

Chantier expérimental HOLCIM – CLAMENS

Bétons de structure et de voirie
Villeparisis – Roissy - Gennevilliers



Colloque RECYBETON – **Pierre VUILLEMIN**

16/06/2015

Impacts énergétiques,
environnementaux et
sanitaires



Agence Nationale de la Recherche
ANR





► Sommaire

- Contexte du chantier et partenaires
- La fabrication des granulats
- Caractéristiques des granulats obtenus
- Les études de béton en laboratoire
 - Les taux de substitution
 - Les essais sur bétons frais et durcis
- La fabrication en centrale BPE
- Le chantier expérimental : coulages de murets et trottoirs
- Première expérience en 2011 dans le Haut-Rhin (68)





► Contexte du chantier et partenaires

- Objectif initial : réaliser des murs de séparation de cases à granulats
- Objectif redéfini : réaliser des murets en BA, dallages et trottoirs
- Partenaires :



Clamens

- CLAMENS : fabrication des granulats



- HOLCIM BETONS : caractérisation des granulats
étude des bétons
fabrication en centrale BPE
coulage des bétons



- Patrick DANTEC : animateur chantiers expérimentaux du PN Recybéton

► Fabrication des granulats

- Plateforme de Villeparisis – Société CLAMENS



- Fabrication des granulats
 - La sélection des blocs de béton



- ▶ Fabrication des granulats
 - Le concassage et le lavage



► Fabrication des granulats

■ Les granulats obtenus

- 3 coupures :
 - Sable 0/4
 - Gravillon 4/10
 - Gravier 10/20





► Les caractéristiques du sable

- Le sable 0/4 obtenu

Essai	Normes		Sable 0/4	
Los Angeles	NF EN 1097-2	%		
Micro-Deval	NF EN 1097-1	%		
Teneur en fines	NF EN 933-1	%	0,7	-
Aplatissement	NE EN 933-3	%		
Module de finesse		-	3,2	-
Polluants organiques	NF EN 1744-1	-	négatif	-
Absorption d'eau	NF EN 1097-6 art 8 et 9	%	5,8	-
Masse volumique réelle	NF EN 1097-6 art 8 et 9	Mg/m ³	2,33	>=2
Bleu	NF EN 933-9	g	0,4	-
Classification des constituants	NF EN 933-11	%		
Soufre total en S	NF EN 1744-1 art 11	%	0,8	
Alcalins actifs Na ₂ O _{eq}	LPC 37	%	0,0196	-
Sulfates solubles dans l'eau en SO ₄	NF EN 1744-1 art 10.2	%	0,02	SS0,2
Chlorures solubles dans l'acide	NF EN 1744-5	%	0,03	-
Constituants réduisant le temps de prise	NF EN 1744-6	min	0	A ₁₀
				CR _B



- ▶ La fabrication des gravillons
 - Les gravillons 4/10 et 10/20 obtenus

Essai	Normes		Gravillon 4/10		Gravillon 10/20	
Los Angeles	NF EN 1097-2	%			37	LA ₄₀
Micro-Deval	NF EN 1097-1	%			29	-
Teneur en fines	NF EN 933-1	%	0,1	-	0,3	-
Aplatissement	NE EN 933-3	%			1,8	Fl ₄₀
Module de finesse		-				
Polluants organiques	NF EN 1744-1	-				
Absorption d'eau	NF EN 1097-6 art 8 et 9	%	6,4	-	6,6	-
Masse volumique réelle	NF EN 1097-6 art 8 et 9	Mg/m ³	2,25	>=2	2,18	>=2
Bleu	NF EN 933-9	g				
Classification des constituants	NF EN 933-11	%	100	Rcu95	100	Rcu95
Soufre total en S	NF EN 1744-1 art 11	%	0,14		0,13	
Alcalins actifs Na ₂ O _{eq}	LPC 37	%	0,0247	-	0,0369	-
Sulfates solubles dans l'eau en SO ₄	NF EN 1744-1 art 10.2	%	0,04	SS0,2	0,13	SS0,2
Chlorures solubles dans l'acide	NF EN 1744-5	%	0,014	-	0,017	-
Constituants réduisant le temps de prise	NF EN 1744-6	min	10	A ₁₀	10	A ₁₀
				CR _B		CR _B





