

RECOMMANDATIONS : BIEN PRESCRIRE LES BÉTONS

SPÉCIFICITÉS DES BÉTONS DE GRANULATS RECYCLÉS

Exemple de rédaction à inclure 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.

Note : 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).

Commentaires :

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 :

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

La norme définit 3 types de gravillons recyclés à partir de leurs caractéristiques et précise notamment pour chaque type de granulat recyclé le taux de substitution de granulats naturels maximum autorisé en fonction de la classe d'exposition à laquelle est soumise la partie d'ouvrage en béton.

Le Fascicule n°65 précise, parmi les différents types et origines de granulats recyclés, lesquels sont utilisables dans les ouvrages concernés. Ils doivent notamment être issus de la déconstruction d'ouvrages d'art.

Cette fiche ne traite pas des dispositions applicables à l'utilisation des matériaux d'excavation.

Responsabilités

L'utilisation de granulats recyclés dans les bétons destinés aux structures est prévue par la norme NF EN 206+A2/CN (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).

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.

LES GRANULATS RECYCLÉS DANS LA NORME NF EN 206+A2/CN ET LA NORME NF EN 1992-1-1/NA/A1

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. La norme NF EN 1992-1-1/NA/A1 prévoit des ajustements des règles de dimensionnement en fonction du taux de substitution en granulats recyclés ou selon que le béton soit armé ou précontraint par exemple.

Les 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. A chacune de ces classes correspondent des plages de taux de substitution dépendant du type de gravillon (voir tableau 1).

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

Tableau 1 – Classes de taux de substitution de granulats recyclés dans les bétons

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).

Dans tous les cas, des contrôles sont opérés tant sur les granulats que sur les bétons les incorporant.

Ainsi, les granulats recyclés doivent être obtenus par traitement de matériaux minéraux auparavant utilisés en construction et être conformes aux normes relatives aux granulats (NF EN 12620+A1 et NF P 18-545). Les limitations s'appuyant sur les codifications A, B, C ou D, applicables aux granulats naturels par exemple, s'appliquent également aux granulats recyclés.

La norme définit 3 types de gravillons recyclés (Type 1 à 3) à partir de leurs caractéristiques et précise pour chaque type de granulat recyclé le taux de substitution de granulats naturels maximum prévu en fonction de la classe d'exposition à laquelle est soumis le béton.

Nota : Les 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 structurales ou la réalisation de granulats de prémélanges.

Parmi les différentes caractéristiques à prendre en compte pour établir l'aptitude à l'emploi des gravillons et des sables recyclés, celles présentées au tableau 2 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				Type de fréquence d'essai	
		Catégories NF EN 12620 + A1				Temporelle	Quantitative
CR _B	Rcu95	Rb ₁₀₋	Ra ₁₋	XRg _{0.5-}	FL _{0.2-}	2/mois	1/2000 tonnes
CR _C	Rcu90	Rb ₁₀₋	Ra ₁₋	XRg ₁₋	FL ₂₋		
CR _D	Rcu70	Rb ₃₀₋	Ra ₁₀₋	XRg ₂₋	FL ₂₋		

Tableau 2 - Constituants des gravillons recyclés

Eléments contenus dans un granulat recyclé :

- 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
- Rcu = Rc + Ru.
- 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

En fonction des classes d'exposition considérées et du type de gravillon recyclé, des pourcentages massiques maximaux d'introduction de granulats recyclés sont définis. Ces pourcentages correspondent dans les tableaux 3 et 4 au pourcentage de la masse de gravillon (respectivement de sable) recyclé rapportée à la masse totale de gravillons (respectivement de sables).

	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_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	

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

b A 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

Tableau 3 – Pourcentage massique maximum pour les granulats recyclés de type 1 et le sable recyclé

	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_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	/	E_{fl}/L_{eq} max abaissé de 0,05 ^c	

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

b A 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

Tableau 4 – Pourcentage massique maximum pour les granulats recyclés de type 2 et le sable recyclé

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.

D'un point de vue dimensionnement hors 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 ;
- 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.

Pour le calcul au feu, se reporter à l'amendement NF EN 1992-1-2/NA/A2.

LES GRANULATS RECYCLÉS DANS LE FASCICULE 65

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).

« Les gravillons recyclés de type 1 (selon la norme 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 % (en masse). »

LE PROJET NATIONAL RECYBÉTON

Aujourd'hui 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)

Le Projet National RECYBETON a permis d'améliorer l'expertise et la connaissance sur l'utilisation des granulats recyclés pour la formulation des bétons.

Il a permis de vérifier que l'utilisation de bétons de granulats recyclés peut se faire dans les structures de béton armé jusqu'à une teneur de 15 % de granulats recyclés (avec gravillons de type 1) sans modification des formules de dimensionnement de la norme NF EN 1992-1-1 et de son annexe nationale. Pour des taux plus élevés, ou pour les structures en béton précontraint, le Projet National RECYBETON a recommandé la recalibration forfaitaire ou expérimentale de certaines caractéristiques, pour tenir compte d'une déformabilité instantanée et différée supérieure. Il peut donc être prudent de prévoir assez tôt la détermination du module d'Young du béton de granulats recyclés, en fonction de son utilisation prévue, et d'ajuster en conséquence la spécification.

Les recommandations du Projet National RECYBETON ont été utilisées 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, l'utilisation de granulats recyclés dans les bétons précontraints dans une logique de préservation des gisements naturels de granulats. Les recommandations du PN RECYBETON sont consultables sur le site de l'IREX : www.pnrecybeton.fr .