétons
- Participer à la préservation des gisements naturels de granulats
- Organiser et développer la filière du recyclage des bétons déconstruits.

Un projet collaboratif avec un programme de recherche pour favoriser le recyclage du béton dans le béton (réutilisation de l'intégralité des matériaux issus de la déconstruction), réunissant 47 partenaires.

Durée : 5 ans Début : Janvier 2012
Budget : 4,8 ME HT

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LE PROJET NATIONAL RECYBETON



Le Projet National RECYBETON a permis d'améliorer l'expertise et la connaissance sur l'utilisation des granulats recyclés pour la formulation des bétons dans une logique de préservation des gisements naturels

Les dispositions normalisées ont bénéficié notamment des avancées techniques du projet national RECYBETON pour l'actualisation de la norme NF EN 206/CN et de l'annexe nationale de la norme NF EN 1992-1-1 en permettant par exemple d'augmenter significativement le taux d'incorporation des granulats recyclés dans les bétons ou l'utilisation de granulats recyclés dans les bétons précontraints.

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

EXEMPLE DE CLAUSE À INTRODUIRE DANS LE CCTP

(Cas d'un ouvrage non soumis à des exigences de résistance au feu)

Pour les bétons destinés aux structures, la classe de taux de substitution en granulats recyclés sera R1 au sens de la norme NF EN 206+A2/CN. Les granulats recyclés seront exclusivement constitués de gravillons recyclés de type 1.

Nota : selon le taux de substitution en granulats recyclés et selon que le béton soit armé ou précontraint, les règles de dimensionnement peuvent être modifiées sur les aspects mécaniques ou de résistance au feu par exemple. Selon les cas, des essais spécifiques sont à réaliser (consulter en particulier les dispositions nationales de l'Eurocode 2 y compris leurs amendements)

**Merci de votre
attention**

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre