

Technologies et procédés de recyclage (GT1)

Fabrication de ciment composé à partir de sables recyclés



Colloque RECYBETON - André Lecomte, IJL Nancy
09/03/2017





- ▶ Les **Sables de Bétons Recyclés** (SBR) posent des problèmes de réutilisation dans de nouveaux bétons...
- ▶ Ils contiennent cependant une forte proportion de l'**ancien ciment**
- ▶ Peut-on **refaire du ciment** avec l'ancien ciment ?

Trois volets

1 – **Cru cimentier (CR1)**

1 a – Echelle laboratoire (rappel)

1 b – Echelle industrielle

2 – **Ajout au ciment (CR2)**

Etude Laboratoire

3 – **Addition au béton** *(après broyage, non présenté ici)*



1a – Etude en Laboratoire (bref rappel)

- ▶ **4 SBR** : **Lille** RMN, **Valence** l'Armailler, **Paris** DLB, **Strasbourg** Léonhart
1 fine de dépoussiérage (FDP) : Clamens
- ▶ **Caractérisation**
 - ▶ physique : peu de fines (SBR), \pm PCD selon origine
 - ▶ chimique (FX) : $17 < \text{PAF} < 22$; $47 < \text{SiO}_2 < 58$; $16 < \text{CaO} < 21$
 - ▶ minéralogique : quartz, **pas Ca(OH)₂**, $26 < \text{CaCO}_3 < 34$
- ▶ Fabrication de **13 crus** en substituant totalement (/ cru témoin) l'argile (14%), la marne (48%) ou les deux
 - ▶ obtention de **clinkers viables** (CaO à surveiller)
 - ▶ faisabilité démontrée
 - ▶ toute optimisation possible dans les fourchettes étudiées (selon contexte industriel)



1b – Fabrication industrielle (avril 2016)

- ▶ Usine Vicat/Créchy (Vichy) : voie sèche, 1350t/j
- ▶ 5 160 T de cru « Recybéton »
 - ▶ chimie (FSC, MS, A/F, quartz): **sable fonderie** (notamment) → **SBR**
 - ▶ composition (%): 54,7 calcaire/25,6 marne/**14,6 SBR**/5,1 autres
 - ▶ préhomo, broyage (boulets), homogénéisation silos...





FICHE TECHNIQUE CIMENT Ciment CR1 Recybéton

FTCR1.1724
Mise à jour : 03/01/2017
Page 1/1

Produit : **CEM I 52,5 N**
Usine : Créchy (03)

Caractéristiques physiques et mécaniques

	Masse Volumique (g/cm³)	Finesse Blaine (cm²/g) / Diamètre médian (µm)	Clarté L*	Demande en eau (%)	Temps de début de prise (min)	Expansion (mm)	Chaleur d'hydratation à 41h (J/g)	Résistance en compression (MPa)			
								1j	2j	7j	28j
Moyenne	3,14	3630/11	62,8	34,9	280	2,0	350	20	35	55	58
Ecart type	*	200 / 0,5	*	0,5	18	1,0	18	1,6	1,5	1,1	1,0
Limites	CE	*	*	*	≥ 40	≤ 10	*	*	≥ 18	*	≥ 50
	NF	*	*	*	≥ 60	≤ 10	*	*	≥ 18	*	≥ 50

Caractéristiques chimiques

[%]	Moyenne	Ecart type	Limites	
			CE	NF
Alcalins eq. actifs (Na2O eq. actifs)	0,79	0,04	*	*
Perte au feu 950°C	1,62	*	≤ 5,0	≤ 5,0
SO ₃	3,35	*	≤ 4,5	≤ 4,5
Cl ⁻	0,01	*	≤ 0,10	≤ 0,10
S ²⁻	0,02	*	*	≤ 0,2
Résidu Insoluble	0,32	*	≤ 5,0	≤ 5,0

Composition hors gypse et caractéristiques des constituants

Constituant	Teneur [%]	Caractéristiques [%]			
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Clinker	100	61,8	17,8	6,1	11,6
Calcaire	*	*	*	*	*
Laitier	*	*	*	*	*
Constituants Secondaires	*	*	*	*	*

Certificat CE et Marque NF-LH

Certificat CE	
Marque NF-Liant Hydraulique	

Les valeurs indiquées sont des valeurs moyennes, elles peuvent varier légèrement dans les limites autorisées par les normes.
Le succès des travaux entrepris avec ce ciment résulte naturellement conditionnés par le respect des règles de bonne pratique en matière de préparation, de mise en oeuvre et de conservation des mortiers et bétons.
Le ciment contient un agent réducteur de chrome hexavalent soluble afin de satisfaire à la réglementation en vigueur.