► L'étude des bétons en laboratoire

- 7 formules de bétons ont été étudiées en laboratoire avec des taux de substitution de granulats recyclés variant de 0 à 100 %



► Les bétons étudiés

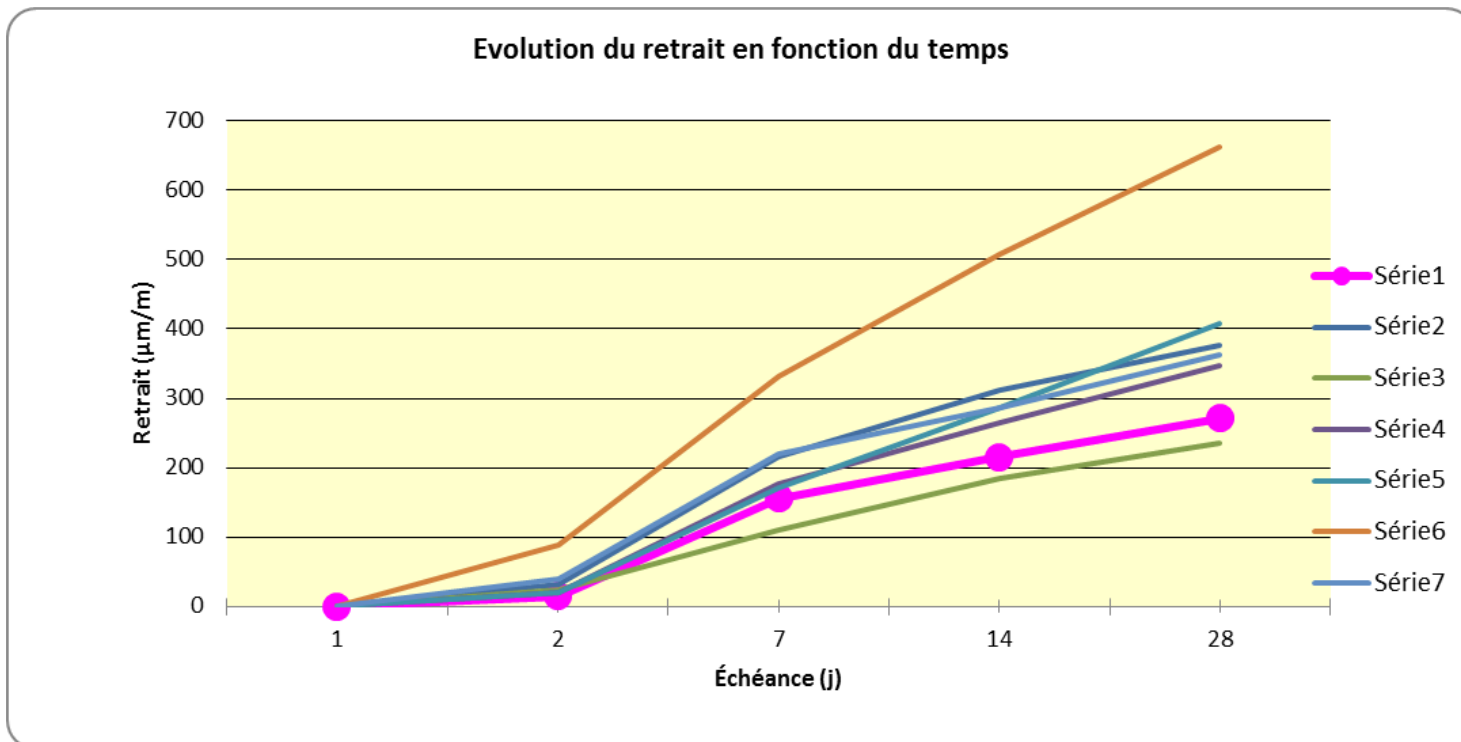
- L'étude des bétons a comporté des mesures de consistance, rhéologie, teneur en air, résistances en compression et en fendage, de retrait, de module d'élasticité et des indicateurs de durabilité

