



A propos du cahier technique SIA 2030

Conclusion

Grâce aux règles du nouveau cahier technique SIA 2030, l'emploi d'**une plus grande quantité de granulats recyclés** est autorisée dans les bétons normés SN EN 206 / CT SIA 2030

Quoi de neuf docteur?

Période de validité



Quoi de neuf docteur?

Nomenclature

06.2010

Titre: Béton de recyclage

Les règles du CT2030 ne s'appliquent **qu'au béton de recyclage**

Un béton avec moins de 25% de granulats recyclés (et plus de 5%) était dans un «no man's land» normatif

01.11.2021

Titre: Bétons **avec granulats recyclés**

Des règles du CT2030 s'appliquent **au béton en général (nouveau):**

Désormais un béton qui contient des granulats recyclés en dessous des limites pour en faire un béton recyclé est normativement un béton «normal» selon SN EN 206.

→

Un béton peut contenir des **granulats recyclés (béton, brique)** mais ne pas être un **béton avec granulats recyclés** selon la définition (paradoxe à savoir)

Quoi de neuf docteur?

Nomenclature



06.2010

01.11.2021

Granulats naturels

- y.c. les granulats de sols décontaminés

Granulats recyclés:

- Granulats de bétons C
- Granulats de gravats mixtes M

Granulats naturels

Granulats recyclés:

- Granulats de béton C
- Granulats de gravats mixtes M

Granulats de traitement **Gt Nouveau**

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

Pour la définition/calcul de la teneur en granulats naturels / recyclés dans le béton, n'étaient considéré **QUE** les grains > 4 mm

Nouveau

Pour la définition/calcul de la teneur en granulats naturels / recyclés dans le béton, sont considérées **toutes les classes granulaires (y.c. le sable)**

Attention

L'essai de classification (identification) des constituants s'effectue sur les grains > 8 mm.

Si et seulement si les grains < 8 mm proviennent du même lot, les résultats leur sont transposables.

Il n'y pas d'indications normatives pour les autres cas

Quoi de neuf docteur?

(Parenthèse)

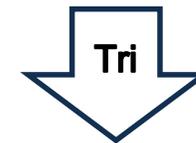


Ne pas confondre entre eux les essais de :

Pour les granulats recyclés: **classification des constituants** = Identification des composants

- **Ru** u = unbound = non lié = naturel
- **Rc** c = concrete = béton 
- **Rb** b = brique, tuile 
- **Ra** a = asphalte 
- **Rg** g = glass = verre
- **X** = autres (métal, bois/plastique non flottant, gypse, ...)
- **FL** = flottant 

Pétrographie = identification des roches



Granites

Gneiss

Calcaires

Grès

Quoi de neuf docteur?

Granulats recyclés: Exemple de piège pour évoquer les éléments < 8 mm



La classification des granulats > 8 mm n'avait pas détecté des fines particules d'aluminium uniquement présentes dans les fines du sables. L'aluminium étant instable en milieu alcalin se décompose et produit un gaz (des bulles) qui créent ces étranges cratères et fissurations

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

- Granulats de bétons C

Granulats selon SN EN 12620 ¹⁾				Éléments étrangers ²⁾	
R _u et granulat naturel	R _c	R _b	R _a	X + R _g	FL
< 75 M.-%	≥ 25 M.-%	≤ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg
	R _c	R _b			
	≥ 25 M.-%				

- Granulats de béton C

Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
R _c +R _u M.-%	R _c M.-%	R _b M.-%	R _a M.-%	X + R _g M.-%	FL cm ³ /kg
R _{cU90} (≥ 90 M.-%)	R _{c50} (≥ 50 M.-%)	R _{b10} (≤ 10 M.-%)	R _{a1} (≤ 1 M.-%)	X _{Rg0,5} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

- Granulats de bétons C

Granulats selon SN EN 12620 ¹⁾				Éléments étrangers ²⁾	
R _u et granulat naturel	R _c	R _b	R _a	X + R _g	FL
< 75 M.-%	≥ 25 M.-%	≤ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg

- Granulats de béton C

Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
R _c +R _u M.-%	R _c M.-%	R _b M.-%	R _a M.-%	X + R _g M.-%	FL cm ³ /kg
R _{cu90} (≥ 90 M.-%)	R _{c50} (≥ 50 M.-%)	R _{b10} (≤ 10 M.-%)	R _{a1} (≤ 1 M.-%)	X _{Rg0,5} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)



Ces augmentations intègrent la part du 0/4 dans le calcul

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

- Granulats de gravats mixtes M

Granulats selon SN EN 12620 ¹⁾				Éléments étrangers ²⁾	
R _u et granulats naturel	R _c	R _b	R _a	X + R _g	FL
< 95 M.-%		≥ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg
	R _c	R _b			
	≥ 25 M.-%				

- Granulats de gravats mixtes M

Composants du granulats recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
R _c +R _u M.-%	R _c M.-%	R _b M.-%	R _a M.-%	X + R _g M.-%	FL cm ³ /kg
R _{cu90-} (< 90 M.-%)	R _c ^{déclaré} ¹⁾	R _{b10+} (> 10 M.-%)	R _{a1-} (≤ 1 M.-%)	X _{Rg0,5-} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂₋ (≤ 2 cm ³ /kg)

3 petites fautes d'impression du CT 2030

¹⁾ R_c^{déclaré} signifie que la teneur en R_c doit être inférieure à 50 pourcent en masse et que la teneur effective doit être déclarée, par ex. R_{c40-}(< 40 M.-%). Il s'agit d'une indication spécifique du producteur.

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

- Granulats de gravats mixtes M

Granulats selon SN EN 12620 ¹⁾				Éléments étrangers ²⁾	
R _u et granulat naturel	R _c	R _b	R _a	X + R _g	FL
< 95 M.-%	≥ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg	

- Granulats de gravats mixtes M

Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
R _c +R _u M.-%	R _c M.-%	R _b M.-%	R _a M.-%	X + R _g M.-%	FL cm ³ /kg
R _{cu90-} (< 90 M.-%)	R _c déclaré ¹⁾	R _{b10} > 10 M.-%	R _{a1-} (≤ 1 M.-%)	X _{Rg0,5-} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂₋ (≤ 2 cm ³ /kg)

x 2

x ~2

Ces augmentations intègrent la part du 0/4 dans le calcul

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

• Granulats de bétons C

Granulats selon SN EN 12620 ¹⁾				Éléments étrangers ²⁾	
R _u et granulat naturel	R _c	R _b	R _a	X + R _g	FL
< 75 M.-%	≥ 25 M.-%	≤ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg

• Granulats de gravats mixtes M

< 95 M.-%	≥ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm ³ /kg
-----------	----------	----------	------------	-------------------------

• Granulats de béton C

Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
R _c +R _u M.-%	R _c M.-%	R _b M.-%	R _a M.-%	X + R _g M.-%	FL cm ³ /kg
R _{cu90} (≥ 90 M.-%)	R _{C50} (≥ 50 M.-%)	R _{b10} (≤ 10 M.-%)	R _{a1} (≤ 1 M.-%)	X _{Rg0,5} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)

• Granulats de gravats mixtes M

R _{cu90} (< 90 M.-%)	R _C /déclaré ¹⁾	R _{b10} (> 10 M.-%)	R _{a1} (≤ 1 M.-%)	X _{Rg0,5} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)
-------------------------------	---------------------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------	---

Pourquoi, par analogie, n'a-t-on pas de doublement pour les granulats bitumineux (Ra) ?

