



Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE

Thème 4

Synthèse des documents internationaux sur l'utilisation des granulats recyclés dans les bétons

Auteurs :

R. BODET & S. FONTENY (UNPG)

W. PILLARD (EGF BTP)

R/15/RECY/025
LC/15/RECY/70
Septembre 2015

Site internet : www.pnrecybeton.fr

Président : Jacques ROUDIER

Directeur : Horacio COLINA

Directeur Scientifique : François DE LARRARD

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr, tél. : 01 44 13 32 79



Projet National de recherche et développement

FICHE SIGNALÉTIQUE

TITRE : Synthèse des documents internationaux sur l'utilisation des granulats recyclés dans les bétons

RAPPORT N° : R/15/RECY/025

DATE D'ÉTABLISSEMENT : Septembre 2015

AUTEUR(S) : R. BODET & F. FONTENY – W. PILLARD

ORGANISME(S) CHARGE(S) DE L'ACTION : UNPG – EGF BTP

THEME DE RATTACHEMENT : 4

LETTRE DE COMMANDE : LC/15/RECY/70

Site internet : www.pnrecybeton.fr

Président : Jacques ROUDIER

Directeur : Horacio COLINA

Directeur Scientifique : François DE LARRARD

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr, tél. : 01 44 13 32 79

TABLE DES MATIERES

RESUME	4
ABSTRACT	5
SYNTHESE DU RAPPORT	6
INTRODUCTION.....	9
I. ANALYSE DES TEXTES DE LA ZONE ‘EUROPE’	11
1. DOCUMENTS GENERAUX.....	11
2. ALLEMAGNE (INT-030, INT-031)	11
3. AUTRICHE (INT-028, INT-029, INT-032)	17
4. BELGIQUE (INT-001, INT-002, INT-027)	22
5. DANEMARK (INT-019).....	24
6. ESPAGNE (INT-011)	24
7. ITALIE (INT-020)	26
8. LUXEMBOURG (INT-018)	27
9. NORVEGE (INT-021)	27
10. PAYS-BAS (INT-005, INT-037, INT-038).....	30
11. ROYAUME-UNI (INT-033, INT-034, INT-035, INT-036)	31
12. RUSSIE (INT-012).....	36
13. SUEDE (INT-040)	36
14. SUISSE (INT-002).....	37
II. ANALYSE DES TEXTES DES ZONES ASIE – OCEANIE – AMERIQUE	39
1. INTRODUCTION.....	39
2. JAPON (INT-007).....	39
3. CHINE (INT-006)	43
4. AUSTRALIE (INT-023, INT-024)	45
5. NOUVELLE ZELANDE (INT-010)	49
6. BRESIL (INT-025)	51
7. ETATS-UNIS (INT-013, INT-014, INT-026, INT-039).....	52
8. CANADA – QUEBEC (INT-016, INT-017, INT-022)	53
III. ISO ET RILEM (INT-004, INT-015)	54
IV. SYNTHESE	54
ANNEXE 1 : LISTE DES TEXTES INTERNATIONAUX AYANT FAIT OU DEVANT FAIRE L’OBJET D’UNE ANALYSE ..	57
ANNEXE 2 – MODELE DE FICHE DE SYNTHESE POUR LES DOCUMENTS INTERNATIONAUX	60
ANNEXE 3 – ETAT DES FICHES DE SYNTHESE DES TEXTES INTERNATIONAUX REÇUES	61
ANNEXE 4 –FICHES DE SYNTHESE DES TEXTES INTERNATIONAUX	64
ANNEXE 5 - MEMBRES DU GROUPE THEMATIQUE 4	160

RÉSUMÉ

Pour faire suite aux travaux de tranche 1 qui s'étaient concentrés sur l'analyse des textes français, les travaux du thème 4 en tranche 2 ont eu vocation à analyser les textes étrangers pour lesquels un intérêt manifeste a été identifié quant à l'utilisation des granulats recyclés dans les bétons.

Les textes examinés portent sur les normes et les guides d'utilisation des granulats recyclés dans les bétons.

Dans la première partie de ce rapport, l'analyse a porté sur les textes de la zone 'Europe'. Il a été identifié 13 pays dans lesquels des dispositions existent. Plusieurs pays parmi lesquels les Pays-Bas, l'Allemagne, l'Autriche et le Royaume-Uni montrent une expérience certaine du recyclage depuis quelques années.

Dans la seconde partie, les travaux se sont intéressés aux pays hors Europe. Il a été identifié 7 pays qui présentent également une expérience du recyclage depuis quelques années comme le Japon, la Chine, les Etats-Unis, le Canada (en particulier la province du Québec).

En outre, ont été examinés d'autres textes internationaux pouvant présenter un intérêt vis-à-vis de la problématique du recyclage dans les bétons : citons ceux de la Commission Européenne sur la sortie du statut de déchet, les rapports techniques de la Rilem, ainsi que des normes ISO.

L'analyse de ces textes étrangers montre que l'utilisation des granulats recyclés obéit généralement à la philosophie suivante :

- Une tradition quant à l'usage des granulats recyclés en techniques routières pour lesquelles celui-ci s'avère maîtrisé.
- Une caractérisation de leurs performances (niveaux de valeur et variabilité)
- Une différence de traitement très marquée entre les gravillons et les sables recyclés avec, pour ces derniers, des limitations d'emploi dans des bétons de structure pour lesquels les risques sont élevés.

Il a par contre été relevé une disparité relativement marquée en ce qui concerne le taux d'incorporation des gravillons recyclés dans les bétons de structure. La majorité des pays limitent ce taux. Certains pays autorisent des taux jusqu'à 100 % de gravillons recyclés dans les bétons (cas des Pays-Bas, de la Suisse, du Japon et de la Chine). Mais cette possibilité est assortie en contrepartie d'une garantie de traçabilité des granulats qui font par ailleurs l'objet de contrôles supplémentaires.

Pour ce qui est de la prise en compte des effets d'incorporation de granulats recyclés sur le comportement des structures, il est communément utilisé des coefficients de pondération sur les caractéristiques comme le module élastique, le coefficient de retrait ou de fluage (cas des Pays-Bas, de la Suisse et de l'Espagne).

Notons que l'utilisation des granulats recyclés dans le béton précontraint est en général non admise, sauf pour la Suisse et la Norvège.

Les aspects environnementaux ont aussi donné lieu dans certains cas à des exigences : certains pays exigent des contrôles (Autriche, Allemagne, Pays-Bas) afin de limiter le risque de relargage en substances polluantes (métaux lourds).

ABSTRACT

As part of Unit 2, works Theme 4 "standardization and regulation" have focused on the analysis of foreign texts for which a clear interest has been identified for the use of recycled aggregates in concrete.

French texts have already been analyzed in Unit 1 of the project in order to determine the difficulties to the use of recycled aggregates in France.

Texts that were examined cover regulations, specification documents (i.e. standards) and guidance documents on the use of recycled aggregates in concrete.

In the first part of this report, the analysis focused on the texts of the area 'Europe'. 13 countries where existence of provisions was demonstrated were identified. Several countries, including the Netherlands, Germany, Austria and UK have experienced the recycling into concrete for several years.

In the second part, investigations have focused on countries abroad Europe. Documents in 7 countries that have experienced the recycling into concrete in recent years were examined. These countries include Japan, China, the United States, and Canada (including Quebec).

In addition, other documents showing high interest in the recycling into concrete were investigated. They include the end-of-waste criteria from the European Commission, technical report from Rilem, and ISO standards.

The analysis of these foreign texts shows that the use of recycled aggregates generally obeys the following philosophy:

- A tradition in road applications for which the use of recycled aggregates is well controlled.
- A characterization of their performances (value levels and variability).
- A very marked difference when considering coarse and fine recycled aggregates with, for the latter, limitations in use in structural concrete for which risks are high.

It has been noted a marked disparity regarding the rate of incorporation of coarse recycled aggregates in structural concretes. Most of the countries show a limitation in the substitution rate. Other countries allow rates up to 100 % of coarse recycled aggregates in concrete (e.g. the Netherlands, Switzerland, Japan and China). However, such a permission is allowed if traceability of the coarse aggregates is guaranteed, and at the same time if additional controls are carried out.

Some countries have introduced a security coefficient in the calculation of concrete properties such as elastic modulus, shrinkage or creep coefficient, when using coarse recycled aggregates (e.g. the Netherlands, Switzerland, Spain).

Apart from Switzerland and Norway, countries prohibit the use of recycled aggregates in prestressed pretensioned concrete elements.

Regarding the environmental aspects, several countries (e.g. Austria, Germany, and the Netherlands) have implemented a series of tests to control the release of dangerous substances (i.e. heavy metals).

SYNTHÈSE DU RAPPORT

L'emploi des granulats recyclés en technique routière ou dans les bétons est devenu une préoccupation internationale comme le démontre la collecte des textes réglementaires, normatifs et autres guides. Une quarantaine de documents ont en effet pu être recensés et analysés, provenant d'une vingtaine de pays de tous les continents à l'exception de l'Afrique.

S'agissant d'une thématique liée à la raréfaction de l'accès à la ressource et aux contraintes environnementales grandissantes, la plupart de ces documents a moins de 25 ans. L'Allemagne disposait toutefois d'une norme depuis la seconde guerre mondiale qui couvrait l'utilisation de briques concassées dans les bétons.

Parmi l'ensemble des documents examinés, les normes en représentent la moitié et les guides (catégorie couvrant également les recommandations et les dispositions) environ un tiers. Force a été de constater que la disponibilité des textes réglementaires est limitée.

Les Pays-Bas, l'Allemagne, l'Autriche, le Royaume-Uni, le Japon, les Etats-Unis ou bien encore le Québec comptent parmi les pays les plus expérimentés. A eux seuls, ils représentent plus de la moitié des documents analysés dans ce rapport.

Les documents normatifs portent principalement sur les spécifications des granulats recyclés, qu'il s'agisse des sables ou des gravillons. Les guides décrivent davantage la valorisation et la gestion des granulats recyclés. D'une manière générale, le sujet est davantage centré sur les gravillons recyclés que sur les sables recyclés.

Même si certains documents mentionnent la valorisation des granulats recyclés en technique routière, l'exploitation a principalement porté sur l'utilisation des granulats recyclés dans les bétons, structurels ou non, principale voie explorée dans le projet national.

En complément de toutes ces spécifications techniques, un document autrichien insiste sur l'importance de la phase amont de tri tandis qu'un document japonais précise le rôle des parties prenantes en établissant les responsabilités.

Il faut aussi distinguer ce qui concerne :

- les granulats recyclés : composition, exigences, essais de caractérisation, contrôle qualité ;
- les bétons incorporant ces granulats recyclés : types de bétons (structurels ou non, classe d'environnement), quantités autorisées, classes de résistance ;
- l'ajustement des paramètres du calcul de dimensionnement dans certains cas.

Les exigences concernant les granulats recyclés sont relativement universelles même si des spécificités locales peuvent exister ; il s'agit de la masse volumique, de l'absorption d'eau, des chlorures solubles, des sulfates solubles, de la résistance au gel-dégel, de la compatibilité avec l'environnement (impact sur sols et eaux), des impuretés ...

Comparativement aux granulats naturels, les fréquences de contrôles pour les granulats recyclés sont souvent accrues.

S'agissant de l'utilisation dans les bétons, les pratiques suivantes peuvent être relevées :

- En Allemagne, les meilleurs types de granulats recyclés sont privilégiés : les taux de substitution varient entre 25 et 45 % pour les classes d'exposition X0, XC, XF1, XF3 et XA1.

- En Belgique, seuls les granulats de meilleure qualité sont retenus, jusqu'à 20 % d'incorporation dans des bétons de classe de résistance C16/20 maximum et pour les classes d'exposition X0 et XC1.
- Au Danemark, ce sont aussi les classes d'exposition X0 et XC1 qui sont autorisées mais avec des taux d'incorporation de 30 % pour les sables et de 100 % pour les gravillons. Les classes de résistance sont limitées à C30/37, et il existe aussi des exigences supplémentaires issues des codes de calcul (limitation à 10 % pour le sable et 20 % pour le gravillon, pour maîtriser l'impact sur le retrait, le fluage et le module élastique).
- On note que l'emploi dans les bétons de granulats recyclés qui contiennent beaucoup de briques est autorisé en Autriche.
- En Espagne, un projet de réglementation vise à limiter la quantité à 20 %, en prenant aussi en considération la correction sur le coefficient de retrait, de fluage et le module élastique.
- En Italie, les taux d'incorporation varient de 5 à 100 % pour des classes de résistance du béton comprises entre C8/10 et C45/55. En complément, des précisions sur la provenance sont demandées et nécessitent l'accord de l'utilisateur.
- En Norvège, la particularité réside dans le fait que le granulat recyclé doit provenir de constructions ayant fait l'objet de contrôles et d'évaluation avant démolition. La documentation associée est relativement exigeante si des performances d'étanchéité à l'eau, de résistance au gel-dégel ou de résistance à la pénétration des chlorures sont requises.
- Aux Pays-Bas, on notera que le panel des possibilités est beaucoup plus élargi : le taux de substitution est limité à 50 % sans limitation sur les classes d'exposition, ce taux pouvant monter à 100 % dès lors que l'on exclut les classes XD et XS. Les classes de résistance sont limitées à C35/45. Lorsqu'il y a plus de 50 %, il est demandé de revoir les règles de dimensionnement des ouvrages. Enfin, l'utilisation du sable recyclé est admise.
- Au Royaume-Uni, on fait la distinction entre deux types de granulats recyclés provenant de la maçonnerie ou du béton (RA et RCA). Les granulats RCA sont autorisés jusqu'à 20 % pour des classes de résistance maximales C40/50 dans des environnements X0, XC et XF1. L'utilisation des granulats RA doit être approuvée par un organisme de certification. Si les classes de résistance ne dépassent pas C16/20, il n'y a pas de restriction. Il est à noter que le Royaume-Uni a mis en place un protocole de qualité WRAP pour la sortie du statut déchet qui se traduit par un contrôle qualité relativement élevé.
- En Russie, le taux de substitution des granulats est autorisé jusqu'à 100 % pour des bétons de classe C16/20 maximum. Ce taux descend à 10 % pour des classes de résistance plus élevées et il est demandé un essai de durabilité si l'environnement est qualifié de gélif.
- En Suède, la pratique est assez similaire à celle de la Norvège.
- En Suisse, l'utilisation de granulats recyclés constitués d'au moins 25 % en masse de constituants Rc est admise pour les classes d'environnement X0 et XC. Elle est limitée aux classes d'environnement X0 et XC1 pour les granulats comportant au moins 5 % en masse de briques recyclées. Leur utilisation dans d'autres classes d'exposition nécessite des études préliminaires justifiant leur aptitude à l'emploi.
- Au Japon, la classification des granulats recyclés s'appuie des paramètres physico-chimiques (absorption et impuretés) et leur utilisation est définie en fonction du type de béton dans l'ouvrage (béton courant / béton de fondation / béton de propreté).
- En Chine, 3 classes de granulats (3 gravillons et 3 sables) sont définies. Là aussi l'utilisation du granulat recyclé dépend de la classe de résistance du béton avec un taux d'incorporation maximum de 50 % si aucune donnée technique n'est disponible.
- En Australie, un intérêt manifeste existe pour le contexte global du recyclage. Avec quelques freins socio-économiques identifiés (investissement initial lourd). Deux classes de granulats recyclés sont définies en fonction de l'utilisation du granulat (béton ou technique routière). Il est autorisé jusqu'à 100 % d'incorporation de granulats recyclés dans des bétons de classe de résistances C25/30 maximum et jusqu'à 30 % pour des classe de résistances C40/50 maximum.
- En Nouvelle-Zélande, la classification des granulats recyclés est similaire à celle du Royaume-Uni.

- au Brésil, la substitution de sables ou gravillons est limitée à 20 % pour des classes de résistances C40/50 maximum.
- Aux Etats-Unis, le retour d'expérience a été fait sur la base de rapports d'études qui synthétise leur utilisation principalement en techniques routières.
- Au Québec, les règles techniques sont plutôt bien cadrées mais se restreignent aux applications en techniques routières.

L'utilisation des granulats recyclés n'est pas autorisée dans les bétons précontraints, sauf en Suisse et en Norvège.

Ainsi quels que soient les pays, un certain nombre de préoccupations communes apparaissent:

- Le taux d'incorporation dans les bétons est d'autant plus important que les granulats recyclés sont de bonne qualité :
- Le taux d'incorporation diminue avec la classe de résistance du béton ;
- Les gravillons recyclés sont davantage utilisés que les sables recyclés ;
- Les exigences en matière de contrôle qualité sont plus élevées sur les granulats recyclés que sur les granulats naturels ;
- L'utilisation des granulats recyclés est principalement limitée aux bétons soumis aux environnements les moins sévères ;
- Il est quelquefois nécessaire de vérifier l'impact des granulats recyclés sur l'environnement ;
- L'ajustement des paramètres de codes de calcul s'effectue, le cas échéant, via un coefficient de pondération.

L'existence de normes harmonisées au niveau européen pourrait constituer un socle commun et un atout dans le développement de l'emploi des granulats recyclés dans les bétons ; cette spécificité n'existe pas pour les pays hors Europe qui disposent d'une classification qui leur est propre.

Enfin, il serait particulièrement utile de pouvoir disposer de statistiques concernant les pratiques réelles afin d'évaluer l'impact de toutes ces dispositions normatives et d'en vérifier l'efficacité.

INTRODUCTION

Les travaux du thème 4 « normalisation et réglementation » ont pour vocation d'identifier à la fois les obstacles et les incitations (qu'ils soient d'ordre réglementaire ou normatif) au développement du recyclage du béton. A terme, la synthèse de ces travaux devrait permettre au thème 4 d'être force de propositions quant aux actions à mener pour encourager l'utilisation des granulats recyclés dans les bétons.

Dans le cadre de la tranche 1, les travaux menés ont permis l'analyse des textes de portée nationale qui ont mis en évidence :

- Au niveau normatif, l'importance essentielle des normes NF EN 12620, NF EN 13139, NF P18-545, NF EN 206/CN et NF EN 1992-1-1 ;
- Au niveau réglementaire, l'absence de textes définissant la sortie de statut de déchet et l'existence d'initiatives nationale et locale tournées vers la réutilisation en techniques routières (guide méthodologique sur l'acceptabilité en techniques routières de matériaux alternatifs, guides de l'IDRRIM sur la réutilisation locale de granulats alternatifs, ...).

Dans la continuité de ces travaux, le GT4 a proposé dans le rapport de tranche 1, une cartographie des pays pour lesquels un intérêt manifeste a été identifié en ce qui concerne la collecte de retours d'expériences quant à l'utilisation des granulats recyclés.



Figure 1 : Carte des pays pour lesquels des textes ont été examinés

Comme on peut le voir, les zones identifiées couvrent d'abord l'Union Européenne et la Russie.

Ensuite, il a paru évident de s'intéresser à des pays comme le Japon, la Chine, les Etats-Unis, le Canada et le Québec, qui se sont intéressés depuis quelques années au recyclage.

En complément, le GT4 s'est donné les moyens d'étudier les retours d'expériences des pays comme le Brésil, l'Australie, la Nouvelle-Zélande.

Continent	Pays
Amériques (Nord & Sud)	Canada
	Québec
	USA
	Documents American Concrete Institute
	Brésil
Asie	Chine
	Japon
Europe	Allemagne
	Autriche
	Belgique
	Commission Européenne
	Danemark
	Espagne
	Italie
	Luxembourg
	Norvège
	Pays-Bas
	Russie
	Suède
	Suisse
Océanie	Royaume-Uni
	Australie
	Nouvelle Zélande
Textes de portée internationale	ISO
	RILEM

Tableau 1 : Pays par continent

Remarque : Les textes qui ont fait l'objet de la présente analyse sont tous des documents en vigueur à la date de publication du présent rapport. Les auteurs attirent l'attention du lecteur sur le fait que ce rapport est bien évidemment une cartographie à l'instant t et que ces différents textes pourraient évoluer dans le futur, ou bien être supprimés, ou encore être remplacés par d'autres textes.

I. Analyse des textes de la zone 'Europe'

1. Documents généraux

Les documents généraux, tels les publications et rapports techniques du CEN, peuvent renvoyer vers les spécifications nationales en vigueur. Par exemple, le rapport du Joint Research Center de 2008 sur la sortie du statut déchet indique que les granulats recyclés doivent se conformer aux réglementations et normes en vigueur sur le lieu d'utilisation, une fois qu'ils deviennent des matériaux utilisables.

Il est intéressant de noter qu'en 2007, le comité technique européen qui traite du matériau béton (TC 104) a produit un document (CEN TC104/N758) visant à recenser la manière dont la norme béton en vigueur à l'époque (EN 206-1) avait été implémentée dans les divers états membres depuis sa sortie en 2005. A ce titre ce document, qui préfigurait les évolutions normatives futures, présente l'intérêt indéniable de mettre en exergue le fait que des dispositions nationales existaient. Des spécifications étaient déjà établies pour les granulats recyclés et leur utilisation dans les bétons était définie, par exemple au travers d'exigences vis-à-vis du pourcentage de substitution, en fonction de la classe d'exposition du béton.

L'analyse des diverses dispositions, état par état, comme on pourra le voir dans la suite de cette section, amène au constat suivant :

L'incorporation de granulats recyclés dans des bétons de structure (couverts par la norme EN 206-1) est envisageable dès lors que :

- Il existe une classification de ces granulats permettant d'assurer un niveau de qualité de ces derniers ;
- Le taux de substitution autorisé prend en compte le type de bétons au travers de l'agressivité du milieu (classes d'exposition, classes de résistance) ;
- Des fréquences de contrôle sont associées à la variabilité du produit ;
- Les caractéristiques structurales du béton avec les granulats recyclés sont pondérées (module, retrait, fluage, ...).

Remarque : La rédaction de la norme française NF EN 206/CN (2014) a été rédigée au travers d'un tableau à double entrée, incluant les trois premiers points ci-dessus.

Dans la suite de cette section, on s'attachera à examiner pays par pays, les dispositions existantes.

2. Allemagne (INT-030, INT-031)

La situation en Allemagne concernant l'utilisation de granulats recyclés dans le béton se distingue de la France car ces derniers ont depuis longtemps fait l'objet d'une attention particulière. Ainsi, le cadre normatif autorise l'usage des granulats recyclés dans les bétons depuis la seconde guerre mondiale, grâce notamment à l'existence d'une norme spécifique couvrant l'utilisation de briques concassées dans les bétons. Cette norme a été remplacée depuis par une norme sur les granulats recyclés (DIN 4226) qui élargit la réutilisation des déchets de démolition traités à base de béton et de brique.

Les documents de référence sont les normes DIN 4226-100 (granulats pour béton et mortier – partie 100 : recyclés) et le guide pour l'utilisation de recyclés dans les bétons conformes aux normes DIN EN 206-1 et DIN 1045-2.

La norme DIN 4226-100 qui est une norme granulat donne une classification des granulats recyclés assez proche de celle retenue en France dans la norme NF EN 206/CN (tableau 2).

Une distinction est effectuée entre quatre types de granulats recyclés en fonction de leur composition. Ainsi, le type 1 correspond aux déchets de béton (Rcu90), le type 2 aux débris de démolition (Rcu70). On notera que les types 3 et 4 sont particuliers à l'Allemagne (déchets de briques et autres).

Constituents	Maximum or minimum content, as a percentage by mass, for aggregate type			
	1	2	3	4
Concrete and aggregate as in DIN 4226-1	≥ 90	≥ 70	≤ 20	≥ 80
Clinker, solid bricks	≤ 10	≤ 30	≥ 80	
Calcareous sandstone			≤ 5	
Other mineral materials ¹⁾	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 20
Asphalt	≤ 1	≤ 1	≤ 1	
Foreign matter ²⁾	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1

1) E.g. porous bricks, lightweight concrete, aerated concrete, porous concrete, plaster, mortar, porous slag, pumice.
2) E.g. glass, ceramics, non-ferrous slags, gypsum, rubber, plastics, metals, wood, plant remains, paper and similar materials.

Tableau 2 : Composition des granulats recyclés selon DIN 4226-100

Au-delà des limites de composition, les exigences relatives à la masse volumique, l'absorption d'eau à 10 minutes et la teneur en chlorures solubles dans l'acide sont données dans les tableaux 3 et 4 ci-dessous :

Property	Aggregate type			
	1	2	3	4
Minimum particle density, in kg/m ³	2 000		1 800	1 500
Limit deviations for supplier's declared average particle density, in kg/m ³	± 150			Not specified.
Maximum water absorption (after 10 minutes), as a percentage	10	15	20	Not specified.

Tableau 3 : Valeurs limites pour la masse volumique et l'absorption d'eau à 10 minutes

Remarque : Pour ce qui est de l'absorption, on notera que la valeur qui sert de référence est la valeur mesurée à 10 minutes (norme DIN 4226-100) et non la valeur conventionnelle classiquement utilisée en France W_{A24} .

Category	Aggregate type			
	1	2	3	4
Maximum acid soluble chloride content as a percentage by mass	0,04	0,04	0,04	0,15

Tableau 4 : Valeurs limites pour la teneur en chlorures solubles dans l'acide

La norme 4226-100 prévoit donc toute une série de modes opératoires adaptés aux recyclés : détermination de l'absorption (mesurée à 10 min sur la fraction sans les fines inférieures à 0,125 mm), détermination de la teneur en chlorures solubles dans l'acide, évaluation des substances nocives, vérification de la résistance au gel-dégel des granulats par essai sur béton (si le granulat ne satisfait pas à la catégorie F2) et effet des granulats recyclés sur les sols et les eaux.

Quant aux fréquences d'essais, elles se trouvent augmentées par rapport aux gravillons naturels (ex : absorption d'eau : 1 fois/jour) et il est demandé une certification des essais par tierce partie.

Enfin, notons que la mesure des sulfates s'effectue sur les sulfates solubles dans l'acide avec une limite à 0,8 %.

Line	Item/Property	Cf. subclause	Notes	Relevant test method(s)	Minimum frequency of testing for aggregate type(s)	
					1, 2, 3	4
1	Processing equipment	A.3	–	Visual check	Daily	Daily
2	Source of material (receiving inspection)	A.4	–	Visual check	Each consignment	Each consignment
3	Grading	4.3 (DIN 4226-1)	–	DIN EN 933-1	Weekly	Weekly
4	Particle shape (coarse aggregate)	4.4 (DIN 4226-1)	–	DIN EN 933-1, DIN EN 933-4	Weekly	–
5	Fines content	4.6 (DIN 4226-1)	–	DIN EN 933-1	Weekly	Weekly
6	Assessment of fines	4.6 (DIN 4226-1)	If conditions set out in Annex D of DIN 4226-1 are met.	DIN EN 933-8, DIN EN 933-9	Weekly	Weekly
7	Composition	4.3	–	Weighing of constituents separated manually	Daily	Weekly
8	Particle density	4.4	–	DIN EN 1097-6	Weekly	Monthly
9	Water absorption	4.4	–	Cf. Annex D.	Daily	–
10	Acid-soluble chloride content ¹⁾	4.5	–	Cf. Annex E.	Twice a year	Twice a year
11	Sulfur/sulfate content ¹⁾	6.3 (DIN 4226-1)	–	DIN EN 1744-1	Twice a year	–
12	Organic matter content	6.4.1 (DIN 4226-1)	–	DIN EN 1744-1	To be specified by inspection body, at least once a year.	–
13	Harmful substances ¹⁾	4.8	–	Cf. Annex G.	Twice a year	Twice a year

¹⁾ Not required if performed as part of third party inspection.

Line	Property	Cf. subclause(s) of DIN 4226-1	Intended use	Relevant test method(s)	Minimum frequency of testing for aggregate type	
					1, 2, 3	4
1	Resistance to fragmentation	5.2	–	DIN EN 1097-2	Twice a year	–
2	Resistance to wear	5.4	Wearing courses	DIN EN 1097-1	Once every two years	–
3	Resistance to polishing	5.5.1	Wearing courses	DIN EN 1097-8	Once every two years	–
4	Resistance to abrasion	5.5.2 and 5.5.3	Wearing courses	DIN EN 1097-8, DIN EN 1097-9	Once every two years	–
5	Frost resistance ¹⁾	5.8.1	–	DIN EN 1367-1	Twice a year	–
6	Resistance to freezing and thawing ¹⁾	5.8.1	–	DIN EN 1367-1, DIN EN 1367-2	Twice a year	–
7	Calcium carbonate content ¹⁾	6.5	Fine aggregate for concrete wearing surfaces	DIN EN 196-21	Once every two years	–
8	Alkali-silica reaction	To be assessed by an expert in accordance with the <i>DAfStb-Richtlinie über vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton.</i>				–

¹⁾ See table A.1 for ¹⁾.

Tableau 5 : Fréquences minimales des essais de maîtrise de la production des granulats recyclés

L'autre texte allemand étudié est le guide d'application pour l'utilisation de recyclés dans les bétons conformes à la DIN EN 206-1 et DIN 1045-2.

Par rapport au tableau 2 précédent qui définit quatre types de granulats recyclés, ce guide restreint l'utilisation de ces derniers aux types 1 et 2.

Le tableau 6 récapitule les exigences générales qui s'y appliquent en accord avec la nomenclature de la norme EN 12620.

Comme pour la norme EN 4226-1, le guide béton préconise pour les granulats recyclés une mesure des sulfates solubles dans l'acide. Concernant la résistance au gel-dégel des granulats recyclés, la catégorie exigée est F4. Le client peut toutefois demander la catégorie F2 pour la classe d'exposition XF3 (forte saturation en eau sans agent de déverglaçage). Un essai peut également être réalisé sur des éprouvettes de béton dans le cas où l'une de ces catégories ne serait pas satisfaite.

Remarque : on notera une incohérence entre les tableaux 2 et 6 qui peut s'expliquer par le fait que la norme DIN 4226-100 date de 2002 et que la norme EN 12620 n'a introduit la classification des granulats recyclés qu'en 2008.

Column	1	2	3	4
Row	Property	EN 12620	Type1	Type 2
1	Grading	4.3		
1a	Coarse aggregate with $D/d \leq 2$ or $D \leq 11,2$	4.3.2	G _c 85/20	G _c 80/20
1b	All in aggregate	4.3.3	G _A 90	G _A 85
2	Shape of aggregate	4.4	F ₁₅₀ or S ₁₅₅	
3	Shell content	4.5	SC _{NR}	
4	Fines content			
4a	Coarse aggregate	4.6	f ₄	
5	Particle density	5.5	≥ 2.000 kg/m ³ ± 150 kg/m ³	
6	Resistance to fragmentation	5.2	LA _{NR} oder SZ _{NR}	
7	Resistance to wear of coarse aggregate	5.3	M _{DENR}	
8	Resistance to polishing	5.4.1	PSV _{NR}	
9	Resistance to surface abrasion	5.4.2	AAV _{NR}	
10	Resistance to abrasion from studded tyres	5.4.3	A _N NR	
11	Resistance to freezing and thawing ^a	5.7.2	F ₄	
12	Magnesium sulfate soundness	5.7.1	MS _{NR}	
13	Acid soluble chlorides	6.2	≤ 0,04 M.-%	
14	Acid soluble sulfate of aggregates other than air cooled blast furnace slag	6.3.1	AS _{0,8}	
15	Total sulfur of aggregates other than air cooled blast furnace slag	6.3.2	≤ 1 % Percentage by mass	
16	lightweight organic contaminators	6.4.1 und C.4	≤ 0,1 % Percentage by mass	

a As an alternativ the freeze thaw resistance of recycled aggregates can be tested by testing of a concrete produced with these aggregates. Remark: a standardized mix design is given in an annex with testing criteria

Column	1	2	3
Row	Property	EN 12620	Requirement
1	Freeze thaw resistance ^a	5.7.1	F ₂ for XF3
2	Chlorides ^b	6.2	Chlorid content ≤ 0,15 % Percentage by mass for concrete without reinforcement or other embedded metal

a As an alternativ the freeze thaw resistance of recycled aggregates can be tested by testing of a concrete produced with these aggregates. Remark: a standardized mix design is given in an annex with testing criteria

^b As an alternative the chloride content of the concrete has to be tested or calculated in accordance with DIN 1045-2, clause 5.2.7

Tableau 6 : Exigences générales pour les granulats recyclés de types 1 et 2

Le guide d'application allemand donne également des taux d'introduction des granulats recyclés en fonction du type de granulat et des environnements de béton.

Le taux de substitution volumique maximal est donné en fonction de quelques classes d'exposition dans le tableau 7.

Classe d'exposition	Type 1	Type 2
X0, XC	45 %	35 %
XF1, XF3	35 %	25 %
XA1	25 %	25 %

Tableau 7 : Pourcentage de substitution volumique maximal en fonction de la classe d'exposition

De plus, comme en France, l'utilisation des granulats recyclés est interdite en béton précontraint. Quant au sable recyclé ($D_{\max} \leq 2$ mm), leur utilisation est également interdite.

En complément, des valeurs limites en relargage des substances dangereuses sont à effectuer sur le granulat recyclé sur la base d'essais de lixiviation réalisés deux fois par an (tableau 8).

Substance/Parameter	Maximum value/concentration	Relevant test method(s)
Eluates		
pH value	12,5 ¹⁾	DIN 38404-5
Electrical conductivity	3 000 μ S/cm	DIN EN 27888
Chloride	150 mg/l	DIN 38405-1
Sulfate	600 mg/l	DIN 38405-5
Arsenic	50 μ g/l	DIN EN ISO 11885, DIN EN ISO 11969
Lead	100 μ g/l	DIN 38406-6, DIN 38406-16 DIN EN ISO 11885
Cadmium	5 μ g/l	DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Chromium, total	100 μ g/l	DIN 38406-2, DIN EN ISO 11885
Copper	200 μ g/l	DIN 38406-7, DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Nickel	100 μ g/l	DIN 38406-11, DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Mercury	2 μ g/l	DIN EN 1483
Zinc	400 μ g/l	DIN 38406-8, DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Phenol index	100 μ g/l	DIN 38409-16
Solids		
Hydrocarbons (H18)	1 000 ²⁾ mg/kg	DIN 38409-18
Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAC)	75 mg/kg	U.S. EPA 610
Extractable organically bound halogens (EOX)	10 mg/kg	DIN 38414-17
Polychlorinated biphenyls (PCB)	1 mg/kg	DIN 38414-20
¹⁾ Higher values do not justify rejection. ²⁾ Higher values due to asphaltic ingredients do not justify rejection.		

Tableau 8 : Limites de relargage des substances dangereuses selon DIN 4226-100

3. Autriche (INT-028, INT-029, INT-032)

La filière du recyclage autrichienne a rédigé en 2002 des règles et recommandations portant sur le recyclage de déchets du BTP. Ainsi, deux documents appelés 'Directives' forment un référentiel encadrant l'utilisation dans les matériaux de construction de granulats recyclés, obtenus respectivement à partir de déchets de déconstruction des routes et de déchets de démolition des bâtiments. Ces textes servent de base à la délivrance d'une certification qualité permettant l'utilisation des granulats recyclés "sans risque" pour l'environnement.

Pour améliorer la qualité des matériaux, il est recommandé d'effectuer en amont des plateformes de recyclage, un tri efficace sur les chantiers afin de disposer d'une meilleure qualité de matériaux à recycler. La norme ÖNORM B 2251 'travaux de démolition' (norme contractuelle, version d'août 2006) est citée à titre d'exemple pour mettre en place ce tri sélectif. Les deux textes autrichiens imposent une teneur en impuretés inférieure à 1 % en masse dans les matériaux recyclés.

Le premier document, dit 'directive verte' concerne exclusivement les usages routiers et sert de base à la délivrance d'une certification de produits. Le domaine d'application de cette directive est explicite : 'Les dispositions de qualité sont adaptées à l'emploi des matériaux de construction recyclés comme matériaux minéraux de remplissage et de remblayage et pour les couches inférieures et supérieures des chaussées, qu'elles soient non traitées ou traitées avec un liant hydraulique. Dans le cas où les matériaux recyclés doivent également être utilisés comme granulats pour la production d'asphalte et de béton, des analyses complémentaires sont nécessaires en conformité avec les réglementations déterminantes'.