VICAT - DIRECTION QUALITE CIMENT - 4, RUE ARISTIDE BERGÈS - BP 137 - LES TROIS VALLONS
38081 L'ISLE D'ABEAU CEDEX TEL : +33 (0)4 74 18 41 00 - FAX - +33 (0)4 74 18 40 18

- ▶ Cuisson → **3000 T clinker**
- ▶ RAS/clinker standard
- **CEM I 52,5 N**

Résistance	1j	2j	7j	28j
CR1 Recybéton	20	35	55	58
Moyenne 2016	20,3	31,5	49,9	62,4

Minéralogie	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
CR1 Recybéton	61,8	17,8	6,1	11,6
Moyenne 2016	65,5	16,2	xx	xx

- ▶ Autres productions industrielles envisagées (SBR # qualités) par Vicat, dans le cadre d'un projet "Interreg"

► Echantillons : 50kg de 4 CEM II **cobroyés** par SD-Tech Alès

Réf	Type visé	K	Calcaire	SBC	Gypse	MV (g/cm ³)	SSB (cm ² /g)
C1	CEMII/A-LL15	79	15	---	6	3,065	4620
C2	CEMII/A-M (LL7-SBC8)	79	7	8	6	3,039	4690
C3	CEMII/B-M (LL9-SBC16)	69	9	16	6	2,984	4770
C4	CEMII/B-SBC25	69	---	25	6	2,966	4550

Clinker, calcaire, gypse : Lafarge Port-la-Nlle. SBC Valence

Cara. Physiques

► Chimie (FX)

Réf	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	PAF	CaO libre	Insol.
C1	19	4,9	2,4	0,3	0,03	62,1	1,4	3,2	0,6	0,1	6,1	2,3	0,1
C2	21,6	5,2	2,4	0,3	0,03	59,2	1,4	3	0,8	0,2	6,0	2	2,7
C3	23,3	5	2,2	0,3	0,03	55,7	1,4	3,1	0,8	0,3	8,2	1,7	5,9
C4	27,3	5,4	2,3	0,3	0,04	53,5	1,4	3,1	0,9	0,4	6,6	2,5	9
SBR	47,4	5,6	2,1	0,2	0,07	20,8	0,8	0,4	1,1	0,8	20,6		





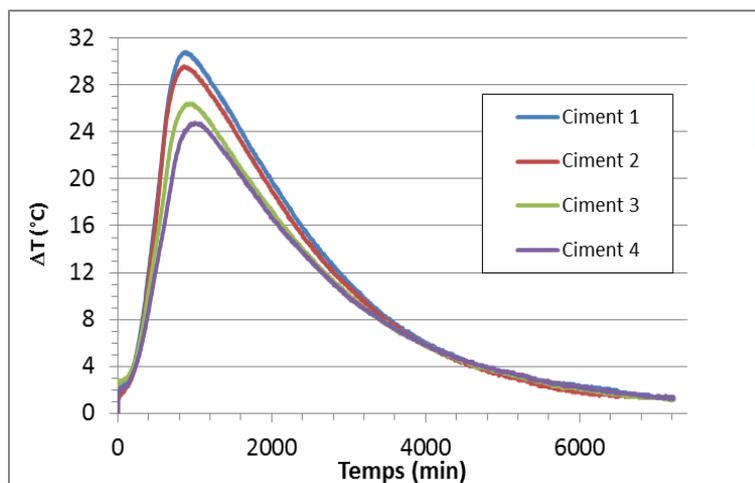
► Minéralogie (DRX + Rietveld)

Réf	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CŠH	CaCO ₃	SiO ₂
C1 LL15	62,4	6,6	7,5	7,7	4,9	10,3	0,2
C2 LL7-SBC8	61,1	4,9	8	6,5	4,7	10,5	1,9
C3 LL9-SBC16	54,2	5	6,5	5,6	5,9	17,4	3,3
C4 SBC25	53,9	4,8	6,8	6	5,2	11,6	4,9