Quoi de neuf docteur?

Définition



Car en milieu alcalin l'asphalte est soluble !



01.11.2021

• Granulats de béton C

Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	FL cm ³ /kg
Rcu ₉₀ (≥ 90 M.-%)	Rc ₅₀ (≥ 50 M.-%)	Rb ₁₀ (≤ 10 M.-%)	Ra ₁ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)

• Granulats de gravats mixtes M

Rcu ₉₀ (< 90 M.-%)	Rcu _{déclaré} ¹⁾	Rb ₁₀ (> 10 M.-%)	Ra ₁ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)
----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	--

Pourquoi, par analogie, n'a-t-on pas de doublement pour les granulats bitumineux (Ra) ?

Quoi de neuf docteur?

Définition



Une lacune normative?

Un mélange granulaire contenant entre 5 et 10% de brique Rb et moins de 50% de granulats de béton Rc ne peut pas être employé: il est hors catégorie (ni C ni M selon le CT 2030), ni naturel (selon SN EN 12620)

Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	FL cm ³ /kg
Rcu ₉₀ (≥ 90 M.-%)	Rc₅₀ (≥ 50 M.-%)	Rb ₁₀₋ (≤ 10 M.-%)	Ra ₁₋ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5-} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂₋ (≤ 2 cm ³ /kg)
Rcu ₉₀₋ (< 90 M.-%)	Rc ₁₀ / déclaré ¹⁾	Rb₁₀₊ (> 10 M.-%)	Ra ₁₋ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5-} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂₋ (≤ 2 cm ³ /kg)

- Granulats de béton **C**
- Granulats de gravats mixtes **M**

Qu'en faire?

Quoi de neuf docteur?

Définition



Rappel: liste des producteurs certifiés voir:
<https://www.sugb.ch/> et <https://www.s-cert.ch/>

Implication pour les producteurs de bétons recyclés certifiés (obligation légale, cf LPCo)

- Le producteur certifié de granulats doit respecter les exigences de la norme produit SN EN 12620, mais n'est pas tenu de respecter les exigences du CT 2030
- Le producteur de **bétons** de recyclés doit respecter les exigences de la norme SN EN 206 (et de facto du CT 2030)
- MAIS le CT 2030 (norme produit béton) définit des règles concernant les granulats (niveau norme produit granulat)
- **l'organisme de certification** doit vérifier que le producteur de béton maîtrise que les granulats recyclés employés répondent «en plus» aux exigences du CT 2030.
 - Possibilité: Le producteur de granulats garantit «en plus» les données nécessaires (par exemple au travers d'une déclaration de conformité séparée)
 - Le producteur de béton contrôle que les données transmises (le sont-elles?) par son fournisseur sont compatibles

Quoi de neuf docteur?

Définition



Implication pour les producteurs de bétons recyclés certifiés

Désignation	Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
	Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	,FL cm ³ /kg
Granulat de béton (C)	Rcu ₉₀ (≥ 90 M.-%)	Rc ₅₀ * (≥ 50 M.-%)	Rb ₁₀₋ * (≤ 10 M.-%)	Ra ₁₋ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5-} * (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂₋ (≤ 2 cm ³ /kg)
Exigences SN EN 12620	-	≥ 25%	< 5 %	< 1 %	< 0.3 %	< 2 %

Si 12620 respecté alors * à vérifier en plus

Ru < 75%

Quoi de neuf docteur?

Définition



Implication pour les producteurs de bétons recyclés certifiés

Désignation	Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
	Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	,FL cm ³ /kg
Granulat de gravats mixtes (M)	Rcu ₉₀ [*] (< 90 M.-%)	Rc _{déclaré} [*] ¹⁾	Rb ₁₀ [*] (> 10 M.-%)	Ra ₁ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5} [*] (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)
Exigences SN EN 12620	< 95%	-	> 5 %	< 1 %	< 0.3 %	< 2 %

Si 12620 respecté alors * à vérifier en plus

Quoi de neuf docteur?

Nomenclature



06.2010

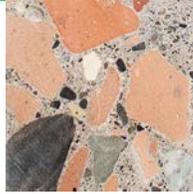
01.11.2021

- **RC-C**
= «**R**ecycling **C**oncrete de **C**oncrete»
- **RC-M**
= «**R**ecycling **C**oncrete de gravats **M**ixte»

Idem / Rappel

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

- Bétons de recyclage **RC-C**
≥ 25% de Rc
(dans le > 4 mm)
Ce qui valait > 15% dans un béton avec 40% de sable
- Bétons de recyclage **RC-M**
≥ 25% de Rc+Rb (avec Rb>5%)
(dans le > 4 mm)
Ce qui valait Rb> 3% dans un béton avec 40% de sable

- Bétons de recyclage **RC-C**
≥ 25% de **C nouveau**
 - **C** > 50% de Rc → 50% de 25% = 12,5%
(= minimum «absolu»)
- Bétons de recyclage **RC-M**
≥ 10% de **M nouveau**
 - **M** > 10% de Rb → 10% de 10% = 1%
(= minimum «absolu»)

Quoi de neuf docteur?

Définition



Un béton avec
24% de **C** (avec evtl. 100% de Rc → 24%)

et

→ Un producteur qui dépasse les
24% de Rc+Rb devrait être tenu de
vérifier les propriétés de son RC-C →
comité normatif

9% de **M** (avec evtl. 90% de Rb → 8%)

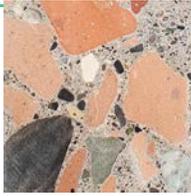
n'est pas un **RC-C** ni un **RC-M**

01.11.2021

- Bétons de recyclage **RC-C**
≥ 25% de **C nouveau**
 - **C** > 50% de Rc → 50% de 25% = 12,5%
(= minimum «absolu»)
- Bétons de recyclage **RC-M**
≥ 10% de **M nouveau**
 - **M** > 10% de Rb → 10% de 10% = 1%
(= minimum «absolu»)

Quoi de neuf docteur?