Dans la directive verte, les matériaux recyclés sont classés par type en fonction de leur origine (figure 2) :

- RA Agrégat d'enrobé
- RB Bétons de déconstruction des bâtiments et des ouvrages de génie civil
- RAB Mélange d'agrégat d'enrobé et de granulats de béton concassé
- RM Mélange d'agrégats d'enrobé, de béton concassé et de pierres naturelles contenant au maximum 50 % de pierre naturelle
- RG Mélange de granulats contenant au minimum 50 % de pierre naturelle complété par des granulats de béton et/ou des agrégats d'enrobé

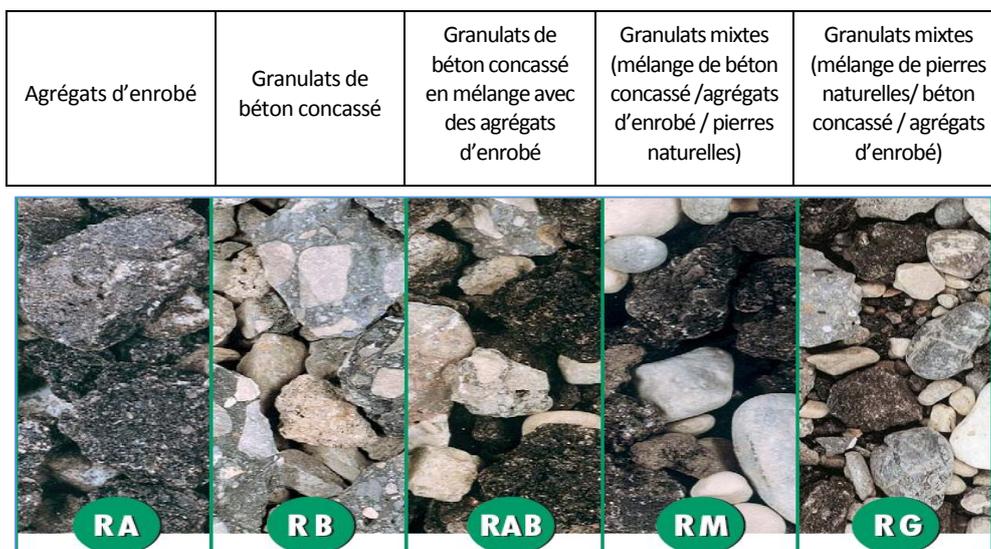


Figure 2 : Classification autrichienne des granulats recyclés pour les usages routiers

Ils sont en outre répartis en 4 classes en fonction de leurs performances (niveaux de qualité I, II, III et IV). Les classes I et II des granulats de type RB conviennent pour les bétons de chaussée (tableau 9).

Matériau de construction		RA				RB				RAB				RM/RG			
Classe de qualité		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Usage Béton	Jusqu'à C12/15		☑			○	☑			○				○			
	A partir de C 12/15					☑	☑										

☑ = aptitude à vérifier

○ = des essais complémentaires sont nécessaires

Tableau 9 : Application des granulats recyclés dans les bétons hydrauliques routiers en Autriche

Le tableau 10 indique les exigences de qualité des granulats de type RB pour une utilisation dans les bétons des structures routières (classe de résistance \geq C 12/15).

Caractéristique des granulats de type RB	Qualité I	Qualité II
Gélinivité	$f_3; f_5^{1)}; f_7^{1)}; f_9^{1)}; f_{12}^{1)}$	
Résistance à la fragmentation	LA_{40}	
Absorption d'eau	≤ 4 % en masse ²⁾³⁾	
Résistance aux cycles gel-dégel	$F_4^{4)}$	
Éléments étrangers ⁵⁾	≤ 5 % en masse	≤ 12 % en masse
Impuretés prohibées ⁶⁾	≤ 1 % en masse	

1) La norme ÖNORM B 3131 « Granulats pour béton - règles transposant la norme ÖNORM EN 12620 » doit être respectée si la teneur en fines est supérieure à 3 % en masse dans le mélange granulaire.

2) L'essai d'absorption d'eau doit être réalisé sur la fraction granulométrique 4/32 mm.

3) La catégorie de résistance au gel-dégel F4 est jugée conforme si cette valeur limite est respectée.

4) L'absorption d'eau peut être utilisée comme essai crible de la gélinivité des granulats.

5) pour RB, les éléments étrangers sont les composants qui ne peuvent pas être affectés au béton et à ses granulats (par exemple : agrégats d'enrobés, pierres naturelles, briques, verre, etc.).

6) Les impuretés prohibées peuvent être dues aux éléments suivants : la terre végétale (humus), les matières plastiques, le bois, le carton, le papier, les métaux, le plâtre, les autres déchets non dangereux.

Tableau 10 : Caractéristiques des granulats de type RB

La seconde directive, dite 'directive rouge', vient compléter l'arsenal réglementaire autrichien. Elle concerne exclusivement le recyclage des matières minérales issues de la démolition des bâtiments. Cette directive couvre notamment l'usage des granulats recyclés dans la fabrication des matériaux de construction tels que les bétons, les blocs de maçonnerie en béton et autres éléments de structure, les chapes...).

De même que dans la directive verte, la directive rouge classe les granulats recyclés issus de déchets de démolition par type en fonction de leur composition (figure 3) :

- RMH Granulats (sable, grave ou gravillon) issus du concassage des matières minérales en mélange
- RS Sable 0/4 mm issus du concassage des matières minérales en mélange
- RZ Granulats (sable ou grave) issus d'éléments en terre cuite concassés
- RHZ Granulats (sable, grave ou gravillon) issus du concassage d'un mélange de briques de construction et de bétons, à haute teneur en terre cuite
- RH Granulats (sable, grave ou gravillon) issus du concassage d'un mélange de briques de construction et de bétons, à haute teneur en béton

Granulats mixtes (mélange de matières minérales issues de la démolition des bâtiments)	Sable mixte (mélange de matières minérales issues de la démolition des bâtiments)	Graves de briques concassées Sable de briques	Granulats mixtes (mélange à base de bétons / briques de construction concassés)	Granulat issu du concassage des concassé de construction Sable de construction
--	---	--	---	---



Figure 3 : Classification autrichienne des matières minérales recyclées provenant de la démolition des bâtiments

Deux classes de performances (niveau de qualité III et IV) sont définies pour les granulats issus de la démolition des bâtiments (tableau 11). La classe III s'applique aux matériaux de construction respectant un fuseau granulométrique tel que défini dans la directive rouge. La classe IV s'applique aux matériaux de construction respectant une granularité maximale 'D'.

La classe III des granulats de type RZ, RHZ ou RH convient pour la fabrication des blocs de maçonnerie en béton. Ces mêmes granulats conviennent pour la confection des bétons normaux et légers moyennant la vérification de leur aptitude à l'usage pour les applications visées.

Matériau de construction		RMH	RS	RZ	RHZ	RH
Classe de qualité		III	IV	III	III	III
Application	Blocs de maçonnerie en béton	–	–	–	✓	✓
	Béton	○	–	–	☑	☑
	Béton léger	○	–	–	☑	☑
	Chapes et remblais de chapes	○	–	–	☑	☑
	Amélioration/Stabilisation du sous-sol	○	–	–	–	–

✓ = apte

☑ = aptitude à vérifier

○ = des essais complémentaires sont nécessaires

Tableau 11 : Application des granulats recyclés issus de la démolition des bâtiments en Autriche

Le tableau 12 ci-après indique les exigences de qualité requises pour une utilisation des granulats de type RZ, RHZ et RH dans les bétons de bâtiments et d'ouvrages du génie-civil en Autriche.

Type de granulat recyclé	RZ	RHZ	RH
Niveau de qualité requis	Qualité III		
Granulométrie	Respect des fuseaux de granularité de la directive rouge	Pour les sables et graves, respect des fuseaux de granularité de la directive rouge Pour les gravillons, les catégories GC 80-20 et G _c 85/20 de l'EN 12620 s'appliquent	Respect des fuseaux de granularité de la directive rouge
Densité apparente	ρ_{rd} à indiquer		
Éléments étrangers ¹⁾	≤ 5 % en masse		
Impuretés ²⁾	≤ 1 % en masse		
Impuretés organiques (taux d'humus)	Plus clair que la solution colorée titrée ³⁾		
Proportion de briques	> 85 % en masse	33 à 85 % en masse	< 33 % en masse

¹⁾ Les éléments étrangers sont l'asphalte et le béton cellulaire autoclavé.

²⁾ Les impuretés considérées sont : les matières plastiques, le bois, le carton, le papier, les métaux, le verre et les éléments de construction en verre, les plaques de plâtre cartonné, les panneaux légers en laine de bois, les matériaux isolants, les autres déchets non dangereux

³⁾ Conformément à la norme ÖNORM EN 1744-1

Tableau 12 : Caractéristiques des granulats issus des matériaux de démolition de bâtiments et du génie civil

On retiendra les fortes proportions de brique concassée que peuvent contenir, en fonction de leur composition, les granulats pour un usage en béton.

Dans la réglementation autrichienne, les granulats recyclés sont classés selon leur compatibilité avec l'environnement (tableau 13). Afin d'assurer la protection des eaux souterraines, les deux directives autrichiennes définissent quatre niveaux de qualité environnementale (A+, A, B et C) en fonction des conditions d'utilisation (zones plus ou moins sensibles du point de vue hydrogéologique). La classe 'B' convient pour les usages routiers (directive verte) et pour les bétons destinés à la construction des bâtiments et des ouvrages du génie-civil (directive rouge).

Paramètre	Unité	Granulats de qualité environnementale B
Limites à respecter après analyse sur éluat :		
pH		7,5-12,5 ²⁾
Conductivité élect.	mS/m	150 ¹⁾²⁾
Chrome _{total}	mg/kg MS	0,5
Cuivre	mg/kg MS	2
Ammonium-N	mg/kg MS	8
Nitrite-N	mg/kg MS	2
Sulfate-SO ₄	mg/kg MS	6 000 ³⁾
Indice d'hydrocarbure	mg/kg MS	5
Limites à respecter sur le contenu total (uniquement pour les usages routiers):		
∑ 16 HAP	mg/kg MS	20

¹⁾ Pour un pH compris entre 11,0 et 12,5, la valeur limite de la conductivité électrique est portée à 200 mS/m.

²⁾ En cas de dépassement, le matériau est traité pendant trois jours dans un mélange air/CO₂ à 30 % en volume de CO₂, puis une nouvelle analyse est effectuée.

³⁾ En cas de rapport Ca/SO₄ ≥ 0,43 dans l'éluat, une valeur limite de 8 000 mg/kg de matière sèche s'applique.

Tableau 13 : Valeurs limites en substances dangereuses des granulats recyclés

Signalons que des travaux sont en cours en Autriche afin de regrouper les directives verte et rouge en une seule directive.

Le troisième texte autrichien étudié est la norme B3140 'granulats recyclés dans le génie civil'. Son article 7 concerne les granulats recyclés pour une utilisation en béton hydraulique, conformément à la norme EN 12620.

On retiendra que la classification des granulats en fonction de leur composition introduit une catégorie non utilisée en France : la brique recyclée.

Notons aussi que dans le cas des constructions d'habitation et des bâtiments d'activité humaine (bureaux, collèges, etc.), le taux d'émission de radioactivité naturelle des matériaux utilisés, exprimé à l'aide d'un indice d'activité I, ne doit pas dépasser 1 (norme S 5200).

Les exigences relatives aux composants de granulats recyclés se déclinent selon deux cas :

- Bétons conformes à la norme B 4710-1 : RC₉₀, RCU₉₀, Rb₁₀₋, Ra₅₋, XRg_{0,5-}, XRg₁₋, FL_{0,2-}
- Autres bétons : RC₉₀, RC_{NR}, RC_{déclaré}, RCU₅₀, RCU_{NR}, Rb₃₀₋, Rb₁₀₋, Ra₅₋, XRg_{0,5-}, XRg₁₋, FL₂₋, FL_{0,2-}

En complément, les exigences suivantes s'appliquent aux granulats recyclés pour béton :

- Exigence de résistance au polissage de granulats pour les couches de roulement en béton dans la construction de chaussée;
- Résistance au gel et au sel de déverglaçage des granulats, pour tous les bétons de la classe d'exposition XF ;
- Exigence relative au pourcentage de surfaces cassées.
- En cas d'utilisation de granulats de béton concassés recyclés pour la production de bétons appartenant aux classes d'exposition XF4 ou XF2, le béton ancien (matériau de départ) doit également présenter une résistance au gel et au sel de déverglaçage.

4. Belgique (INT-001, INT-002, INT-027)

La réglementation belge concernant l'emploi des granulats recyclés dans les ouvrages remonte aux années 1990, avec la parution des « Réglementations concernant la réutilisation des granulats recyclés ». Celles-ci couvraient aussi bien le domaine routier que celui des bâtiments et des ouvrages d'art. Cette réglementation définissait en premier lieu les différents types de matériaux recyclables : béton, pierres naturelles, briques et céramiques, ainsi que les méthodes d'identification des granulats issus de la démolition (tri manuel et détermination des proportions massiques des différentes fractions).

Deux textes belges ont fait l'objet d'une analyse : le PTV 406 qui définit la classification des granulats recyclés et qui s'appuie sur les normes européenne en vigueur (tableau 14).

Composition NBN EN 933-11	Gravillon de béton		Gravillon asphaltique		Gravillon mixte		Gravillon de maçonnerie		Gravillon mixte et asphaltique		Gravillon de béton et asphaltique	
	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie
Rc	≥ 70	Rc ₇₀	Non requis	R _{CNR}	Non requis	R _{CNR}	Non requis	R _{CNR}	Non requis	R _{CNR}	Non requis	R _{CNR}
Rcug	≥ 90	Rcug ₉₀	≤ 30	Rcug ₃₀₋	≥ 50	Rcug ₅₀	≤ 40	Rcug ₄₀₋	≥ 30	Rcug ₃₀	≥ 70	Rcug ₇₀
Rb	≤ 10	Rb ₁₀₋	≤ 10	Rb ₁₀₋	≤ 50	Rb ₅₀₋	≥ 60	Rb ₆₀	≤ 50	Rb ₅₀₋	≤ 10	Rb ₁₀₋
Ra	≤ 5	Ra ₅₋	≥ 70	Ra ₇₀	≤ 5	Ra ₅₋	≤ 5	Ra ₅₋	≤ 30	Ra ₃₀₋	≤ 30	Ra ₃₀₋
Rg	≤ 2	Rg ₂₋	≤ 2	Rg ₂₋	≤ 2	Rg ₂₋	≤ 2	Rg ₂₋	≤ 2	Rg ₂₋	≤ 2	Rg ₂₋
X	≤ 1	X ₁₋	≤ 1	X ₁₋	≤ 1	X ₁₋	≤ 1	X ₁₋	≤ 1	X ₁₋	≤ 1	X ₁₋
FL	≤ 5	FL ₅₋	≤ 5	FL ₅₋	≤ 5	FL ₅₋	≤ 5	FL ₅₋	≤ 5	FL ₅₋	≤ 5	FL ₅₋

Tableau 14 : Classification des granulats recyclés selon PTV 406

Il n'y a pas dans ce texte de restriction d'usage notable et l'on y trouve en outre des compléments quant à l'utilisation de la norme EN 933-11 qui permet la classification des constituants des granulats recyclés (tableau 15).

Catégorie	Constituant	Description complémentaire
Rc	Béton	(+ granulats avec béton préparé attaché)
	Produits à base de béton	Dalles en béton, pavés en béton, hourdis, ...
	Mortier	Béton préparé
	Eléments de maçonnerie en béton	
Ru	Granulats non-traités	Granulats naturels, gravillons, gravier
		Scories métallurgiques ferreux et non-ferreux
		Grains d'argile étendus non-flottant
		Coquilles
	Pierre naturelle	Ardoises naturelles
	Granulats traités aux liants hydrauliques	Béton maigre, béton rouleau
		Ciment au sable
Gravillon stabilité		
	Mélange ternaire, ...	
	Chape mortier au ciment	
Rb	Eléments en terre cuite	Brique, tuiles en céramique, tuyaux en grès
		Mortier des joints de maçonnerie
		Produits céramiques (dalles, plinthes, ...)
		Pavés en terre cuite
		Béton avec grains d'argile étendus
Eléments en silicate de calcium	Brique de sable calcaire	
Béton cellulaire non-flottant		
Ra	Mélanges hydrocarbonés	Asphalte, asphalte coulé
		Asphalte maigre
		Ciment d'agrégats d'enrobé
Rg	Verre	
X	Autre:	
	Matériaux cohésifs (argile et sol)	
	Divers:	Roofing, bitumes
	Métaux (ferreux et non-ferreux)	
	Non-flottant: bois, plastique, caoutchouc	(papier)
	Plâtre	Plâtre
		Charbon, ardoise contenant du charbon noir, lignite (centre noire), coke, pierre réfractaire, ...
	Mâchefers et scories des incinérateurs	
Fi	Matériaux flottants	(Béton cellulaire, argile étendue, plastique, matériaux d'isolation, bois, résidus végétaux, liège, panneau de fibre de bois, ...)

Tableau 15 : Constituants par catégorie selon PTV 406

Le deuxième document étudié est le règlement d'application TRA 550 qui est le document servant de base pour la certification des bétons (l'équivalent du référentiel de certification NF 033).

Ce document est beaucoup plus restrictif pour l'utilisation des granulats recyclés. En premier lieu, la définition des catégories et groupes de béton (tableau 16) limite les résistances à la classe C16/20.

	Caté- gories	Groupes			
		Sans air	Avec granulats recyclés, sans air	Avec granulats artificiels, sans air	Avec air
C 8/10	A	1 _L	1 _{rec}	1 _{art}	
C 12/15					
C 16/20					
C 20/25		1 _H			1 _A
C 25/30					
C 30/37					
C 35/45	B	2			
C 40/50					
C 45/55					
C 50/60					
> C 50/60	C	3			

Tableau 16 : Catégorie et groupe de béton selon TRA 550

Par ailleurs, on retrouve en annexe de ce référentiel les freins suivants :

- Les granulats recyclés doivent être conformes aux spécifications du PTV 406 et disposer d'une certification BENOR;
- Seuls les concassés de débris de béton peuvent être utilisés (soit $R_{cu} > 90\%$);
- Seuls 20 % des gravillons (en masse) peuvent être remplacés par des gravillons recyclés;
- Cela concerne les bétons de classe de résistance C8/10, C12/15 et C16/20 et pour les classes d'environnement X0 et XC1 (environnement sec seulement).

5. Danemark (INT-019)

Le Danemark dispose également de normes spécifiques pour l'utilisation des granulats recyclés dans le béton.

Deux documents qui se complètent ont été étudiés. Le premier est le guide d'application de la norme EN 206-1 (DS 2426/2011) et le second est le document DS 411 qui est le code de calcul pour les structures en béton. On retiendra que la norme DS 2426 restreint l'utilisation des granulats récupérés sous forme de béton et gravats broyés à la classe environnementale P (classe de la DS 411, correspondant aux deux classes d'exposition X0 et XC1 (tableau 17). Pour cette classe, les limites d'incorporation sont de 30 % pour les sables et de 100 % pour les gravillons.

Classe environnementale de la DS 411	Passive	Modérée	Agressive	Ultra agressive
Comprend les classes d'exposition suivantes selon la DS/EN 206-1	X0 XC1	XC2 XC3 XC4 XF1 XA1	XD1 XS1 XS2 XF2 XF3 XA2	XD2 XD3 XS3 XF4 XA3

Tableau 17 : Classes environnementales (P, M, A, E) selon la DS 411

Le document DS 411 inclut quant à lui des exigences supplémentaires à celles évoquées ci-dessus et limite de facto l'utilisation des granulats recyclés.

Les granulats recyclés ne sont pas autorisés pour des bétons de structure de classe de résistance supérieure à C30/37.

L'utilisation de granulats recyclés doit s'effectuer à partir d'une source 'propre', c'est-à-dire que le béton de départ doit être un béton de structure et le process de fabrication des granulats recyclés doit avoir éliminé tous les composants indésirables. Il n'est cependant pas fait référence à la classification de la norme EN 12620 quant à la composition.

Enfin, ce document DS 411 n'autorise des taux de substitution que de 10 % pour les sables et de 20 % pour les gravillons dans le sens où les effets indésirables de substitution supérieure doivent être maîtrisés (retrait, fluage, module élastique, ...).

6. Espagne (INT-011)

C'est via un projet de réglementation que l'Espagne a décidé de se positionner sur l'utilisation des granulats recyclés, et ceci dès 2001.

On retiendra de ce projet (dont on ne sait ce qu'il en est en 2014) que :

- L'utilisation des granulats recyclés est restreint au béton de masse et béton armé, à l'exclusion du béton précontraint ;
- Seuls les granulats issus du recyclage de béton conventionnel sont recommandés (ce qui exclut donc les bétons légers, les bétons de fibres, ...) ;
- Un taux de substitution maximal en poids de 20 % est envisageable pour les gravillons ;
- Dans le cas d'environnement agressif, des précautions supplémentaires devront être envisagées telles que l'utilisation d'une source unique d'approvisionnement, des dosages en ciment plus élevés ou des rapports E/C plus bas.

Les caractéristiques de ces granulats recyclés sont définies dans le tableau 18.

Proprietor	Testing method	EHE Specifications
finest content	UNE-EN 933-2:96	≤1
Shape coefficient	UNE 7238:71	≥0.2
Absorption (%)	UNE 83134:98	≤5
LA Coefficient (%)	UNE-EN 1097-2:99	≤40
CI soluble in water (%)	UNE-EN 1744-1:99	≤0.05
Sulphates soluble in acid SO ₃ ⁼ (%)	UNE-EN 1744-1:99	≤0.8
total sulphur compounds SO ₃ ⁼ (%)		≤1
Lightweight particles (%)	UNE-EN 1744-1	≤1
clay lumps	UNE 7133:58	≤0.25
soft particles	UNE 7134:58	≤5
Weight loss with magnesium sulphate (%)	UNE-EN 1367-2:99	≤18

Tableau 18 : Caractéristiques des granulats recyclés

Il est intéressant de noter que ce projet de réglementation avait déjà comparé les approches de divers pays et/ou instances, en particulier sur les classes de résistance à la compression maximales autorisées en fonction du taux de substitution (tableau 19), même si les valeurs reprises dans ce tableau ont pu évoluer depuis. On retiendra qu'en dehors de Hong-Kong, un taux de substitution de 20 % de substitution en granulats recyclés permet de balayer la totalité des classes de résistance à la compression.

COUNTRY	Strength category (N/mm ²) 100% recycled large aggregate	Strength category (N/mm ²) 20% recycled large aggregate
Rilem	50	No limit
Hong Kong	20	25-30
Belgium	30	-
Holland	45 (cubic)	No limit
United Kingdom	40	No limit
Japan (civil works)	24	-
Australia (non-structural application)	40	-

Tableau 19 : Synthèse sur les classes de résistance

D'un point de vue 'calcul des structures', le projet de réglementation propose un certain nombre d'évolutions au travers de facteurs de correction sur quelques propriétés :

- Résistance à la traction : la formule $f_{ct,m} = 0,30 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ reste valable.
- Module élastique : la formule $E_c = r \alpha 8500 \sqrt[3]{f_{cm}}$ fait apparaître un coefficient r qui varie entre 1,00 (20 % de substitution) et 0,80 (100 % de substitution).
- Retrait : comme il est communément admis qu'une substitution à 100 % conduit à des retraits supérieurs d'environ 40 %, là aussi, un facteur de correction est proposé et varie entre 1,00 (20 % de substitution) et 1,50 environ (100 % de substitution).
- Fluage : d'une manière analogue au cas du retrait le fluage est affecté lui aussi d'un coefficient de correction qui varie entre 1,00 (20 % de substitution) et 1,25 (100 % de substitution).

7. Italie (INT-020)

Les deux normes UNI 8520-1 et 8520-2 qui sont les documents d'application de la norme EN 12620 comportent quelques points sur les granulats recyclés.

En premier lieu, la désignation des granulats doit inclure la provenance (tableau 20). En particulier, pour ce qui est de l'origine, la dénomination prévoit le cas des granulats recyclés, incluant même la source et le dépôt.

Granulométrie	Catégorie	Origine	Concassage	Péetrographie	Provenance	Dépôt
d/D	G _C XX/XX, G ₇ XX G _F XX G _{NG} XX G _r XX	naturel industriel recyclé naturel/recyclé	concassé non concassé	description sommaire selon UNI EN 932-3	gisement/s source de provenance du matériau	dépôt/s où le matériau est prélevé

Tableau 20 : Désignation des granulats selon UNI 8520

Par ailleurs, l'utilisateur doit donner son accord sur l'acceptation des granulats (qu'ils soient recyclés ou pas).

En outre, les granulats pour bétons de structure doivent relever d'un système d'attestation de conformité 2+ (le système 4 d'auto déclaration n'est pas autorisé) quel que soit le type de granulats.

Leur utilisation en béton obéit aux exigences suivantes :

- Utilisation totale ou partielle provenant de démolition d'édifices (gravois) uniquement pour les bétons de classe de résistance < C12/15
- Utilisation partielle de granulats provenant du concassage de bétons pour des classes de résistance < C20/25.

Par ailleurs, des dispositions ministérielles de 2008 viennent s'ajouter (tableau 21) même si la cohérence n'est pas assurée entre les deux documents.

Origin of recycled aggregate	Strength class of concrete	Aggregate content
Building demolition (rubble)	=C8/10	≤ 100%
Demolition of only concrete and reinforced concrete	≤C30/37	≤ 30%
	≤C20/25	≤ 60%
Internal concrete reuse in qualified pre-fabricated concrete factory: - Concrete with any strength class - Concrete with strength class > C45/55	≤C45/55	≤ 15%
	Same class as original concrete	≤ 5%

Tableau 21 : Limites utilisation des granulats recyclés en fonction de l'origine et du type de béton

8. Luxembourg (INT-018)

Pour ce qui est du Luxembourg, la norme EN 206-1 et son Document National d'Application ont été examinés. Ces textes ne fixent pas de critères spécifiques et renvoient aux dispositions en vigueur localement (figure 4).

Cette Norme européenne contient des règles d'utilisation des constituants qui sont couverts par une norme européenne. Les autres co-produits de procédés industriels, les matériaux recyclés, etc. sont, pour les emplois courants, fondés sur l'expérience locale. Jusqu'à l'élaboration et la mise à disposition de normes européennes pour ces produits, cette norme ne contiendra pas de règles pour leur usage mais fera référence aux normes nationales ou aux dispositions valides sur le lieu d'utilisation du béton.

Figure 4 : Partie de l'introduction de la norme EN 206-1 (Luxembourg)

9. Norvège (INT-021)

L'association norvégienne du béton a produit en 2003 un guide pour le recyclage des matériaux du béton et de la maçonnerie pour la production de béton.

Ce document constitue un texte que l'association norvégienne du béton recommande d'appliquer comme dispositions complémentaires aux normes norvégiennes et européennes. La première partie comporte des spécifications et la seconde partie (en parallèle), des commentaires.

Les matériaux visés par le **présent document** sont des matériaux concassés pouvant provenir de constructions maçonnées, de constructions en béton, de résidus de béton issus de mélanges de béton, de béton ou d'éléments préfabriqués en béton.

Les fractions 0/4 et 4/32 sont distinguées.

Les matériaux concassés peuvent être utilisés comme granulats pour la production de béton, en mélange à des granulats naturels et dans des proportions variables selon leurs propriétés et le domaine d'utilisation du béton.

A noter que le granulats recyclés visés doivent provenir de constructions ou d'éléments ayant fait l'objet de contrôles et d'évaluation avant démolition et concassage.

Le document distingue les granulats recyclés de construction ancienne (béton ou maçonnerie concassés) et les granulats recyclés de résidus de béton (granulats de résidus de béton concassé, durci provenant de mélanges de béton ; granulats de béton concassé, durci provenant d'éléments préfabriqués en béton).

Des conditions spéciales sont mentionnées en début de document :

- Pour les constructions présentant des exigences d'étanchéité à l'eau, de résistance au gel ou de résistance à la pénétration des chlorures, la propriété des granulats recyclés doit être documentée spécialement. Le texte ne donne pas d'indication sur cette documentation. Il ne donne pas non plus d'indication sur l'usage de granulats recyclés dans les structures sensibles à la fatigue. Par ailleurs, les granulats recyclés seront généralement considérés comme étant réactifs aux alcalis, sauf documentation spéciale contraire.
- Enfin, les granulats recyclés peuvent être utilisés pour les structures précontraintes si le contenu des masses recyclées ne dépasse pas les valeurs données dans le document (cf. Tableaux 22 et 23).

Limitée à :	Part de granulats recyclés		
	Type I	Type II	Total Type I + II
Classe de solidité B20 Et Classe de résistance M90	5 %	10 %	10 % ^{*)}

^{*)} Si les deux types sont utilisés, la limite de 5 % du Type I est également valable.

Tableau 22 : Part maximale admise de sable recyclé 0/4 mm dans le béton précontraint

Tableau 2.3 : Part maximale de granulat de la fraction 4-32 mm qui peut être remplacée par des granulats recyclés sans devoir appliquer le chapitre 5

Limitée à :	Part de granulats recyclés		
	Type I	Type II	Total Type I + II
Classe de solidité B20 Et Classe de résistance M90	10 %	30 %	30 % ^{*)}
Classe de solidité jusqu'à B45 inclus et Classe de résistance M90 et M60	0 %	20 %	

^{*)} Si les deux types sont utilisés, la limite de 10 % du Type I est également valable.

Tableau 23 : Quantité maximale de 4/32 mm

Les tableaux 22 et 23 précédents s'appuient aussi sur les règles de dimensionnement en vigueur (NS 3473 'concrete structures – design and detailing rules'). Ce document stipule que les règles classiques de dimensionnement s'appliquent et que dans le cas où les taux de substitution sont supérieurs, il y a lieu de prendre en considération des modifications portant sur des masses volumiques plus faibles (incidence sur la résistance caractéristique, le module élastique, le retrait, ...).

Une classification des granulats recyclés selon deux types (I et II) est proposée en fonction du contenu minéral et de celui non minéral, de la densité et de l'absorption d'eau (cf. Tableau 24).

OBJET	Type I	Type II
Contenu minéral : Béton et/ou pierres : Béton, pierres, maçonnerie et/ou tuiles :	> 95 %	> 99 %
Contenu non minéral : (comme le bois, le papier, le métal, les matériaux isolants*, le plastique, le caoutchouc, les déchets végétaux**) ainsi que le verre :	< 5 %	< 1 %
* Matériaux isolants : ** Déchets végétaux :	< 0,5 v% ¹⁾ < 0,5 v%	< 0,1 v% < 0,1 v%
Densité : torréfié ²⁾ : séchage surface trempée ²⁾ :	> 1500 kg/m ³ > 1800 kg/m ³	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³
Absorption d'eau :	< 20 %	< 10 %

¹⁾ v% signifie % du volume
²⁾ Réalisé conformément à NS-EN 1097-6
 L'exigence doit être satisfaite pour au moins une des méthodes.

Tableau 24 : Classification des granulats recyclés

Le reste du document traite :

- du contrôle des structures et éléments de béton avant démolition et concassage. En particulier l'évaluation doit être réalisée par une personne ayant une compétence en technologie du béton équivalente aux exigences conformes à la norme béton en vigueur qui lui permet être responsable dans la production de béton pour la classe de contrôle « Contrôle normal / NS 3473 »
- du contrôle de réception et de l'assurance qualité (contrôle visuel à réception des matériaux de démolition et classification.
- de la production et du stockage des granulats recyclés. De manière générale, les exigences relatives à la production de granulats naturels doivent être respectées. Certaines fréquences d'essai sont toutefois adaptées (tableau 25).

Paramètres de test	Fréquence des tests Type I et II
Courbe granulométrique	Tous les 10 jours de production/2000 tonnes (la plus grande des deux valeurs)
Densité	
Absorption de l'eau	
Teneur en chlorure ^{*)}	
Sulfates ^{**)}	
Composition des matériaux ^{***)} (voir tableau 2.1)	

Tableau 25 : Fréquences de test des granulats recyclés

- de la production de béton (= à la production de béton de granulats naturels).

10. Pays-Bas (INT-005, INT-037, INT-038)

Les Pays-Bas disposent depuis 1986 d'une normalisation complète spécifique aux granulats recyclés pour béton.

Dans ce pays, les conditions d'utilisation des granulats recyclés s'appuient sur deux textes :

- La norme NEN 8005 et les recommandations CUR 112 qui traitent du matériau béton ;
- La norme NEN 5905 et son amendement qui constituent le complément national à l'utilisation de la norme EN 12620 et qui traite donc du granulats.

Deux types de granulats recyclés sont définis dans la norme NEN 5905 :

- Les granulats de béton recyclé qui sont typiquement les granulats issus de déchets du béton, puisqu'ils doivent contenir au moins 90 % de béton, avec une masse volumique supérieure ou égale à 2100 kg/m³.
- Les granulats recyclés mixtes qui sont un mélange de granulats de béton recyclé (au moins 50 %) et de maçonnerie, avec une masse volumique supérieure ou égale à 2100 kg/m³.

Pour les aspects liés au béton, il est utile de noter que les recommandations CUR 112 viennent compléter les dispositions existantes au cas particulier des bétons de gravillons recyclés.

Ainsi, on notera que :

Les gravillons naturels peuvent être remplacés à hauteur maximale de 20 % en volume par des gravillons mixtes (incluant les gravillons recyclés de béton, les gravillons d'éléments de maçonnerie en brique, et les gravillons légers). Toutefois, la proportion volumique de gravillons de maçonneries et de gravillons légers est limitée à 10 % en volume.

Les gravillons de béton recyclés peuvent être utilisés jusqu'à 50 % en volume sans modification des règles de calcul des caractéristiques du béton et de dimensionnement des structures. Toutefois, les gravillons recyclés doivent respecter les exigences complémentaires suivantes :

- Masse volumique sèche des gravillons recyclés ≥ 2200 kg/m³ ;
- Possibilité de substituer jusqu'à 50 % en volume. du gravillon naturel par du gravillon de béton recyclé et ce sans aucune limitation au niveau des classes d'exposition ;
- Possibilité de substituer jusqu'à 100 % en volume du gravillon naturel par du gravillon de béton recyclé, à l'exception des classes d'exposition XD et XS ;
- Classes de résistance du béton autorisées : de C12/15 à C35/45.

Au-delà de 50 % de substitution en volume, les règles de calcul des propriétés du béton doivent être prises en compte :

- Module d'élasticité : multiplication du résultat du calcul par un facteur correctif égal à 0,9 ;
- Fluage : multiplication du résultat du calcul par un facteur correctif égal à 1,1 pour les classes de résistance \geq C20/25 et par un facteur égal à 1,3 pour les classes $<$ C20/25 ;
- Retrait : multiplication du résultat du calcul par un facteur correctif égal à 1,4.

Remarque : Il existe également des recommandations CUR 106 pour l'utilisation des sables de béton recyclé dans les bétons qui autorisent ceux-ci jusqu'à 50 % en volume en substitution des sables naturels.

Enfin, du fait notamment de l'accroissement de la quantité de déchets produits aux Pays-Bas, ce pays a mis en place en 1999 une réglementation limitant les risques de pollution par les matériaux de construction. Cette réglementation intitulée « Dutch Building Materials Decree » est basée sur les lois néerlandaises relatives la protection des sols et des eaux de surface.

Le décret est applicable dans le cas où ces matériaux sont utilisés dans les constructions où ils sont en contact avec l'eau de pluie, les eaux de surface et les eaux souterraines (par exemple dans les remblais, la construction de routes, les murs extérieurs de bâtiments, les fondations et les toits). Le décret s'appuie sur des méthodes pour le contrôle et la certification. Afin de garantir des tests indépendants et de jugement, les laboratoires ont dû répondre à des normes de qualité mises en avant dans un système d'accréditation. Bien que cette législation ne couvre pas tous les aspects environnementaux, elle s'est avérée être un élément important pour juger de la qualité environnementale des matériaux de construction d'une manière directe ou indirecte, et pour contribuer à la gestion des déchets.

Vis-à-vis des émissions de substances dangereuses des matériaux de construction, le règlement hollandais intitulé « Soil Quality Decree » daté de 2007 fixe les limites actuellement autorisées vis-à-vis du risque d'émission dans l'eau de substances telles que les métaux lourds (16 éléments chimiques) ainsi que les chlorures, fluorures et sulfates.

11. Royaume-Uni (INT-033, INT-034, INT-035, INT-036)

Le British Standard Guide 6543 intitulé « utilisation des sous-produits industriels et des déchets dans le bâtiment et le génie-civil » et daté de 1990 a permis de définir un cadre général dont les réglementeurs ont tenu compte pour élaborer par la suite plusieurs normes et recommandations nationales sur l'utilisation des granulats recyclés dans le béton au Royaume-Uni.

Ainsi trois textes ont été examinés :

- Les deux normes BS 8500-2 (complément britannique à la norme EN 206-1) et PD 6682-1 (guide d'utilisation de la norme BS EN 12620) ;
- Le protocole de qualité WRAP.

La norme BS 8500-2 (béton) renvoie à la norme PD 6682-1 pour l'utilisation des granulats.

On retiendra la possibilité d'utiliser des gravillons recyclés ($D \leq 20$ mm) et des sables recyclés.

Les exigences pour les gravillons recyclés pour ce qui est de leur composition sont données dans les tableaux 26 à 28. On notera qu'une différence est effectuée entre :

- Les gravillons RA qui contiennent principalement des éléments de maçonnerie (briques et blocs béton) ;
- Les gravillons RCA qui sont des gravillons de béton recyclé comprenant principalement du béton concassé, avec une teneur limitée en éléments de maçonnerie.

Type of aggregate	Requirement ^{A)}					
	Maximum masonry content	Maximum fines	Maximum lightweight material ^{B)}	Maximum asphalt	Maximum other foreign material e.g. glass, plastics, metals	Maximum acid-soluble sulfate (SO ₃)
RCA ^{A), C)}	5	5	0.5	5.0	1.0	1.0
RA	100	3	1.0	10.0	1.0	— ^{D)}

^{A)} Where the material to be used is obtained by crushing hardened concrete of known composition that has not been in use, e.g. surplus precast units or returned fresh concrete, and not contaminated during storage and processing, the only requirements are those for grading and maximum fines.