► Demande en eau, début de prise

E/C	Début	Fin
0,249	2h50	3h10
0,252	2h45	3h15
0,257	3h12	4h12
0,269	3h42	4h12

► Chaleur d'hydratation (Langavant)



Réf	J/g à 120h
C1	317
C2	303
C3	278
C4	268



► Compression

Réf	1 j	2j	7j	28j	90j	
C1 LL15	19,1	32,3	45,3	55	60,2	CEMII/A-LL 42,5R
C2 LL7-SBC8	16,4	29,9	43,1	49,9	55	CEMII/A-M 42,5R
C3 LL9-SBC16	12,6	21,6	34,8	41,4	44,4	CEMII/B-M 32,5N
C4 SBC25	9,6	20,2	32,9	38,9	43	CEMII/B-32,5N

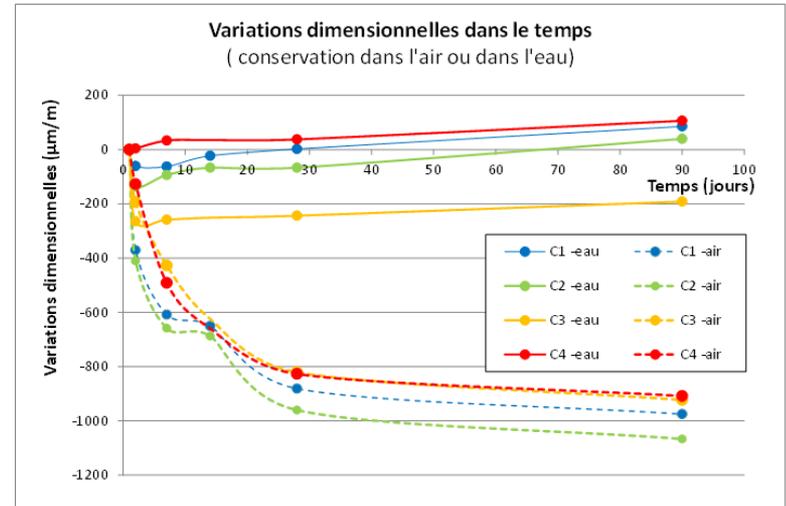
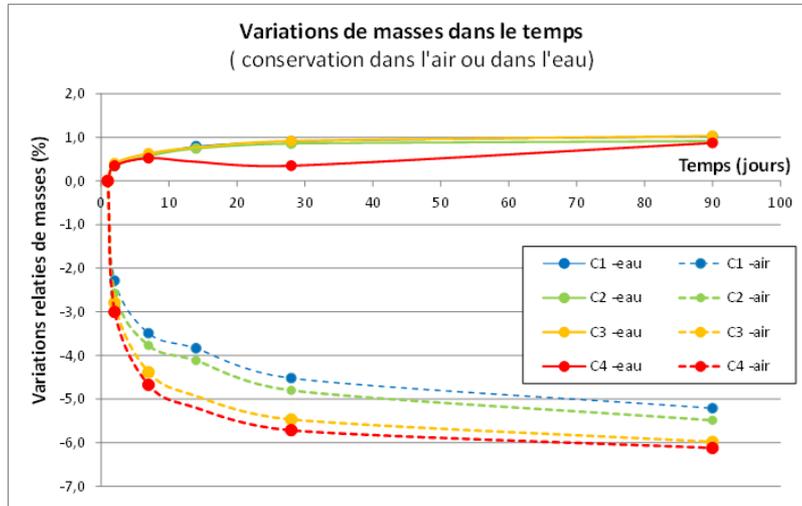
► Pour C4, résistance si clinker seul (selon Féret)

C4 SBC25	2j	7j	28j	90j
Mesuré	20,2	32,9	38,9	43
Clinker seul	8,5	25,5	33,5	38,1

► Essais complémentaires en cours



► Variations massiques, variations dimensionnelles



► Essais sur bétons en cours (IFSTTAR Nantes)





Possibilité d'utiliser les sables de béton recyclé dans le **cru cimentier**, à échelle industrielle

Possibilité d'utiliser (certains) sables de béton recyclé en tant qu'**addition** pour donner des **ciments** de type CEM II/A ou B (32,5N) à usage courant.

Merci de votre attention