Traçabilité (Mix)



La traçabilité est garantie par les protocoles de charges / les Mix design et de facto les rapports d'essais (classifications des constituants)

Il n'y a pas d'essai permettant de quantifier dans le béton durci la teneur relative des constituants: un granulats naturel peut provenir d'une source naturelle ou via un granulats recyclé qui en contient.

Quoi de neuf docteur?

Définition



06.2010

01.11.2021

- Bétons de recyclage **RC-C**
Un unique niveau: celui $\geq 25\%$

- Bétons de recyclage **RC-M**
Un unique niveau: celui $\geq 25\%$

- Bétons de recyclage **RC-C**
Nouveau
création de 2 classes, fonction de la teneur en **C**
 - **RC-C25** $25 \leq C < 50$ masse %
 - **RC-C50** $50 \leq C \leq 100$ masse %L'ajout de granulats M est interdit
- Bétons de recyclage **RC-M**
Nouveau
création de 2 classes, fonction de la teneur en **M**
 - **RC-M10** $10 \leq M < 40$ masse %
 - **RC-M40** $40 \leq M \leq 100$ masse %L'ajout de granulats C est autorisé si % conformes

Quoi de neuf docteur?

Définition



01.11.2021

! On ne crée pas des classes de résistance à la compression intermédiaires pour le béton

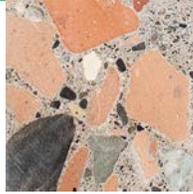
C30/37 ~~C32/39~~ C35/45

Par analogie, il n'est pas possible de créer des classes intermédiaires de béton de recyclage !

- RC-C25 $25 \leq C < 50$ masse %
- ~~RC-C30 NON~~
- RC-C50 $50 \leq C \leq 100$ masse %
- ~~RC-C100 NON~~

Quoi de neuf docteur?

Définition



01.11.2021



- Bétons de recyclage **RC-C**

- **RC-C25** $25 \leq C < 50$ masse %

- **RC-C50** $50 \leq C \leq 100$ masse %

- Bétons de recyclage **RC-M**

- **RC-C10** $10 \leq M < 40$ masse %

- **RC-C40** $40 \leq M \leq 100$ masse %

Min et Max Rc dans un RC-C25 = 12,5 à 49%



Min et Max Rc dans un RC-C50 = 25 à 100%



Min et Max Rb dans un RC-M10 = 1 à 39%



Min et Max Rb dans un RC-M40 = 4 à 100%



Quoi de neuf docteur?

Définition



Min et Max Rc dans un RC-C25 = 12,5 à 49%

Min et Max Rc dans un RC-C50 = 25 à 100%

Min et Max Rb dans un RC-M10 = 1 à 39%

Min et Max Rb dans un RC-M40 = 4 à 100%

Ceci implique des potentielles variations sur les propriétés !

→ Comme le producteur doit garantir les **propriétés** (béton frais, mécaniques, durabilité) et comme sa matière première peut varier en **composition** et **disponibilité** (!), il doit avoir une **marge de manœuvre** dans la composition de ses Mix Design mais ne pourra pas aller vers les extrêmes (purement formels) non plus.

Quoi de neuf docteur?

Emploi du béton RC



06.2010

01.11.2021

nouveau

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	$R_c \geq 25 \text{ M.-%}$ $R_b < 5 \text{ M.-%}$	admis				①
RC-M	$5 \text{ M.-%} \leq R_b \leq 25 \text{ M.-%}$ et $R_c + R_b \geq 25 \text{ M.-%}$	admis			①	non admis
	$R_b > 25 \text{ M.-%}$	admis	①	①		

Admis si :

essais préliminaires conformes

Classe de béton de recyclage	Sortes de béton selon SN EN 206:2013+A2:2021, tableaux NA.5 et NA.8							
	0	A	B	C	D	E	F	G
RC-C25	admis				1)	non admis		admis
RC-C50	admis				1)	non admis		1)
RC-M10	admis				1)	non admis		1)
RC-M40	admis	1)				non admis		1)

Admis si :

essais préliminaires conformes

+ (précision)

granulats recyclés de l'ouvrage comparables à ceux des essais préliminaires

Quoi de neuf docteur?

Emploi du béton RC



(Parenthèse) Qu'en est-il spécifiquement de la RAG ?

06.2010

01.11.2021

2012

01.05.2022

Nouveau SIA CT 2042

En résumé:

Ce n'est pas interdit ⇔ c'est autorisé

→ il s'agit de maîtriser un minimum la situation => les granulats

→ Exemple: lot(s) de granulats C pour le futur chantier caractérisés, essais de résistance à la RAG (Performance) effectués, ...

Question à se poser: l'emploi de granulats recyclés est-il vraiment judicieux? Ou bien s'agit-il de marketing s.l. ?

(ne pas oublier : Sortes EFG pas autorisées → reste C et D)

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



06.2010

01.11.2021

Spécification du module d'élasticité.

Exemple:

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

La valeur de spécification du ME était «libre»

Le producteur devait mesurer le ME mais non le spécifier

Spécification du module d'élasticité.

Exemple:

Béton selon SN EN 206:2013+A2, C25/30, XC3(CH), D_{max} 32, CI 0,10, C3

Exigence complémentaire,

classe de béton de recyclage RC-C25, classe de module d'élasticité E30

Nouveau: La valeur du ME est à choisir dans une série de classes prédéfinies
Le producteur doit déclarer le ME pour les bétons RC

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



Spécification du module d'élasticité.

Exemple:

Béton selon SN EN 206:2013+A2, C25/30, XC3(CH), D_{max} 32, Cl 0,10, C3

Exigence complémentaire,

classe de béton de recyclage RC-C25, classe de module d'élasticité E30

Classe de module d'élasticité	E_{rcm} N/mm ²	$E_{rc,i,min}$ N/mm ²
EX	pas d'exigence	pas d'exigence
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 ¹⁾	≥ 30 000	≥ 27 000

¹⁾ Les classes de modules d'élasticités supérieures sont admises sur la base d'essais préliminaires correspondants. Elles sont à définir par échelon de 2000 N/mm².

Nouveau: La valeur du ME est à choisir dans une série de classes prédéfinies
Le producteur doit déclarer le ME pour les bétons RC

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



Attention:

- a) ces règles amènent les producteurs à déclarer des classes «basses»
- b) les ingénieurs sont-ils «forcés» à spécifier des classes hautes ?



Risque de désaccord
???

Classe de module d'élasticité	E_{rcm} N/mm ²	$E_{rc,i,min}$ N/mm ²
EX	pas d'exigence	pas d'exigence
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 ¹⁾	≥ 30 000	≥ 27 000

¹⁾ Les classes de modules d'élasticités supérieures sont admises sur la base d'essais préliminaires correspondants. Elles sont à définir par échelon de 2000 N/mm².