^{B)} Material with a density less than 1 000 kg/m³.

^{C)} The provisions for coarse RCA may be applied to mixtures of natural coarse aggregates blended with the listed constituents.

^{D)} The appropriate limit and test method needs to be determined on a case-by-case basis (see Note 6 to 4.3).

Tableau 26 : Exigences de composition pour les gravillons recyclés (RCA et RA).

Description	Constituent code	BS 8500-2:2006 requirement (by mass)	BS EN 12620:2002+A1 category
Concrete, concrete products, mortar	Rc + Ru	100% max.	<i>Rcu₅₀</i> (greater than 50%)
Unbound aggregates, natural stone etc.			<i>Rb₅₀₋</i> (less than 50%)
Masonry units (brick and tile), aerated non-floating concrete etc.	Rb		
Bituminous materials	Ra	10% max.	<i>Ra₁₀₋</i>
Other + glass	X + Rg	1.0% max.	<i>XRg₁₋</i>
Floating materials (measured by volume)	FL	1.0% max.	<i>FL₂₋</i> (measured as cm ³ /kg)

Tableau 27 : Exigences de composition pour les gravillons recyclés RA

Description	Constituent code	BS 8500-2:2006 requirement (by mass)	BS EN 12620:2002+A1 category
Concrete, concrete products, mortar	Rc	Not defined	<i>Rc₉₀</i> (greater than 80%)
Unbound aggregates, natural stone etc.	Ru	Not defined	—
Masonry units (brick and tile), aerated non-floating concrete etc.	Rb	5% max.	<i>Rb₁₀₋</i> (less than 10%)
Bituminous materials	Ra	5% max.	<i>Ra₅₋</i>
Other + glass	X + Rg	1.0% max.	<i>XRg₁₋</i>
Floating materials (measured by volume)	FL	1.0% max.	<i>FL₂₋</i> (measured as cm ³ /kg)

Tableau 28 : Exigences de composition pour les gravillons recyclés RCA

Des mélanges de gravillons naturels et recyclés sont autorisés sous réserve que ces mélanges satisfont aux deux normes BS EN 12620 et BS 8500-2.

L'utilisation de sables recyclés n'est pas interdite mais il est précisé qu'en raison d'une présence importante de plâtre, chaque cas est à traiter individuellement en portant une attention à la teneur en sulfates solubles dans l'acide, la teneur en chlorures et sa détermination, le comportement vis-à-vis de l'alcali-réaction,

Remarque : la plupart des briques utilisées au Royaume Uni sont en sulfate de calcium d'où le refus d'appliquer le critère des sulfates solubles dans l'eau comme prescrit dans la norme EN 1744-1 (&10.2).

Un LA > 40 peut aussi être admis moyennant une vérification par des essais sur béton (compression et/ou cisaillement).

Au-delà de cette classification et des restrictions liées au seul 'granulat', la norme BS 8500-2 complète par des dispositions relatives au matériau 'béton'. On y retrouve les limitations en fonction de la classe d'exposition et de la classe de résistance (tableau 29).

Type of aggregate	Limitations on use	
	Maximum strength class ^{A)}	Exposure classes ^{B)}
RCA	C40/50	X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XF1, DC-1

A) Material obtained by crushing hardened concrete of known composition that has not been in use and not contaminated during storage and processing may be used in any strength class.

B) These aggregates may be used in other exposure classes provided it has been demonstrated that the resulting concrete is suitable for the intended environment, e.g. freeze-thaw resisting, sulfate-resisting.

Tableau 29 : Limitation d'usage en fonction de la classe de résistance et de la classe d'exposition.

On retiendra à la lecture de ce tableau que :

- Il n'y a pas de limitation de classe de résistance dès lors que les gravillons RCA proviennent de béton concassé de composition connue, non utilisé une première fois et non contaminés pendant le stockage et leur traitement (ce qui correspond par exemple aux retours des camions toupie).
- D'autres classes d'exposition sont envisageables dès lors qu'il est démontré que le béton satisfait aux exigences complémentaires telles que la tenue au gel-dégel, la résistance aux sulfates, ...).

En complément, la norme BS 8500-2 spécifie que :

- Pour les bétons de classes de résistance RC20/25 à RC40/50, la proportion massique de gravillons recyclés ne doit pas excéder 20 % de la masse totale de gravillon (sauf disposition particulière) ;
- Dans le cas de l'utilisation de gravillons RA, cette dernière doit être approuvée par un organisme de certification ;
- Pour les classes de résistance comprises entre C6/8 et C16/20, il n'y a pas de restriction à l'utilisation de gravillons RA ou RCA ;
- Pour les bétons répondant à la dénomination FND, PAV et RC40/50XF, les granulats recyclés sont interdits.

Enfin, la norme BS 8500-2 donne la liste des essais à réaliser en contrôle de production des RCA (tableau 30). Rien n'est donné pour les gravillons de type RA.

Property	Test method	Requirement specified in
Loose bulk density ^{B)}	BS EN 1097-3	Production control manual
Composition	Annex B	Table 2
Acid-soluble sulfate content	BS EN 1744-1:1998, Clause 12	Table 2
Acid-soluble chloride content	BS 1881-124	4.3 ^{C)}

A) RCA shall be sampled and tested at a frequency sufficient to give enough data to demonstrate a conforming product. The testing rates shall be varied to ensure a controlled process.

B) To assess consistency in terms of yield.

C) There is no specific requirement for chloride content in 4.3, but a method is specified for determining the chloride content to be used in the calculations for verifying conformity of concrete to the specified chloride class.

Tableau 30 : Contrôle des gravillons RCA

Le guide pour l'utilisation des granulats recyclés (PD 6682-1) fournit des recommandations sur l'utilisation de la norme BS EN 12620 et donne des préconisations de valeurs limites pour les propriétés des granulats dans les plages autorisées.

Concernant la teneur en sulfates solubles dans l'eau des granulats de manière générale, le fascicule de documentation PD 6682-1 recommande de ne pas appliquer la teneur maximale en sulfates solubles dans l'eau et indique que l'exigence de la teneur en sulfate soluble dans l'acide fournit un niveau de contrôle adéquat. La catégorie AS_{0,8} est recommandée pour tous les granulats au Royaume-Uni.

La classification des gravillons recyclés (EN 933-11) selon la norme BS EN 12620 est similaire mais pas identique à la méthode établie au Royaume-Uni dans les spécifications de l'Agence britannique pour la construction des Routes et autoroutes (SHW), [disponible avec le lien www.tso.co.uk ou www.standardsforhighways.co.uk]. C'est cette dernière qui prévaut pour les bétons routiers.

Au Royaume-Uni, l'aptitude des granulats recyclés issus de déchets inertes doit être évaluée selon les exigences du Protocole de qualité WRAP. Celui-ci fixe des exigences sur la classification des recyclés ainsi que sur l'évaluation de leur conformité. Il fixe des critères de fin du statut de déchet, au sens de l'article 3 paragraphe 1 de la directive-cadre de l'UE relative aux déchets (2008/98/CE), pour la production et l'utilisation de granulats à partir de déchets inertes pour une utilisation en techniques routières.

Pour que le granulat recyclé ne soit plus considéré comme un déchet, les conditions suivantes doivent être remplies :

- conformité aux exigences de la norme européenne EN 12620 ;
- production conforme au contrôle de la production (MPG) comme exigé par la norme européenne ;
- existence de critères d'admission des déchets (matières premières) ;
- aucun traitement ultérieur : aucune transformation, notamment aucune réduction de taille supplémentaire ne doit survenir dans le cadre de son usage ;
- les utilisations sont clairement identifiées dans les secteurs de marché existants ;
- les granulats respectent les exigences du marquage CE.

La matière recyclée cesse d'être un déchet dès qu'il est démontré que le produit est conforme au protocole de qualité WRAP. Les producteurs doivent démontrer que ces critères ont tous été respectés.

L'annexe C présente les conditions pour lesquelles les déchets considérés comme des déchets inertes sont acceptables pour la production de granulats recyclés. Les matières premières valorisables en tant que granulats recyclés pour le béton doivent s'inscrire dans l'une des familles suivantes (tableau 31) :

Type et restrictions	Code de déchet
Béton (les boues de béton non durcies sont exclues)	17 01 01
Briques	17 01 02
Tuiles et céramiques	17 01 03
Mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux visés à la rubrique 17 01 06	17 01 07

Tableau 31 : Déchets de construction et de démolition – béton, briques, tuiles et céramiques

Les fréquences de contrôle sont les suivantes (tableau 32) :

Utilisation finale	Norme et spécifications	Essai	Référence de l'essai BS	Fréquence minimale d'essai
Toutes les utilisations finales	BS EN 13242 BS EN 12620 BS EN 13043	Granulométrie	EN 933-1	1 par semaine
		Masse volumique	EN 1097-6	1 par mois
		Résistance à la fragmentation (LA)	EN 1097-2	2 par an
		Classification des constituants	EN 933-11	1 par mois
		Sulfates solubles dans l'eau	EN 1744-1	1 par mois
Granulats pour béton	BS EN 12620	Masse volumique et absorption d'eau	EN 1097-6	1 par mois
		Constituants à base de soufre	EN 1744-1	2 par an
		Chlorures	EN 1744-5	2 par an
		Influence sur le temps de prise du ciment	EN 1744-6	2 par an

Tableau 32 : Fréquence d'essai des granulats selon leur utilisation finale

On notera que des modulations sont indiquées de façon à permettre d'adapter les fréquences selon les cas suivants :

- Les fréquences d'essai doivent être augmentées lorsque la variabilité est identifiée par le biais du contrôle de production usine ou lorsque la valeur mesurée est proche de la limite spécifiée.
- Les fréquences d'essai peuvent être allégées dans les cas suivants :
 - équipement de production hautement automatisé
 - expérience sur le long terme en matière de cohérence des propriétés spéciales
 - sources de conformité élevée

- fonctionnement d'un système de gestion de la qualité avec des mesures exceptionnelles de surveillance et de suivi du processus de production.

La proportion maximale autorisée pour la fraction X est de 1 % et pour la fraction FL, le volume maximal est de 5 cm³/kg.

12. Russie (INT-012)

En 1987, des recommandations ont été rédigées en URSS et donnaient un certain nombre de préconisations pour le traitement et l'utilisation des déchets de béton. Cela incluait par exemple une description assez précise des étapes à mettre en place pour organiser le processus car le constat effectué était que la qualité des matériaux produits à l'époque (il y a environ 25 ans) ne permettait qu'une utilisation en techniques routières (couche de chaussée et couche de base).

On notera avec intérêt que c'est l'un des seuls textes examinés dans la présente étude dans lequel la réutilisation pour produire du ciment est mentionnée : les éléments fins peuvent être utilisés dans la fabrication de ciment après traitement thermique (600-800°C) et broyage pour obtenir une surface spécifique de l'ordre de 300m² /kg.

En complément, on trouve quelques lignes directrices :

- Les granulats de béton concassé peuvent être utilisés pour des classes de résistance B15 (à rapprocher des classes C12/15 ou C16/20 de la norme EN 206-1) et ceci sans limite de pourcentage. Au-delà, la substitution est limitée à environ 10 % et les gravillons doivent contenir moins de 1 % d'impuretés (enduit à la chaux, plâtre, enrobé).
- La fraction inférieure à 5 mm n'est pas recommandée pour l'utilisation en béton.
- Il y a possibilité d'utiliser les bétons légers broyés comme sable pour des bétons légers de résistance inférieure à C7,5 (à rapprocher de la classe C8/10 de l'EN 206-1).
- L'utilisation en béton dans un environnement gel-dégel n'est envisageable que sur la base d'essais de durabilité.
- Les opérations de malaxage doivent durer entre 40 et 80 secondes.

13. Suède (INT-040)

La Suède a produit un manuel sur l'utilisation des matériaux de construction recyclés dans lequel un chapitre complet est consacré aux granulats recyclés. D'une manière analogue à celle vue pour la Norvège, ce document est indissociable du manuel relatif au dimensionnement des structures.

Deux classes de gravillons sont autorisées (correspondant à la fraction 4/32 mm). Le tableau 33 synthétise les conditions d'utilisation tant du point de vue gravillon que du point de vue béton.

Caractéristique	RA1	RA2
% Rc+Ru (sans élts maçonnerie)	100	> 80
% Rc+Ru+Rb (sans élts maçonnerie)	-	> 95
Masse volumique (kg/m ³)	> 2200	> 1800
% gravillons recyclé ($\rho < 2200$ kg/m ³)	< 10	-
% gravillons recyclé ($\rho < 1800$ kg/m ³)	< 1	< 5
% gravillon recyclé ($\rho < 1600$ kg/m ³)	< 0,5	< 2
Classes d'exposition autorisées	XC1, XC2 et XF1	X0, XC1 et XC2

Tableau 33 : Conditions d'utilisation des gravillons recyclés en Suède

14. Suisse (INT-002)

La société suisse des ingénieurs et architectes a édité en 2010 le cahier technique SIA 2030 sur le béton de recyclage.

Il est défini dans ce document les bétons suivants :

- RC-C : béton de recyclage avec au moins 25 % en masse de constituants Rc ($D_{max} \geq 4$ mm)
- RC-M : béton de recyclage avec au moins 25 % en masse de constituants (Rc + Rb) et au moins 5 % en masse de Rb ($D_{max} \geq 4$ mm)

Le béton de recyclage RC-C est produit avec des granulats composés de béton C avec ou sans ajouts de granulats naturels. Il est spécifié comme béton à propriétés spécifiées.

Le béton de recyclage RC-M est produit avec des granulats composés de gravats mixtes avec ou sans ajouts de Rc et de granulats naturels. Il est spécifié comme béton à propriétés spécifiées.

N.B. : la restriction sur le D_{max} semble contradictoire avec une autre clause du texte où il est écrit que les sables recyclés sont à utiliser.

Le domaine d'emploi de ces bétons en fonction de la classe d'exposition est défini dans le tableau 34.

Béton de recyclage		Classe d'exposition				
	Teneurs	X0(CH)	XC1(CH) sec	XC1(CH) humide, XC2(CH), XC3(CH)	XC4(CH)	XD(CH), XF(CH), XA1-3(CH)
RC-C	$R_c \geq 25$ M.-% $R_b < 5$ M.-%	admis				①
RC-M	5 M.-% $\leq R_b \leq 25$ M.-% et $R_c + R_b \geq 25$ M.-%	admis			①	non admis
	$R_b > 25$ M.-%	admis	①	①		

① admis après des essais préliminaires correspondants

M.-%: pour cent masse

Tableau 34 : Domaines d'emploi des bétons recyclés en fonction de la classe d'exposition.

Pour les classes d'exposition XD, XF et XA1-3, ainsi que de manière générale pour le béton précontraint, ainsi que pour des éléments soumis à un risque de fatigue, le béton de recyclage RC-M ne peut être en aucun cas autorisé et le béton de recyclage RC-C ne peut être utilisé qu'après des essais préliminaires correspondants.

Par ailleurs, il est prévu que dans la spécification du béton, le type de béton de recyclage soit mentionné, ainsi que la mention des deux propriétés physiques que sont le module d'élasticité moyen E_{rcm} et/ou la masse volumique ρ_{rcm} (valeurs définies à la commande du béton).

Par exemple on y retrouve la dénomination suivante dans le cas d'un RC-C :

C25/30 RC-C, XC3(CH), D_{max} 32, CI 0,20, C3, $E_{rcm} \geq 30\ 000\ N/mm^2$.

Pour ce qui est du granulat, il est fait un renvoi aux normes EN 12620 et EN 206-1 et le tableau 22 résume les exigences de qualité pour les granulats.

Désignation du béton	Désignation du granulat	Granulats selon SN EN 12620 ¹⁾				Eléments étrangers ²⁾	
		R_u et granulat naturel	R_c	R_b	R_a	X + R_g	FL
C././. ³⁾	Granulat naturel	$\geq 75\ M.-%$	$< 25\ M.-%$	$\leq 5\ M.-%$	$\leq 1\ M.-%$	$\leq 0,3\ M.-%$	$\leq 2\ cm^3/kg$
C././. ³⁾ RC-C	Granulat de béton ⁴⁾	$< 75\ M.-%$	$\geq 25\ M.-%$	$\leq 5\ M.-%$	$\leq 1\ M.-%$	$\leq 0,3\ M.-%$	$\leq 2\ cm^3/kg$
C././. ³⁾ RC-M	Granulat de gravats mixtes ⁴⁾	$< 95\ M.-%$		$\geq 5\ M.-%$	$\leq 1\ M.-%$	$\leq 0,3\ M.-%$	$\leq 2\ cm^3/kg$

- 1) Teneurs par comptage des grains $\geq 4\ mm$ selon la norme SN EN 933-11.
Si des teneurs plus élevées en R_c , R_c et R_u , respectivement R_b sont exigées, elles doivent être définies selon les catégories de la norme SN EN 12620, tableau 20, voir chiffre 2.2.4.
- 2) Pour des exécutions particulières exigeant une haute qualité de surface (p.ex. béton apparent), la catégorie FL_{0,2} s'applique ($\leq 0,2\ cm^3/kg$).
- 3) Béton selon SN EN 206-1, p.ex. C25/30
- 4) Pour le granulat pour les bétons de recyclage RC-C et RC-M vaut: $R_c + R_b \geq 25$ pour cent masse
M.-%: pour cent masse

Tableau 35 : Exigences pour les granulats de béton

A la lecture du tableau 35, on relève que :

- La désignation de granulat naturel est admise même si celui-ci contient une proportion, même significative, de granulat recyclé. La part de recyclé autorisée dans le granulat naturel est majoritairement constituée de R_u et de R_c , avec les limites suivantes : (naturel + R_u) $\geq 75\ %$ et $R_c < 25\ %$ en masse. La quantité de constituants mineurs de la partie recyclée que peut contenir le granulat naturel est limitée à $5\ %$ pour la terre cuite, $1\ %$ pour les enrobés bitumineux, $0,3\ %$ pour les autres contaminants (à l'exception des flottants pour lesquels la limite maximale est de $2\ cm^3/kg$).
- Les granulats recyclés sont désignés 'granulats de béton' dès lors qu'ils contiennent plus de $25\ %$ en masse de R_c . Ils peuvent contenir du granulat naturel. La proportion de R_u et de granulat naturel doit être inférieure à $75\ %$ en masse. Les teneurs en constituants mineurs provenant du recyclage sont identiques à celles pour les granulats naturels.

- Les granulats recyclés sont désignés ‘granulats de gravats mixtes’ lorsqu’ils contiennent moins de 95 % en masse de granulats naturels, de béton concassé et de Ru, et plus de 5 % en masse de terre cuite. Les teneurs en constituants mineurs provenant du recyclage sont identiques à celles pour les granulats naturels et pour les granulats de béton.

On trouve également dans le cahier technique SIA 2030 des indications utiles pour l’évaluation des propriétés mécaniques :

- Introduction d’un facteur de correction pour les performances du béton de recyclage : $\eta_r = \frac{E_{rcm}}{E_{cm}} \leq 1$, la valeur de E_{cm} étant déterminée sur un béton ayant la même résistance à la compression f_{cm} .
- En l’absence de valeur sur E_{rcm} , le coefficient η_r pour le RC-C est pris à 0,9 si $R_c \leq 50$ %, et à 0,8 si $R_c > 50$ %.
- Pour le béton RC-M, il y a lieu de respecter : $E_{cm} \geq 19\,000$ N/mm² et $\rho_{rcm} \geq 2\,000$ kg/m³.
- Si la masse volumique du béton est déclarée, le module E_{rcm} peut être évalué selon :

$$\text{Béton RC - C : } E_{rcm} \approx E_{cm} \cdot 0,9 \cdot \frac{\rho_{rcm}}{\rho_{cm}}$$

$$\text{Béton RC - M : } E_{rcm} \approx E_{cm} \cdot 0,8 \cdot \frac{\rho_{rcm}}{\rho_{cm}}$$

- Pour ce qui est du coefficient de dilatation thermique α_T , les valeurs suivantes sont proposées : $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$ pour un béton RC-C, et $\alpha_T = 8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$ pour un béton RC-M
- Le comportement au retrait du béton de recyclage peut être estimé selon : $\varepsilon_{rcs,\infty} = \frac{\varepsilon_{cs,\infty}}{\eta_r}$

N.B : Le module d’élasticité doit être mesuré à chaque troisième essai pour le béton RC-M et à chaque sixième essai pour le béton RC-C. Le module d’élasticité sert à la déclaration du produit.

Enfin, dans les calculs de dimensionnement, les valeurs de déformation de la loi de comportement du béton sont modifiées pour les bétons RC-M comme suit : $\varepsilon_{c2d} = 0,003$; $\eta_r \geq 0,002$; $\varepsilon_{c1d} = 0,67 \varepsilon_{c2d}$.

II. Analyse des textes des zones Asie – Océanie – Amérique

1. Introduction

Hors Europe, il convient d’indiquer que les Pays disposent de leur propre cadre normatif. Ainsi, les spécifications ne reposent sur aucune base commune.

2. Japon (INT-007)

Le document intitulé « Comparaison de la mise en place du recyclage du béton dans les industries de construction australienne et japonaise » donne le schéma organisationnel du recyclage au Japon (figure 5).

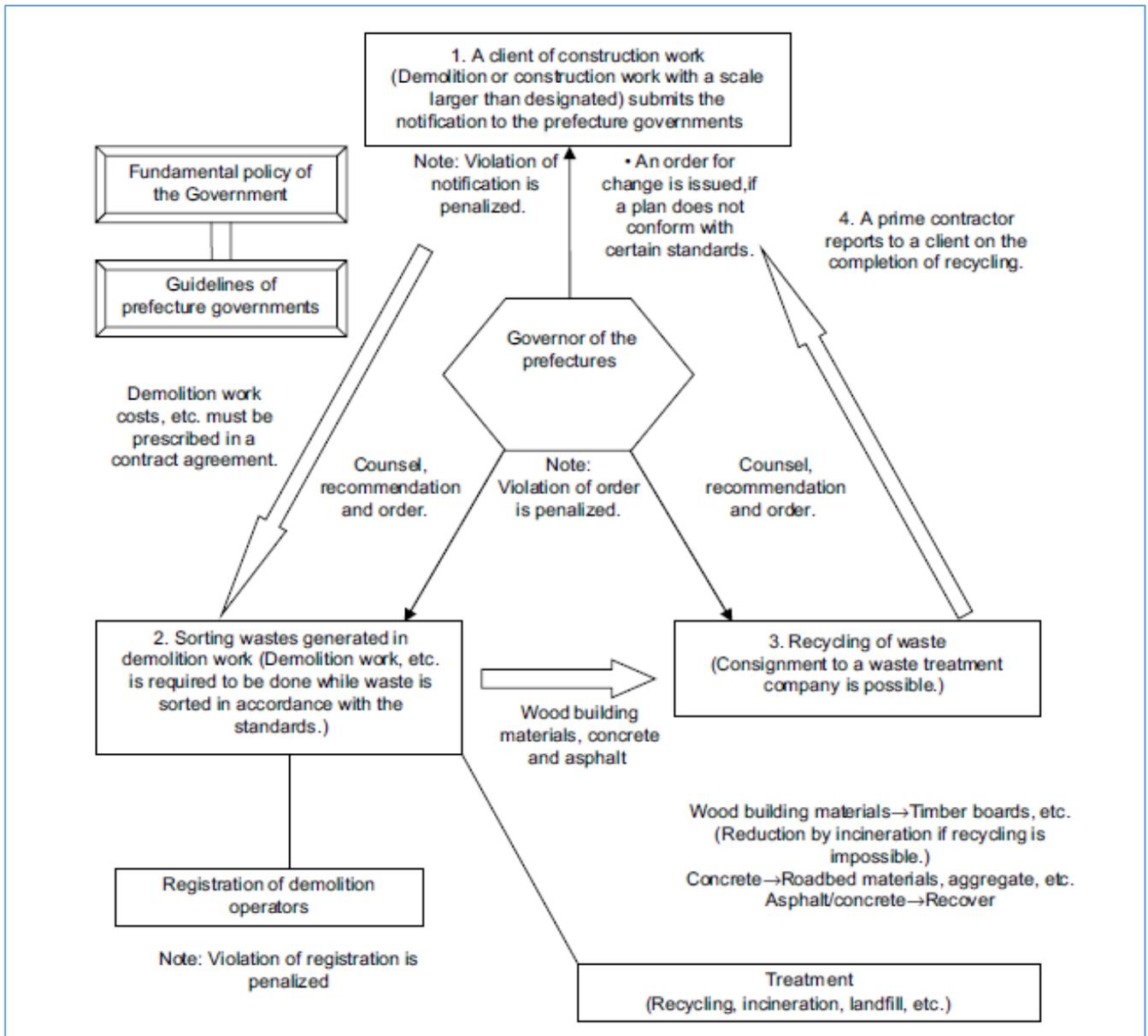


Figure 5 : Schéma organisationnel du recyclage au Japon

Les responsabilités des parties prenantes (producteur de granulats, maître d'ouvrage, maître d'œuvre et sous-traitants) sont clairement établies dans le logigramme à la figure 6 :

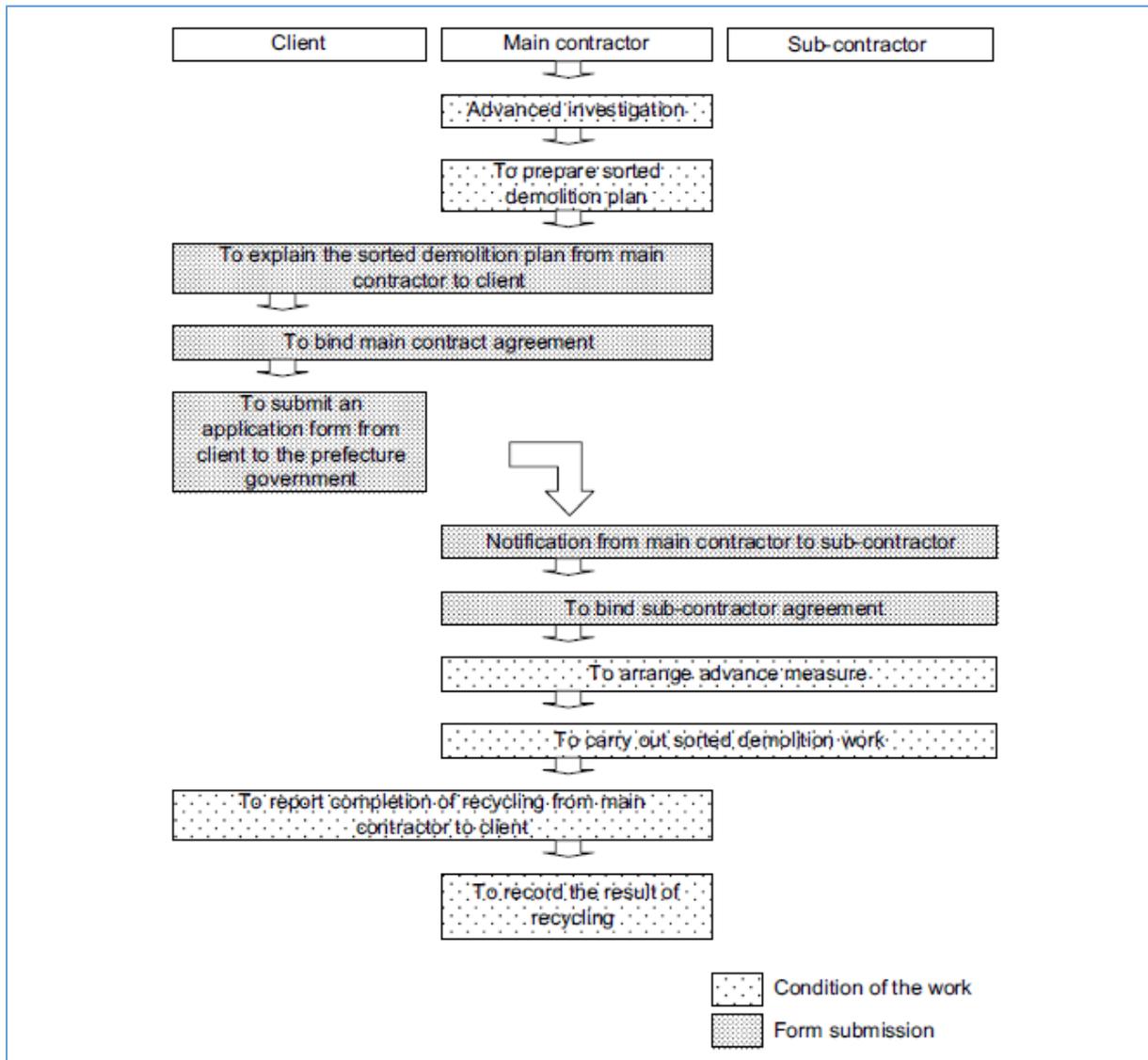


Figure 6 : Responsabilités des parties prenantes dans le recyclage au Japon.

On peut noter dans ce pays une 'ouverture d'esprit' au recyclage importante y compris dans le béton. Les statistiques du tableau 36 permettent d'apprécier le bon enracinement de la culture du recyclage au Japon notamment. Ainsi, on peut relever la proportion importante des entreprises japonaises ayant eu recours au recyclage du béton, ainsi que la prise de conscience des japonais vis-à-vis de la difficulté croissante pour accéder aux ressources naturelles.

Awareness in concrete recycling	Result (in %)					
	Australia		Japan		Total	
	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Company has any used concrete recycling policies, objectives and procedures	48	52	68	32	60	40
Company implemented concrete recycling methods to achieve the stated policy	63	37	81	19	74	26
Company has division(s)/department(s) for implementing concrete recycling	52	48	61	39	57	43
Company concerns on the importance of concrete recycling	80	20	72	28	75	25
Employee participates in training or program(s) in concrete recycling	41	59	64	36	54	46
Company is planning to invest more resources in the implementation of concrete recycling	44	56	35	65	39	61
Concrete has been handling as recyclable material in projects	70	30	80	20	76	24
Natural concrete materials may be insufficient in the coming future	65	35	75	25	71	29

Tableau 36 : Exploitation des données d'une enquête sur la sensibilisation au recyclage

Concernant les caractéristiques des granulats recyclés, la définition japonaise de leurs dimensions géométriques est quelque peu différente de celle que l'on trouve dans la plupart des autres pays. Ainsi, on distingue les gravillons (au moins 85 % > 5 mm) des sables (au moins 85 % < 5 mm et 100 % < 10 mm). Cette distinction étant faite, le Japon a produit trois normes entièrement dédiés aux granulats recyclés et aux bétons qui en contiennent. Ces normes ouvrent aux granulats de type H, M et L.

En fonction du type de granulats, on distingue ainsi trois types de bétons :

- Les bétons "classiques" conformes à la norme JIS A 5308, qui est plus ou moins l'équivalent de la norme NF EN 206/CN: cette norme autorise l'emploi de granulats recyclés de type H pour les bétons dits courants (18 à 45 MPa) et pour les bétons de chaussée.
- Les bétons contenant des granulats recyclés de type M conformes à la norme JIS A 5022 : cette norme autorise l'emploi de granulats de type M, jusqu'à 100 % de taux de substitution, pourvu que cet emploi concerne les gravillons ou les sables mais pas les deux à la fois. Ces bétons sont plutôt destinés à des pieux, des semelles de fondation ou du remplissage de tubes métalliques. Leur résistance se situe entre 18 à 36 MPa.
- Les bétons contenant des granulats recyclés de type L conformes à la norme JIS A 5023 : cette norme autorise l'emploi de granulats de type L, jusqu'à 100 % de taux de substitution, pourvu que cet emploi concerne les gravillons ou les sables mais pas les deux à la fois. Cette norme concerne pour l'essentiel les bétons de propreté dont les résistances sont comprises entre 16 à 24 MPa, de ce fait les exigences sont moins contraignantes que pour les types H et M.

Chacune de ces trois normes distingue des sous-types de béton : par exemple pour les granulats recyclés de type M, on distingue les bétons courants des bétons résistants au gel. Le choix du béton se fait par l'intermédiaire d'un tableau à triple entrée : résistance/slump/D_{max} admissible.

Ces normes diffèrent également par les marges d'erreur autorisées lors des essais (par exemple pour le slump) et par les fréquences des essais imposées (par exemple pour la résistance à la compression).

Au regard de la typologie des granulats de béton recyclé (tableau 37), on retiendra :

- Les critères de masse volumique et d'absorption d'eau comme étant des critères discriminants entre les types de granulats H, M et L : ils sont très contraignants pour les granulats de type H. Il est intéressant d'indiquer que les types de granulats M et L ont été créés du fait de leurs performances en termes d'économies d'énergie pour leur production, en lien avec le développement durable.

Caractéristique	H grossier	H fin	M grossier	M fin	L grossier	L fin
Masse volumique sèche minimale (g/cm ³)	2,5	2,5	2,3	2,2	-	-
Absorption d'eau (%)	3	3,5	5	7	7	13
Passant à 75 µm (%)	1	7	2	8	3	10
Coefficient los Angeles pour une utilisation en chaussée	35	-	-	-	-	-
Rapport maximal de la masse vol. apparente à la masse vol. sèche minimale (%)	55	53	55	53	-	-

Tableau 37 : Caractéristiques des granulats recyclés pour béton

- Vis-à-vis des propriétés chimiques, on notera qu'il y a lieu de vérifier au Japon pour chacun des types H, M, L :
 - Leur comportement à l'alcali-réaction par une méthode chimique ou par un essai d'expansion accéléré sur barre de mortier ; les trois types de granulats doivent être classés A (sans risque).
 - Le taux de chlorures solubles dans l'acide qui ne doit pas excéder 0,04 %.
- Concernant la classification des granulats recyclés, le taux d'impuretés ne doit pas dépasser les pourcentages massiques du tableau 38 :

	H ou M	L
A (tuile, brique, céramique, béton bitumineux)	1,0	2,0
B (verre)	0,5	0,5
C (plâtre)	0,1	0,1
D (inorganique autre)	0,5	0,5
E (plastique)	0,2	0,5
F (bois, bambou, tissu, papier, asphalte)	0,1	0,1
G (métaux : hors alu et zinc sauf pour L)	1,0	1,0
TOTAL	2,0	3,0

Tableau 38 : Taux d'impureté maximal pour les classes H , M et L des granulats recyclés

- La plupart des exigences portant sur le béton d'origine constituant le granulat recyclé sont communes aux trois types H, M et L et sont de bon sens. Il convient ainsi d'éviter de partir d'un béton ayant l'une des caractéristiques suivantes :
 - Signes d'alcali-réaction ou d'autres pathologies liées aux granulats,
 - Teneur en chlorures élevée,
 - Taux d'impuretés élevé,
 - Béton non durci,
 - Pollution chimique.

L'usage de l'eau de mer comme eau de lavage des granulats recyclés est interdit, et le stockage doit éviter tout mélange avec d'autres types de granulats.

3. Chine (INT-006)

La demande annuelle en granulats en Chine (granulats naturels principalement) est évaluée à plus de 10 milliards de tonnes. On comprend mieux l'intérêt et les efforts consentis ces dernières années au développement du recyclage. Notons également que ce pays consomme annuellement 1,5 milliards de tonnes de ciment, soit la moitié de la production mondiale de ciment, ce qui en fait le premier producteur et utilisateur au monde. Le béton est largement utilisé pour la construction routière, pour la construction des bâtiments et des ouvrages de génie-civil.

En Chine, les premiers textes nationaux fixant des spécifications pour le recyclage dans le béton datent de 2007.

La norme GB/T 25177 définit les exigences sur les « gravillons » (> 4,75 mm), la norme GB/T 25176 celles sur les « sables » (≤ 4,75 mm).

Trois classes de gravillons recyclés sont définies, par ordre décroissant de qualité : I, II, III (voir tableau 39).

Caractéristique	Classe I	Classe II	Classe III
Teneur en fines (% massique)	< 1,0	< 2,0	< 3,0
Boulettes d'argile (% massique)	< 0,5	< 0,7	< 1,0
Absorption d'eau (%)	< 3,0	< 5,0	< 8,0
Particules aplaties (% massique)	< 10		
Substances organiques	A qualifier		
Sulfates et sulfures (% basé sur masse de SO ₃)	< 2,0		
Chlorures (% basé sur masse d'ions chlorure)	< 0,06		
Impuretés (% massique)	< 1,0		
Perte de masse dans l'essai au sulfate de sodium avec 5 circulations (%)	< 5	< 10	< 15
Indice de concassage (%)	< 12	< 20	< 30
Densité (kg/m ³)	> 2450	> 2350	> 2250
Pourcentage de vides (%)	< 47	< 50	< 53
Alcali-réaction (% d'expansion)	< 0,10		

Tableau 39 : Caractéristiques normalisées des gravillons recyclés pour les usages béton en Chine

Trois classes de sables recyclés sont définies, par ordre décroissant de qualité : I, II, III (voir tableau 40).