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



Classe de module d'élasticité	E_{rcm} N/mm ²	$E_{rc,i,min}$ N/mm ²
EX	pas d'exigence	pas d'exigence
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 ¹⁾	≥ 30 000	≥ 27 000

¹⁾ Les classes de modules d'élasticités supérieures sont admises sur la base d'essais préliminaires correspondants. Elles sont à définir par échelon de 2000 N/mm².

Exemple 1:

- Un ingénieur désire un ME > 25'000, (ME < 30'000:OK). Va-t-il demander une classe E30 car il ne veut pas un ME potentiellement entre 22'000 et 25'000 ?

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



Classe de module d'élasticité	E_{rcm} N/mm ²	$E_{rc,i,min}$ N/mm ²
EX	pas d'exigence	pas d'exigence
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 ¹⁾	≥ 30 000	≥ 27 000

¹⁾ Les classes de modules d'élasticités supérieures sont admises sur la base d'essais préliminaires correspondants. Elles sont à définir par échelon de 2000 N/mm².

Exemple 1:

- Un ingénieur désire un ME > 25'000, (ME < 30'000:OK). Va-t-il demander une classe E30 car il ne veut pas un ME potentiellement entre 22'000 et 25'000 ?
- Réponse: **non**, car pour l'aptitude au service la valeur moyenne **E_{cm}** est celle utilisée cf SIA 262

4.2.1.15 La valeur de calcul du module d'élasticité du béton est donné par:

$$E_{od} = \frac{E_{cm}}{\gamma_{cE}} \quad (33)$$

4.2.1.16 On admettra $\gamma_{cE} = 1,0$ pour le calcul des déformations selon le chiffre 4.4.3, en tenant compte du retrait et du fluage selon les indications des chiffres 3.1.2.5 à 3.1.2.7.

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



Classe de module d'élasticité	E_{rcm} N/mm ²	$E_{rc,i,min}$ N/mm ²
EX	pas d'exigence	pas d'exigence
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 ¹⁾	≥ 30 000	≥ 27 000

¹⁾ Les classes de modules d'élasticités supérieures sont admises sur la base d'essais préliminaires correspondants. Elles sont à définir par échelon de 2000 N/mm².

Exemple 2:

- Si un ingénieur désire un ME de 28'000 au minimum, il va-t-il - lisant le tableau - spécifier une classe E32 ?
- Réponse: non, car pour l'aptitude au service la valeur moyenne **E_{cm}** est celle utilisée

Note: Cette classe est difficile à garantir, bien qu'un béton de classe E30 pourrait satisfaire, si sa variation ne passe pas en dessous de 28'000.

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



Remarque : L'auteur de la spécification doit examiner au préalable les exigences techniques (par ex. classe de module d'élasticité par rapport à la teneur en granulat recyclé) et la disponibilité régionale.

Quoi de neuf docteur?

Module d'élasticité



Nouveau pour le producteur: plan de contrôle du ME (schéma)

	Béton RC-C1	Béton RC-C2	Béton RC-M1	Béton RC-M2 etc..
Essais initiaux : par sorte de béton	x	x	x	x
Essais initiaux : 3 essais!	x	x	x	x
Essais initiaux : de 3 charges différentes!	x	x	x	x
	↓	↓	↓	↓
Essais initiaux : valeur minimale	min	min	min	min
Essais initiaux : valeur moyenne	moy	moy	moy	moy
	↓	↓	↓	↓
Classification (par ex.)	≤ E 25	≤ E 34	≤ E 25	≤ E 20
Contrôle de production (min 2x/an et 1x/1000 m3)	essais 1 et 2	essais 1 et 2	essais 1 et 2	essais 1 et 2
	} famille RC-C		} famille RC-M	
Fréquence: Groupement en famille autorisé, mais pas RC-C avec RC-M				

Quoi de neuf docteur?

Nouveau: Granulats de traitement: comment cela fonctionne-t-il?



1. S'agit-il de granulats d'excavation ou de percement ?

Voir définition OLED

Oui

Codes OLED : 4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4301, 4302

Non

Pas des granulats de traitement

2. Sont-ils pollués?

Non
4301

Conformes SN EN 12620 ?
→ granulats naturels

Quoi de neuf docteur?

Nouveau: Granulats de traitement: comment cela fonctionne-t-il?



1. S'agit-il de granulats d'excavation ou de percement ?

Voir définition OLED

Oui

Codes OLED : 4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4301, 4302

Non

Pas des granulats de traitement

2. Sont-ils pollués?

Oui

4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302

- 4101 Matériaux d'excavation pollués par des substances dangereuses
- 4103 Déchets de chantier non triés contenant des substances dangereuses
- 4106 Autres déchets spéciaux minéraux
- 4201 Matériaux d'excavation pollués qui ne contiennent pas de substances dangereuses
- 4203 Déchets de chantier non triés et pollués ne contenant pas de substances dangereuses
- 4302 Matériaux d'excavation faiblement pollués

Quoi de neuf docteur?

Figure 1 Procédure de classement du granulat de traitement (Gt)

Granulat de traitement, remplissant les exigences de l'OLED annexe 3, chiffre 2, lettre c

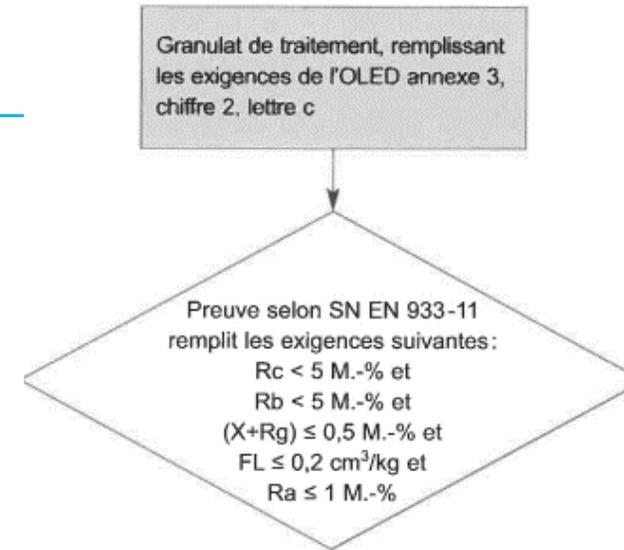
Qui prend la responsabilité de déclarer qu'il s'agit bien d'un granulat de traitement et qu'il remplit les exigences OLED pour être codifié sous 4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302?

Codes OLED

4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302

Quoi de neuf docteur?

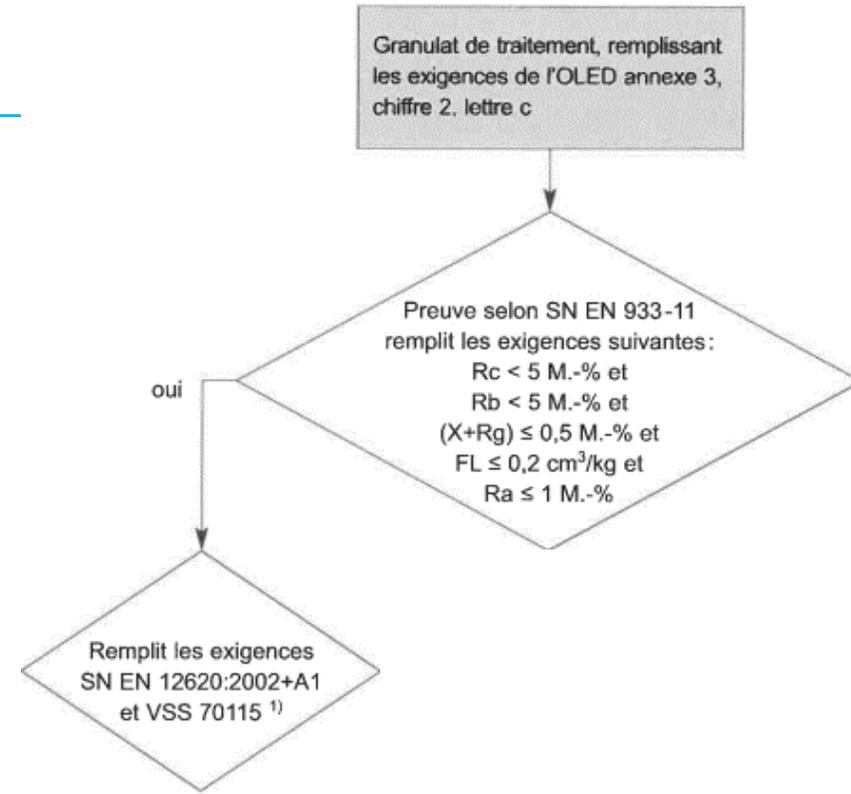
Codes OLED
4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302



On regarde si il s'agit d'un mélange qui contient autre chose que des granulats naturels

Quoi de neuf docteur?

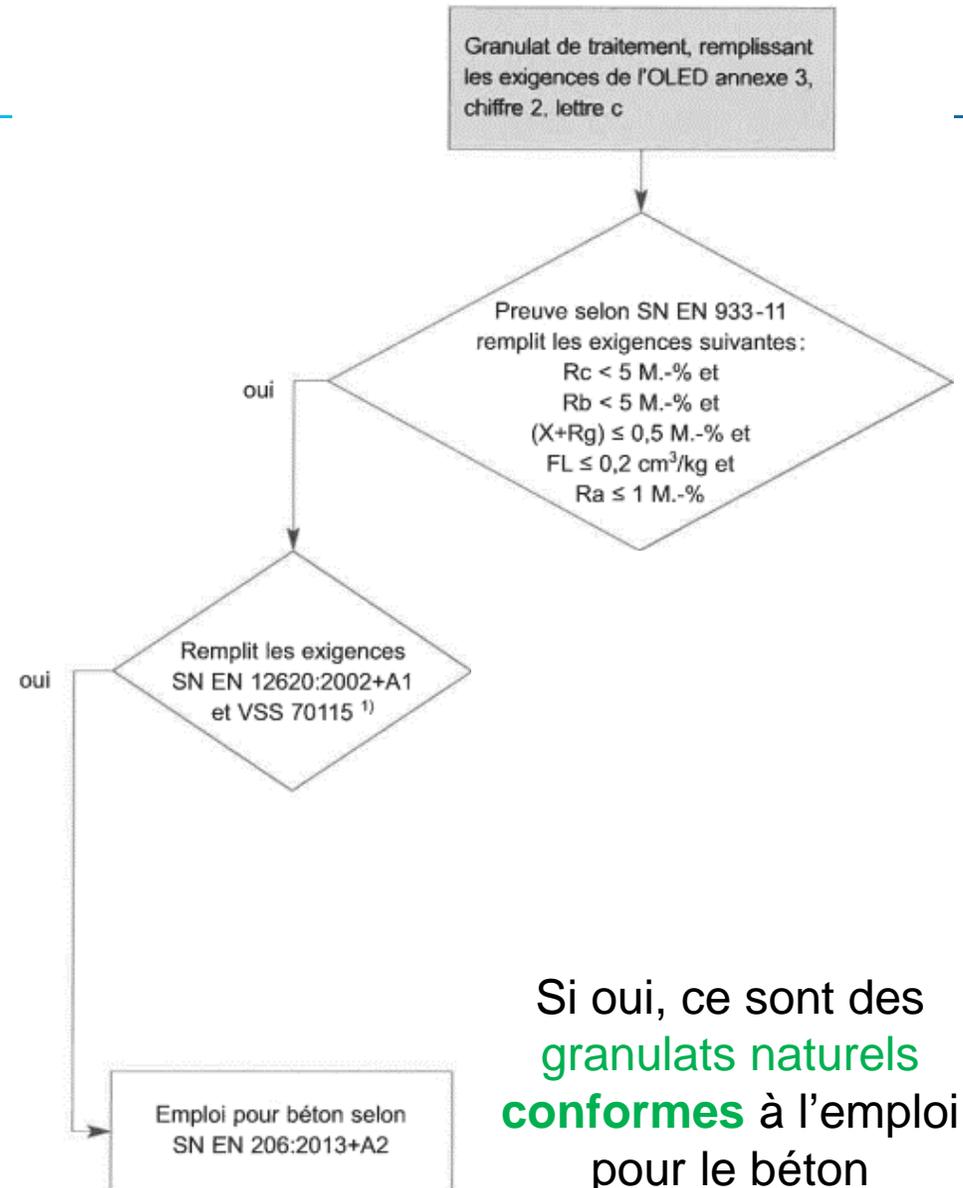
Codes OLED
4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302



Si non, ces granulats **naturels** doivent être conformes comme n'importe quels autres granulats naturels