	Classe I	Classe II	Classe III
Teneur en fines (% massique)			
- MB < 1,40 ou qualifié	< 5,0	< 7,0	< 10,0
- MB > 1,40 ou non qualifié	< 1,0	< 3,0	< 5,0
Boulettes d'argile (% massique)	< 1,0	< 2,0	< 3,0
Teneur en mica (% massique)	< 2,0		
Teneur en matériaux légers (% massique)	< 1,0		
Substances organiques	A qualifier		
Sulfates et sulfures (% basé sur masse de SO ₃)	< 2,0		
Chlorures (% basé sur masse d'ions chlorure)	< 0,06		
Perte de masse dans l'essai au sulfate de sodium avec 5 circulations (%)	< 8	< 10	< 12
Indice de concassage (%)	< 20	< 25	< 30
Densité (kg/m ³)	> 2450	> 2350	> 2250
Densité apparente (kg/m ³)	> 1350	> 1300	> 1200
Pourcentage de vides (%)	< 46	< 48	< 52
Alcali-réaction (% d'expansion)	< 0,10		

Tableau 40 : Caractéristiques normalisées des sables recyclés pour les usages béton en Chine

Des exigences supplémentaires sont définies en cas d'utilisation dans les mortiers.

On retiendra que :

- L'usage des granulats recyclés est interdit en béton précontraint.
- Les gravillons de type III ne peuvent être utilisés qu'en-dessous de C25, et sont interdits pour les bétons devant résister au gel.
- Les gravillons de type II ne peuvent être utilisés qu'en-dessous de C40.
- Aucune limite de résistance n'est fixée pour l'utilisation des gravillons de type I.
- Les règles sur les taux de substitution sont les suivantes :
 - En l'absence de données techniques, le taux de substitution est limité à 50 % pour les gravillons comme pour les sables recyclés.
 - Le taux de substitution par des gravillons recyclés de type I n'est pas limité.
 - L'usage de granulats recyclés de type III implique de ne pas utiliser de sables recyclés.
 - Lorsque le taux de gravillons de type II ou III dépasse 30 %, ou lorsque des sables recyclés sont utilisés, les règles usuelles d'écart-type sur la résistance sont modifiées.

Pour le dimensionnement des ouvrages la loi de variation du module élastique en fonction de la classe de résistance est modifiée par rapport aux règles communes en Chine (GB 50010) lorsque des granulats de type II ou III sont utilisés, comme l'indique le tableau 41 :

Classe de résistance	C15	C20	C25	C30	C35	C40
Module élastique (10^4 N/mm ²)	1,83	2,08	2,27	2,42	2,53	2,63

Tableau 41 : Module élastique en fonction de la classe de résistance du béton

4. Australie (INT-023, INT-024)

L'Australie a mis en place une réglementation incitant au recyclage dans les bétons sur la base de l'expérience japonaise. L'analyse du document suivant « Comparaison de la mise en place du recyclage du béton dans les industries de construction australienne et japonaise » permet d'identifier les freins et les pistes d'incitation au recyclage.

Les principaux freins identifiés sont les suivants :

- La mise en place d'infrastructures pour recycler demande un investissement important au début alors que le secteur privé est plus concerné par le retour à court terme
- Réglementation et textes inadaptés à l'usage spécifique des matériaux recyclés (pas d'investissement)
- Manque de retour d'expérience

Par contre, on notera la volonté des parties-prenantes du côté des professionnels et des universitaires de développer actuellement le recyclage, avec la mise en place d'une incitation visant à la réduction des coûts et à l'amélioration de la sensibilisation du personnel sur l'intérêt du recyclage.

Les principales recommandations faites à l'encontre de l'administration et des entreprises impliquées de près ou de loin dans le recyclage sont les suivantes :

- Définir un cadre légal du recyclage dans les bétons de structure, alors que l'exutoire routier constitue le principal débouché des granulats recyclés
- Définir plus précisément une classification des granulats recyclés
- Améliorer l'organisation et le management des entreprises en direction du recyclage
- Améliorer la communication sur la possibilité de recycler du béton dans le béton
- Avoir un meilleur contrôle par l'administration des quantités de béton ancien sur les chantiers de démolition
- Diminuer la quantité de déchets de béton en augmentant le coût de la mise en décharge
- Homogénéiser les différentes réglementations existantes à l'échelle régionale (district et états)
- Soutenir financièrement le recyclage par le gouvernement afin de réduire les coûts d'investissement élevés

Concernant la normalisation des granulats recyclés en Australie, comme indiqué dans le tableau 42, leur classification permet d'identifier la classe 1 comme étant la classe permettant leur utilisation dans les bétons non structuraux (classes 1A et 1B) et structuraux (grades 1 et 2) :

Class	Sub-class	Definition
Class 1	Class 1A	Uniformly graded coarse aggregate (4–32 mm), produced by crushing waste concrete with total contaminant levels lower than 1 percent of the bulk mass
	Class 1B	Class 1A recycled aggregate blended with no more than 30 percent crushed brick
	Grade 1	Plain unreinforced and reinforced concrete made with a maximum of 30 percent uniform quality of Class 1A recycled aggregate with characteristic strength up to and including N40 grade, i.e., 40 MPa
	Grade 2	Plain unreinforced and reinforced concrete made with up to 100 percent uniform quality of Class 1(A or B) recycled aggregate having characteristic strength up to and including N25 grade, i.e., 25 Mpa, concrete for use in non-structural concrete applications
Class 2	Class 2A1	Suitable for use on roads with a traffic loading of greater than 1×10^6 ESA as either base course or sub-base
	Class 2A2	Suitable for use on roads with a traffic loading of less than or equal to 1×10^6 ESA as either base course or sub-base
	Class 2B	For use as a base layer for pavers in pedestrian areas, car parks and shopping malls
	Class 2C	General filling behind kerbs and gutters, retaining walls or beneath grassed areas
	Class 2D	Bulk filling for urban and rural development or for construction of embankments
	Class 2E	Backfilling for subsoil drains and stormwater pipes

Tableau 42 : Classification des granulats recyclés en Australie

En outre, le guide HB 155-2002 donne des recommandations pour l'utilisation des granulats recyclés dans les bétons.

Ce guide est structuré en 5 parties :

- La partie 1 présente une synthèse des techniques et technologies pour le recyclage du béton et des maçonneries.
- Les parties 2 et 3 donnent des éléments pour la spécification des granulats de deux classes 1 (bétons) et 2 (routes)
- La partie 4 présente des études de cas
- La partie 5 s'intéresse aux matériaux secondaires.

La partie 1 fait référence à la norme AS 2758-1 'aggregates and rock for engineering purposes. Part.1 : concrete aggregates'. Cette partie fixe la terminologie utilisée. L'autre norme référencée dans cette partie 1 du guide est la norme AS 1141 'methods for sampling and testing aggregates (all methods)'.

Il est à noter en particulier la définition des 'recycled aggregate concrete ' (RCA) qui met en avant le fait que le béton avec granulats recyclés ne prévoit pas d'inclure les sables recyclés. Par ailleurs, il est admis dans ce texte que du béton réalisé avec 30 % de granulats recyclés convient pour des applications comme les allées, les bordures, les caniveaux et les fondations.

La partie 2 du guide donne des définitions et indique les exigences à retenir :

<p>2.6.2 Definitions</p> <p><i>2.6.2.1 Recycled concrete aggregate (RCA)</i></p> <p>This Section uses similar definitions to those in Australian Standards regarding the manufacturing and testing of aggregate and concrete, except in situations where specific amendments are detailed.</p> <p>All technical references to Class 1 recycled concrete aggregates apply only to coarse recycled aggregate with a minimum weight of crushed concrete.</p> <p><i>Class 1A RCA:</i> uniformly graded coarse aggregate (4–32 mm), produced by crushing waste concrete with total contaminant levels of all material other than concrete typically lower than 1% of the bulk mass. The material consists of gravel, crushed stone, hydraulic-cement concrete, or a combination thereof, conforming to the guideline outlined herein.</p> <p><i>Class 1B RCA:</i> Class 1A RCA blended with no more than 30% crushed brick</p> <p><i>Contaminants:</i> impurities typically associated with construction and demolition rubble, determined in accordance with standard test methods outlined in AS 1141.</p> <p><i>2.6.2.2 Recycled concrete (RC)</i></p> <p><i>Concrete target strength:</i> average strength for which a concrete mix is designed; commonly specified at 28 days.</p>

Figure 7 : exigences à respecter en Australie pour la confection de bétons avec des granulats recyclés

Comme l'indique le tableau 43, les granulats issus des bétons déconstruits et des ouvrages en brique sont aptes à un emploi dans les bétons :

Table 7: Summary of types and uses of recycled concrete and masonry aggregates					
<i>Recycled concrete and masonry aggregate</i>	<i>Bulk fill</i>	<i>Drainage/ filter</i>	<i>Road pavement</i>	<i>Structural concrete</i>	<i>Pavement concrete</i>
Crushed demolition debris	Suitable	Usually suitable	Not suitable	Not suitable	Not suitable
Graded mixed debris	Suitable	Usually suitable	Suitable in some cases	Not suitable	Suitable in some cases
Clean graded brick/concrete	Highly suitable	Suitable	Usually suitable	Suitable in some cases	Usually suitable
Clean graded concrete	Highly suitable	Highly suitable	Suitable	Potentially suitable	Usually suitable

Tableau 43 : Aptitude des granulats recyclés provenant des déchets de démolition selon leur origine

Dans les tableaux 44 à 46 suivants sont indiqués les exigences normalisées pour les caractéristiques des gravillons recyclés en fonction de la classe de qualité du granulat recyclé, les teneurs limites en constituants secondaires, ainsi que les exigences sur le béton.

RCA property	Class 1A RCA	Class 1B RCA	Test method
Brick content (max.)	0,5 %	30 %	-
Stony material < 1950 kg/m ³	1 %	5 %	-
Friable material (max.)	0,1 %	0,1 %	-
Particle shape 2:1 ratio	35 %	35 %	AS 1141.14
Particle density ssd (min.)	2100 kg/m ³	1800 kg/m ³	AS 1141.6
Bulk density (min.)	1200 kg/m ³	1000 kg/m ³	AS 1141.4
Water absorption (max.)	6 %	8 %	AS 1141.6
Aggregate crushing value (max.)	30 %	30 %	AS 1141.21
Total impurity level (max.)	1 %	2 %	-
Limit of ignition (max.)	5 %	5 %	-
Lost substances in washing (max.)	1 %	1 %	-
Soundness loss (max.)	9 %	-	AS 1141.24
Particle size distribution by dry sieving	-	-	AS 1141.11

Tableau 44 : Caractéristiques normalisées des gravillons recyclés en fonction de leur classe de qualité

Contaminant limit	Class 1A RCA	Class 1B RCA	Test method
Total contaminant (max.)	1 %	2 %	-
Sulfate content SO ₃ (max.)	0,5 %	0,5 %	-
Contaminants < 1950 kg/m ³	10 kg/m ³	10 kg/m ³	-
Contaminants < 1200 kg/m ³	2 kg/m ³	2 kg/m ³	-
Chloride content Cl ⁻	0,05 %	-	AS 2758.1
Periclase MgO	0,01 (max.)	0,01 (max.)	-
Alkali-silica reactivity	-	-	AS 1141.38

Tableau 45 : Teneurs limites en constituants secondaires admises dans les gravillons recyclés en fonction de leur classe de qualité

Mix design parameters	Limits for Grade 1 RC	Limits for Grade 2 RC
Characteristic strength (MPa)	40	25
RCA substitution level (% max.)	30	100
Sand : total aggregate ration (min.)	0,4	0,4
Fly ash content (% min.)	20	20
Air content (% max.)	6	6
Cement content (kg/m ³ min.)	270	225

Tableau 46 : Valeur typiques de composition des bétons réalisés avec des gravillons recyclés

On notera particulièrement :

- La possibilité de substituer jusqu'à 100 % des gravillons naturels par des gravillons recyclés pour des classes de résistance ≤ 25 MPa.
- L'obtention de bétons de classe de résistance en compression allant jusqu'à 40 MPa avec un taux de substitution maximal de 30 %.
- L'utilisation d'une quantité importante de cendres volantes concomitante avec des teneurs en ciment qui varient entre 225 et 270 kg/m³.

5. Nouvelle Zélande (INT-010)

La réglementation en Nouvelle-Zélande s'est progressivement mise en place, sous l'influence de son voisin australien et de l'ancrage encore très forte de la culture anglo-saxonne.

Depuis juillet 2011, le "New Zealand Building Credits Scheme" accorde des "points de bonus" pour l'utilisation de granulats recyclés : 1 point voire 2 points pour un taux d'incorporation respectivement de 10 % et de 20 % du total de la masse des granulats.

L'emploi des granulats recyclés dans les bétons hydrauliques est autorisé mais il convient néanmoins de relever que la norme néo-zélandaise fixant les exigences pour les granulats pour le béton ne traite pas spécifiquement des granulats recyclés.

A noter qu'il existe des « Règles de bonne pratique pour l'utilisation de granulats recyclés dans les bétons ». Celles-ci fixent des recommandations sur les caractéristiques des granulats recyclés en vue de leur emploi dans les bétons. D'autre part, ces recommandations s'appuient sur l'expérience d'autres pays en termes de recyclage.

A titre indicatif, le tableau 47 récapitule l'état de l'art dans plusieurs pays :

Country/ Organisation	Recycled Aggregate (Type/Name/ Classification)	Aggregate Genre	Maximum RCA Substitution ^(a)	Maximum Recycled Aggregate Concrete 28 Day Cylinder Strength	Other Restrictions
United Kingdom	RCA	RCA	NR	40 MPa	RCA and LCAgg. No chloride exposure. No freeze thaw
			20%	Designated concrete 20 to 40 MPa	
	LCAgg	LCAgg	NR	NR	-
	RA	RA		16 MPa	Only mild exposure.
Australia	Class 1A	RCA	30%	40 MPa	-
	Class 1B	RCA	100%	25 MPa	
USA	LCA	LCAgg	100% ^(b)	20 MPa	-
			25%	50 MPa	
			60% ^(c)	NS Concrete	
RILEM	RCAC Type I	RA	100%	16 MPa	Masonry Aggregate. Exposure restrictions.
	RCAC Type II	RCA	100%	50 MPa	
	RCAC Type III	RCA	20%	NR	
Korea	-	RCA	30%	27 MPa	-
			30% ^(c)	21 MPa	
Germany	Type 1	RCA	35%	25 MPa	In dry or low humidity environments.
	Type 2		25%	30 MPa	
Portugal	ARB1	RCA	25%	35 MPa	-
	ARB2		20%	40 MPa	
Hong Kong	-	RCA	20%	≤35 MPa	-
			100%	20 MPa NS Concrete	

Notes:

- (a) Percentages are of coarse aggregate fraction unless otherwise stated
(b) Assumes leftover concrete aggregate separated by strength class
(c) Coarse and fine fraction

NS = Non structural concrete
RCA = Recycled concrete aggregate
LCAgg = Leftover concrete aggregate
RA = Recycled aggregate
NR = No restriction

Tableau 47 : Synthèse de l'état de l'art dans d'autres pays réalisée par la Nouvelle Zélande.

En outre, le guide néo-zélandais donne une classification des granulats recyclés utilisables dans les bétons (tableau 48) :

Type of Recycled Aggregate	Maximum masonry content	Maximum fines	Maximum lightweight material < 1,000 kg/m ³	Maximum asphalt	Maximum glass, plastic, wood.
RCA ^(a)	5	5	0.5	5.0	1.0
RA ^(b)	100	3	1.0	10.0	1.0
LCAgg ^(c)	-	5	-	-	-

Tableau 48 : Classification des granulats recyclés pour les usages béton en Nouvelle Zélande

On remarque que les définitions suivantes s'apparentent beaucoup à celles des normes en vigueur au Royaume-Uni :

- « RCA » : granulats recyclés provenant de la déconstruction d'ouvrage en béton
- « RA » : granulats recyclés provenant de la déconstruction d'ouvrage en béton ou de maçonnerie constitués notamment de briques de terre cuite
- LCAgg : granulats récupérés (retours bétons)

Le tableau 49 suivant fixe un taux maximal d'incorporation des gravillons dans les bétons :

Specified Compressive Strength (Cylinders)	Recycled Aggregate Type	Percentage on Coarse Aggregate Fraction
Up to and including 17.5 MPa non-structural concrete	RA, LCAgg or RCA	100%
17.5 MPa structural concrete	LCAgg or RCA	100%
20 MPa structural concrete	LCAgg	100%
	RCA	50%
25 and 30 MPa structural concrete	LCAgg	40%
	RCA	30%

Tableau 49 : Taux de substitution des granulats recyclés dans les bétons en Nouvelle Zélande

6. Brésil (INT-025)

Le Brésil est l'un des pays les plus en pointe du recyclage en Amérique du Sud. La normalisation des granulats recyclés dans ce pays est ainsi en cours et cinq normes traitant des spécifications des granulats artificiels et recyclés ont été publiées ces dernières années.

Quatre classes de déchets sont définies en fonction de leur nature :

- La classe A concerne particulièrement les résidus minéraux tels que les bétons, les briques, les roches et cailloux extraits des sols, ainsi que les résidus de production du béton produit sur le chantier.
- La classe B concerne pour l'essentiel les déchets de démolition organiques (papier, bois, carton, plastiques, etc.).
- La classe C concerne le plâtre.
- La classe D concerne les solvants et les peintures.

Pour ce qui est des granulats recyclés, le tableau 50 récapitule les limites de leur emploi dans les bétons de structure. On note la possibilité d'emploi des sables recyclés au même titre que les gravillons recyclés.

Maximum percentage of recycled aggregate	20%
Average Resistance Limit to simple compression at 28 days of age MPa	40
Maximum water absorption proportion of the Recycled Aggregate – RCA (%)	
Coarse Aggregate	7
Fine Aggregate	12
Specific mass of the Recycled Aggregate – RCA (k/m³)	
Minimum specific mass of the RCA	2300
Maximum contaminant proportions related to the recycled aggregate mass – ARC (%)	
Carbonaceous materials	1
Chlorates	0,35
Sulphates	1
Bitumen	1
Non-mineral materials	0,5
Soil and plants	0
<i>Obs.: The sum of the contaminant proportion must not be higher than</i>	2

Tableau 50 : Limites d'emploi des granulats recyclés dans les bétons de structure

7. Etats-Unis (INT-013, INT-014, INT-026, INT-039)

Les documents examinés sont des normes ASTM et des rapports techniques issus de l'ACI (American Concrete Institute).

La norme ASTM C33-13 définit les spécifications et donne les références des normes d'essais pour la caractérisation des granulats pour le béton. On notera que seule l'utilisation de gravillons recyclés est autorisée dans les bétons aux USA.

Les essais spécifiques aux granulats recyclés sont les suivants :

- ASTM C294 Descriptive nomenclature for constituents of concrete aggregates (équivalent à la norme de classification française NF EN 933-11)
- ASTM C666/C666M test method for resistance of concrete to rapid freezing and thawing

Les rapports techniques américains dressent un bilan du retour d'expérience qui est essentiellement lié à l'utilisation en techniques routières des bétons à base de granulats recyclés.

Le rapport technique de l'*American Concrete Institute* (ACI) N°555R-01, intitulé « déconstruction et réutilisation du béton durci » présente dans son chapitre 5 l'état de l'art des techniques employées pour la déconstruction des ouvrages, le tri des déchets, le concassage de la matière minérale. Il résume l'état des connaissances et propose des limites pour quelques caractéristiques usuelles des granulats recyclés.

En ce qui concerne les impuretés nocives dans les granulats recyclés, on peut résumer les recommandations américaines comme suit :

- les quantités maximales admissibles de plâtre, mottes d'argile et autres impuretés (densités < 1950 kg/m³), sont limitées à 10 kg/m³ ;
- les quantités maximales admissibles de particules (de taille supérieure à 1,2 mm) de bitume, de plastiques, de bois, de papier et d'autres particules de mêmes types sont limitées à 2 kg/m³.

En ce qui concerne la fabrication du béton, ce rapport de l'ACI recommande d'éviter l'emploi de la fraction recyclée 0-2 mm et de pré-saturer les gravillons recyclés avant malaxage.

Le bulletin N°E1-07 de l'ACI daté de 2007 est un document à vocation pédagogique qui dresse l'état de l'art quant à l'utilisation des granulats dans les bétons. Il fournit les définitions et les méthodes de caractérisation usuelles pour qualifier les granulats destinés aux bétons de manière générale.

Dans son chapitre 7, ce document indique que jusqu'à 100 % de gravillons de béton concassé peuvent être recyclés dans les bétons. L'utilisation des sables de béton recyclé est également admise, leur pourcentage maximal est généralement limité entre 10 et 20 %.

Pour les granulats recyclés issus de béton concassé, on notera les points d'attention soulevés suivants dans le bulletin E1-07 de l'ACI :

- absorption d'eau plus élevée (d'autant plus que les particules réutilisées sont fines),
- densité plus faible,
- risque lié à la réutilisation de béton préalablement au contact de sels marins,
- risque lié à l'alcali-réaction.

Pour ces deux derniers points, il est recommandé de réaliser des essais spécifiques sur les granulats. Pour le cas du contact avec les sels marins, il s'agit d'essais physico-chimiques sans préciser lesquels.

Pour le cas du risque lié à l'alcali-réaction, la méthodologie suivante est recommandée :

- prise en compte du taux d'alcalins du béton à l'origine des granulats recyclés
- prise en compte du taux d'expansion du béton à l'origine des granulats recyclés
- prise en compte du taux d'expansion résiduelle du béton à l'origine des granulats recyclés
- prise en compte du taux d'alcalins du nouveau béton contenant des granulats de béton concassé

En complément, il est indiqué que de nombreuses précautions retenues pour l'utilisation de granulats naturels sensibles à l'alcali-réaction peuvent être également retenues lorsque les granulats de béton concassé sont sensibles à l'alcali-réaction.

8. Canada – Québec (INT-016, INT-017, INT-022)

Au Québec les matériaux sont habituellement utilisés tels quels pour la construction d'infrastructures routières, le remblayage de terrain ou toute application qui n'implique pas l'utilisation des matériaux recyclés dans la fabrication de produits finis comme le béton, ainsi que dans les enrobés bitumineux.

Il est à noter la parution en 2009 au Québec de lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte issus des travaux de construction et de démolition et des résidus du secteur de la pierre de taille. Cependant, celles-ci ne concerne pour l'essentiel que les techniques routières. Pour le béton, il est mentionné uniquement que les entreprises possèdent déjà leurs propres spécifications concernant l'acceptabilité des matériaux entrants en fonction des caractéristiques du produit fini. Ces lignes directrices indiquent que lorsqu'un nouveau béton est produit en utilisant des granulats recyclés dans sa formulation, celui-ci est considéré comme équivalent pour sa gestion et son utilisation, d'un point de vue environnemental, que s'il était produit à partir de granulats naturels.

En matière de normalisation, on notera la publication en 2002 de la norme NQ2560-600 qui a pour objet le classement et le choix des exigences pour les caractéristiques des granulats recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques provenant de chantiers de construction ou de démolition. Cette norme couvre la construction d'infrastructures routières, le remblayage de terrain ou toute application qui n'implique pas l'utilisation des matériaux recyclés dans la fabrication de produits finis comme le béton ou les enrobés bitumineux.

III. ISO et RILEM (INT-004, INT-015)

La norme internationale ISO 22965-1, publiée en 2007, fixe des exigences pour le matériau béton. Elle est constituée des deux parties suivantes :

- Partie 1: Méthodes de spécification et lignes directrices pour le spécificateur
- Partie 2: Spécification des matériaux constitutifs, de la production du béton et de la conformité du béton

Cette norme intègre des règles pour l'utilisation des constituants du béton faisant l'objet d'une norme ISO. Pour les granulats recyclés, aucune norme internationale n'a encore été publiée à la date de publication de la norme béton. Ainsi, cette norme internationale ne prévoit pas de règles pour leur utilisation, mais renvoie aux normes nationales et aux dispositions locales.

La RILEM est une organisation internationale qui partage et diffuse les connaissances scientifiques des laboratoires et des experts dans le domaine des matériaux, ouvrages et systèmes de construction. En 2004, la RILEM a publié les actes des travaux scientifiques présentés lors de la conférence internationale RILEM de la même année sur l'utilisation des matériaux recyclés dans les bâtiments et les structures. Parmi les 10 thèmes abordés et les 122 articles au total, 24 communications ont concerné la réutilisation dans le béton des matériaux issus du recyclage des déchets du BTP. Concernant plus particulièrement les aspects normatifs et réglementaires, la communication n° 57 présente de façon précise et détaillée un projet de réglementation espagnole sur la réutilisation de granulats recyclés pour la production de béton (ce point est traité au §6 Espagne).

IV. Synthèse

Les travaux menés au sein du GT4 dans le cadre de la tranche 2 de Recybéton ont permis de s'intéresser aux diverses pratiques développées au sein de l'Union Européenne mais aussi dans d'autres pays jugés intéressants quant aux retours d'expérience que l'on pouvait en tirer. Force est de constater qu'il existe une disparité assez forte sur l'utilisation de granulats recyclés dans les bétons de structure.

Nous retiendrons les constats suivants qui se déclinent en plusieurs axes :

D'un point de vue économique l'accès à la ressource est un paramètre important. En effet, nous ne trahirons pas de secret en évoquant ici le fait que les pays pour lesquels des difficultés d'approvisionnement existent ont été amenés très tôt à s'intéresser au potentiel de réutilisation des granulats recyclés. Le cas typique au sein de l'Union Européenne est celui des Pays-Bas qui disposent depuis 1986 de textes définissant les conditions d'utilisation. Par exemple, les recommandations 112 du CUR (qui ne constituent pas un texte normatif mais plutôt un guide pratique) autorisent une substitution jusqu'à 50 % en volume des gravillons et ceci quelle que soit les classes d'exposition du béton. La valeur de 50 % peut même être portée à 100 % si l'on exclut les deux classes XS et XD.

Le Japon est un exemple intéressant dans le sens où trois normes existent qui définissent les caractéristiques des granulats recyclés en fonction de leur utilisation dans les bétons appelés H, M ou L. On notera que les caractéristiques de ces granulats font l'objet d'une fiche d'identification très dense.

D'un point de vue technique, on retiendra les éléments suivants :

- Il est avéré, et ceci quel que soit le pays que l'utilisation des granulats recyclés est très bien maîtrisée dès lors qu'ils sont réemployés en techniques routières. En effet, les exigences en termes de qualité sont moindres que pour une utilisation en béton de structure. Les Etats-Unis, le Canada et le Québec ont, à ce titre, mené un nombre important d'études qui mettent en exergue les problématiques de variabilité.

- Il est aussi avéré qu'il y a une différence de traitement entre les gravillons et les sables. Il est communément admis que les sables posent un problème pour leur réutilisation et sont de facto dans beaucoup de cas limités à des bétons pour lesquels le risque est fortement réduit (typiquement classe d'exposition X0 au sens de la norme NF EN 206/CN). Des exceptions existent cependant comme au Japon, en Chine ou aux Pays-Bas.
- La majeure partie des textes examinés montre que les caractéristiques intrinsèques et de fabrication de ces granulats conduisent à différents niveaux de qualité : les paramètres de composition (fonction bien évidemment du processus de recyclage et des matériaux issus du processus de déconstruction) en sont l'exemple typique. Il est évident qu'un granulats recyclé à forte teneur en béton présentera une aptitude plus importante et que les éléments secondaires (briques, asphalte, plastique, bois, ...) viendront perturber de manière notable ces qualités. C'est d'ailleurs dans ce sens que la norme française NF EN 206/CN a été bâtie avec l'introduction des trois types (correspondant aux classifications Rcu95, Rcu90 et Rcu70). Dans les pays anglo-saxons, on retrouve l'équivalent de cette classification au travers des dénominations RA et RCA. Il est intéressant de noter que pour les pays comme l'Allemagne ou l'Autriche, on rencontre une dénomination 'brique recyclée'.
- En complément du point précédent, les paramètres physiques et chimiques (absorption d'eau, masse volumique, teneur en chlorures, teneur en sulfates ...) donnent aussi lieu à une classification de ces granulats. A titre d'exemple, les documents allemands proposent des valeurs limites sur l'absorption d'eau qui varient de 10 % pour Rcu90 à 15 % pour Rcu70 (*voir plus loin le point qui traite de la validité des méthodes d'essais*).
- Lorsque l'on s'intéresse ensuite au matériau béton, là aussi on remarquera une limitation d'usage qui est fonction de la classe d'exposition du béton et/ou de la classe de résistance, ce qui conduit la plupart du temps à des tableaux à double entrée, tels que proposés dans la norme NF EN 206/CN. Il est cependant difficile de résumer en un seul tableau récapitulatif les dispositions retenues par chaque pays et le lecteur est invité à regarder pays par pays. Quoiqu'il en soit, des substitutions à 100 % pour les gravillons sont autorisées (Pays-Bas, Suisse, Japon ou Chine) mais elles s'accompagnent de dispositions complémentaires (contrôles et carte d'identité du granulats précise par exemple).
- L'utilisation des gravillons recyclés pour les bétons précontraints est elle aussi proscrite (sauf en Suisse), ce qui semble tout à fait justifié eu égard à cette technique de construction, et ce constat fait l'objet d'un consensus international.
- La variabilité de la ressource peut être prise en compte par l'augmentation des fréquences de contrôle (cas de la Norvège). On notera que la position assez prudentielle prise dans la norme NF EN 206/CN est assez cohérente avec ce qui se pratique en Norvège, même si tous les pays n'ont pas mis en œuvre de contrôle plus serrés.
- D'un point de vue structurel, la validité des paramètres comme le module élastique, le coefficient de retrait ou de fluage peut être affecté pour des bétons recyclés. La position que l'on retrouve dans les pays qui ont pris en compte ce point s'effectue par l'introduction de coefficients de pondération (cas de la Suisse, de l'Espagne).
- Enfin, certains pays comme l'Allemagne proposent de nouvelles méthodes d'essais lorsque celles utilisées classiquement pour les granulats ne semblent pas appropriées. C'est typiquement le cas pour l'absorption d'eau. Les Allemands s'intéressent à la valeur d'absorption mesurée à 10 minutes et non à 24 heures. Le cas des sulfates solubles a aussi amené les pays comme le Royaume-Uni et l'Allemagne à choisir la méthode basée sur leur détermination dans l'acide et non dans l'eau.

D'un point de vue socio-économique, une étude menée en Australie s'est intéressée aux raisons pour lesquelles le développement d'une filière de recyclage pouvait être un frein. Au-delà des aspects techniques (retours d'expériences probants), on retiendra que ces freins sont liés aux investissements initiaux importants demandés.

Enfin, n'oublions pas les **aspects environnementaux** qui ont amené un certain nombre de pays (Autriche, Allemagne, Pays-Bas) à définir des seuils de relargage de substances polluantes (métaux lourds entre autres).

Les travaux de la tranche 3 devraient s'attacher à confronter les points bloquants en France (déjà répertoriés en tranche 1) aux solutions mises en place et éprouvées à l'étranger. Ceci afin d'identifier quelques orientations permettant de lever les freins relevés en France.

ANNEXE 1 : LISTE DES TEXTES INTERNATIONAUX AYANT FAIT OU DEVANT FAIRE L'OBJET D'UNE ANALYSE

Allemagne

DEutscher Ausschuss für Stahlbeton
DIN 4226-100
DE_rec_aggr200906

Autriche

B 3140
Référentiel Autrichien sur les matériaux de construction recyclés – Usages routiers - Directive verte
Référentiel Autrichien sur les matériaux recyclés issus de la construction des bâtiments - Directive rouge

Suisse

670102b-2010
Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux
MB SIA 2030
Decisions on recycling
Revision SN 670116 20.11.2010
Suisse - CPI Artikel - summary Swiss regulations
Suisse (D) Merkblatt 2030_2010_d
Suisse (F) Cahier technique_2030_f
VSS-09-Recycl-GK-JGH
directive_-_dechets_de_chantier_-_2002
etat.geneve.ch_Recyclage_matériaux_construction_version_juin_2006.pdf
Rapport_valorisation_materiaux
SIA262 & SIA262/1

Belgique

Norme belge sur granulats recyclés - PTV406F
RCA_in_Belgium_JVR_23.03.2011
TRA_550_v2.3_F"

Espagne

DRAFT OF SPANISH REGULATIONS FOR THE USE OF RECYCLED
Espagne - mixed recycled aggregates

Nouvelle-Zélande

CCANZ Tech Report - Recycled Aggregates in New Concrete

Russie

GOST 6133-99
GOST 9758-86
GOST 11024-84
GOST 12504-80
GOST 13015-2003
GOST 19010-82
GOST 25137-82

Australie

Australie & Japon - concrete recycling in Australia and Japan
HB 155-2002 Guide to the use of recycled concrete and masonry materials

Brésil

Enquête nationale auprès des installations sanitaires
Brésil tableau 084
Brésil tableau 099

Brésil tableau 100
Brésil - normalisation granulats recyclés
Brésil - législation Brésil déchets démolition
Brésil - textes législatifs
Brésil - article normalisation - granulats recyclés
Différentes lois avec liens"

USA

USA ASTM C33-13
ACI - fE1-99
ACI- E1-07
ACI 555R-01
Crushed Concrete Substitution for Construction Aggregates c1177
CEAT COE Report 34
CCA study final report 9-07
USA Cal Trans 2010 standard specifications
USA RCA report
MDOT_Research_Report_RC1544_368544_7

Canada

Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises
Guide d'information sur le recyclage des matériaux secs
Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte Issus des travaux de construction et de démolition Et des résidus du secteur de la pierre de taille
Les résidus de construction, de rénovation et de démolition
Répertoire de la documentation de référence se rapportant à la gestion des matières résiduelles industrielles et des débris de construction ou de démolition (avec encadrement règlementaire et technique)
Profil de la gestion des débris de construction, rénovation et démolition (CRD) au Québec

Québec

NQ 2560 600-2002
BNQ 2621 905-2012
BNQ12620_41563
GUIDE 509 - Québec
Ministère du Développement Durable du Québec - Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte issus des travaux de construction et de démolition et des résidus du secteur de la pierre de taille

Pays-Bas

NL regulations recycled aggregates in concrete - oct 2010
NEN 8005:2008
NEN 8005:2008/A1:2011
NEN 5905:2005
NEN 5905:2005/A1:2008"

UK

Quality Protocol - End of Waste Criteria for the production of aggregates from inert waste
UK Quality Protocol - projet traduction fr
BS 8500-2 2002 AMD 1 - Annex B
BS 8500-2 2006
BS EN 12620 2002 -A1 2008
PD 6682-1 – Guidance on the use of BS EN 12620
Royaume Uni – RCA summary
Ecosse - synthèse ETUDE WRAP_UNIV DUNDEE

ISO

International - review of waste recycling
ISO 22965-1
ISO 22965-2

Mixing recycled aggregates

Commission Européenne

CE_Construction- Best Environmental Management Practice
Europe - JRC - End of waste criteria final report
Europe - JRC- background report End of Waste
CEN-TC104_N0758_Survey_of_national_provisions_for_EN_206-1

Japon

jis_a_05308_000_000_2009_e_ed10_i4
jis_a_05308_000_000_2009_am_1_2011_e_ed10_i4
Development of a sustainable concrete waste recycling system
JIS 5021
JIS 5022
JIS 5023
Application of conventionnally recycled coarse
Development of a sustainable concrete waste recycling system
Durability_recycled_concrete_JACT
Improving the quality of recycled fine aggregate
Construction material recycling act
Concrete recycling in Australia and Japan

Chine

Chine - recycling & reuse of recycl aggregate in china II
Chine - recycling& reyse of recycleg aggregate in China
Hong-Kong - crushed aggr production in hong kong
Chine - page 2 matériaux recyclés
Granulats Chine 2008
Chine synthèse spécifications (pdf & pptx)
GB/T 25176-2010 ""Recycled fine aggregate for concrete and mortar""
GB/T 25177-2010 ""Recycled coarse aggregate for concrete""
GB/T 14902/2012 ""Ready-mixed concrete""
JGJ/T 240-2011 ""Technical specification for application of recycled aggregate""

RILEM

Rapport RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures

Luxembourg

EN206-1_DNA_EN206_06 - Document National d'Application luxembourgeois de l'EN 206-1: 2000

Italie

UNI 8520-1
UNI 8520-2
Recycled aggregates - Italy

Norvège

NB Publikasjon nr. 26 (Spécifications NB 26)
Recycled Aggregates Norway

Danemark

DS 2426:2011 & DS 2426:2013
Danemark spécifications sur les recyclés

Suède

Recycled aggregates in Sweden
Guide 'BA 99' sur l'utilisation de matériaux recyclés issus de la déconstruction

fib

Code Modèle fib

ANNEXE 2 – MODÈLE DE FICHE DE SYNTHÈSE POUR LES DOCUMENTS INTERNATIONAUX

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage"



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT - # # #

- Nom et prénom de l'auteur

Titre du document

Pays émetteur

- Numéro d'identification (par ex. PTV 406)

- Titre dans la langue d'origine

Langue d'origine

- Titre en français (si possible)