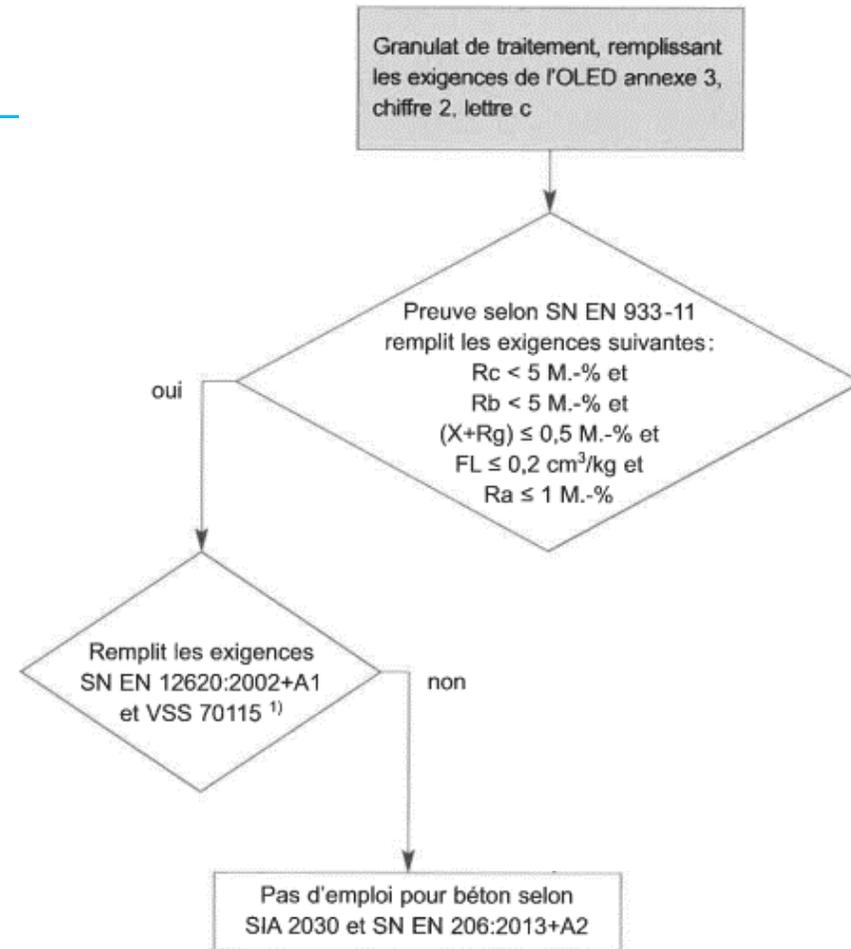
Quoi de neuf docteur?

Codes OLED
4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302



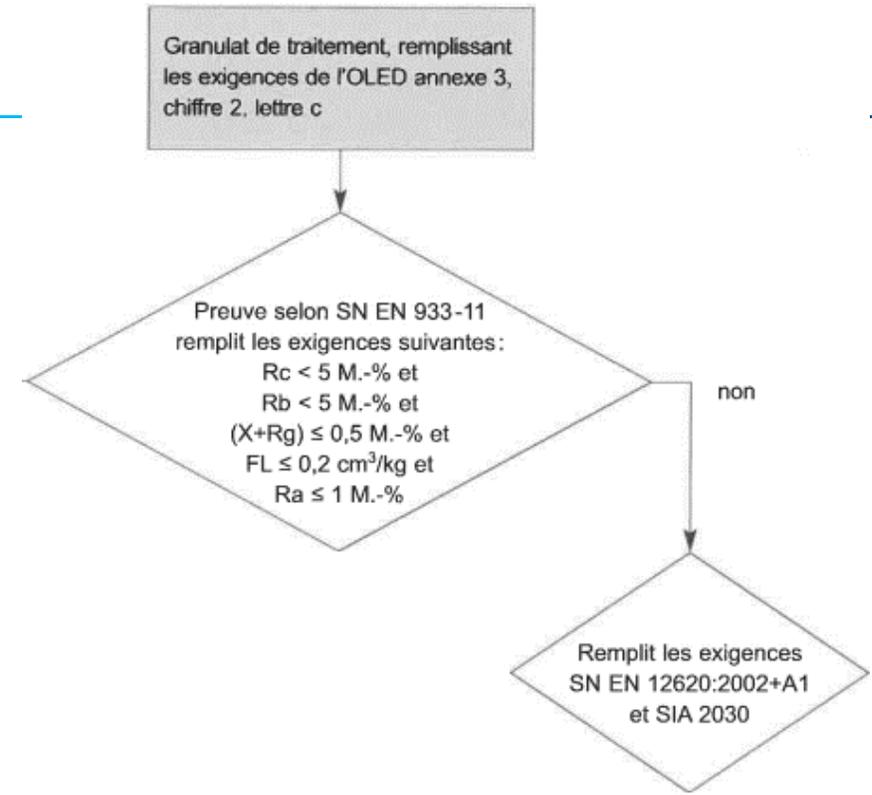
Quoi de neuf docteur?

Codes OLED
4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302



Si non, ce sont des **granulats naturels** **impropres** à l'usage pour le béton

Quoi de neuf docteur?



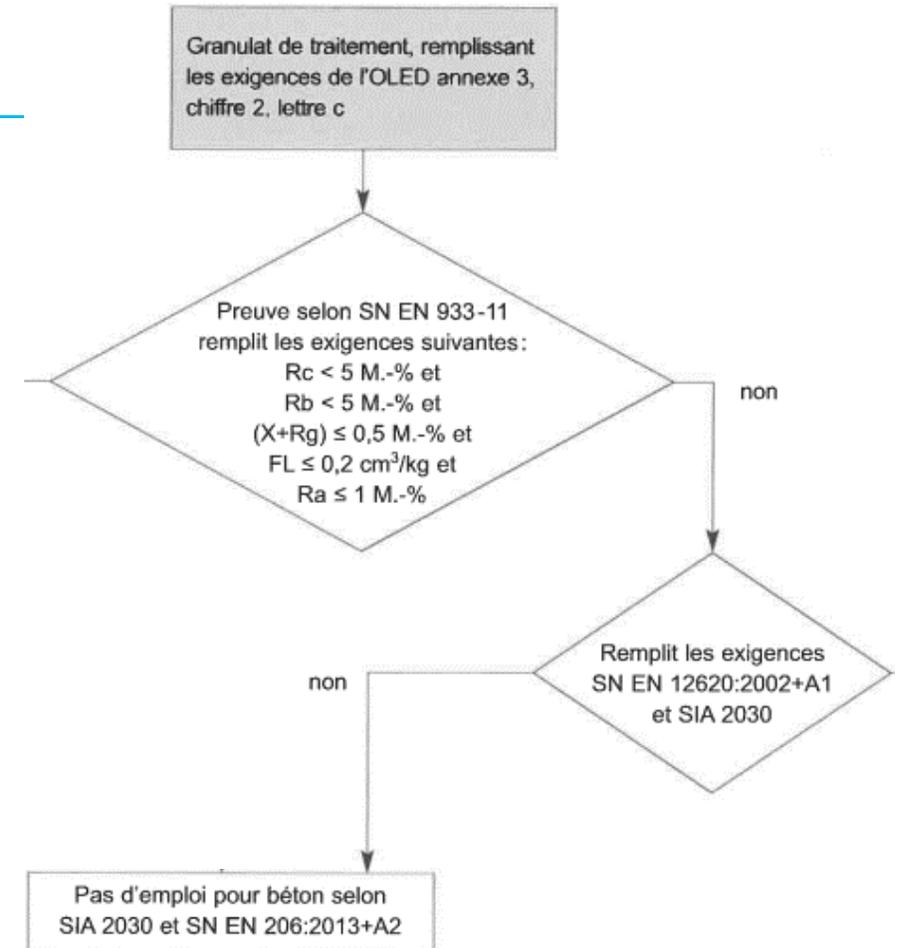
Codes OLED

4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302

Si oui, ces granulats sont **recyclés** et doivent être conformes aux exigences

Quoi de neuf docteur?