Nature du document

Norme

Texte
réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

**Date version en vigueur / année
de publication**

Editeur dans le pays d'origine

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

ANNEXE 3 – ETAT DES FICHES DE SYNTHÈSE DES TEXTES INTERNATIONAUX REÇUES

TYPE DE DOCUMENT	PAYS	NOM DU DOCUMENT	FICHE
Texte réglementaire	Belgique	PTV406 - Granulats recyclés - Granulats de débris de béton, de débris mixtes, de débris de maçonnerie et de débris asphaltiques - Pierres concassées et graves - Granulats pour béton, MTLH et GNT	INT-001
Norme	Suisse	SIA 2030 - Béton de recyclage	INT-002
Texte réglementaire	Belgique	TRA 550 - Règlement d'application BENOR BETON TRA 550	INT-003
Norme	ISO	ISO 22965-2 - Béton - Partie 2 : spécification des matériaux constitutifs, de la production du béton et de la conformité du béton	INT-004
Publication technique	Pays-Bas	Examen de la technologie viable pour le recyclage des déchets de construction	INT-005
Norme	Chine	<ul style="list-style-type: none"> - GB/T 25176-2010 - Granulats recyclés fins pour bétons et mortiers - GB/T 25177-2010 - Granulats recyclés grossiers pour bétons - JGJ/T 240-2011 - Spécifications techniques pour l'usage des granulats recyclés - GB/T 14902-2012 - Béton prêt à l'emploi 	INT-006
Norme	Japon	<ul style="list-style-type: none"> - JIS A 5021 :2011 - Granulats recyclés de classe H pour bétons - JIS A 5022 :2012 - Béton contenant des granulats recyclés de classe M - JIS A 5023 :2012 - Béton contenant des granulats recyclés de classe L - JIS A 5308 :2014 - Béton prêt à l'emploi 	INT-007
Publication technique	Commission européenne (JRC)	Critères de fin de déchets – rapport final	INT-008
Rapport technique	CEN/TC104	CEN-TC104_N0758 - Enquête sur les dispositions nationales pour l'EN206-1	INT-009
Recommandations	Nouvelle-Zélande	Règles de bonne pratique pour l'utilisation de granulats recyclés dans les bétons	INT-010
Article	Espagne	Projet de règles Espagnoles pour l'usage de granulats recyclés dans les bétons de structures	INT-011
Texte réglementaire	Russie	Recommandations pour le traitement et l'utilisation des déchets de bétons	INT-012
Rapport technique	USA	ACI Education Bulletin E1-07 - Aggregates for Concrete	INT-013
Rapport technique	USA	ACI Education Bulletin E1-99 - Aggregates for Concrete	INT-014
Actes de conférence	RILEM	Conférence internationale RILEM sur l'utilisation des matériaux recyclés dans les	INT-015

TYPE DE DOCUMENT	PAYS	NOM DU DOCUMENT	FICHE
		bâtiments et les structures – 8-11 novembre 2004	
Guide	Canada	Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte Issus des travaux de construction et de démolition et des résidus du secteur de la pierre de taille	INT-016
Guide	Canada	Guide d'information sur le recyclage des matériaux secs	INT-017
Norme	Luxembourg	Document combiné béton constitué de la norme EN 206-1 : BETON modifiée et complétée par le Document National d'Application Luxembourgeois de l'EN 206-1: 2000	INT-018
Norme	Danemark	DS 2426/2011 - Béton – Matériau Guide d'application de la nouvelle norme béton EN 206-1 au Danemark	INT-019
Norme	Italie	1) UNI 8520-1 – Granulats pour béton – Instructions complémentaires pour l'application de la norme EN 12620 – Partie 1 : Désignation et critères de conformité 2) UNI 8520 – 2 – Granulats pour béton – Instructions complémentaires pour l'application de la norme EN 12620 – Exigences	INT-020
Dispositions complémentaires aux normes	Norvège	Recyclage des matériaux du béton et de la maçonnerie pour la production de béton – Publication n°26	INT-021
Norme	Québec	NQ 2560-600 : Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – classification et caractéristiques	INT-022
Guide	Australie	HB 155-2002 : Guide pour l'utilisation des matériaux de béton et briques recyclés	INT-023
Article	Australie	Comparaison de la mise en place du recyclage du béton dans les industries de construction australienne et japonaise	INT-024
Article	Brésil	Normalisation des granulats recyclés au Brésil	INT-025
Norme	Etats-Unis	ASTM C33-13 : Norme de spécifications pour les granulats de béton	INT-026
Texte réglementaire	Belgique	PTV406_2012 - Granulats recyclés - Granulats de débris de béton, de débris mixtes, de débris de maçonnerie et de débris asphaltiques - Pierres concassées et graves - Granulats pour béton, MTLH et GNT	INT-027
Norme	Autriche	ÖNORM B 3140 : Granulats recyclées dans le génie civil	INT-028
Recommandations professionnelles	Autriche	IND- 2007 0385 A : Directive sur les matériaux de construction recyclés - Réutilisation / valorisation des masses minérales de débris de construction traités aux liants hydrauliques ou bitumineux et non traités - Directive verte	INT-029

TYPE DE DOCUMENT	PAYS	NOM DU DOCUMENT	FICHE
Norme	Allemagne	DIN 4226-100 : Granulats pour béton et mortier - Partie 100 : Recyclés	<u>INT-030</u>
Recommandations professionnelles	Allemagne	Spécifications allemandes pour le béton armé - Document guide pour l'utilisation de recyclés dans les bétons conformes à la DIN EN 206-1 et DIN 1045-2	<u>INT-031</u>
Recommandations professionnelles	Autriche	IND-2007 0653 A : Directive relative aux matériaux de construction recyclés provenant des matières résiduelles de bâtiments – Directive rouge	<u>INT-032</u>
Norme	Royaume-Uni	BS 8500-2 : Béton – Complément à la norme BS EN 206-1	<u>INT-033</u>
Guide	Royaume-Uni	PD 6682-1 : Granulats – Part 1 : Granulats pour béton – Guide pour l'utilisation de la norme BS EN 12620	<u>INT-034</u>
Guide	Angleterre, Pays-de-Galles, Irlande du Nord	PROTOCOLE DE QUALITÉ WRAP - Granulats issus de déchets inertes - Critères de fin du statut de déchet pour la production de granulats à partir de déchets inertes –2006	<u>INT-035</u>
Guide	Royaume-Uni	PROTOCOLE DE QUALITÉ WRAP - Granulats issus de déchets inertes - Critères de fin du statut de déchet pour la production de granulats à partir de déchets inertes –2013	<u>INT-036</u>
Norme	Pays-Bas	NEN 5905 +A1 : Supplément néerlandais à la norme NEN-EN 12620 « Granulats pour béton » et son amendement	<u>INT-037</u>
Norme	Pays-Bas	NEN 8005 : Supplément néerlandais à la norme NEN-EN 206-1 : Béton - Partie 1 : Spécification, propriétés, fabrication et conformité	<u>INT-038</u>
Guide	Pays-Bas	Recommandations CUR 112 – bétons fabriqués avec des gravillons de béton recyclé	<u>INT-038</u>
Guide	USA	Rapport technique ACI N°555R-01	<u>INT-039</u>
Guide	Suède	Guide 'BA 99' sur l'utilisation de matériaux de construction recyclés	<u>INT-040</u>

ANNEXE 4 – FICHES DE SYNTHÈSE DES TEXTES INTERNATIONAUX

**PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "**



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-001

- François Leroy

Titre du document

- PTV 406

- *Granulats recyclés - Granulats de débris de béton, de débris mixtes, de débris de maçonnerie et de débris asphaltiques - Pierres concassées et graves - Granulats pour béton, MTLH et GNT*

- *Granulats recyclés - Granulats de débris de béton, de débris mixtes, de débris de maçonnerie et de débris asphaltiques - Pierres concassées et graves - Granulats pour béton, MTLH et GNT*

Pays émetteur

Belgique

Langue d'origine

Français

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Directive

Date version en vigueur / année de publication

14/10/2003

Editeur dans le pays d'origine

COPRO

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

**Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)**

Tout le texte concerne les granulats recyclés

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Ce texte spécifie les granulats recyclés à destination du béton (idem champs d'application de l'EN 12620) et des MTLH et GNT (idem champs d'application de l'EN 13242).

Même si ce texte est antérieur aux versions 2008 des EN 12620 et EN 13242, il reste, dans l'ensemble, compatible avec ces derniers.

Pas de restriction d'usage notable de par les spécifications indiquées. Toutes les catégories européennes sont citées y compris pour les sulfates solubles dans l'eau et dans l'acide.

Les compositions des granulats recyclés font l'objet d'un tableau spécifique particulier (voir ci-dessous):

TABLEAU DE SPECIFICATION DE LA COMPOSITION DES GRANULATS RECYCLES

Composition	Sorte de granulats de débris				
	Concassé de débris de béton	Concassé de débris mixtes	Concassé de débris de maçonnerie	Concassé de débris asphaltique	Concassé de débris de béton/asphalte
Teneur en débris de béton et matériaux pierreux (c-à-d. débris de béton, granulats liés au mortier, pierres naturelles, pierres concassées, gravier, ...) déterminée selon l'annexe A (% masse)	> 90	> 40	< 40	< 30	> 55
Teneur en débris de maçonnerie (c-à-d. briques, mortier, tuiles en terre cuite, sable-ciment, buse en grès, briques en silico-calcaire, ...) déterminée selon l'annexe A (% masse)	< 10	> 10	> 60	-	< 10
Teneur en autres matériaux pierreux (c-à-d. carrelages, ardoises, plinthes, scories, béton cellulaire, argile expansée, céramique, coquillages, ...) déterminée selon l'annexe A (% masse)	< 5	-	-	-	< 5
Mélanges hydrocarbonés (c-à-d. revêtements hydrocarbonés, asphalte coulé, ...) déterminée selon l'annexe A (% masse)	< 5	< 5	< 5	> 70	< 30
Teneur en matériaux non pierreux (c-à-d. gypse, caoutchouc, plastique, isolation, verre, métaux, chaux, plâtre, bitume, roofing, ...) déterminée selon l'annexe A (% masse)	≤ 0,5	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
Teneur en matières organiques (c-à-d. bois, restes de plantes, papier, panneau de fibres, liège...) déterminée selon l'annexe A (% masse)	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5

Tableau 1 : Composition des granulats recyclés

Les granulats ne peuvent contenir d'éléments dont la nature, la forme, la dimension et la teneur peuvent être nuisibles à l'usage, tel que : grumeaux d'argile, charbon, lignite, coques, matières végétales, sels nuisibles solubles ou insolubles, schistes noir charbonneux, briques réfractaires, etc...

En outre, les granulats ne peuvent pas contenir d'éléments interdits par la législation en vigueur, comme par exemple l'amiante-ciment.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-002

- François Leroy

Titre du document

Pays émetteur

- SIA 2030

Suisse

- Béton de recyclage

Langue d'origine

- idem

Français

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Directive

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

Jun 2010 - 1er tirage

Société Suisse des ingénieurs et architectes

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

A voir particulièrement chapitres 0.1(Délimitation), 2.1.3 et 5.1(Matériaux)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Norme compatible avec l'EN 12620 +A1:2008. Voir page suivante pour les 2 tableaux principaux de spécification.

Il est à noter qu'un granulats naturel ($R_u \geq 75\%$) peut contenir jusqu'à 25 % de Rc, 5 % de Rb, 1 % de Ra, 0.3 % de X + Rg et avec $FL \leq 2 \text{ cm}^3/\text{kg}$.

Les spécifications semblent s'appliquer plutôt pour les gravillons (cf 0.0.1) néanmoins le 5.3, relatif aux sables recyclés, est pour le moins contradictoire avec le chapitre 0.0.1.

En conclusion, texte pragmatique et intéressant qui donne également des coefficients de passage entre béton de granulats naturels et béton de granulats recyclés sur le module d'élasticité, la dilatation thermique, le fluage et le retrait.

SPECIFICATIONS PRINCIPALES DU SIA 2030 DE JUIN 2010

Tableau 2: Exigences de qualité pour les granulats de béton selon SN EN 206-1

Désignation du béton	Désignation du granulat	Granulats selon SN EN 12620 ¹⁾				Eléments étrangers ²⁾	
		R _u et granulat naturel	R _c	R _b	R _a	X + R _g	FL
C./.. ³⁾	Granulat naturel	≥ 75 M.-%	< 25 M.-%	≤ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg
C./.. ³⁾	Granulat de béton ⁴⁾	< 75 M.-%	≥ 25 M.-%	≤ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg
C./.. ³⁾	Granulat de gravats mixtes ⁴⁾	< 95 M.-%		≥ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg

¹⁾ Part massique par comptage des grains ≥ 4 mm selon la norme SN EN 933-11.

Si des teneurs plus élevées en R_c, R_c et R_u, respectivement R_b sont exigées, elles doivent être définies selon les catégories de la norme SN EN 12620, tableau 20, voir chiffre 2.2.4.

²⁾ Pour des exécutions particulières exigeant une haute qualité de surface (p.ex. béton apparent), la catégorie FL_{0,2}- s'applique (≤ 0.2cm³/kg).

³⁾ Béton selon SN EN 206-1, p.ex. C25/30.

⁴⁾ Pour le granulat des bétons de recyclage RC-C et RC-M, il faut respecter: R_c + R_b ≥ 25 pour cent masse.
M.-%: pour cent masse

Le béton de recyclage RC-M avec une teneur de 5 à 25 pour cent masse R_b peut être utilisé pour les classes d'exposition XC1(CH), XC2(CH) et XC3(CH), voir tableau 1.

Tableau 1: Champs d'utilisation du béton de recyclage

Béton de recyclage		Classe d'exposition				
	Teneurs	X0(CH)	XC1(CH) sec	XC1(CH) humide, XC2(CH), XC3(CH)	XC4(CH)	XD(CH), XF(CH), XA1-3(CH)
RC-C	R _c ≥ 25 M.-% R _b < 5 M.-%	admis				Ⓢ
RC-M	5 M.-% ≤ R _b ≤ 25 M.-% et R _c + R _b ≥ 25 M.-%	admis			Ⓢ	non admis
	R _b > 25 M.-%	admis	Ⓢ	Ⓢ		

Ⓢ admis après des essais préliminaires correspondants

M.-%: pour cent masse

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-003

- François Leroy

Titre du document

Pays émetteur

- TRA 550

Belgique

- Règlement d'application BENOR BETON TRA 550

Langue d'origine

- idem

FR

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Directive

Date version en vigueur / année de publication

10/11/2011

Editeur dans le pays d'origine

CRIC-OCCN

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

Annexe 16

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Texte assez restrictif pour l'utilisation des granulats recyclés dans le béton:

- les granulats recyclés doivent être conformes aux spécifications du PTV 406 et disposer d'une certification BENOR;
- seuls les concassés de débris de béton peuvent être utilisés (soit Rcu > 90 %);
- seuls 20 % des gravillons (en masse) peuvent être remplacés par des gravillons recyclés;
- Cela concerne les bétons de classe de résistance C 8/10, C12/15 et C16/20 et pour les classes d'environnement X0 et XC1 (environnement sec seulement).

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-004

- S. Fonteny

Titre du document

Pays émetteur

- ISO 22965-2

ISO

- Concrete — Part 2: Specification of constituent materials, production of concrete and compliance of concrete

Langue d'origine

- Béton - Partie 2 : spécification des matériaux constitutifs, de la production du béton et de la conformité du béton

EN

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

Avril 2007

ISO

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser : *Adjuvants et eau de gâchage*

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Pas de texte spécifique sur les granulats recyclés mais une mention concernant les granulats issus des boues de lavage et de béton frais + un texte en annexe B-§2 sur l'exigence d'une même origine géologique pour pouvoir afficher une origine similaire des granulats.

Aggregate recovered from wash water or fresh concrete may be used as aggregate for concrete.

Unless otherwise permitted by the national annex, undivided recovered aggregate shall not be added in quantities greater than 5 % of the total aggregate. Where the quantities of the recovered aggregates are greater than 5 % of the total aggregate, they shall be of the same

type as the primary aggregate and shall be divided into separate coarse and fine fractions and shall conform to the aggregate specification.

Annex B - §B2 :

To be demonstrably similar, aggregates should be from the same geological origin, be of the same type, e.g. crushed, and have a similar performance in concrete.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-005

- S. Fonteny

Titre du document

-

- *A review on the viable technology for construction waste recycling*

- *Examen de la technologie viable pour le recyclage des déchets de construction*

Pays émetteur

Pays-Bas

Langue d'origine

Anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Publication technique

Date version en vigueur / année de publication

18/01/2006

Editeur dans le pays d'origine

Elsevier

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

§4.3 :

The most usual way to recycle concrete rubble is categorized as bound (natural aggregate replacement in new concrete) and unbound (road base, trench, etc.). Although unbound use is consuming most of the volumes of more than 90 %, recent papers have documented acceptable concrete qualities with aggregate replacement up to 30 % in new concrete (Coventry, 1999; Hendriks and Pietersen, 2000; Masters, 2001). Table 4 shows the examples of reusable concrete waste (Kawano, 1995).

Table 4

Reuse of demolished concrete (Kawano, 1995)

Demolished member	Man-made reef, paving stone
Broken into 200–400 mm	Protection of levee
Crushed (–50 mm)	Sub-base, backfilling, foundation materials
Crushed and worn (–40 mm)	Concrete and asphalt concrete aggregate sub-base material, backfilling material
Powder (by-product through crushing)	Filler for asphalt concrete, soil stabilization materials

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-006

- E. Ollinger

Titre du document	Pays émetteur
- GB/T 25176-2010 混凝土和砂浆用再生细骨料 Granulats recyclés fins pour bétons et mortiers	Chine
- GB/T 25177-2010 混凝土用再生粗骨料 Granulats recyclés grossiers pour bétons	Langue d'origine Chinois
- JGJ/T 240-2011 再生骨料应用技术规程 Spécifications techniques pour l'usage des granulats recyclés	
- GB/T 14902-2012 预拌混凝土 Béton prêt à l'emploi	

Nature du document

- Norme
 Texte réglementaire
 Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

Cf titres ci-dessus

Editeur dans le pays d'origine

CNIS (China National Institute of Standardization)

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats
 Addition
 Ciment
 Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage
 Réglementaire recyclage
 Développement durable
 Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Les trois premiers textes sont entièrement dédiés aux granulats recyclés et aux bétons qui en contiennent. La norme béton GB/T 14902-2012 ouvre à l'utilisation de granulats recyclés et renvoie au document JGJ/T 240-2011 pour les modalités.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

I. Exigences sur les granulats de béton recyclé

La norme GB/T 25177 définit les exigences sur les « granulats grossiers » (> 4,75 mm), la norme GB/T 25176 celles sur les « granulats fins » (< 4,75 mm).

a. Granulats grossiers

Trois classes de granulats grossiers sont définies, par ordre décroissant de qualité : I, II, III.

	Classe I	Classe II	Classe III
Teneur en fines (% massique)	< 1,0	< 2,0	< 3,0
Boulettes d'argile (% massique)	< 0,5	< 0,7	< 1,0
Absorption d'eau (%)	< 3,0	< 5,0	< 8,0
Particules aplaties (% massique)	< 10		
Substances organiques	A qualifier		
Sulfates et sulfures (% basé sur masse de SO ₃)	< 2,0		
Chlorures (% basé sur masse d'ions chlorure)	< 0,06		
Impuretés (% massique)	< 1,0		
Perte de masse dans l'essai au sulfate de sodium avec 5 circulations (%)	< 5	< 10	< 15
Indice de concassage (%)	< 12	< 20	< 30
Densité (kg/m ³)	> 2450	> 2350	> 2250
Pourcentage de vides (%)	< 47	< 50	< 53
Alcali-réaction (% d'expansion)	< 0,10		

b. Granulats fins

Trois classes de granulats fins sont définies, par ordre décroissant de qualité : I, II, III.

	Classe I	Classe II	Classe III
Teneur en fines (% massique)			
- MB < 1,40 ou qualifié	< 5,0	< 7,0	< 10,0
- MB > 1,40 ou non qualifié	< 1,0	< 3,0	< 5,0
Boulettes d'argile (% massique)	< 1,0	< 2,0	< 3,0
Teneur en mica (% massique)	< 2,0		
Teneur en matériaux légers (% massique)	< 1,0		
Substances organiques	A qualifier		
Sulfates et sulfures (% basé sur masse de SO ₃)	< 2,0		
Chlorures (% basé sur masse d'ions chlorure)	< 0,06		

Perte de masse dans l'essai au sulfate de sodium avec 5 circulations (%)	< 8	< 10	< 12
Indice de concassage (%)	< 20	< 25	< 30
Densité (kg/m ³)	> 2450	> 2350	> 2250
Densité apparente (kg/m ³)	> 1350	> 1300	> 1200
Pourcentage de vides (%)	< 46	< 48	< 52
Alcali-réaction (% d'expansion)	< 0,10		

Des exigences supplémentaires sont définies en cas d'utilisation dans les mortiers.

II. Utilisation dans les bétons (JGJ/T 240)

L'usage des granulats recyclés est interdit en béton précontraint.

Les granulats grossiers de type III ne peuvent être utilisés qu'en-dessous de C25, et sont interdits pour les bétons devant résister au gel.

Les granulats grossiers de type II ne peuvent être utilisés qu'en-dessous de C40.

Aucune limite de résistance n'est fixée pour l'utilisation des granulats grossiers de type I.

Les règles sur les taux de substitution sont les suivantes :

- En l'absence de données techniques (sic), le taux de substitution est limité à 50 % pour les granulats grossiers comme pour les granulats fins.
- Le taux de substitution par des granulats grossiers de type I n'est pas limité.
- L'usage de granulats recyclés de type III implique de ne pas utiliser de granulats fins recyclés.
- Lorsque le taux de granulats grossiers de type II ou III dépasse 30 %, ou lorsque des granulats fins recyclés sont utilisés, les règles usuelles d'écart-type sur la résistance sont modifiées.

Pour le calcul, la loi de variation du module élastique en fonction de la classe de résistance est modifiée par rapport aux règles communes en Chine (GB 50010) lorsque des granulats de type II ou III sont utilisés :

Classe de résistance	C15	C20	C25	C30	C35	C40
Module élastique (10 ⁴ N/mm ²)	1,83	2,08	2,27	2,42	2,53	2,63

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-007

- E. Ollinger

Titre du document	Pays émetteur
- JIS A 5021 :2011 コンクリート用再生骨材H Granulats recyclés de classe H pour bétons	Japon
- JIS A 5022 :2012 再生骨材Mを用いたコンクリート Béton contenant des granulats recyclés de classe M	Langue d'origine
- JIS A 5023 :2012 再生骨材Lを用いたコンクリート Béton contenant des granulats recyclés de classe L	
- JIS A 5308 :2014 レディーミクストコンクリート Béton prêt à l'emploi	

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
--	--------------------------------

Cf titres ci-dessus JSA (Japanese Standards Association)

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) Préciser :	- Domaine d'application : <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) Préciser :
---	--

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Les trois premiers textes sont entièrement dédiés aux granulats recyclés et aux bétons qui en contiennent. La norme JIS A 5308 :2014 relative aux bétons « classiques » ouvre aux granulats de type H dans certaines conditions (cf ci-dessous).

III. Typologie des bétons

On distingue trois types de bétons :

- **Béton "classique" conforme à la norme JIS A 5308**, équivalent de notre norme NF EN 206/CN: cette norme autorise l'emploi de granulats recyclés de type H pour les bétons dits courants (18 à 45 MPa) et pour les bétons de chaussée.
- **Béton contenant des granulats recyclés de type M conforme à la norme JIS A 5022** : cette norme autorise l'emploi de granulats de type M, jusqu'à 100 % de taux de substitution, pourvu que cet emploi concerne les granulats grossiers ou les granulats fins¹ mais pas les deux à la fois. Le "*background document*" de la norme indique que ce béton est plutôt destiné à des pieux, des semelles de fondation ou du remplissage de tubes métalliques. La résistance peut aller de 18 à 36 MPa.
- **Béton contenant des granulats recyclés de type L conforme à la norme JIS A 5023** : cette norme autorise l'emploi de granulats de type L, jusqu'à 100 % de taux de substitution, pourvu que cet emploi concerne les granulats grossiers ou les granulats fins mais pas les deux à la fois. Le "*background document*" de la norme indique que ce béton a été développé suite à la suppression de la classe de résistance 16 MPa dans la norme JIS A 5308, notamment pour les bétons de propreté. La résistance peut aller de 16 à 24 MPa.

Chacune de ces trois normes distingue des sous-types de béton (par ex. pour le béton contenant des granulats recyclés de type M, on distingue les bétons courants et les bétons résistants au gel) et comprend un tableau des combinaisons résistance/slump/Dmax admissibles.

Ces normes diffèrent également par les marges d'erreur autorisées lors des essais (par exemple pour le slump) et par les fréquences des essais (par exemple pour la résistance à la compression).

IV. Typologie des granulats de béton recyclé

a. Propriétés physiques

Les critères de densité et d'absorption d'eau sont les critères discriminants entre type H, M et L : ils sont très exigeants pour les granulats de type H. Les autres types de granulats ont été créés pour des raisons de développement durable (éviter de dépenser une trop grande quantité d'énergie pour leur production).

	H grossier	H fin	M grossier	M fin	L grossier	L fin
Densité sèche mini (g/cm ³)	2,5	2,5	2,3	2,2	-	-
Absorption d'eau maxi (%)	3	3,5	5	7	7	13
Passant à 75 µm maxi (%)	1	7	2	8	3	10
Perte par abrasion (LA) maxi (%) pour utilisation en chaussée	35	-	-	-	-	-

¹ **Notion de granulats grossiers et fins dans les normes japonaises :**

Par granulats grossiers, on entend : au moins 85 % > 5 mm

Par granulats fins, on entend : 100% < 10 mm, au moins 85% < 5 mm

Ratio densité apparente/densité sèche (%) mini	55	53	55	53	-	-
--	----	----	----	----	---	---

b. Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques suivantes doivent être vérifiées pour chacun des types H, M, L :

- L'ensemble des granulats est caractérisé vis-à-vis de l'alcali-réaction par méthode chimique ou par essai d'expansion accélérée sur barre de mortier, et doit être classé A (sans risque).
- Le taux de chlorures solubles dans l'acide (méthode d'essai en 5.5 de la norme JIS A 5002) ne doit pas excéder 0,04 %.

c. Taux d'impuretés

Les impuretés ne doivent pas dépasser les pourcentages massiques suivants :

	H ou M	L
A (tuile, brique, céramique, béton bitumineux)	1,0	2,0
B (verre)	0,5	0,5
C (plâtre)	0,1	0,1
D (inorganique autre)	0,5	0,5
E (plastique)	0,2	0,5
F (bois, bambou, tissu, papier, asphalte)	0,1	0,1
G (métaux : hors alu et zinc sauf pour L)	1,0	1,0
TOTAL	2,0	3,0

d. Exigences sur le béton d'origine, conditions de fabrication et de stockage

La plupart des exigences sur le béton d'origine sont communes aux trois types H, M et L et sont de bon sens. Il convient ainsi d'éviter de partir d'un béton ayant l'une des caractéristiques suivantes :

- Signes d'alcali-réaction ou d'autre pathologie liée aux granulats
- Teneur en chlorures élevée
- Taux d'impuretés élevé
- Béton non durci
- Pollution chimique.

L'usage de l'eau de mer comme eau de lavage est interdit, et le stockage doit éviter tout mélange avec d'autres types de granulats.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-008

- S. Fonteny

Titre du document

- Pas de n°

- *End of waste criteria - final report*

- *Critères de fin de déchets – rapport final*

Pays émetteur

Commission européenne

Langue d'origine

EN

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : publication technique

Date version en vigueur / année de publication

2008

Editeur dans le pays d'origine

Office for Official Publications of the European Communities

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser : laitiers, cendres volantes

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

§3.3.4.1 – synthèse des informations pour la sortie de déchet des granulats recyclés issus de la déconstruction
 Le document renvoie aux spécifications des normes et aux réglementations nationales dans le tableau du §

Product application	Recycled aggregates must comply with national regulations and standards applicable to the use of aggregates as construction materials.	Recycled aggregates should fulfil all the legislation related to aggregates, technical requirements associated with specific uses, and legislation for construction materials applicable to aggregates.	Once the material ceases to be waste, all the product legislation applies to guarantee a safe use.
----------------------------	---	--	---

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés *(compléter sur une feuille si nécessaire)*

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-009

- S. Fonteny

Titre du document

- CEN-TC104_N0758

- Survey_of_national_provisions_for_EN_206-1

- Enquête sur les dispositions nationales pour l'EN206-1

Pays émetteur

CEN/TC104

Langue d'origine

EN

Nature du document

- Norme
 Texte réglementaire
 Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Rapport technique

Date version en vigueur / année de publication

2007

Editeur dans le pays d'origine

DIN

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats
 Addition
 Ciment
 Béton

Autre (à préciser)

Préciser : cendres, fumées de silice

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage
 Réglementaire recyclage
 Développement durable
 Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

Le tableau 3.3 reprend les normes et dispositions particulières des pays membres du CEN. Le tableau est un catalogue dans lequel puiser les documents intéressants. A noter que pour la France, il manque la référence à la norme XP P18-545.

Table 3.3 — National aggregates - including recycled aggregates - standards		
CEN Member Countries	Reference and title	Due to be replaced by an EN/ETA
Austria	EN 13139: Aggregates for mortar: F1 < 4mm	
Belgium	None	
Czech Republic	No provisions	
Denmark	Recycled aggregates are allowed and the requirements are described in DS 2426 (see Table 1)	A future version of EN 12620
Finland	Blast furnace slag and ferrochrome slag as artificial aggregates are covered by Table 1 and by Betonikiviainekset (Concrete aggregates), Finnish Concrete Association, Guidance document under revision	Yes No
France	None	
Germany	DIN 4226-100: Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel - Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen (Aggregates for concrete and mortar - Part 100: Recycled aggregates) NOTE Application of recycled aggregates is specified in a separate guideline of the DAfStb based on DIN 1045-2 and DIN EN 206-1 DIN V 20000-103: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 103: Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620: 2003-04 (Use of building products in construction works - Part 103: Aggregates according to DIN EN 12620: 2003-04) NOTE This standard contains mainly the specifications for the national application of aggregates; e. g. selection of classes given in DIN EN 12620 DIN V 20000-104: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 104: Leichte Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1: 2002-08 (Use of building products in construction works - Part 104: Lightweight aggregates according to DIN EN 13055-1: 2002-08) NOTE This standard contains specification for the national application of light weight aggregates Hüttenbims nach DIN 4301 (Porous blast furnace slag)	Amendments to EN 12620 to incorporate clauses for recycled aggregates are under preparation No (will be part of DIN 1045-2 in the future) No (will be part of DIN 1045-2 in the future) No
Ireland	None	
Italy	UNI 8520-1: Aggregati per calcestruzzo - Designazione e criteri di conformità Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - 2002 UNI 8520 - 2: Aggregati per calcestruzzo - Requisiti Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620: 2002	[Texts are being published]
Luxembourg	CDC-GRA: Cahier des charges granulats et sables (CDC-GRA: Specifications for aggregates and sands)	
Netherlands	NEN 3543: 2005 Nederlandse aanvulling op NEN-EN 13055-1: Lichte toeslagmaterialen - Lichte toeslagmaterialen voor beton, mortel en injectiemortel (Dutch supplement to NEN-EN 13055-1: Lightweight aggregates - Lightweight aggregates for concrete, mortar and grout)	

	<p>NEN 3833: 2005 Nederlandse aanvulling op NEN-EN 13139: Toeslagmaterialen voor mortel (Dutch supplement to NEN-EN 13139: Aggregates for mortar)</p> <p>NEN 5905: 2005 Nederlandse aanvulling op NEN-EN 12620: Toeslagmaterialen voor beton (Dutch supplement to NEN-EN 12620: Aggregates for concrete)</p> <p>CUR Recommendation 5, 1984: Metselwerkpuingranulaat als toeslagmateriaal voor beton (Crushed clay brick masonry aggregates for concrete) (see NOTE 1)</p> <p>CUR Recommendation 80, 2001: Beton met menggranulaten als grof toelagmateriaal (Concrete with recycled concrete or recycled masonry as coarse aggregate, see NOTE 1)</p> <p>NOTE 1 CUR Recommendations are not NEN standards</p>	
Norway	Guidelines from the concrete society for recycled aggregates NBP 26	
Portugal	<p>LNEC E 467: 2005: Guia para a utilização de agregados em betões de ligantes hidráulicos.</p> <p>(LNEC E 467: 2005: Guide for the use of aggregates in concrete)</p>	Listing the requirements to be regulated
Slovakia	None	
Slovenia	None	
Sweden	Recycled aggregates allowed. Requirements found in BA 99 (The National Board of Housing, Building and Planning's handbook of recycled materials)	
Switzerland	None. A separate document will be elaborated	
United Kingdom	(Further requirements for lightweight aggregates, RA and RCA are given in our complementary concrete standard, BS 8500-2 (see Table 1 for details))	

Le tableau 9.2 reprend des spécifications pour le béton fabriqué avec des granulats recyclés :

CEN Member Countries	Location where rules for use is given and a brief description of the rules
Denmark	DS 2426 contains requirements for the use of fibres and sewage sludge incineration ash
Germany	<p>DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100</p> <p>(DAfStb-Guideline Concrete According to DIN EN 206-1 and DIN 1045-2 with Recycled Aggregates According to DIN 4226-100)</p> <p>The Guideline limits the use of recycled aggregate up to a maximum amount of 45 vol-% of the total aggregate content depending on type of aggregate and exposure class (type of aggregate is given in DIN 4226-100: type 1: ≥ 90 mass-% recycled concrete, ≤ 10 mass-% non porous clay brick and sand lime brick; type 2: ≥ 70 mass-% recycled concrete, ≤ 30 mass-% non porous brick and sandlime stone)</p>
Ireland	No specific rules given for use of GGBS or Pfa (Part 1) - generally UK guidance followed. (This is under review at present)
Italy	<p>UNI 11039-1: Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione (Steel fibre reinforced concrete - Definitions, classification and designation)</p> <p>UNI 11039-2: Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità (Steel fibre reinforced concrete - Test method for determination of first crack and ductility indexes)</p>
Luxembourg	Concrete with recycled aggregates; DAfStb - Richtlinie für Beton mit rezykliertem Zuschlag (German Board for Steel reinforced Concrete - Guideline for concrete with recycled aggregates)

Tableau 9.10 : autres points non couverts par l'EN 206-1 mais par des documents nationaux

Norway	A number of items are covered in publications from the Norwegian Concrete Association, such as underwater concreting, sprayed concrete, light weight concrete, recycled aggregates
Slovenia	<p>SIST 1026:</p> <ul style="list-style-type: none"> • basic requirements for performance-based design • additional exposure classes for abrasion resistance of concrete surface • additions have to be verified for intended use by initial testing (9.5 and Annex A of EN 206-1) • recommended gradation for aggregates • suitability of recycled aggregates has to be proved by initial testing • recommendations of fine particle content (depending on cement content) • additional requirements for underwater concrete • additional sampling/ testing frequency for high-strength and lightweight concrete • additional conformity criteria for high-strength concrete • test methods for : surface scaling resistance, internal freeze-thaw resistance, abrasion resistance

Tableaux de l'annexe A :

Annex A: National minimum aggregate categories for normal-weight aggregate concrete used in general construction

Tableau A10 : Pays-Bas

Recycled aggregates	3.5	Composition requirements: - Crushed concrete ¹⁾ : >90% (m/m) concrete - Mixture of bricks and concrete ²⁾ : >50% (m/m) concrete ³⁾
---------------------	-----	---

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Voir les normes listées et étudiées par d'autres membres du GT4.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-010

- *Jean-Marc Potier*

Titre du document

Pays émetteur

-

Nouvelle-Zélande

- *Best Practice Guide for the use of Recycled Aggregates in New Concrete*

Langue d'origine

- *Règles de bonne pratique pour l'utilisation de granulats recyclés dans les bétons*

Anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Guide

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

01/10/11

Cement & Concrete Association of New Zealand (CCANZ)

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

Aucune référence aux granulats recyclés dans la norme NZ.
 Depuis juillet 2011, le "New Zealand Building Credits Scheme" accorde des "points de bonus" pour l'utilisation de granulats recyclés : 1 point pour 10 %; 2 points pour 20 % du total de granulats.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Classification des granulats recyclés utilisables dans les bétons :

Type of Recycled Aggregate	Maximum masonry content	Maximum fines	Maximum lightweight material < 1,000 kg/m ³	Maximum asphalt	Maximum glass, plastic, wood.
RCA ^(a)	5	5	0.5	5.0	1.0
RA ^(b)	100	3	1.0	10.0	1.0
LCAgg ^(c)	-	5	-	-	-

'RCA : Recyclés provenant de la déconstruction d'ouvrage béton / RA : Recyclés provenant de la déconstruction d'ouvrage béton ou maçonnerie / LCAgg : granulats récupérés (retours bétons)

Taux maximal d'incorporation (Gravillons)

Specified Compressive Strength (Cylinders)	Recycled Aggregate Type	Percentage on Coarse Aggregate Fraction
Up to and including 17.5 MPa non-structural concrete	RA, LCAgg or RCA	100%
17.5 MPa structural concrete	LCAgg or RCA	100%
20 MPa structural concrete	LCAgg	100%
	RCA	50%
25 and 30 MPa structural concrete	LCAgg	40%
	RCA	30%

Nota : Ce document fait une synthèse des normes existant dans plusieurs pays

Table 6: Summary of requirements for recycled aggregate concrete in different countries⁵⁰

Country/ Organisation	Recycled Aggregate (Type/Name/ Classification)	Aggregate Genre	Maximum RCA Substitution ^(a)	Maximum Recycled Aggregate Concrete 28 Day Cylinder Strength	Other Restrictions
United Kingdom	RCA	RCA	NR	40 MPa	RCA and LCAgg. No chloride exposure. No freeze thaw
			20%	Designated concrete 20 to 40 MPa	
	LCAgg	LCAgg	NR	NR	-
	RA	RA		16 MPa	Only mild exposure.
Australia	Class 1A	RCA	30%	40 MPa	-
	Class 1B	RCA	100%	25 MPa	
USA	LCA	LCAgg	100% ^(b)	20 MPa	-
			25%	50 MPa	
			60% ^(c)	NS Concrete	
RILEM	RCAC Type I	RA	100%	16 MPa	Masonry Aggregate. Exposure restrictions.
	RCAC Type II	RCA	100%	50 MPa	
	RCAC Type III	RCA	20%	NR	
Korea	-	RCA	30%	27 MPa	-
			30% ^(c)	21 MPa	
Germany	Type 1	RCA	35%	25 MPa	In dry or low humidity environments.
	Type 2		25%	30 MPa	
Portugal	ARB1	RCA	25%	35 MPa	-
	ARB2		20%	40 MPa	
Hong Kong	-	RCA	20%	≤35 MPa	-
			100%	20 MPa NS Concrete	

Notes:

- (a) Percentages are of coarse aggregate fraction unless otherwise stated
 (b) Assumes leftover concrete aggregate separated by strength class
 (c) Coarse and fine fraction

NS = Non structural concrete
 RCA = Recycled concrete aggregate
 LCAgg = Leftover concrete aggregate
 RA = Recycled aggregate
 NR = No restriction

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-011

- Jean-Marc Potier

Titre du document	Pays émetteur
-	Espagne
Langue d'origine	
- <i>DRAFT OF SPANISH REGULATIONS FOR THE USE OF RECYCLED AGGREGATE IN THE PRODUCTION OF STRUCTURAL CONCRETE</i>	
- <i>Projet de règles Espagnoles pour l'usage de granulats recyclés dans les bétons de structures</i>	Anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Article reprenant les règles espagnoles

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
2003 ?	Comité de normalisation du béton

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>
--	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Utilisation de 20 % maximum de gravillons recyclés conformes au tableau Joint (L'absorption d'eau peut être portée à 7 % maximum si présaturés)

Table 2.

Proprietor	Testing method	EHE Specifications
finer content	UNE-EN 933-2:96	≤1
Shape coefficient	UNE 7238:71	≥0.2
Absorption (%)	UNE 83134:98	≤5
LA Coefficient (%)	UNE-EN 1097-2:99	≤40
CI soluble in water (%)	UNE-EN 1744-1:99	≤0.05
Sulphates soluble in acid $\text{SO}_3^{=}$ (%)	UNE-EN 1744-1:99	≤0.8
total sulphur compounds $\text{SO}_3^{=}$ (%)		≤1
Lightweight particles (%)	UNE-EN 1744-1	≤1
clay lumps	UNE 7133:58	≤0.25
soft particles	UNE 7134:58	≤5
Weight loss with magnesium sulphate (%)	UNE-EN 1367-2:99	≤18

Utilisation de granulats pré-saturés, en cas de risque de RSI, utilisation d'un ciment "low-alkali"

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage"



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-012

- Jean-Marc Potier

Titre du document

Pays émetteur

- Russie (URSS)

- *Рекомендации по переработке отходов предпри*

Langue d'origine

- *Recommandations pour le traitement et l'utilisation des déchets de bétons*

Russe

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

29/09/1987

Comité d'Etat d'URSS NIIZhB NTS

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Eléments fins : 'Après traitement thermique à 800°C et broyage les éléments fins peuvent être introduit dans la fabrication du ciment jusqu'à des taux de 40 à 60 %

'Gravillons : Utilisation possible à 100 % jusqu'à C 15, au-delà limité à environ 10 % avec adjuvantation spécifique; Les gravillons doivent avoir moins de 1 % d'impuretés (enduit à la chaux, plâtre, enrobé)

'Note : pas de spécification sur la brique, ou alors comptée comme impureté

Possibilité d'utiliser les bétons légers broyés comme sable pour des bétons légers de résistance inférieure à C 7,5

Possibilité d'utiliser les gravillons recyclés pour les bétons soumis au gel uniquement après essais de durabilité

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-013

- P. Francisco

Titre du document

Pays émetteur

- E1-07

USA

- ACI Education Bulletin E1-07 - Aggregates for Concrete

Langue d'origine

- Granulats pour béton

Anglais

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : rapport technique issu du comité technique E-701 de l'ACI (matériaux pour les bétons de construction)

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

2007

American Concrete Institute (ACI)

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Ce rapport technique est issu du comité technique E-701 (matériaux pour les bétons de construction) de l'ACI (American Concrete Institute). Il fournit les définitions et les méthodes de caractérisation usuelles pour qualifier les granulats pour béton.

Les particularités liées à la caractérisation de certains types de granulats sont détaillées dans des chapitres spécifiques.

C'est notamment le cas pour les granulats recyclés issus de béton concassé (voir chapitre 7 page 23).

Les points d'attention soulevés sont les suivants : absorption d'eau plus élevée (d'autant plus que les particules réutilisées sont fines), densité plus faible, risque lié à la réutilisation de béton préalablement au contact de sels marins, risque lié à l'alcali-réaction. Pour ces deux derniers points, il est recommandé de réaliser des évaluations spécifiques sur les granulats.

Pour le cas du contact avec les sels marins, il s'agit d'essais physico-chimiques sans préciser lesquels.

Pour le cas du risque lié à l'alcali-réaction, la méthodologie suivante est recommandée :

- > prise en compte du taux d'alcalins du béton à l'origine des granulats recyclés
- > prise en compte du taux d'expansion du béton à l'origine des granulats recyclés
- > prise en compte du taux d'expansion résiduelle du béton à l'origine des granulats recyclés
- > prise en compte du taux d'alcalins du nouveau béton contenant des granulats de béton concassé

En complément, il est indiqué que de nombreuses précautions retenues pour l'utilisation de granulats naturels sensibles à l'alcali-réaction peuvent être également retenues lorsque les granulats de béton concassé sont sensibles à l'alcali-réaction.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-014

- P. Francisco

Titre du document

Pays émetteur

- E1-99

USA

- ACI Education Bulletin E1-99 - Aggregates for Concrete

Langue d'origine

- Granulats pour béton

Anglais

Nature du document

Norme

Texte
réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

*Préciser : rapport technique issu du comité technique E-701 de l'ACI
(matériaux pour les bétons de construction)*

**Date version en vigueur / année
de publication**

Editeur dans le pays d'origine

1999

American Concrete Institute (ACI)

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification
d'usage Réglementaire
recyclage Développement
durable Code de
calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Ce rapport technique est issu du comité technique E-701 (matériaux pour les bétons de construction) de l'ACI (American Concrete Institute). Il fournit les définitions et les méthodes de caractérisation usuelles pour qualifier les granulats pour béton. Ce rapport est antérieur au rapport E1-07 (voir fiche de synthèse spécifique) et ne traite pas des granulats recyclés.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-015

- P. Francisco

Titre du document	Pays émetteur
-	Sans objet
- <i>International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures -8 - 11 November 2004, Barcelona, Spain</i>	Langue d'origine
- <i>Conférence internationale RILEM sur l'utilisation des matériaux recyclés dans les bâtiments et les structures – 8-11 novembre 2004</i>	Anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : actes de conférence

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
8 - 11 November 2004	RILEM

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input checked="" type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser : Travaux scientifiques</i>
--	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Ce recueil regroupe les actes des travaux scientifiques présentés lors de la conférence internationale RILEM de 2004 sur les l'utilisation des matériaux recyclés dans les bâtiments et les structures.

Parmi les 10 thèmes abordés et les 122 articles au total, 11 communications concernent les déchets de démolition issus de la construction et notamment les procédés de recyclage, 20 communications concernent leur réutilisation dans la construction et 24 communication concernent leur réutilisation dans le béton.

Concernant plus particulièrement les aspects normatifs et réglementaires, la communication n° 57 présente de façon précise et détaillée un projet de réglementation espagnole sur la réutilisation de granulats recyclés pour la production de béton.

[Retour tableau](#)

**PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "**



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-016

- Bigas Jean Philippe

Titre du document

Pays émetteur

-

CANADA

- LIGNES DIRECTRICES RELATIVES À LA GESTION DE BÉTON, DE BRIQUE ET D'ASPHALTE ISSUS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET DE DÉMOLITION ET DES RÉSIDUS DU SECTEUR DE LA PIERRE DE TAILLE

Langue d'origine

- Titre en français (si possible)

FR

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Guide

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

2009

Ministère développement durable QUEBEC

Secteur concerné

- Produit :
- Granulats Addition Ciment Béton
- Autre (à préciser)
- Préciser :*

- Domaine d'application :
- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul
- Mode opératoire d'essai Autre (à préciser)
- Préciser :*

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

3.1 Béton concassé

Le béton concassé est un matériau qui provient du démantèlement de structures comme des routes, viaducs, bâtiments résidentiels, commerciaux, industriels, bassins, fosses, etc.

Il est donc possible d'être en présence :

1. de contaminants inorganiques (métaux et métalloïdes) en provenance de la matière première (granulaire naturel, matières résiduelles non dangereuses, ciment), d'enduits ou d'activité industrielle;
2. de contaminants organiques en provenance d'enduits, de déversements ou d'activités industrielles;
3. d'additifs à la formulation du béton pour atteindre certaines propriétés recherchées lors de la première utilisation (ex. : résistance à l'eau et à l'abrasion) qui peuvent influencer le comportement du béton lors de la valorisation ([Workshop 2005 \(2\)](#));
4. d'amiante dans certaines formulations de béton;

7.1.5 Utilisateur de granulats recyclés dans un procédé industriel

Les granulats faits à partir de béton, de brique et d'asphalte pourraient être utilisés pour la fabrication de produits finis tels que la fabrication de béton ou d'enrobé bitumineux. Les entreprises possèdent déjà leurs propres spécifications concernant l'acceptabilité des intrants en fonction des caractéristiques du produit fini. Par conséquent, le Ministère n'aura généralement pas à intervenir sauf pour la modification, s'il y a lieu, du certificat d'autorisation de l'entreprise en fonction des dispositions prescrites relativement aux matières premières ainsi qu'au stockage. Lorsqu'un nouveau béton ou enrobés bitumineux est produit en utilisant des granulats recyclés dans sa formulation, celui-ci est considéré comme équivalent pour sa gestion et son utilisation, d'un point de vue environnemental, que s'il était produit à partir de granulats naturels.

La dernière phrase semble ouvrir à une équivalence recyclé – naturel.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-017

- Bigas Jean Philippe

Titre du document	Pays émetteur
-	CANADA
- Guide d'information sur le recyclage des matériaux secs	Langue d'origine
- Titre en français (si possible)	FR

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Guide

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
1999	RECYC QUEBEC

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input checked="" type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>
--	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Document assez général qui fait le bilan et dresse les perspectives de la filière.

Les granulats recyclés sont définis sous un terme générique comprenant les granulats issus d'enrobés, de bétons...

Limitation de l'enfouissement en décharge, limitation nombre de décharges = augmentation du prix de mise en décharge = stimulation de la valorisation des déchets de démolition.

Pour les démolitions de routes, on peut classer les granulats recyclés (béton de ciment, béton bitumineux concassé et granulats conventionnels) en sept catégories, selon les propriétés des matériaux recyclés dont les proportions des divers éléments qui les composent. (tableau de la page 31 ci-dessous)

TABLEAU 10 : CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX RECYCLÉS

Caractéristiques	MR-1	MR-2	MR-3	MR-4	MR-5	MR-6	MR-7
% béton de ciment (b.c.)	> 50 %	< 50 %	> 30 %	< 30 %	< 65 %	< 50 %	< 15 %
% béton bitumineux (b.b)	< 15%	< 15 %	15 - 35 %	15 - 35 %	35 - 50 %	50 – 85 %	> 85 %
% granulats conventionnels (g.c.)	< 50 %	> 50 %	< 65 %	35 - 85 %	< 65 %	< 50 %	< 15 %

Source : État d'avancement de l'étude sur l'utilisation des matériaux recyclés dans les chaussées, 1998]

Mention est faite à une norme sur les agrégats recyclés disponible au Bureau de Normalisation du Québec. La cible restant la valorisation en application routière.

16 Répertoire de la documentation de référence se rapportant à la gestion des matières résiduelles industrielles et des débris de construction ou de démolition

<p><u>Norme NQ 2560-600. Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – Classification et caractéristiques, 22 novembre 2002</u></p>	<p>Cette norme a pour objet le classement et la fixation des caractéristiques physiques, chimiques, intrinsèques et de fabrication des matériaux recyclés qui sont utilisés comme granulats et qui sont fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques (de béton ou d'argile) provenant de dépôts de matériaux secs ou de chantiers de construction ou de démolition.</p>
---	---

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-018

- Bigas Jean Philippe

Titre du document	Pays émetteur
-	LUXEMBOURG
<i>Document combiné béton constitué de la norme EN 206-1 : BETON modifiée et complétée par le Document National d'Application Luxembourgeois de l'EN 206-1: 2000</i>	Langue d'origine
-	FR

Nature du document

- Norme
 Texte réglementaire
 Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
Version 2.0/ 02-06-2006	Centre de Ressources des Technologies de l'information pour le bâtiment

Secteur concerné

<p>- Produit :</p> <p> <input type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton </p> <p> <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) </p> <p><i>Préciser :</i></p>	<p>- Domaine d'application :</p> <p> <input type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul </p> <p> <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) </p> <p><i>Préciser :</i></p>
---	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Cette Norme européenne contient des règles d'utilisation des constituants qui sont couverts par une norme européenne. Les autres co-produits de procédés industriels, les matériaux recyclés, etc. sont, pour les emplois courants, fondés sur l'expérience locale. Jusqu'à l'élaboration et la mise à disposition de normes européennes pour ces produits, cette norme ne contiendra pas de règles pour leur usage mais fera référence aux normes nationales ou aux dispositions valides sur le lieu d'utilisation du béton.

5.2.3.3. Granulats récupérés

Les granulats récupérés à partir des eaux de lavage ou du béton frais peuvent être utilisés comme granulats pour le béton.

La proportion de granulats récupérés non triés ajoutés ne doit pas être supérieure à 5 % de la quantité totale de granulats. Lorsque des quantités supérieures à 5 % sont ajoutées, elles doivent être de même type que les granulats primaires utilisés dans le béton et doivent être triés, en séparant les gravillons et les sables, et ils doivent satisfaire les exigences du EN 12620 : 2002.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Cette norme s'applique également aux bétons autoplaçants (BAP) et aux bétons fabriqués avec des granulats provenant de bétons recyclés, pour autant que l'aptitude à l'emploi de ces granulats soit certifiée et contrôlée suivant les critères appliqués aux granulats naturels.

3.1.24. Granulat

Matériau minéral granulaire apte à être utilisé dans du béton. Les granulats peuvent être naturels, artificiels, ou recyclés à partir de matériaux précédemment utilisés en construction.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-019

- *Laëtitia D'Aloïa*

Titre du document

Pays émetteur

- DS 2426/2011 & 2013

Danemark

- Beton – Materialer – Regler for anvendelse af EN 206-1 i Danmark

Langue d'origine

- *DS 2426/2011 - Béton – Matériau Guide d'application de la nouvelle norme béton EN 206-1 au Danemark.*
A noter que le rectificatif du 18/06/13 n'apporte rien au regard de cette norme danoise sur la question des granulats recyclés.

Danois

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

DS 2426/2011

Danish Standards (DS)

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai Autre (à préciser)

Préciser : Norme Danoise qui constitue un « tout » avec la DS/EN 206-1 et la DS/EN 206-9. En accord avec la DS/EN 1992-1-1 et la DS/EN 1992-1-1 DK NA.

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Les sections de la DS 2426 suivent la numérotation de la DS/EN 206-1. Cette norme nationale contient les exigences supplémentaires et les précisions aux normes DS/EN 206-1 et 206-9 pour que ces dernières puissent s'appliquer au Danemark.

Les paragraphes traitant des granulats recyclés où présentant un intérêt spécifique sont :

- 5.1.3.
- 5.2.2.1 à 5.2.2.4.

On notera quelques particularités au Danemark qui peuvent être utiles à l'analyse des textes et à la réflexion :

- La spécification de classes environnementales « passive », « modérée », « agressive » et ultra-agressive » notée respectivement « P, M, A et E » (cf. DS 411). Le tableau 2426-1 donne les classes d'exposition groupées par classes environnementale. Une distinction « avec ou sans gel » est introduite pour les classes M, A et E.

Tableau 2426-1 –Référentiel normatif des classes d'exposition groupées dans les classes environnementales

Classe environnementale de la DS 411	Passive	Modérée	Agressive	Ultra agressive
Comprend les classes d'exposition suivantes selon la DS/EN 206-1	XO	XC2	XD1	XD2
	XC1	XC3	XS1	XD3
		XC4	XS2	XS3
		XF1	XF2	XF4
		XA1	XF3	XA3
			XA2	

- La spécification d'une classe de contrôle : « minimal » (uniquement permise pour la classe P), « normal » et « renforcé ».
- L'absence de BCP et BCPN.
- La notion de teneur en fillers du béton (ciment, cendres volantes, fumées de silice additions et granulats avec une dimension granulaire inférieure à 0.25mm). Une teneur minimale en fillers du béton figure dans le tableau 2426-F.1 des valeurs limites exigées dans la composition du béton.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

§ 5.1.3. *Granulats* : L'aptitude globale concernant les granulats recyclés sous forme de béton et tuiles concassés, est établie conformément à la DS/EN 12620. Les tuiles et le béton concassés doivent être triés dans le respect des exigences relatives aux granulats fins et grossiers de la DS/EN 12620.

§ 5.2.2. *Utilisation des granulats* :

- § 5.2.2.1. *Généralités* : Des spécifications complémentaires à la DS/EN 12620 sont données sous forme de tableaux. Pour toutes les classes : Tableau 2426-3 et pour les classes M, A et E : Tableaux 2426-4 (alcali-réaction) et 2426-5 (en cas de résistance au gel/dégel spécifiée)).
- § 5.2.2.1. *Granulats réutilisés* : Les granulats récupérés de l'eau de lavage ou de béton frais ne sont autorisés que pour le béton de classe environnementale P. La densité granulaire et l'absorption d'eau des granulats récupérés doivent au minimum être déclarés (cf. DS/EN 12620, 5.5).
- § 5.2.2.4. *Granulats recyclés* : Les granulats récupérés sous forme de béton et gravats broyés ne sont autorisés que dans une utilisation pour béton de classe environnementale P. Le granulat réutilisé doit répondre aux exigences du tableau 2426-3. Les granulats récupérés ne sont autorisés que dans des proportions allant jusqu'à 30 % maximum des granulats fins et 100 % pour les grossiers.

A noter qu'une classe environnementale des granulats figure donc dans le tableau 2426-F.1 des valeurs limites exigées dans la composition du béton. Cette classe fait référence aux exigences complémentaires à la DS/EN 12620 sur les granulats (§ 5.2.2.1.).

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-020

- *Laëtitia D'Aloïa*

Titre du document	Pays émetteur
- UNI 8520-1 & UNI 8520 – 2	Italie
1) UNI 8520-1 – Aggregati per calcestruzzo – Istruzioni complementari per l'applicazione del EN 12620 – Parte 1 : Designazione i criteri di conformità 2) UNI 8520 – 2 – Aggregati per calcestruzzo – Istruzioni complementari per l'applicazione del EN 12620 – Parte 2 : Requisiti	Langue d'origine
1) UNI 8520-1 – Granulats pour béton – Instructions complémentaires pour l'application de la norme EN 12620 – Partie 1 : Désignation et critères de conformité 2) UNI 8520 – 2 – Granulats pour béton – Instructions complémentaires pour l'application de la norme EN 12620 – Exigences	Italien

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication **Editeur dans le pays d'origine**

UNI 8520-1 (Septembre 2005)
révision de la norme de 1999
UNI 8520-2 (Septembre 2005)
révision de la norme de 2002

UNI

Secteur concerné

- Produit :
- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :
- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul
- Mode opératoire d'essai Autre (à préciser)

Préciser : Deux Normes nationales qui contiennent les instructions complémentaires pour l'application de la norme EN 12620 en Italie (caractéristiques à déclarer et garantir par le fabricant et exigences minimales nécessaires en fonction de la destination du béton).

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

UNI 8520-1 :

§ 4. Désignation et § 5. Nature et provenance.

UNI 8520-2 :

§ 4.2. Origine des granulats et granulats de recyclage.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)
UNI 8520-1 :

§ 4. *Désignation* : Dans la désignation des granulats, il doit être fait mention de la provenance et du fabricant et lorsque le matériau a été prélevé dans un dépôt ou traité mécaniquement, la source et le dépôt doivent être également déclarés. La description du granulats est construite comme suit :

[Granulométrie] [Catégorie] [Origine] [Concassage] composé de [Péetrographie] provenant de [Source] et (*éventuellement*) remanié en [Dépôt]

Granulométrie	Catégorie	Origine	Concassage	Péetrographie	Provenance	Dépôt
d/D	G _c XX/XX, G _T XX G _F XX G _{NG} XX G _A XX	naturel industriel recyclé naturel/recyclé	concassé non concassé	description sommaire selon UNI EN 932-3	gisement/s source de provenance du matériau	dépôt/s où le matériau est prélevé

§ 5. *Nature et provenance.*

Le fabricant doit mentionner la nature et la provenance des granulats et l'utilisateur doit exprimer son accord sur l'acceptation des granulats (y compris dans le cas de granulats recyclés).

UNI 8520-2 :

§ 4.2. *Origine des granulats et granulats de recyclage :*

Les granulats destinés à la production de béton peuvent provenir de : gisements naturels, roches concassées, scories sidérurgiques appropriées, matériaux de recyclage, de démolition et artificiels, obtenus à partir de traitements spécifiques.

Pour les granulats de recyclage, en attente d'une réglementation européenne, sont permis :

- L'utilisation totale ou partielle de granulats de recyclage provenant de démolitions d'édifices (gravois) uniquement pour des bétons de classe de résistance <C12/15;
- L'utilisation partielle ou totale des granulats provenant du concassage de bétons uniquement, pour des bétons ayant une classe de résistance <C20/25.

Le mélange de granulats de recyclage avec des granulats ordinaires, à l'exclusion de la caractérisation des espèces minéralogiques, doit répondre à des exigences spécifiées dans la suite du document. Ces exigences concernent Le passant à 63µm, la forme du granulats et les fillers. A noter que les granulats contenant jusqu'à 5 % de matériaux de démolition (gravois) ou 10 % de béton concassé peuvent même être utilisés pour la fabrication de bétons d'une classe de résistance supérieure à C20/25.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-021

- *Laëtitia D'Aloïa*

Titre du document	Pays émetteur
- NB26	Norvège
Langue d'origine	
- Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon - Recyclage des matériaux du béton et de la maçonnerie pour la production de béton – Publication n°26	Norvégien

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Dispositions complémentaires aux normes

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
--	--------------------------------

Août 2003 (révision) - Publication n°26

NB Norwegian concrete association

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input checked="" type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser : Recommandations</i>
--	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

En préambule, le document insiste sur les quantités importantes de tuiles et de béton de démolition dont la réutilisation n'a finalement pas pu être prise en compte dans les nouvelles normes européennes EN 12620 et EN 206. Les dispositions nationales devant traiter de ce point.

Ce document constitue un texte que l'association norvégienne du béton souhaite voir utiliser comme dispositions complémentaires aux normes norvégiennes et européennes. La première partie comporte des spécifications et la seconde partie (en parallèle), des commentaires.

Les matériaux visés par le présents documents sont des matériaux concassés pouvant provenir de constructions maçonnées, de constructions en béton, de résidus de béton issus de mélanges de béton, de béton ou d'éléments préfabriqués en béton.
 Les fractions 0/4 et 4/32 sont distinguées.

Les matériaux concassés peuvent être utilisés comme granulats pour la production de béton, en mélange à des granulats naturels et dans des proportions variables selon leurs propriétés et le domaine d'utilisation du béton.

A noter que le granulat recyclé visé doit provenir de construction ou d'éléments ayant fait l'objet de contrôles et d'évaluation avant démolition et concassage.

Le document distingue les granulats recyclés de construction ancienne (béton ou maçonnerie concassés) et les granulats recyclés de résidus de béton (granulats de résidus de béton concassé, durci provenant de mélanges de béton ; granulats de béton concassé, durci provenant d'éléments préfabriqués en béton ; granulats d'éléments de béton concassé, durci provenant d'éléments préfabriqués en béton).

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Des conditions spéciales sont mentionnées en début de document :

- Les granulats recyclés provenant de résidus de béton peuvent être ajoutés jusqu'à 5 % dans chacune des fractions 0-4 mm et 4-32 mm dans la production d'un béton, sauf restriction figurant dans le document. Si seuls des granulats recyclés provenant de résidus de béton de la fraction 4-32 mm sont utilisés, la part peut aller jusqu'à 5 % de la quantité totale de granulats du béton (Le nouveau béton alors considéré comme ayant approximativement les mêmes propriétés que le béton de granulats naturels).
- Pour les constructions présentant des exigences d'étanchéité à l'eau, de résistance au gel ou de résistance à la pénétration des chlorures, la propriété des granulats recyclés doit être documentée spécialement. Le texte ne donne pas d'indication sur cette documentation. Il ne donne pas non plus d'indication sur l'usage de granulats recyclés dans les structures sensibles à la fatigue. Par ailleurs, les granulats recyclés seront généralement considérés comme étant réactifs aux alcalis, sauf documentation spéciale contraire.
- Enfin, les granulats recyclés peuvent être utilisés pour les structures précontraintes si le contenu des masses recyclées ne dépasse pas les valeurs données dans le document (cf. Tableaux 2.2 et 2.3).

Une classification des granulats recyclés selon deux types (I et II) est proposée en fonction du contenu minéral et de celui non minéral, de la densité et de l'absorption d'eau (cf. Tableau 2.1).

Tableau 2.1 : Classification des granulats recyclés

OBJET	Type I	Type II
Contenu minéral : Béton et/ou pierres : Béton, pierres, maçonnerie et/ou tuiles :	> 95 %	> 99 %
Contenu non minéral : (comme le bois, le papier, le métal, les matériaux isolants*, le plastique, le caoutchouc, les déchets végétaux**) ainsi que le verre :	< 5 %	< 1 %
* Matériaux isolants :	< 0,5 v% ¹⁾	< 0,1 v%
** Déchets végétaux :	< 0,5 v%	< 0,1 v%
Densité : torréfié²⁾ : séchage surface trempée²⁾ :	> 1500 kg/m ³ > 1800 kg/m ³	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³
Absorption d'eau :	< 20 %	< 10 %

¹⁾ v% signifie % du volume

²⁾ Réalisé conformément à NS-EN 1097-6

L'exigence doit être satisfaite pour au moins une des méthodes.

La § 2.2 donne les valeurs limites de conception et d'utilisation des granulats recyclés.

En dehors des conditions spéciales, le dimensionnement des structures peut être réalisé conformément à la NS 3473 (« Concrete structures – Design and detailing rules ». Standard Norway - 2003) si les classes de solidité et de résistance et si la part de granulats des fractions 0/4 et 4/32 respectent les tableaux 2.2 et 2.3.

Tableau 2.2 : Part maximale de granulat de la fraction 0-4 mm qui peut être remplacée par des granulats recyclés sans devoir appliquer le chapitre 5

Limitée à :	Part de granulats recyclés		
	Type I	Type II	Total Type I + II
Classe de solidité B20 Et Classe de résistance M90	5 %	10 %	10 % ^{*)}

^{*)} Si les deux types sont utilisés, la limite de 5 % du Type I est également valable.

Tableau 2.3 : Part maximale de granulat de la fraction 4-32 mm qui peut être remplacée par des granulats recyclés sans devoir appliquer le chapitre 5

Limitée à :	Part de granulats recyclés		
	Type I	Type II	Total Type I + II
Classe de solidité B20 Et Classe de résistance M90	10 %	30 %	30 % ^{*)}
Classe de solidité jusqu'à B45 inclus et Classe de résistance M90 et M60	0 %	20 %	

^{*)} Si les deux types sont utilisés, la limite de 10 % du Type I est également valable.

Si les parts de granulats recyclés sont supérieures, le dimensionnement doit être réalisé selon les indications du chapitre 5. A noter que les modifications passent alors essentiellement par la prise en compte d'une masse volumique plus faible (incidence sur la résistance caractéristique, le module élastique, le retrait ...).

Le reste du document traite :

- du contrôle des structures et éléments de béton avant démolition et concassage (indispensable !). Une distinction est faite entre les substances dangereuses pour l'environnement et les substances non toxiques du béton.
- Du contrôle de réception et de l'assurance qualité (contrôle visuel à réception des matériaux de démolition et classifications selon le tableau 2.1).
- De la production et du stockage des granulats recyclés. De manière générale, les exigences relatives à la production de granulats naturels doivent être respectées. Certaines fréquences d'essai sont toutefois adaptées.
- De la production de béton (= à la production de béton de granulats naturels).

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-022

- Guillot Xavier

Titre du document

- NQ 2560-600

- Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – classification et caractéristiques

- Titre en français (si possible)

Pays émetteur

Québec

Langue d'origine

Français - Anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

2002

Editeur dans le pays d'origine

BNQ (Bureau de Normalisation du Québec)

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

Voici le sommaire :

- 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION
- 2 RÉFÉRENCES
- 3 DÉFINITIONS
- 4 CLASSIFICATION ET DÉSIGNATION
 - 4.1 MATÉRIAUX RECYCLÉS *MR*
 - 4.1.1 Classification et désignation des matériaux recyclés de *MR-1* à *MR-7* selon leurs constituants
 - 4.1.2 Correspondance avec d'autres systèmes de classification et de désignation
 - 4.2 MATÉRIAUX RECYCLÉS *BA*
- 5 EXIGENCES GÉNÉRALES
- 6 EXIGENCES PARTICULIÈRES POUR LES MATÉRIAUX RECYCLÉS DE *MR-1* À *MR-7*
 - 6.1 ÉCHANTILLONNAGE
 - 6.2 CLASSIFICATION
 - 6.3 GRANULARITÉ
 - 6.4 CARACTÉRISTIQUES INTRINSÈQUES ET DE FABRICATION
 - 6.5 CARACTÉRISTIQUES COMPLÉMENTAIRES
 - 6.6 EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES
 - 6.6.1 Métaux, métalloïdes et autres composés inorganiques
 - 6.6.2 Paramètres organiques
- 7 EXIGENCES PARTICULIÈRES POUR LES MATÉRIAUX RECYCLÉS *BA*

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Cette norme classe et fixe les caractéristiques physiques, chimiques, intrinsèques et de fabrication des matériaux recyclés qui sont utilisés comme granulats et qui sont fabriqués à partir de résidus de bétons, d'enrobés bitumineux et de briques (de béton ou d'argile) provenant de dépôts de matériaux secs ou de chantiers de construction ou de démolition.

Cette norme a été modifiée (article 6.6.2 Paramètres organiques) et complétée (tableaux 5 et 6 et annexes D et E) en 2003 ; ces modifications sont mentionnées à la fin du document disponible. A priori, pas de nouvelle version depuis.

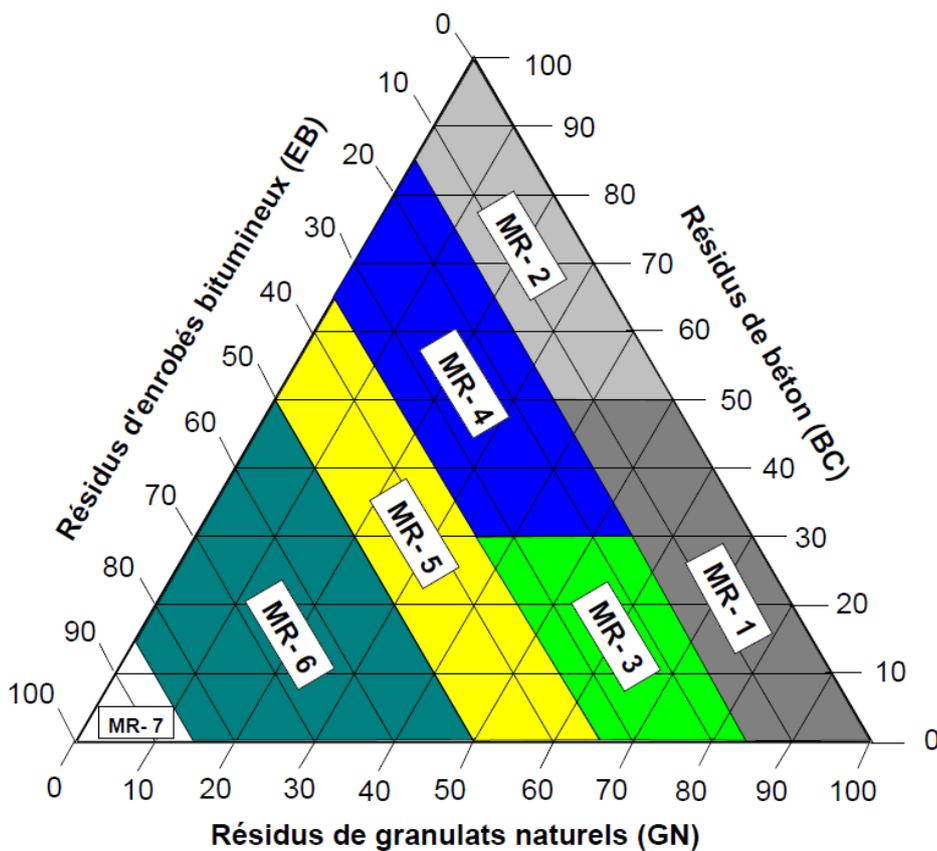


TABLEAU 1

EXIGENCES PARTICULIÈRES POUR LES MATÉRIAUX RECYCLÉS

Catégorie de matériau recyclé	MR-1	MR-2	MR-3	MR-4	MR-5	MR-6	MR-7	Méthode d'essai
Constituants	(Pourcentage en masse des constituants)							
Résidus de béton (BC), %	≤ 50	> 50	≤ 30	> 30	< 65	< 50	< 15	LC 21-901
Résidus d'enrobés (EB), %	≤ 15	≤ 15	> 15 et ≤ 35	> 15 et ≤ 35	>35 et ≤ 50	>50 et ≤ 85	> 85	LC 21-901
Granulats naturels (GN), %	≥ 35	< 50	> 35 et < 85	< 55	< 65	< 50	< 15	LC 21-901
	Remblai, transition, couche anticontaminante, couche filtrante, coussin et enrobement de conduite, fondation, sous-fondation, couche de roulement granulaire et accotement*					Remblai et accotement*		
* Les utilisations identifiées sont données à titre informatif. Il est recommandé de se référer à des documents techniques reconnus pour faire le choix d'un matériau, car l'utilisation de matériaux recyclés peut impliquer certaines modifications dans la conception des ouvrages. On retrouve dans l'annexe B, à titre informatif seulement, certaines utilisations des matériaux recyclés en fonction de la catégorie de MR (de MR-1 à MR-7).								

Il existe des caractéristiques complémentaires (Tab. 2) et des exigences environnementales (Tab. 3 et 4).

Les matériaux décrits dans la présente norme sont habituellement utilisés tels quels pour la construction d'infrastructures routières, le remblayage de terrain ou toute application qui n'implique pas l'utilisation des matériaux recyclés dans la fabrication de produits finis comme le béton, les enrobés bitumineux.

Annexe B (informatif) sur des exemples d'utilisation des matériaux recyclés dans une chaussée

ANNEXE B
(informative)

UTILISATION DES MATÉRIAUX RECYCLÉS DANS UNE CHAUSSÉE

TABLEAU B.1
EXEMPLES D'UTILISATION

Utilisation	Catégorie de matériaux recyclés							
	MR-1	MR-2	MR-3	MR-4	MR-5	MR-6	MR-7	BA
Couche de roulement granulaire (routes non revêtues)						4	4	4
Fondation			2	2	2	4	4	4
Sous-fondation et transition						4	4	4
Coussin, enrobement de conduite et couche anticontaminante						4	4	4
Couche filtrante autour d'une conduite perforée	4	4	4	4	4	4	4	4
Accotement						1	1	4
Remblai						3	3	
LÉGENDE —								
	Recommandé dans toutes les circonstances.							
1	Recommandé dans les endroits où le risque d'érosion est élevé (aux points bas du profil, dans les pentes, à l'intérieur des courbes et à proximité des ponceaux).							
2	Recommandé sous réserve d'une vérification de l'épaisseur du revêtement bitumineux prévue dans le projet. Peut impliquer une augmentation de l'épaisseur de l'enrobé bitumineux (EB).							
3	Peu recommandable pour des épaisseurs de plus d'un mètre (densifié par couches ne dépassant pas 300 mm d'épaisseur).							
4	Non recommandé.							