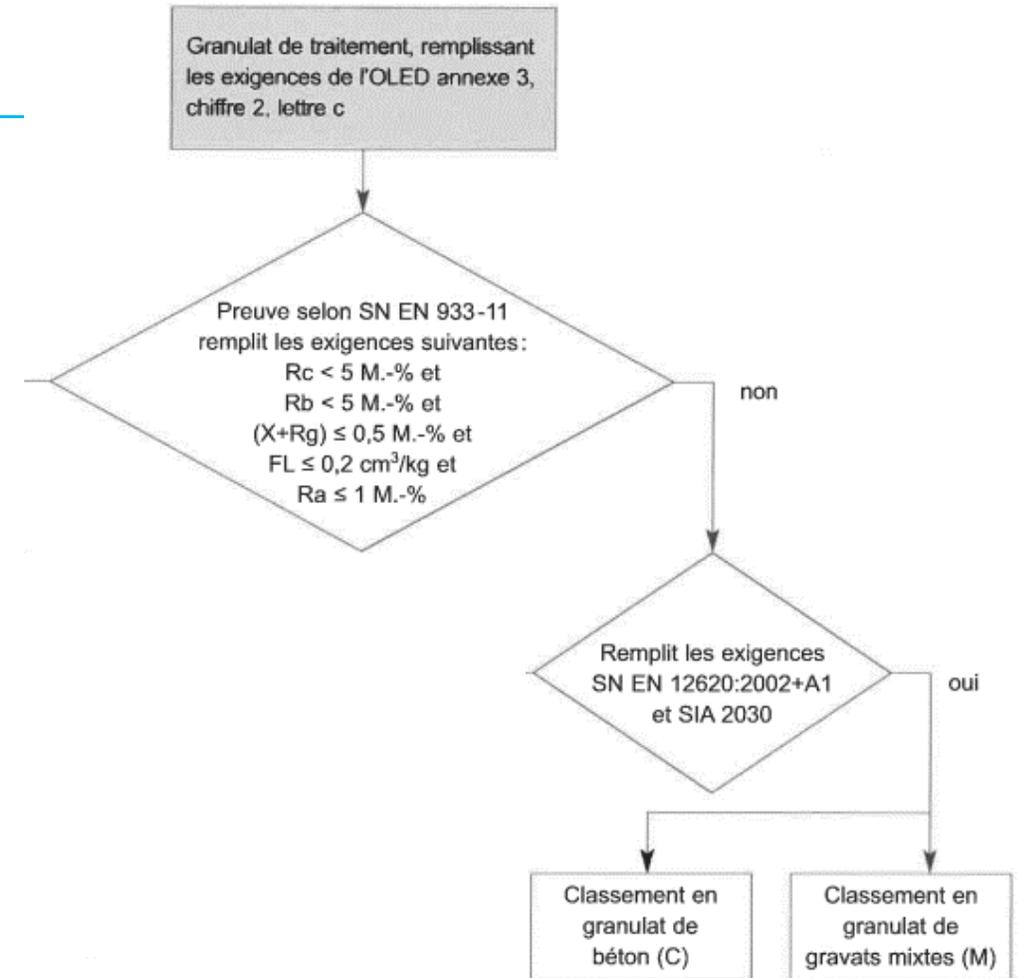
Codes OLED
4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302



Si non, ce sont des **granulats recyclés inaptes** à l'emploi pour le béton

Quoi de neuf docteur?

Codes OLED
4101, 4103, 4106, 4201, 4203, 4302



Si oui, ce sont des **granulats recyclés C** ou **M conformes** à l'emploi pour le béton

Quoi de neuf docteur?

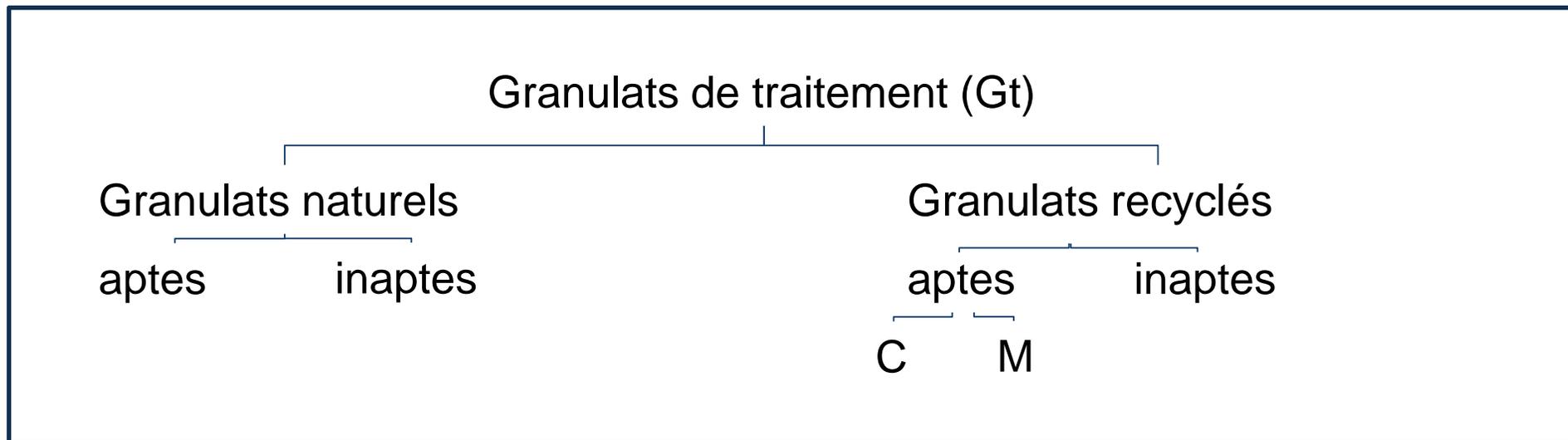
Granulats de traitement:

Il n'y a donc pas de **béton** de granulats de traitement (Gt), puisque ceux-ci sont finalement répartis en

- granulats naturels (aptés ou non à l'emploi),
- recyclés C ou M aptes

ou

- recyclés inaptés à l'emploi.