[Retour tableau](#)

**PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage"**



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-023

- Pillard Wilfried

Titre du document

- HB 155-2002

- Guide to the use of recycled concrete and masonry materials

- Guide pour l'utilisation des matériaux de béton et briques recyclés

Pays émetteur

Australie

Langue d'origine

Anglais

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Guide

Date version en vigueur / année de publication

2002

Editeur dans le pays d'origine

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

C'est un document australien qui est structuré en 5 parties :

- La partie 1 présente une synthèse des techniques et technologies pour le recyclage du béton et des maçonneries.
- Les parties 2 et 3 donnent des éléments pour la spécification des granulats de deux classes 1 (bétons) et 2 (routes)
- La partie 4 présente des études de cas
- La partie 5 s'intéresse aux matériaux secondaires.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Partie 1 : on retiendra de cette partie l'intérêt de se procurer la norme AS 2758-1 aggregates and rock for engineering purposes. Part.1 : concrete aggregates qui donne la terminologie utilisée, ainsi que la norme AS 1141 methods for sampling and testing aggregates (all methods).

En particulier, la définition des 'recycled aggregate concrete' (RCA) qui met en avant le fait que le béton avec granulats recyclés ne prévoit pas d'inclure les sables recyclés. Par ailleurs, il est admis dans ce texte que du béton réalisé avec 30 % de granulats recyclés convient pour des applications comme les allées, les bordures, les caniveaux et les fondations.

Partie 2 : sans rentrer dans les détails, on présente ci-dessous les définitions et tableaux à retenir

<i>Recycled concrete and masonry aggregate</i>	<i>Bulk fill</i>	<i>Drainage/ filter</i>	<i>Road pavement</i>	<i>Structural concrete</i>	<i>Pavement concrete</i>
Crushed demolition debris	Suitable	Usually suitable	Not suitable	Not suitable	Not suitable
Graded mixed debris	Suitable	Usually suitable	Suitable in some cases	Not suitable	Suitable in some cases
Clean graded brick/concrete	Highly suitable	Suitable	Usually suitable	Suitable in some cases	Usually suitable
Clean graded concrete	Highly suitable	Highly suitable	Suitable	Potentially suitable	Usually suitable

2.6.2 Definitions

2.6.2.1 Recycled concrete aggregate (RCA)

This Section uses similar definitions to those in Australian Standards regarding the manufacturing and testing of aggregate and concrete, except in situations where specific amendments are detailed.

All technical references to Class 1 recycled concrete aggregates apply only to coarse recycled aggregate with a minimum weight of crushed concrete.

Class 1A RCA: uniformly graded coarse aggregate (4–32 mm), produced by crushing waste concrete with total contaminant levels of all material other than concrete typically lower than 1% of the bulk mass. The material consists of gravel, crushed stone, hydraulic-cement concrete, or a combination thereof, conforming to the guideline outlined herein.

Class 1B RCA: Class 1A RCA blended with no more than 30% crushed brick

Contaminants: impurities typically associated with construction and demolition rubble, determined in accordance with standard test methods outlined in AS 1141.

2.6.2.2 Recycled concrete (RC)

Concrete target strength: average strength for which a concrete mix is designed; commonly specified at 28 days.

Concrete characteristic strength: the value of concrete strength as specified by standard tests, which is exceeded by the strength of at least 95% of test samples. The characteristic strength needs to be specified for projects covered by AS 3600.

NOTE: Only two grades of recycled concrete are considered in this Section. This classification does not, however, preclude the addition of new grades of concrete or classes of material once sufficient technical data on material characteristics has been generated.

Grade 1 RC: plain unreinforced and reinforced concrete made with a maximum of 30% uniform quality Class 1A RCA with characteristic strength up to and including N40 grade, i.e., 40 MPa.

NOTES:

- Extra care must be taken to ensure satisfactory compliance to acceptance criteria based on standard deviation or the coefficient of variation of compressive strength test results.
- The characteristic strengths of recycled concrete must be determined based on the average of at least three specimens per test, with the provision that 1 in 10 specimens may fall below the characteristic strength without a penalty.

Grade 2 RC: plain unreinforced and reinforced concrete made with up to 100% uniform quality Class 1(A or B) RCA having characteristic strength up to and including N25 grade, i.e., 25 MPa, concrete for use in non-structural concrete applications.

<i>RCA property</i>	<i>Class 1A RCA</i>	<i>Class 1B RCA</i>	<i>Test method</i>
Brick content (max.)	0.5%	30%	—
Stony material <1950 kg/ m ³	1%	5%	—
Friable material (max.)	0.1%	0.1%	—
Particle shape, 2:1 ratio	35%	35%	AS 1141.14
Particle density ssd (min.)	2100 kg/m ³	1800 kg/m ³	AS 1141.6
Bulk density (min.)	1200 kg/m ³	1000 kg/m ³	AS 1141.4
Water absorption (max.)	6%	8%	AS 1141.6
Aggregate crushing value (max.)	30%	30%	AS 1141.21
Total impurity level (max.)	1%	2%	—
LOI (max.)	5%	5%	—
Lost substances in washing (max.)	1%	1%	—
Soundness loss (max.)	9%	—	AS 1141.24
Particle size distribution by dry sieving	—	—	AS 1141.11

<i>Contaminant limit</i>	<i>Class 1A RCA</i>	<i>Class 1B RCA</i>	<i>Test method</i>
Total contaminant (max.)	1%	2%	—
Sulfate content SO ₃ (max.)	0.5%	0.5%	—
Contaminants <1950 kg/m ³	10 kg/m ³	10 kg/m ³	—
Contaminants <1200 kg/m ³	2 kg/m ³	2 kg/m ³	—
Chloride content, Cl ⁻	0.05%	—	AS 2758.1
Periclase (MgO)	0.01 (max.)	0.01 (max.)	—
Alkali-silica reactivity	—	—	AS 1141.38

<i>Mix design parameters</i>	<i>Limits for Grade 1 RC</i>	<i>Limits for Grade 2 RC</i>
Characteristic strength (MPa)	40	25
RCA substitution level (%) (max.)	30	100
Sand:total aggregate ratio (min.)	0.4	0.4
Fly ash content (%) (min.)	20	20
Air content (%) (max.)	6	6
Cement content (kgm ³) (min.)	270	225

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-024

- Pillard Wilfried

Titre du document	Pays émetteur
-	Australie
- Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries	Langue d'origine
- Comparaison de la mise en place du recyclage du béton dans les industries de construction australienne et japonaise	- Anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Article de la revue 'Journal of cleaner production'

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
01/07/05	Elsevier

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) Préciser :	- Domaine d'application : <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input checked="" type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) Préciser :
---	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Article qui compare les politiques australiennes et japonaises pour ce qui est de leur politique de recyclage

Article qui veut, sur la base de l'expérience japonaise, donner des pistes pour l'Australie

Classification australienne pour les bétons non structuraux

Table 7

Classification of recycled aggregate in Australia [25,26].

Class	Sub-class	Definition
Class 1	Class 1A	Uniformly graded coarse aggregate (4–32 mm), produced by crushing waste concrete with total contaminant levels lower than 1 percent of the bulk mass
	Class 1B	Class 1A recycled aggregate blended with no more than 30 percent crushed brick
	Grade 1	Plain unreinforced and reinforced concrete made with a maximum of 30 percent uniform quality of Class 1A recycled aggregate with characteristic strength up to and including N40 grade, i.e., 40 MPa
	Grade 2	Plain unreinforced and reinforced concrete made with up to 100 percent uniform quality of Class 1(A or B) recycled aggregate having characteristic strength up to and including N25 grade, i.e., 25 Mpa, concrete for use in non-structural concrete applications
Class 2	Class 2A1	Suitable for use on roads with a traffic loading of greater than 1×10^6 ESA as either base course or sub-base
	Class 2A2	Suitable for use on roads with a traffic loading of less than or equal to 1×10^6 ESA as either base course or sub-base
	Class 2B	For use as a base layer for pavers in pedestrian areas, car parks and shopping malls
	Class 2C	General filling behind kerbs and gutters, retaining walls or beneath grassed areas
	Class 2D	Bulk filling for urban and rural development or for construction of embankments
	Class 2E	Backfilling for subsoil drains and stormwater pipes

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-025

- Pillard Wilfried

Titre du document	Pays émetteur
-	Brésil
- Recycled aggregate standardization in brazil	Langue d'origine
- Normalisation des granulats recyclés au Brésil	- Anglais

Nature du document

Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Article RILEM Conference

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
Novembre 2004	

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>
---	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Définit les normes nécessaires à la mise en place de cette réglementation au travers de 5 textes

- NBR...../04 - Solid residues from civil construction and voluminous residues. Select and Transfer Areas. Directives for project, implementation and operation;
- NBR...../04 - Solid residues from civil construction and inert residues. Select and Transfer Areas. Directives for project, implementation and operation;
- NBR...../04 - Solid residues from civil construction. Recycling Areas. Directives for project, implementation and operation;
- NBR...../04 - Recycled aggregate from civil construction solid residues. Pavement layers execution. Procedures;
- NBR...../04 - Recycled aggregate from civil construction solid residues. Employment in pavement and preparing of non-structural concrete. Requirements.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Pour ce qui est des bétons structuraux, les exigences sont :

Table 6 – Demands on recycled aggregate for structural concrete

Maximum percentage of recycled aggregate	20%
Average Resistance Limit to simple compression at 28 days of age MPa	40
Maximum water absorption proportion of the Recycled Aggregate – RCA (%)	
Coarse Aggregate	7
Fine Aggregate	12
Specific mass of the Recycled Aggregate – RCA (k/m³)	
Minimum specific mass of the RCA	2300
Maximum contaminant proportions related to the recycled aggregate mass – ARC (%)	
Carbonaceous materials	1
Chlorates	0,35
Sulphates	1
Bitumen	1
Non-mineral materials	0,5
Soil and plants	0
<i>Obs.: The sum of the contaminant proportion must not be higher than</i>	2

Article qui présente les dispositions de la résolution 307/02 CONOMA (réglementation nationale pour structurer la filière)

Donne une classification des granulats recyclés (class A)

“3rd clause: Civil construction residues shall be classified, for this Resolution, in the following manner:

I - Class A - are the residues that are reusable or recyclable as aggregates, such as:

- a) from construction, demolition, reform and repairs on pavements and from other works of infrastructure, including soil resulting from earthwork;
- b) from construction, demolition, reform and repairs on buildings: ceramic components (bricks, blocks, tiles, wall panels etc.), mortar and concrete;
- c) from production and/or demolition process of pre-molded pieces in concrete (blocks, pipes, curbs etc.) made in the construction sites;

II - Class B - are the recyclable residues for other destinations, such as: plastics, paper/cardboards, metals, glass, woods and others;

III - Class C - are the residues for which economically viable technologies or applications that allow their recycling/recovering have not yet been developed, such as products originated from gypsum;

IV - Class D - are the hazard residues originated in the construction process, such as: paints, solvents, oils and others, or those contaminated, originated in demolition, reforms and repairs on radiologic clinics, industrial installations and others”.

[Retour tableau](#)

**PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "**



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-026

- Pillard Wilfried

Titre du document

- ASTM C33-13

- Standard specification for concrete aggregates

- Norme de spécifications pour les granulats de béton

Pays émetteur

Etats-Unis

Langue d'origine

- Anglais

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Article RILEM Conference

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés *(compléter sur une feuille si nécessaire)*

Définit les spécifications et textes associés sur les granulats pour utilisation aux USA.

voir pour se procurer les normes : sulfate

"C88 : test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium (équivalente à la NF EN 1367-2 Essais pour déterminer les propriétés thermiques et l'altérabilité des granulats - Partie 2 : Essai au sulfate de magnésium."

C294 Descriptive nomenclature for constituents of concrete aggregates (NF EN 932-3 description pétrographique simplifiée)

C666/C666M test method for resistance of concrete to rapid freezing and thawing

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-027

- François Leroy

Titre du document

- PTV 406

- Granulats recyclés - Granulats de débris de béton, de débris mixtes, de débris de maçonnerie et de débris asphaltiques - Pierres concassées et graves - Granulats pour béton, MTLH et GNT

- Granulats recyclés - Granulats de débris de béton, de débris mixtes, de débris de maçonnerie et de débris asphaltiques - Pierres concassées et graves - Granulats pour béton, MTLH et GNT

Pays émetteur

Belgique

Langue d'origine

FR

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Directive

Date version en vigueur / année de publication

19/06/2012

Editeur dans le pays d'origine

COPRO

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

Tout le texte concerne les granulats recyclés

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Ce texte donne la composition indicative des granulats recyclés en fonction des composants présents dans le matériau.

Ce texte précise et complète également le mode opératoire de la norme EN 933-11.

Pas de restriction d'usage notable de par les compositions indiquées.

Les compositions des granulats recyclés en fonction des composants présents font l'objet d'un tableau spécifique particulier (voir ci-dessous):

Tableau 1 : Indication des granulats recyclés

Composition NBN EN 933-11	Gravillon de béton		Gravillon asphaltique		Gravillon mixte		Gravillon de maçonnerie		Gravillon mixte et asphaltique		Gravillon de béton et asphaltique	
	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie	Teneur	Catégorie
Rc	≥ 70	Rc70	Non requis	RcNR	Non requis	RcNR	Non requis	RcNR	Non requis	RcNR	Non requis	RcNR
Rcug	≥ 90	Rcug90	≤ 30	Rcug30-	≥ 50	Rcug50	≤ 40	Rcug40-	≥ 30	Rcug30	≥ 70	Rcug70
Rb	≤ 10	Rb10-	≤ 10	Rb10-	≤ 50	Rb50-	≥ 60	Rb60	≤ 50	Rb50-	≤ 10	Rb10-
Ra	≤ 5	Ra5-	≥ 70	Ra70	≤ 5	Ra5-	≤ 5	Ra5-	≤ 30	Ra30-	≤ 30	Ra30-
Rg	≤ 2	Rg2-	≤ 2	Rg2-	≤ 2	Rg2-	≤ 2	Rg2-	≤ 2	Rg2-	≤ 2	Rg2-
X	≤ 1	X1-	≤ 1	X1-	≤ 1	X1-	≤ 1	X1-	≤ 1	X1-	≤ 1	X1-
FL	≤ 5	FL5-	≤ 5	FL5-	≤ 5	FL5-	≤ 5	FL5-	≤ 5	FL5-	≤ 5	FL5-

Les granulats recyclés ne peuvent pas contenir des éléments, en teneurs qui sont interdits par la législation environnementale.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-028

- Sophie Decreuse

Titre du document

- B3140

- ÖNORM B 3140 : Rezyklierte Gesteinskörnungen für das Bauwesen

- ÖNORM B 3140 : Granulats recyclées dans le génie civil

Pays émetteur

Autriche

Langue d'origine

Allemand + français

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

15/08/2013 (projet)

Editeur dans le pays d'origine

Austrian Standard Institute

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

La totalité de la norme concerne les granulats recyclés mais pour les différents usages. L'article 7 concerne les granulats recyclés conformes à l'EN 12620 (utilisation béton). Les granulats recyclés sont classifiés en fonction de leur composition (une catégorie non utilisée en France est prévue : brique recyclée) En cas d'utilisation dans des éléments d'habitations, de bureaux ou de séjours, l'index des matériaux de construction ne doit pas dépasser 1 en ce qui concerne l'émission radioactive, en application de la norme ÖNORM S 5200

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

L'utilisation de matériaux de construction recyclés dans la production de béton doit avoir lieu conformément à la norme ÖNORM B 4710-1.

Pour les bétons conformes à la norme ÖNORM B 4710-1 : RC90, Rcu90, Rb10- , Ra5-, XRg0,5-, XRg1-, FL0,2-.

Pour les autres bétons : RC90, RCNR, Rcdéclaré, Rcu50, RcuNR, Rb30-, Rb 10-, Ra5-, XRg0,5-, XRg1-, FL2-, FL0,2-.

Résistance au gel et au sel de déverglaçage des granulats fins, vérifiée en application de la norme ONR 23303 pour tous les bétons de la classe d'exposition XF conformément à la norme ÖNORM B 4710-1 : FS1.

Ajout d'exigences concernant le % de surfaces cassées (tableau 5).

En cas d'utilisation de granulats de béton concassés recyclés pour la production de bétons appartenant aux classes d'exposition XF4 ou XF2, le béton ancien (matériau de départ) doit également présenter une résistance au gel et au sel de déverglaçage.

Etude de la compatibilité environnementale à réaliser selon les dispositions en vigueur (non citées)

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-029

- Sophie Decreuse

Titre du document

- IND- 2007 0385 A

- Richtlinie für Recycling-Baustoffe, Auflage, "Grüne Richtlinie"

- Directive sur les matériaux de construction recyclés - Directive verte, 7ème édition

Pays émetteur

Autriche

Langue d'origine

Allemand

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Guide technique

Date version en vigueur / année de publication

2007

Editeur dans le pays d'origine

Österreichischer Güteschutzverband Recycling-Baustoffe

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

L'ensemble du document concerne les granulats recyclés mais exclusivement pour un usage routier
Il sert de base à la délivrance d'une certification qualité permettant l'utilisation des granulats recyclés "sans risque" pour l'environnement.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Tableau 2 donnant les possibilités d'utilisation des granulats recyclés

Matériau de construction			RA				RB				RAB				RM/RG				Classe de qualité compatibilité avec l'environnement		
Classe de qualité			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV			
Application	Granulats	Béton	Jusqu'à C12/15, sans propriétés particulières	ÖN B 4710-1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				B
		Béton	A partir de C 12/15	ÖN B 4710-1					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											B
	Asphalte		RVS 08.97.05	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		B	
	Couche de base	Couche de base supérieure	Traitee au ciment	RVS 08.17.01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		B
			Non traitée	m.D.	RVS 08.15.01	<input checked="" type="checkbox"/> ¹⁾	<input checked="" type="checkbox"/> ²⁾			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/>		
		o.D.		RVS 08.15.01	<input checked="" type="checkbox"/> ¹⁾	<input checked="" type="checkbox"/> ²⁾			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/>			B
		Couche de base inférieure	m.D.	RVS 08.15.01					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾			A
			o.D.	RVS 08.15.01					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾			<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾	<input checked="" type="checkbox"/> ³⁾			B
		Remblayage	Matériau de remblayage/ matériau de remblayage de tranchées	m.D.	RVS 08.03.01 ⁴⁾	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	o.D.			RVS 08.03.01 ⁴⁾	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A

- 1) conformément à RVS 08.15.02
2) conformément à RVS 08.97.04
3) teneur en asphalte ≤ 50 %
4) l'accord du maître d'ouvrage est nécessaire

- ✓ = apte
 = aptitude à vérifier
○ = des essais complémentaires sont nécessaires pour vérifier l'aptitude

- m.D. = avec couche de surface
o.D. = sans couche de surface
hs = zone sensible du point de vue hydrogéologique
hws = zone moins sensible du point de vue hydrogéologique

Définition de classes de qualité en fonction de l'usage qui peut être fait des matériaux et de l'environnement :

Tableau 3 : Classification des matériaux de construction recyclés en fonction de l'environnement

Paramètre	Unité	Classe de qualité A+	Classe de qualité A	Classe de qualité B
Éluat				
pH		7,5-12,5 ²⁾	7,5-1 2,5 ²⁾	7,5-12,5 ²⁾
Conductivité élect.	mS/m	150 ¹⁾²⁾	150 ¹⁾²⁾	150 ¹⁾²⁾
Chrome _{total}	mg/kg MS	0,3	0,5	0,5
Cuivre	mg/kg MS	0,5	1	2
Ammonium-N	mg/kg MS	1	4	8
Nitrite-N	mg/kg MS	0,5	1	2
Sulfate-SO ₄	mg/kg MS	1.500	2.500	5.000
Indice d'hydrocarbure	mg/kg MS	1	3	5
Teneur totale				
Σ 16 HAP conf. EPA	mg/kg MS	4	12	20

Tableau 4 : Domaines d'utilisation en fonction de l'environnement (exigences minimales)

Forme d'application	Zone moins sensible du point de vue hydrogéologique	Zone sensible du point de vue hydrogéologique
sous une forme traitée ou non traitée aux liants avec couche de surface ¹⁾	classe de qualité B	classe de qualité A
non traitée aux liants sans couche de surface ¹⁾	classe de qualité A	classe de qualité A+
Sous une forme non traitée aux liants comme granulats	classe de qualité B	classe de qualité B

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-030

- Sophie Decreuse

Titre du document

- DIN 4226-100

- *Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 100:
Rezyklierte Gesteinskörnungen*

- *Granulats pour béton et mortier - Partie 100 : Recyclés*

Pays émetteur

Allemagne

Langue d'origine

Allemand

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

Février 2002

Editeur dans le pays d'origine

DIN

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

La norme DIN 4226 prévoit toute une série de normes d'essais adaptées aux granulats recyclés
Annexe D (normative) Détermination de l'absorption
Annexe E (normative) Détermination de la teneur en chlorures solubles dans l'acide
Annexe G (normative) Evaluation des substances nocives
Annexe H (normative) Vérification de la résistance au gel-dégel des granulats par essai sur béton
Annexe I (informative) Effets des granulats recyclés sur les sols et les eaux

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

La classification des granulats recyclés les regroupe en 4 types dont les 2 premiers sont communs avec ceux utilisés en France. Les classifications sont plus détaillées que celle adoptées dans la norme NF EN 12620 (calcareous sandstone, ...)

Table 1: Composition of recycled aggregates

Constituents	Maximum or minimum content, as a percentage by mass, for aggregate type			
	1	2	3	4
Concrete and aggregate as in DIN 4226-1	≥ 90	≥ 70	≤ 20	≥ 80
Clinker, solid bricks	≤ 10	≤ 30	≥ 80	
Calcareous sandstone			≤ 5	
Other mineral materials ¹⁾	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 20
Asphalt	≤ 1	≤ 1	≤ 1	
Foreign matter ²⁾	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1

¹⁾ E.g. porous bricks, lightweight concrete, aerated concrete, porous concrete, plaster, mortar, porous slag, pumice.
²⁾ E.g. glass, ceramics, non-ferrous slags, gypsum, rubber, plastics, metals, wood, plant remains, paper and similar materials.

Pour les essais posant problème comme l'absorption d'eau et le gel-dégel, des spécifications spécifiques ont été créées :

absorption d'eau : mesurée à 10 mn selon méthode de l'annexe D

gel-dégel : possibilité de faire un essai sur béton si le produit ne satisfait à la catégorie F2 (essai selon annexe H).

Maximum water absorption (after 10 minutes), as a percentage	10	15	20	Not specified.
--	----	----	----	----------------

Les fréquences d'essais sur les granulats recyclés relevant de ce document sont augmentées pour certains paramètres (absorption d'eau 1/jour, classification 1/jour, ...)

Le document impose une certification avec des essais par tierce partie

L'essai d'absorption d'eau à 10mn décrit en annexe se fait sans les fines (coupure à 0,125 mm) et le matériau est laissé à imbiber puis épongé avec un chiffon absorbant comme dans la méthode LPC.

La mesure des sulfates se fait par l'essai de sulfates solubles dans l'acide et avec une limite de 0.8 %.

Pour la partie relative aux substances dangereuses, des essais de lixiviation doivent être réalisés deux fois par an. Les limites sont différentes des limites déchets inertes :

Substance/Parameter	Maximum value/concentration	Relevant test method(s)
Eluates		
pH value	12,5 ¹⁾	DIN 38404-5
Electrical conductivity	3 000 µS/cm	DIN EN 27888
Chloride	150 mg/l	DIN 38405-1
Sulfate	600 mg/l	DIN 38405-5
Arsenic	50 µg/l	DIN EN ISO 11885, DIN EN ISO 11969
Lead	100 µg/l	DIN 38406-6, DIN 38406-16 DIN EN ISO 11885
Cadmium	5 µg/l	DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Chromium, total	100 µg/l	DIN 38406-2, DIN EN ISO 11885
Copper	200 µg/l	DIN 38406-7, DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Nickel	100 µg/l	DIN 38406-11, DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Mercury	2 µg/l	DIN EN 1483
Zinc	400 µg/l	DIN 38406-8, DIN 38406-16, DIN EN ISO 11885
Phenol index	100 µg/l	DIN 38409-16
Solids		
Hydrocarbons (H18)	1 000 ²⁾ mg/kg	DIN 38409-18
Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAC)	75 mg/kg	U.S. EPA 610
Extractable organically bound halogens (EOX)	10 mg/kg	DIN 38414-17
Polychlorinated biphenyls (PCB)	1 mg/kg	DIN 38414-20
<p>¹⁾ Higher values do not justify rejection. ²⁾ Higher values due to asphaltic ingredients do not justify rejection.</p>		

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-031

- *Sophie Decreuse*

Titre du document	Pays émetteur
-	Allemagne
- DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON - DAfStb- Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620	Langue d'origine
- SPECIFICATIONS ALLEMANDES POUR LE BETON ARME - Document guide pour l'utilisation de recyclés dans les bétons conformes à la DIN EN 206-1 et DIN 1045-2	Allemand

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Guide d'application

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
Septembre 2010	Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>
---	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

Le document concerne intégralement l'utilisation de granulats recyclés dans le béton

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Deux types de granulats recyclés sont définis

Constituent	Categories	
	Type 1	Type 2
Rc + Ru	Rcu ₉₀	Rcu ₇₀
Rb	Rb ₁₀₋	Rb ₃₀₋
Ra	Ra ₁₋	Ra ₁₋
X + Rg	XRg ₁₋	XRg ₂₋
FL	FL ₂₋	FL ₂₋

L'absorption d'eau est mesurée à 10 mn (voir méthode DIN 4226)

Water absorption	Recycled aggregate	
	Type 1	Type 2
Maximum water absorption after 10 min Percentage by mass	10	15

Comme dans le DIN 4226, les granulats sont classés en fonction de différentes caractéristiques :

Zeile	Eigenschaft	DIN EN 12620	Typ1	Typ 2
1	Kornzusammensetzung	4.3		
1a	Grobe Gesteinskörnungen mit $D/d \leq 2$ oder $D \leq 11,2$	4.3.2	G _c 85/20	G _c 80/20
1b	Korngemische	4.3.5	G _A 90	G _A 85
2	Kornform	4.4	F _{I50} oder S _{I55}	
3	Muschelschalengehalt für aus dem Meer gewonnene grobe Gesteinskörnung	4.5	S _{CNR}	
4	Feinanteile			
4a	Grobe Gesteinskörnung	4.6	f ₄	
5	Kornrohdichte	5.5	≥ 2.000 kg/m ³	
5a	Schwankungsbreite bezogen auf den vom Hersteller deklarierten Mittelwert der Kornrohdichte	5.5	± 150 kg/m ³	
6	Widerstand gegen Zertrümmerung	5.2	LANR oder SZNR	
7	Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen	5.3	M _{DENR}	
8	Widerstand gegen Polieren	5.4.1	P _{SVNR}	
9	Widerstand gegen Oberflächenabrieb	5.4.2	A _{AVNR}	
10	Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	5.4.3	A _{NNR}	
11	Frost-Tau-Widerstand ^a	5.7.1	F4	
12	Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit	5.7.1	M _{SNR}	
13	Säurelösliches Chlorid	6.2	≤ 0,04 M.-%	
14	Säurelösliches Sulfat für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstüchschlacken	6.3.1	A _{S0,8}	
15	Gesamtschwefel für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstüchschlacken	6.3.2	≤ 1 % Massenanteil	
16	Leichtgewichtige organische Verunreinigungen von grober Gesteinskörnung, natürlich zusammengesetzter Gesteinskörnung 0/8 und von Korngemischen	6.4.1 und G.4	≤ 0,1 % Massenanteil	
a Alternativ kann der Frost-Tau-Widerstand rezyklierter Gesteinskörnungen auch mittels Betonprüfung nach Anhang A nachgewiesen werden.				

Les sulfates sont là aussi mesurés par la norme de sulfates solubles dans l'acide. La catégorie de gel-dégel est F4 mais un essai peut être réalisé sur béton dans le cas où la catégorie n'est pas satisfaite.

Le document donne également des taux d'introduction des granulats recyclés en fonction du type de granulat et des environnements de béton

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anwendungsbereich		Gesteinskörnung Typ 1 nach Tabelle 1	Gesteinskörnung Typ 2 nach Tabelle 1
	Alkalirichtlinie	DIN EN 206-1 und DIN 1045-2		
1	WO (trocken)	Carbonatisierung XC1	≤ 45	≤ 35
2	WF ¹⁾ (feucht)	kein Korrosionsrisiko X0 Carbonatisierung XC1 bis XC4		
3		Frost ohne Taumittleinwirkung XF1 ¹⁾ und XF3 ¹⁾ und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35	≤ 25
4		chemischer Widerstand (XA1)	≤ 25	≤ 25

¹⁾ zusätzliche Anforderungen s. Abschnitt 1, (3) und (4)

L'utilisation de sables n'est pas autorisée et l'utilisation de granulats recyclés (D>2mm) n'est pas autorisée dans les bétons précontraints.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-032

- Raphaël BODET

Titre du document

Pays émetteur

- IND-2007 0653 A

Autriche

- Richtlinie für Recycling-Baustoffe, Auflage, "Rot Richtlinie"

Langue d'origine

- Directive relative aux matériaux de construction recyclés
 provenant des matières résiduelles de bâtiments

Allemand

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Guide technique

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

2007

Österreichischer Güteschutzverband Recycling-Baustoffe

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

L'ensemble du document couvre les matériaux qui sont recyclés à partir des matières minérales issues de la démolition des bâtiments. Ce document couvre notamment l'utilisation des granulats recyclés dans la fabrication des matériaux de construction tels que les bétons, les blocs de maçonnerie en béton et autres éléments de structure, les chapes...).

Il concerne les granulats recyclés aussi bien pour les usages routiers que pour les usages bâtiment.

Il sert de base à la délivrance d'une certification qualité permettant l'utilisation des granulats recyclés "sans risque" pour l'environnement.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Classification autrichienne des matières minérales recyclées provenant de la démolition des bâtiments :

Granulats mixtes (mélange de matières minérales issues de la démolition des bâtiments)	Sable mixte (mélange de matières minérales issues de la démolition des bâtiments)	Graves de briques concassées Sable de briques	Granulats mixtes (mélange à base de bétons / briques de construction concassés)	Granulat issu du concassage des concassé de construction Sable de construction
--	---	--	---	---



Tableau donnant les possibilités d'utilisation des granulats recyclés :

Tableau 2 : Application et utilisation des matériaux de construction recyclés

Matériau de construction		RMH	RS	RZ	RHZ	RH		
		III	IV	III	III	III	III	
Application	Modes de construction traités aux liants	Parpaings creux et de maçonnerie	-	-	-	✓	✓	✓
		Béton	○	-	-	☑	☑	☑
		Béton léger	○	-	-	☑	☑	☑
		Chapes et remblais de chapes	○	-	-	☑	☑	☑
		Amélioration/Stabilisation du sous-sol	○	-	-	-	-	-
	Modes de construction non traités	Remblais	✓	☑	-	-	-	-
		Remplissage de tranchées de conduites ou recouvrement de conduites	✓	☑	-	-	-	-
		Matériau d'assise pour zones de conduites	☑	-	✓	-	-	-
		Remplissage arrière et recouvrement d'ouvrages	✓	☑	-	-	-	-
		Construction d'installations sportives sous la forme d'une couche de surface et d'une couche de litière	☑ 1)	-	-	✓	✓ 1)	☑ 1)
Substrats pour végétalisation (adjuvants)		☑ 1)	-	-	✓	✓ 1)	☑ 1)	
Matériaux dans la construction des décharges		✓	☑	-	-	-	-	
Matériau de drainage	○	-	-	-	-	-		
Matériau de remplissage des cunettes fluide et autocompactant		○	○	-	-	-	-	

¹⁾ La proportion de briques doit être indiquée

✓ = apte

☑ = aptitude à vérifier

○ = des essais complémentaires sont nécessaires pour vérifier l'aptitude

Tableau donnant les limites maximales autorisées pour les substances chimiques dangereuses susceptibles d'être relarguées dans l'eau et le sol par les granulats recyclés.

Tableau 3 : Classification des matériaux de construction recyclés en fonction de l'environnement

Paramètre	Unité	Classe de qualité A ⁺	Classe de qualité A	Classe de qualité B	Classe de qualité C
Eluat					
pH		7,5–12,5 ²⁾	7,5–12,5 ²⁾	7,5–12,5 ²⁾	6-13
Conduct. él.	mS/m	150 ¹⁾²⁾	150 ¹⁾²⁾	150 ¹⁾²⁾	300
Chrome total	mg/kg MS	0,3	0,5	0,5	2
Cuivre	mg/kg MS	0,5	1	2	10
Ammonium-N	mg/kg MS	1	4 ³⁾	8	40
Nitrite-N	mg/kg MS	0,5	1 ³⁾	2	10
Sulfate-SO ₄	mg/kg MS	1 500	4 500	6 000 ⁴⁾	10 000
Indice d'hydrocarbure	mg/kg MS	1	3	5	50

Domaines d'utilisation des granulats recyclés par classe de qualité :

Tableau 4 : Domaines d'utilisation en fonction de l'environnement (exigences minimales)

Forme d'application	Zone sensible du point de vue hydrologique	Zone moins sensible du point de vue hydrologique	Dans un corps de décharge ²⁾
sous une forme traitée ou non traitée aux liants avec couche de surface ¹⁾	Classe de qualité A	Classe de qualité B	Classe de qualité C
non traitée aux liants sans couche de surface ¹⁾	Classe de qualité A ⁺	Classe de qualité A	Classe de qualité C
comme granulat	Classe de qualité B	Classe de qualité B	Classe de qualité C

¹⁾ Définition de la couche de surface conformément à RVS 01.02.11, Principes ; Définitions, Techniques de construction (septembre 1984)

²⁾ Uniquement dans les décharges pour déchets non dangereux

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-033

- Bodet Raphaël

Titre du document

Pays émetteur

- BS 8500-2

UK

- Concrete - Complementary British standard to BS EN 206-1

Langue d'origine

- Béton – Complément à la norme BS EN 206-1

UK

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

Editeur dans le pays d'origine

Version 2006

BSI

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

- 4.3. Granulats : Tableau 2 (exigences des gravillons de béton recyclé) et Tableau 3 (limitations d'usage)
- 5.2 résistance à l'alcali-réaction : 5.2.6 pour les GBR
- 6 Béton à performances prescrites
- 6.2.2 Granulats
- 13.3 Procédures de contrôle des matières premières

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

La norme BS 8500-2 est le complément national à la norme EN 206-1. Elle spécifie les exigences pour le béton et ses constituants pour le marché anglais. Elle comporte des dispositions sur les granulats recyclés (RA) et les granulats de bétons recyclés (RCA).

Pour les granulats, cette norme fait référence au document national PD 6682-1 de 2009 qui donne des recommandations sur l'utilisation de la norme BS EN 12620.

Il ressort de l'analyse de la norme BS 8500-2 les principaux points suivants :

- Possibilité d'utiliser des gravillons ($D \leq 20$ mm) et des sables recyclés

- Distinction entre granulats de béton concassé et granulats recyclés en général
 - RA : granulats recyclés comprenant principalement des éléments de maçonnerie (briques et blocs béton)
 - RCA : granulats de béton recyclé comprenant principalement du béton concassé, mais limité en éléments de maçonnerie
- Des mélanges de gravillons naturels/recyclés sont autorisés et leurs exigences doivent être conformes à la fois à celles de la norme BS EN 12620 et à la norme BS 8500-2.
- Les mélanges de RA et de RCA doivent être conformes aux exigences de la norme BS 882 ou BS EN 12620
- La norme émet des réserves concernant l'utilisation de sables de béton recyclé dans les bétons en raison des particules de plâtre qui vont principalement se retrouver dans ces sables. Leur utilisation est laissée à l'appréciation du client.
- Concernant les sables recyclés, en complément de ce qui précède les spécifications indiquées sont jugées insuffisantes, particulièrement en ce qui concerne :
 - o Leur teneur en sulfate solubles dans l'acide
 - o La méthode de détermination de leur teneur en chlorure
 - o Leur comportement vis-à-vis de l'alcali-réaction
 - o La méthode de détermination de leur teneur en alcalins actifs
 - o Leurs limites d'utilisation dans les bétons

Il convient par conséquent d'étudier leur aptitude à l'emploi au cas par cas.

Remarque : la plupart des briques UK sont en sulfate de calcium ce qui explique le refus d'appliquer le critère des sulfates solubles dans l'eau déterminé selon l'EN 1744-1 (§10.2).

- Limites de composition des RA et RCA (% en masse)

Table 2 Requirements for coarse RCA and coarse RA
Requirements given as mass fraction (%)

Type of aggregate	Requirement ^{A)}					
	Maximum masonry content	Maximum fines	Maximum lightweight material ^{B)}	Maximum asphalt	Maximum other foreign material e.g. glass, plastics, metals	Maximum acid-soluble sulfate (SO ₂)
RCA ^{A), C)}	5	5	0.5	5.0	1.0	1.0
RA	100	3	1.0	10.0	1.0	— ^{D)}

A) Granulats provenant du béton durci de composition connue et non utilisé (retours béton ou surplus de production) uniquement soumis aux essais granulométriques et de mesure de la teneur en fine (%)

B) matériau dont la masse volumique est $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$

C) Les limites de composition des granulats recyclés s'appliquent également aux mélanges de granulats naturels avec un ou plusieurs constituants cités ci-dessus

D) Limite et méthode d'essai appropriée sont déterminées au cas par cas

- Nota : les éléments de maçonnerie ne concernent ici que les éléments en terre cuite.
Remarque : les proportions d'enrobé (Ra = 5) et de briques (Rb=5) dans le RCA diffèrent sensiblement des valeurs de la norme NF EN206/CN (Rb = 10 et Ra = 1) pour le type CRb.

Autres dispositions de la norme :

- Un LA > 40 peut être admis moyennant une vérification de l'aptitude par des essais sur béton (compression et, dans le cas de bétons armés, cisaillement).
- La teneur en chlorure des gravillons RCA et RA et leur variabilité doivent être prise en compte dans le calcul du bilan des chlorures du béton

- La norme BS 8500-2 spécifie des limitations d'usage uniquement pour les gravillons de type RCA ; des dérogations sont autorisées par les notes a) et b):

Table 3 Limitations on the use of coarse RCA

Type of aggregate	Limitations on use	
	Maximum strength class ^{A)}	Exposure classes ^{B)}
RCA	C40/50	X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XF1, DC-1

- a) Les RCA produits à partir de béton concassé de composition connue, non utilisés une première fois et non contaminés pendant leur stockage et leur traitement, peuvent être utilisés quelle que soit la classe de résistance du béton.
 - b) Ces granulats recyclés peuvent être utilisés dans d'autres classes d'exposition à condition qu'il ait été démontré que le béton qui en résulte est approprié pour la classe d'environnement visée (par ex. résistance au gel-dégel, aux sulfates...).
- La teneur en alcalins des granulats RCA ou RA doit être conforme aux recommandations du BRE 330. Le cas échéant, sa détermination doit être réalisée conformément au mode opératoire de la norme BS 1881-124.
 - Pour le calcul de la teneur en chlorures du béton (§8.2.3.2 de l'EN 206-2004), la teneur en ions chlorure des granulats recyclés doit être déterminée selon la norme BS 1881-1
 - Béton à propriétés spécifiées :
 - Dans les bétons de classe RC20/25 à RC40/50 (voir définitions des classes dans le tableau page suivante), la proportion massique de gravillons recyclés ne doit pas être supérieure à 20 % de la masse totale des gravillons, sauf si disposition contraire.
 - Dans le cas d'une utilisation de granulats de type RA, celle-ci doit être documentée et approuvée par un organisme de certification.
 - Dans les classes de béton GEN0 (C6/8) à GEN3 (C16/20), il n'y a pas de restriction d'utilisation de la proportion de gravillon RA ou RCA
 - L'utilisation de granulats de type RA ou RCA est interdite dans les bétons de classes FND, PAV et RC40/50XF.
 - Essais à réaliser sur les granulats RCA dans le cadre du contrôle de la production du béton :

Table 10 Materials control for RCA ^{A)}

Property	Test method	Requirement specified in
Loose bulk density ^{B)}	BS EN 1097-3	Production control manual
Composition	Annex B	Table 2
Acid-soluble sulfate content	BS EN 1744-1:1998, Clause 12	Table 2
Acid-soluble chloride content	BS 1881-124	4.3 ^{C)}

^{A)} RCA shall be sampled and tested at a frequency sufficient to give enough data to demonstrate a conforming product. The testing rates shall be varied to ensure a controlled process.

^{B)} To assess consistency in terms of yield.

^{C)} There is no specific requirement for chloride content in 4.3, but a method is specified for determining the chloride content to be used in the calculations for verifying conformity of concrete to the specified chloride class.

La norme BS 8500-2 ne donne aucune indication quant aux essais à réaliser pour les recyclés de type RA.

Désignation des bétons UK et classes de résistance correspondantes des bétons de l'EN 206 :

Table 5 Requirements for designated concretes

Concrete designation	Min. strength class	Slump class ^{A)}	Max. w/c ratio	Min. cement or combination content (kg/m ³) for max. aggregate size (mm)				Cement and combination types
				≥40	20	14	10	
GEN0	C6/8	S3	—	120	120	120	120	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V
GEN1	C8/10	S3	—	180	180	180	180	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V
GEN2	C12/15	S3	—	200	200	200	200	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V
GEN3	C16/20	S3	—	220	220	220	220	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V
RC20/25	C20/25	S3	0.70	240	240	260	280	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V
RC25/30	C25/30	S3	0.65	240	260	280	300	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V ^{B)}
RC28/35	C28/35	S3	0.60	260	280	300	320	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V ^{B)}
RC30/37	C30/37	S3	0.55	280	300	320	340	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V ^{B)}
RC32/40	C32/40	S3	0.55	280	300	320	340	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V ^{B)}
RC35/45	C35/45	S3	0.50	300	320	340	360	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V ^{B)}
RC40/50	C40/50	S3	0.45	320	340	360	360	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA, IVB-V ^{B)}
RC40/50XF	C40/50	S3	0.45 ^{C)}	320	340	360	360	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA
PAV1	C25/30 ^{D)}	S2	0.60 ^{C)}	260	280	300	320	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA
PAV2	C28/35 ^{D)}	S2	0.55 ^{C)}	280	300	320	340	CEM I, IIA, IIB-S, IIB-V, IIIA
			0.55	300	320	340	360	IIB-V+SR, IIIA+SR, IIIB+SR, IVB-V
FND2	C25/30	S3	0.50	320	340	360	380	CEM I, SRPC, II-S, II-V, IIIA, IIIB
			0.45	340	360	380	380	IIA-L or LL ≥ class 42,5
			0.40	360	380	380	380	IIA-L or LL class 32,5
FND2Z	C25/30	S3	0.55	300	320	340	360	All in Table 1
			0.50	320	340	360	380	IIIB+SR
FND3	C25/30	S3	0.45	340	360	380	380	IVB-V
			0.40	360	380	380	380	IIB-V+SR, IIIA+SR, SRPC
FND3Z	C25/30	S3	0.50	320	340	360	380	All in Table 1
			0.45	340	360	380	380	IIIB+SR
FND4	C25/30	S3	0.40	360	380	380	380	IVB-V
			0.35	380	380	380	380	IIB-V+SR, IIIA+SR, SRPC
FND4Z	C25/30	S3	0.45	340	360	380	380	All in Table 1
FND4M	C25/30	S3	0.45	340	360	380	380	IIIB+SR

^{A)} Except where a different consistence class has been specified. In this case, the concrete shall conform to the specified consistence class or target value.

^{B)} Only if specifically permitted under BS 8500-1:2006, 4.2.3a).

^{C)} See 6.2.2 for requirements for aggregates.

^{D)} The concrete shall contain an air-entraining admixture to give a minimum air content by volume of 3.0%, 3.5% or 5.5% with aggregate of 40 mm, 20 mm and 10 mm maximum aggregate size respectively at delivery.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-034

- Bodet Raphaël

Titre du document

PD 6682-1

Aggregates – Part 1: Aggregates for concrete – Guidance on the use of BS EN 12620

Granulats – Part 1 : Granulats pour béton – Guide pour l'utilisation de la norme BS EN 12620

Pays émetteur

Royaume-Uni

Langue d'origine

Anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Fascicule de documentation

Date version en vigueur / année de publication

2009

Editeur dans le pays d'origine

BSI

Secteur concerné

- Produit :

- Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés

(compléter sur une feuille si nécessaire)

4.5.2.3 Teneur en sulfates solubles dans l'eau des granulats recyclés
 4.5.3.1 Constituants affectant le temps de début de prise de la pâte de ciment
 4.6 Constituants des gravillons recyclés
 4.7.3 Maîtrise de la production des granulats
 Annexe F (informative) Exemples de spécifications pour la classification des gravillons recyclés

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés *(compléter sur une feuille si nécessaire)*

Le fascicule de documentation PD 6682-1 fournit des recommandations sur l'utilisation de la norme BS EN 12620: 2002 + A1 et recommande pour le marché anglais des valeurs limites pour les propriétés des granulats dans les plages autorisées de cette norme.

Concernant la teneur en sulfates solubles dans l'eau des granulats de manière générale, le fascicule de documentation PD 6682-1 ne recommande pas d'appliquer la teneur maximale en sulfates solubles dans l'eau et indique que l'exigence de la teneur en sulfate soluble dans

l'acide fournit un niveau de contrôle adéquat. La catégorie AS_{0,8} est recommandée pour tous les granulats au Royaume-Uni.

Remarque : la plupart des briques UK sont en sulfate de calcium ce qui explique le refus d'appliquer le critère des sulfates solubles dans l'eau déterminé selon l'EN 1744-1 (§10.2).

La classification des gravillons recyclés (EN 933-11) selon la norme BS EN 12620 est similaire mais pas identique à la méthode établie au Royaume-Uni dans les spécifications de l'Agence britannique pour la construction des Routes et autoroutes (SHW), [disponible avec le lien www.tso.co.uk ou www.standardsforhighways.co.uk]. C'est cette dernière qui prévaut pour les bétons routiers.

Au Royaume-Uni, l'aptitude des granulats recyclés issus de déchets inertes doit être évaluée selon les exigences du **Protocole de qualité WRAP**. Celui-ci fixe des exigences sur la classification des recyclés ainsi que sur l'évaluation de leur conformité.

Le bon de livraison du lot de granulats recyclés doit notamment indiquer que ce lot a été produit sous un système de maîtrise de la production selon le protocole de qualité WRAP.

L'annexe F (informative) rappelle les exigences de la norme BS 8500-2: 2006 pour la classification des deux familles de granulats RCA (granulats de béton concassé) et RA (granulats recyclés comprenant principalement des éléments de maçonnerie tels que briques et bétons légers non flottants :

- RA

Table F.1 Categorization for recycled aggregate for use in concrete

Description	Constituent code	BS 8500-2:2006 requirement (by mass)	BS EN 12620:2002+A1 category
Concrete, concrete products, mortar	Rc + Ru	100% max.	Rcu ₅₀ (greater than 50%)
Unbound aggregates, natural stone etc.			
Masonry units (brick and tile), aerated non-floating concrete etc.	Rb		Rb ₅₀₋ (less than 50%)
Bituminous materials	Ra	10% max.	Ra ₁₀₋
Other + glass	X + Rg	1.0% max.	XRg ₁₋
Floating materials (measured by volume)	FL	1.0% max.	FL ₂₋ (measured as cm ³ /kg)

- RCA :

Table F.2 Categorization for recycled concrete aggregate for use in concrete

Description	Constituent code	BS 8500-2:2006 requirement (by mass)	BS EN 12620:2002+A1 category
Concrete, concrete products, mortar	Rc	Not defined	Rc ₈₀ (greater than 80%)
Unbound aggregates, natural stone etc.	Ru	Not defined	—
Masonry units (brick and tile), aerated non-floating concrete etc.	Rb	5% max.	Rb ₁₀₋ (less than 10%)
Bituminous materials	Ra	5% max.	Ra ₅₋
Other + glass	X + Rg	1.0% max.	XRg ₁₋
Floating materials (measured by volume)	FL	1.0% max.	FL ₂₋ (measured as cm ³ /kg)

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage"



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-035

- Bodet Raphaël

Titre du document

- Protocole WRAP

- PROTOCOLE DE QUALITÉ - Granulats issus de déchets inertes -
Critères de fin du statut de déchet pour la production de granulats à
partir de déchets inertes

-

Pays émetteur

UK

Langue d'origine

UK

Nature du document

Norme

Texte
réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

**Date version en vigueur / année
de publication**

Version 2006

Editeur dans le pays d'origine

Programme d'action «déchets et ressources» (WRAP)

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification
d'usage Réglementaire
recyclage Développement
durable Code de
calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)

-

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Le protocole de qualité WRAP s'applique en Angleterre, au Pays de Galles et en Irlande du Nord. Il fixe des critères de fin du statut de déchet, au sens de l'article 3 paragraphe 1 de la directive-cadre de l'UE relative aux déchets (2008/98/CE), pour la production et l'utilisation de granulats à partir de déchets inertes pour une utilisation en techniques routières.

Les utilisations concernent les couches traitées et non traitées dans l'ingénierie civile et la construction :

- Non traité – incluant la couche de fondation, le couvre-joint, le remplissage général, l'assise de la conduite et le drainage.
- Traité – incluant les applications traitées aux liants hydrauliques, le béton et l'asphalte.

Le protocole de qualité WRAP indique comment la conformité peut être démontrée et met en avant les meilleures pratiques pour le stockage, le transport et la manipulation des granulats recyclés. Les producteurs et les utilisateurs ne sont pas obligés de se conformer au protocole de qualité. En cas de non-respect, le granulat sera normalement considéré comme un déchet avec les contraintes de caractérisation et de traçabilité qui s'appliquent.

Pour que le granulat recyclé ne soit plus considéré comme un déchet, les conditions suivantes doivent être remplies :

- conformité aux exigences de la norme européenne EN 12620
- production conforme au contrôle de la production (MPG) comme exigé par la norme européenne
- existence de critères d'admission des déchets (matières premières)
- **aucun traitement ultérieur** : aucune transformation, notamment aucune réduction de taille supplémentaire ne doit survenir dans le cadre de son usage
- les utilisations sont clairement identifiées dans les secteurs de marché existants
- les granulats respectent les exigences du marquage CE

La matière recyclée cesse d'être un déchet dès qu'il est démontré que le produit est conforme au protocole de qualité WRAP. Les producteurs doivent démontrer que ces critères ont tous été respectés.

L'annexe C présente les conditions pour lesquelles les déchets considérés comme des déchets inertes sont acceptables pour la production de granulats recyclés. Les matières premières valorisables en tant que granulat recyclé pour le béton doivent s'inscrire dans l'une des familles suivantes. Ci-dessous un extrait :

Déchets de construction et de démolition – béton, briques, tuiles et céramiques

Type et restrictions	Code de déchet
Béton (les boues de béton non durcies sont exclues)	17 01 01
Briques	17 01 02
Tuiles et céramiques	17 01 03
Mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux visés à la rubrique 17	17 01 07

D'autres matières premières sont acceptées, notamment les déchets issus du traitement physique et chimique des minéraux non métalliques :

Type et rejets	Code de déchet
Déchets de graviers et débris de pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07 (Peut inclure l'excavation résultant de l'exploitation minière)	01 04 08
Déchets de sable et d'argile Déchets de sable seulement (Ne peut pas inclure du sable contaminé)	01 04 09

L'annexe B donne la liste des normes pour le contrôle de la production ainsi que le niveau d'attestation de la conformité CE nécessaire : Niveau 4 pour les granulats recyclés de béton.

	Produit et utilisation	Norme	Spécification	Contrôles qualité
4	Granulat recyclé pour béton	BS EN 12620: Granulats pour béton	Spécifications pour les ouvrages routiers de l'Agence des autoroutes: série 1000 BS 8500-2: Béton	BS EN 12620: attestation de niveau 4 SHW: procédures de contrôle qualité conformément au protocole de qualité pour la production de granulats issus de déchets <i>inertes</i>

Le tableau ci-dessous donne les fréquences minimales d'essai requises pour le contrôle de la production usine des granulats pour béton.

Les fréquences sont définies en termes de «semaine de production» ou de façon similaire, et/ou de «jour de production». Une semaine de production = au moins cinq jours de production, ou période nécessaire pour achever cinq jours de production, la plus longue de ces périodes étant prise en considération.

Utilisation finale	Norme et spécifications	Essai	Référence de l'essai BS	Fréquence minimale d'essai (voir B2.8)
Toutes les utilisations finales	BS EN 13242 BS EN 12620 BS EN 13043	Taille de la particule Distribution Densité de la particule et absorption d'eau Résistance à la fragmentation (LA) Classification des composants (voir tableau B3)	EN 933-1	1 par semaine
			EN 1097-6	1 par an
			EN 1097-2	1 par an
			EN 933-11	1 par mois
Granulats pour béton	BS EN 12620	Densité de la particule et absorption d'eau Sulfate de magnésium Chlorures Influence sur le temps de prise du ciment	EN 1097-6	1 par mois
			EN 1367-2	1 tous les
			EN 1744-5	2 ans
			EN 1744-6	2 par an
				2 par an

Conditions concernant les fréquences d'essais :

- Les fréquences d'essai doivent être augmentées lorsque la variabilité est identifiée par le biais du contrôle de production usine ou lorsque la valeur mesurée est proche de la limite spécifiée.
- Les fréquences d'essai peuvent être allégées dans les cas suivants :
 - équipement de production hautement automatisé
 - expérience sur le long terme en matière de cohérence des propriétés spéciales
 - sources de conformité élevée
 - fonctionnement d'un système de gestion de la qualité avec des mesures exceptionnelles de surveillance et de suivi du processus de production.

Les raisons visant à réduire les fréquences d'essai doivent être établies dans le manuel de contrôle de la qualité usine.

[Retour tableau](#)

**PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "**



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-036

- Bodet Raphaël

Titre du document

- Protocole WRAP

- Quality Protocol: Aggregates from inert waste - End of Waste Criteria for the production of aggregates from inert waste.

- PROTOCOLE DE QUALITÉ WRAP- Granulats issus de déchets inertes - Critères de fin du statut de déchet pour la production de granulats à partir de déchets inertes

Pays émetteur

UK

Langue d'origine

UK

Nature du document

Norme

Texte réglementaire

Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication

Version octobre 2013

Editeur dans le pays d'origine

Environment Agency - Waste & Resources Action Program (WRAP)

Secteur concerné

- Produit :

Granulats Addition Ciment Béton

Autre (à préciser)

Préciser :

- Domaine d'application :

Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul

Mode opératoire d'essai

Autre (à préciser)

Préciser :

**Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
(compléter sur une feuille si nécessaire)**

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Il existe deux protocoles de qualité WRAP : l'un s'applique en Angleterre, au Pays de Galles et en Irlande du Nord, l'autre en Ecosse. Le protocole WRAP fixe des critères de fin du statut de déchet, au sens de l'article 3 paragraphe 1 de la directive-cadre de l'UE relative aux déchets (2008/98/CE), pour la production et l'utilisation de granulats à partir de déchets inertes pour une utilisation en techniques routières.

Les utilisations concernent les couches traitées et non traitées dans l'ingénierie civile et la construction :

- Non traité – incluant la couche de fondation, le couvre-joint, le remplissage général, l'assise de la conduite et le drainage.
- Traité – incluant les applications traitées aux liants hydrauliques, le béton et l'asphalte.

Le protocole de qualité WRAP indique comment la conformité peut être démontrée et met en avant les meilleures pratiques pour le stockage, le transport et la manipulation des granulats recyclés.

Les producteurs et les utilisateurs ne sont pas obligés de se conformer au protocole de qualité. En cas de non-respect, le granulat sera normalement considéré comme un déchet avec les contraintes de caractérisation et de traçabilité qui s'appliquent.

Pour que le granulat recyclé ne soit plus considéré comme un déchet, les conditions suivantes doivent être remplies :

- conformité aux exigences de la norme européenne EN 12620
- production conforme au contrôle de la production (MPG) comme exigé par la norme européenne
- existence de critères d'admission des déchets (matières premières)
- **aucun traitement ultérieur** : aucune transformation, notamment aucune réduction de taille supplémentaire ne doit survenir dans le cadre de son usage
- les utilisations sont clairement identifiées dans les secteurs de marché existants
- les granulats respectent les exigences du marquage CE

La matière recyclée cesse d'être un déchet dès qu'il est démontré que le produit est conforme au protocole de qualité WRAP. Les producteurs doivent démontrer que ces critères ont tous été respectés.

L'annexe C présente les conditions pour lesquelles les déchets considérés comme des déchets inertes sont acceptables pour la production de granulats recyclés. Les matières premières valorisables en tant que granulat recyclé pour le béton doivent s'inscrire dans l'une des familles suivantes. Ci-dessous un extrait du protocole WRAP écossais :

Types de déchets	Code de déchet
Béton (les boues de béton non durcies sont exclues)	17 01 01
Briques	17 01 02
Tuiles et céramiques	17 01 03
Mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux visés à la rubrique 17	17 01 07
Verre	17 02 02
Terres et cailloux	17 05 04
Verre	20 01 02
Terres et cailloux	20 02 02
Déchets à base de fibres de verre	10 11 13
Déchets d'emballage en verre	15 01 07

Dans le protocole spécifique à l'Angleterre, à l'Irlande du Nord et au pays de Galles, d'autres déchets sont acceptés, notamment ceux issus du traitement physique et chimique des minéraux non métalliques, voir tableau ci-après :

Type et rejets	Code de déchet
Déchets de graviers et débris de pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07 (Peut inclure l'excavation résultant de l'exploitation minière)	01 04 08
Déchets de sable et d'argile Déchets de sable seulement (Ne peut pas inclure du sable contaminé)	01 04 09

Les documents de référence pour le contrôle de la production ainsi que le niveau d'attestation de la conformité CE nécessaire pour les granulats recyclés de béton sont indiqués dans le tableau ci-après :

Famille	Produit et utilisation	Norme	Spécification	Contrôles qualité
4	Granulat recyclé pour béton	BS EN 12620: Granulats pour béton	Spécifications pour les ouvrages routiers de l'Agence des autoroutes: série 1000 BS 8500-2: Béton	BS EN 12620: attestation de niveau 4 SHW: procédures de contrôle qualité conformément au protocole de qualité pour la production de granulats issus de déchets <i>inertes</i>

Le tableau ci-dessous donne les fréquences minimales d'essai requises pour le contrôle de la production usine des granulats pour béton.

Les fréquences sont définies en termes de «semaine de production» ou de façon similaire, et/ou de «jour de production». Une semaine de production = au moins cinq jours de production, ou période nécessaire pour achever cinq jours de production, la plus longue de ces périodes étant prise en considération.

Utilisation finale	Norme et spécifications	Essai	Référence de l'essai BS	Fréquence minimale d'essai (voir B2.8)
Toutes les utilisations finales	BS EN 13242 BS EN 12620 BS EN 13043	Granulométrie Masse volumique Résistance à la fragmentation (LA) Classification des constituants (voir tableau B3) Sulfates solubles dans l'eau	EN 933-1 EN 1097-6 EN 1097-2 EN 933-11 EN 1744-1	1 par semaine 1 par mois 2 par an 1 par mois 1 par mois
Granulats pour béton	BS EN 12620	Masse volumique et absorption d'eau Constituants à base de soufre Chlorures Influence sur le temps de prise du ciment	EN 1097-6 EN 1744-1 EN 1744-5 EN 1744-6	1 par mois 2 par an 2 par an 2 par an

Classification des constituants :

- Proportion massique maximale autorisée pour la fraction X : 1 %
- Volume maximal autorisée pour la fraction FL: $\leq 5 \text{ cm}^3/\text{kg}$ pour les granulats recyclés pour béton

Conditions concernant les fréquences d'essais :

- Les fréquences d'essai doivent être augmentées lorsque la variabilité est identifiée par le biais du contrôle de production usine ou lorsque la valeur mesurée est proche de la limite spécifiée.
- Les fréquences d'essai peuvent être allégées dans les cas suivants :
 - équipement de production hautement automatisé
 - expérience sur le long terme en matière de cohérence des propriétés spéciales

- sources de conformité élevée
- fonctionnement d'un système de gestion de la qualité avec des mesures exceptionnelles de surveillance et de suivi du processus de production.

Les raisons visant à réduire les fréquences d'essai doivent être établies dans le manuel de contrôle de la qualité usine.

[Retour tableau](#)

**PN Recybeton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "**



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-037

- *Bodet Raphaël*

Titre du document	Pays émetteur
- <i>NEN 5905</i> - <i>NEN 5905/A1</i>	Pays-Bas
- <i>Nederlandse aanvulling op NEN-EN 12620 "Toeslagmaterialen voor beton"</i> - <i>Wijzigingsblad bevat wijzigingen op NEN 5905:2005</i>	Langue d'origine
- <i>Supplément néerlandais à la norme NEN-EN 12620 « Granulats pour béton »</i> - <i>Amendement à la norme NEN 5905</i>	Hollandais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser :

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
- <i>NEN 5905 : 2005</i> - <i>NEN 5905/A1 : 2008</i>	NEN

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>
--	--

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

- *NEN 5905 :*
- *3.5 Granulats recyclés*
 - *4.7 Qualité des fines*
 - *6 Exigences physiques*
- *NEN 5905/A1 : Tableau 4 et commentaires*

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Cette norme et son amendement complètent la norme NEN-EN 12620 *Granulats pour béton* pour les granulats y compris les fillers utilisés pour le béton aux Pays-Bas.

Elle distingue 2 types de granulats :

- **granulats de béton recyclé** : granulats issus de déchets de béton
- **granulats recyclés mixtes** : mélanges de granulats recyclés à partir de bétons déconstruit et de maçonneries

Les granulats de béton recyclé doivent contenir au moins 90 % de béton et leur masse volumique doit être supérieure ou égale à 2100 kg/m³.

Les granulats recyclés mixtes doivent contenir au moins 50 % de béton et leur masse volumique doit être supérieure à 2100 kg/m³.

Tableau 1 - Teneur en béton avec une masse volumique de minimum 2100 kg/m³

Matériau	Teneur en béton avec une masse volumique de minimum 2100 kg/m ³
	Pourcentages de masse
Granulat de béton	> 90 %
Granulat mixte	> 50 %

Qualité des fines (NEN 5905/A1)

En complément à la norme NEN-EN 12620, la qualité des fines, tant dans les granulats fins que dans les granulats grossiers, doit être déterminée. La teneur maximale en fines exprimée à l'Annexe D de l'EN 12620 pour qualifier la propreté des fines [i.e. 3 % ou toute autre valeur conforme à la réglementation en vigueur sur le lieu d'utilisation du granulat] ne s'applique pas aux granulats recyclés.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-038

- *Bodet Raphaël*

Titre du document	Pays émetteur
- <i>NEN 8005 et recommandations CUR 112</i>	Pays-Bas
- <i>Nederlandse invulling van NEN-EN 206-1: Beton - Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit</i> - <i>CUR Recommendations 112 – concrete with recycled concrete as coarse aggregates</i>	Langue d'origine
- <i>Supplément néerlandais à la norme NEN-EN 206-1 : Béton - Partie 1 : Spécification, propriétés, fabrication et conformité</i> - <i>Recommandations CUR 112 – bétons fabriqués avec des gravillons de béton recyclé</i>	Hollandais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)
- Préciser :*

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
- NEN 8005 : 2008 - NEN 8005/A1 : 2011	NEN

Secteur concerné

- Produit : <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>	- Domaine d'application : <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) <i>Préciser :</i>
---	---

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

- *NEN 8005 :*
- 5.1.3
 - 5.3.2

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

- NEN 8005

Les granulats de béton recyclé et les granulats recyclés mixtes satisfont à la norme NEN-EN 12620 ainsi qu'aux dispositions nationales de la norme NEN 5905

Les gravillons naturels peuvent être remplacés à hauteur maximale de 20 % en volume par des gravillons mixtes (incluant les gravillons recyclés de béton, les gravillons d'éléments de maçonnerie en brique, et les gravillons légers). Toutefois, la proportion volumique de gravillons de maçonneries et de gravillons légers est limitée à 10 % en volume..

REMARQUE En ce qui concerne les granulats de maçonnerie, la Recommandation CUR 5 s'applique.
Les Recommandations et rapports CUR sont une édition de la CUR, Büchnerweg 1, Postbus 420, 2800 AK Gouda (Pays-Bas).

Recommandations CUR 112 :

Les recommandations CUR ne sont formellement pas des normes, mais des dispositions qui peuvent être admises après accord des parties prenantes. En cas d'écart par rapport aux normes européennes et hollandaises NEN 5905 (granulats) et 8005 (béton), la conformité avec les règles de construction doit être démontrée (par exemple au moyen d'un agrément technique hollandais).

- Recommandations CUR 112 – bétons fabriqués avec des gravillons de béton recyclé

Les gravillons de béton recyclés peuvent être utilisés jusqu'à 50 % en volume sans modification des règles de calcul des caractéristiques du béton et de dimensionnement des structures. Toutefois, les gravillons recyclés doivent respecter les exigences complémentaires suivantes :

- Masse volumique sèche des gravillons recyclés $\geq 2200 \text{ kg/m}^3$
- Possibilité de substituer jusqu'à 50 % en vol. du gravillon naturel par du gravillon de béton recyclé et ce sans aucune limitation au niveau des classes d'environnement
- Possibilité de substituer jusqu'à 100 % en vol. du gravillon naturel par du gravillon de béton recyclé, à l'exception des classes d'environnement XD et XS
- Classes de résistance du béton autorisées : de C12/15 à C35/45

Au-delà de 50 % vol. de substitution, les règles de calcul des propriétés du béton doivent être prises en compte :

- Résistance à la traction : RAS
- Module d'élasticité : multiplication du résultat du calcul par un facteur correctif égal à 0,9
- Fluage : multiplication du résultat du calcul par un facteur correctif égal à 1,1 pour les classes de résistance $\geq C20/25$ et par un facteur égal à 1,3 pour les classes $< C20/25$
- Retrait : multiplication du résultat du calcul par un facteur correctif égal à 1,4

- En résumé, la norme NEN 8005 et les recommandations hollandaises CUR 112 autorisent :

- jusqu'à 100 % de remplacement des granulats naturels par des granulats de béton recyclés, sables inclus
- jusqu'à 50 % de granulats de béton recyclé sans modification du calcul des propriétés du béton
- jusqu'à 20 % l'utilisation de granulats recyclés mixtes sans modification du calcul des caractéristiques du béton
- utilisation des granulats recyclés dans les bétons de classe de résistance jusqu'à C35 / 45 (EN 206-1) = 65 N / mm²

- Remarque : Il existe également des recommandations CUR 106 pour l'utilisation des sables de béton recyclé dans les bétons qui autorisent ceux-ci jusqu'à 50 % en vol. en substitution des sables naturels.

[Retour tableau](#)

PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-039

- *Bodet Raphaël*

Titre du document	Pays émetteur
- (ACI) N°555R-01	USA
- 'Removal and Reuse of Hardened Concrete'	Langue d'origine
- 'Déconstruction et réutilisation du béton durci'	anglais

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Rapport technique de l'American Concrete Institute

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
2001	American Concrete Institute (ACI)

Secteur concerné

- Produit :
- Granulats Addition Ciment Béton
- Autre (à préciser)
- Préciser :*

- Domaine d'application :
- Spécification d'usage Réglementaire recyclage Développement durable Code de calcul
- Mode opératoire d'essai Autre (à préciser)
- Préciser :*

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés
 (compléter sur une feuille si nécessaire)

CHAPTER 5—PRODUCTION OF CONCRETE FROM RECYCLED CONCRETE

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Le chapitre 5 donne des recommandations pour la production de granulats appropriés pour une réutilisation dans les bétons.

En ce qui concerne les impuretés nocives dans les granulats recyclés, on peut résumer les recommandations américaines comme suit :

- les quantités maximales admissibles de plâtre, mottes d'argile et autres impuretés (densités < 1950 kg/m³), sont limitées à 10 kg/m³ ;
- les quantités maximales admissibles de particules (de taille supérieure à 1,2 mm) de bitume, de plastiques, de bois, de papier et d'autres particules de mêmes types sont limitées à 2 kg/m³.

Table 5.2—Volume percentages of impurities*

Impurities	Lime plaster	Soil	Wood (Japanese cypress)	Hydrated gypsum	Asphalt	Paint made of vinyl acetate
Percent of aggregate by volume	7	5	4	3	2	0.2

*Resulting in 15% or greater reductions of compressive strength as compared to control concrete.

Table 5.3—Maximum allowable amounts of deleterious impurities in recycled aggregates

Type of aggregate	Plasters, clay lumps, and other impurities of densities < 3300 lb/yd ³ (1950 kg/m ³), lb/yd ³ (kg/m ³)	Asphalt, plastics, paints, cloth, paper, wood, and similar material particles retained on a 0.047 in. (1.2 mm) sieve (also other impurities of densities < 2000 lb/yd ³ [1200 kg/m ³], lb/yd ³ (kg/m ³))
Recycled coarse	17 (10)	3 (2)
Recycled fine	17 (10)	3 (2)

En ce qui concerne la fabrication du béton, ce rapport de l'ACI recommande d'éviter l'emploi de la fraction recyclée 0-2 mm et de pré-saturer les gravillons recyclés avant malaxage.

[Retour tableau](#)

**PN Recybéton - Groupe thématique n°4
" Aspects réglementaires et normatifs du recyclage "**



FICHE DE SYNTHÈSE pour les documents étrangers

INT-040

- *Bodet Raphaël*

Titre du document	Pays émetteur
BA 99	Suède
- <i>Återvunna byggnadsmaterial</i>	Langue d'origine
- <i>Manuel d'utilisation des matériaux de construction recyclés dans les bétons</i>	- <i>suédois</i>

Nature du document

- Norme Texte réglementaire Autre (guide, fascicule, publication technique...)

Préciser : Rapport technique de l'American Concrete Institute

Date version en vigueur / année de publication	Editeur dans le pays d'origine
1999	Den svenska Styrelsen för bostadsfrågor, Boverket

Secteur concerné

<p>- Produit :</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Granulats <input type="checkbox"/> Addition <input type="checkbox"/> Ciment <input checked="" type="checkbox"/> Béton </p> <p> <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) </p> <p><i>Préciser :</i></p>	<p>- Domaine d'application :</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Spécification d'usage <input type="checkbox"/> Réglementaire recyclage <input type="checkbox"/> Développement durable <input type="checkbox"/> Code de calcul </p> <p> <input type="checkbox"/> Mode opératoire d'essai <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) </p> <p><i>Préciser :</i></p>
--	--

Si norme ou règlement, citer les paragraphes concernant les granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Ce manuel fournit un guide sur la façon d'utiliser le béton concassé et de plus petites quantités d'autres matériaux de construction comme granulat dans le nouveau béton.

Synthèse des conditions d'utilisation des granulats recyclés (compléter sur une feuille si nécessaire)

Le Conseil suédois du logement, de la construction et de la planification a publié le manuel « BA 99 » sur l'utilisation de matériaux de construction recyclés, qui traite notamment des granulats recyclés à partir de béton concassé et d'unités de maçonnerie.
Ce guide est un complément au manuel traitant des ouvrages en béton (BBK) de l'Office suédois du logement, de la construction et de la planification.

Une synthèse de ce guide est brièvement présentée ci-après :

Les granulats recyclés sont divisés en deux classes, RA1 et RA2 (RA = granulats recyclés). Les fractions 4/32 mm sont autorisées dans chaque classe.

Exigences de qualité

Les principales différences entre les deux classes sont indiquées dans le tableau ci-après :

Caractéristique	Classe RA1	Classe RA2
Teneur en béton et granulat naturel non lié (% en masse)	100	> 80
Teneur en béton, en granulat naturel non lié, en éléments de maçonnerie et briques de terres cuites (% en masse)	-	> 95
Masse volumique (kg/m ³)	> 2200	> 1800
Teneur en granulats de masse volumique < 2 200 kg/m ³ (% en masse)	< 10	Aucune exigence
Teneur en granulats de masse volumique < 1 800 kg/m ³ (% en masse)	< 1	< 5
Teneur en granulats de masse volumique < 1 600 kg/m ³ (% en masse)	< 0,5	< 2

Contrôle qualité et essais

Ce sous-chapitre couvre les questions liées au processus de broyage.

Conception de la structure

Les paramètres matériaux et des considérations de conception structurelle y sont présentés (comme par exemple, la diminution du module d'Young).

Production du béton

Enfin, les exigences pour le producteur du béton sont décrites (par exemple les exigences d'information supplémentaire à faire figurer sur le bon de livraison).

Classes d'expositions autorisées

Les granulats recyclés de classe RA 1 peuvent être utilisés dans les bétons destinés aux classes d'exposition XC1, XC2 et XF1, et ceux de la classe RA 2 aux classes d'exposition X0, XC1 et XC2.

[Retour tableau](#)

ANNEXE 5 - MEMBRES DU GROUPE THEMATIQUE 4

Représentant(s)	Raison sociale
Horacio Colina Michel Delort	ATILH
Sophie Decreuse	CEMEX
Eric Ollinger	CEREMA
Philippe Francisco	CERIB
Amor Ben-Fraj	CETE IDF
Laetitia D'Aloia	CETU
Ahmed Loukili	EC Nantes
Alexandre Boule	EDF
Wilfried Pillard Henri Thonier	EGF.BTP
Ivan Drouadaine Romain Lafon	EUROVIA
Francois Leroy	GSM
Brice Delaporte	IREX
Samuel Masson	KYYPLE
François De Larrard	LAFARGE LCR
Jean-Marc Potier	SNBPE
Stéphane Orsetti	SOCABAT GIE
Jean-Philippe Bigas Denis Le Cheviller	SYNAD
Vincent Waller	UNIBETON
Raphaël Bodet Sébastien Fonteny	UNPG
François Cussigh	VINCI Construction