Valeurs

Sorte C	normale	RC-C	RC-C + Susteno
	C301	C2C301	EVOPACT PLUS
Exemple 1– granulats calcaires purs			
Ciment	CEM II /B-LL 32.5 Batimo	CEM II /B-LL 32.5 Batimo	ZN-D 42.5 Susteno
% granulats C	-	25%	25%
% Rc dans C	-	100%	100%
fcw	54	56	54
Module E	36'000 (E 32 / E 34)	33'000 (E 30)	32'500 (E 30)
Rés. Carbonatation (< 5)	3.7	2.8	3.1
Exemple 2– granulats plateau suisse			
Ciment	CEM II / B-M T LL 42.5 Optimo	CEM II / B-M T LL 42.5 Optimo	ZN-D 42.5 Susteno
% granulats C	-	25%	25%
% Rc dans C	-	100%	100%
fcw	50	44 (ponctuel)	50
Module E	32'000 (E 30)	32'000 (E 30)	30'000 (E 25)
Rés. Carbonatation	3.5	-	3.7

Les défis (et coûts) pour la production sont:

- Écoulement dans les silos -> des mesures sont possibles de cas en cas
- Garantie du rapport e/c -> des mesures sont possibles (adjuvantation)
- Garantir la consistance du béton dans le temps -> des mesures sont possibles (adjuvantation)
- Disponibilité silo granulats (surtout en cas de fractions séparées)

Exemple (rare) de mauvaise utilisation

Béton taloché frais sur frais

- risque de fissuration,
- risque de surface irrégulière
au droit des gros granulats recyclés



Remarque: La possibilité d'employer un béton de recyclage doit être clarifiée au préalable pour des applications spéciales telles que par ex. un béton de parement, un sol industriel ainsi qu'un béton exposé aux attaques chimique ou à la RAG.

Exemple de bonne utilisation

Usine de ciment, halle, Eclépens



Aucune différence.

← RC-M10

← RC-C25

En général, si tout le reste est maîtrisé, l'aspect des parements de béton recyclé est «identique» à celle de bétons non recyclés.

Exemple actuel de bonne utilisation

Chantier Hauts de Trembley, Genève, entreprise Losinger

EvopactPLUS (C2B209E25EVO Bâtiment Sequoia Dalle)

Sorte B: C30/37, Dmax 32, XC3, F4, Pompable, RC-C25, E25

Granulats C: 25%

Granularité: 4/22 certifié (SüGB)

Résultats d'essai:

e/c: 0,54

consistance: 520 mm (F4)

F_{cw}: 47,2 N/mm²

ME: 29'000 N/mm²

SIA 262/1-I: < 4.5 mm/an^{1/2} résistance à la carbonatation

50 Ans Durée de service
Limite
XC3 :
Kn ≤ 6,50mm/√ AN



Exemple actuel de bonne utilisation

Chantier Immeuble les Jardins, Chablais,

Consortium EGT&Cuenod Payot

EvopactPLUS (C2C390 E25EVO Mur et dalle)

Sorte C: C30/37, Dmax 32, XC4, XF1, F4, Pompable,
RC-C25, E25

Granulats C: 25%

Granularité: 0/16 certifié (SüGB)

Résultats d'essai:

e/c: 0,45

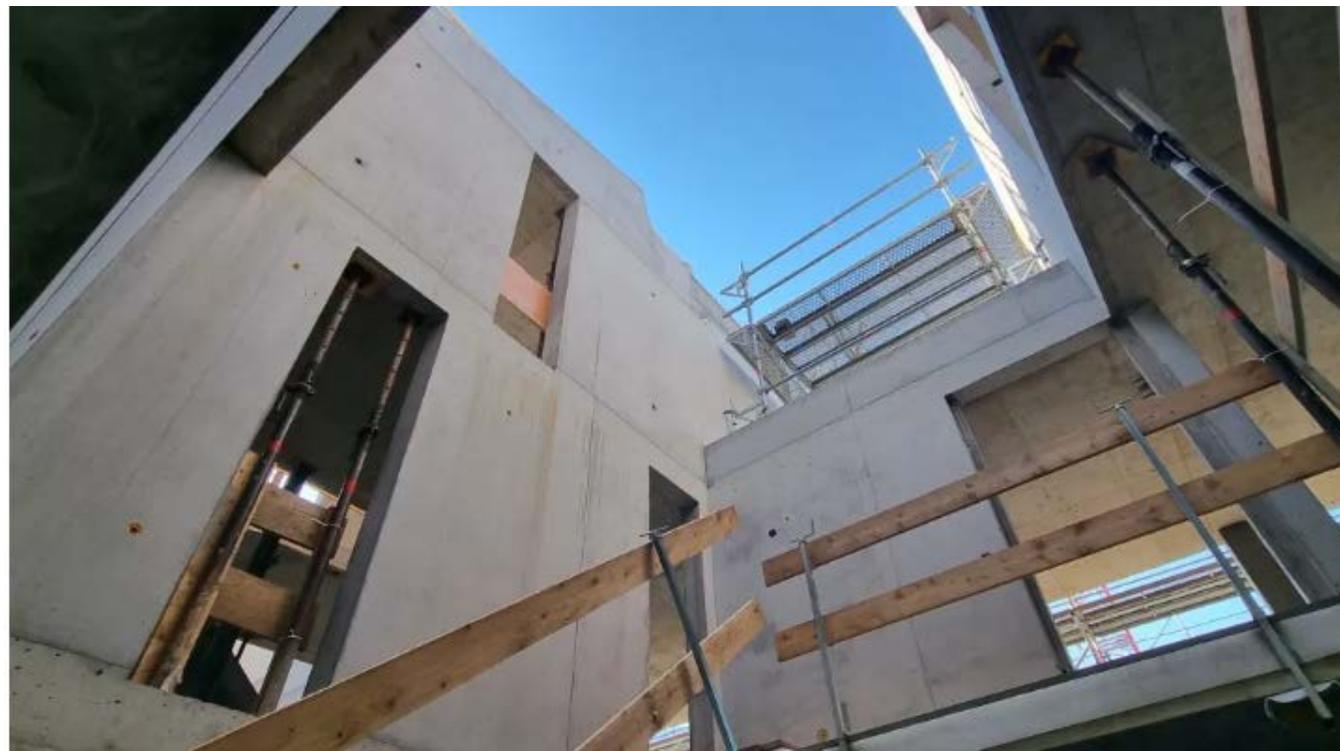
consistance: 510 mm (F4)

F_{cw}: 58,7 N/mm²

ME: 29'000 N/mm²

SIA 262/1-I: < 3.5 mm/an^{1/2} résistance à la carbonatation

(KN < 5.0 mm/an^{1/2})





HOLCIM