FORMULE	F0 - standard	F1 - S30 G0	F2 - S0 G30	F3 - S30 G30	F4 - S0 G100	F5 - S100 G100	F6 - S10 G10	F7 - S100 G0
Date essai	14/10/2014	14/10/2014	21/10/2014	21/10/2014	21/10/2014	22/10/2014	22/10/2014	22/10/2014
Composition	0/4 concassé Ferques [kg]	924	647	924	647	x	832	x
	4/20 concassé Ferques [kg]	999	999	699	699	x	899	999
	0/4 Recyclé Clamens [kg]	x	277	x	277	x	924	924
	4/10 Recyclé Clamens [kg]	x	x	100	100	333	333	x
	10/20 Recyclé Clamens [kg]	x	x	200	200	666	666	x
	CEM II/B-S 42,5 N CE CP1 NF Héming [kg]	280	280	280	280	280	280	280
	Eau [l]	168	168	168	168	168	168	168
	Adjuvant P/RE Chryso Delta CER [%]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0
	Adjuvant F/HR Chryso Optima 175 [%]	0	1,05	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5
	Température air T0	16	13,8	15,4	15,3	15,2	14,1	15,7
	Température béton T0	17,1	15,5	17	17,1	17,7	15	16,7
	Slump T0 [mm]	165	190	190	180	200	200	160
	Slump T30 [mm]	135	180	180	180	200	200	130
	Slump T60 [mm]	100	165	180	160	185	200	115
	Slump T90 [mm]	80	160	175	120	185	180	90
	Masse volumique [kg/m3]	2409	2376	2362	2340	2272	2112	2361
	Teneur en air [%]	1,5	2,3	1,8	2,3	1,7	6	2,3
	Rc1j [Mpa]	4,05	5,84	0	0	0	0	5,97
	Rc 7j [Mpa]	33,2	34,4	32,6	32,9	25,8	17,3	28,1
Rcompression 28j [Mpa]	49,3	47,9	43,8	43,8	33,5	24,05	40,5	
Rfendage 28j [Mpa]	3,56	3,27	3,47	3,29	2,8	2,12	2,91	
Retrait 28j	271	377	236	346	407	663	362	
Module 28j	x	x	39722	38047	32482	x	39200	



► Les bétons étudiés

- Le retrait
 - Le retrait augmente avec le pourcentage de substitution



► Les bétons étudiés

- Les essais de durabilité

- La durabilité est également impactée par le pourcentage de substitution

Formule	F0 Standard	F1 S30 G0	F2 S0 G30	F3 S30 G30	F4 S0 G100	F5 S100 G100	F6 S10 G10	F7 S100 G0
Date essai	14/10/2014	14/10/2014	21/10/2014	21/10/2014	21/10/2014	22/10/2014	22/10/2014	22/10/2014
N° Echantillon	150639	150632	150633	150634	150635	150636	150637	150638
0/4 concassé Ferques (kg)	924	647	924	647	924		832	
4/20 concassé Ferques (kg)	999	999	699	699			899	999
0/4 recyclé Clamens (kg)		277		277		924	92	924
4/10 recyclé Clamens (kg)			100	100	333	333	33	
10/20 recyclé Clamens (kg)			200	200	666	666	67	
CEM II/B-S 42,5 N CP1 NF Héming (kg)	280	280	280	280	280	280	280	280
Eau l	168	168	168	168	168	168	168	168
ChrysoDelta CER %	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35		0,35
Chryso optima 175 %	0	1,05	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,9
Rc 1J (Mpa)	4,05	5,8					6	
Rc 7J (Mpa)	33,2	34,3	32,6	32,9	25,8	17,3	28,1	23,1
Rc 28J (Mpa)	49,3	47,9	43,8	43,8	33,5	24	40,5	33,2
R fendage	3,56	3,27	3,47	3,29	2,8	2,1	2,9	
Retrait 28j	271	377	236	346	407	663	361	
Module 28J			39722	38047	32482		39200	
Perméabilité à l'air x 10-18 (m ²)	226	16,1	99	95	211	405	139	
Porosité (%)	13,8	14,1	15	15,7	18,6	21,5	14,9	
Coefficient de diffusion apparent Dapp x 10-12 (m ² /s)	5,1	5,4	4,2	3,9	4,2	7,4	4,5	

durabilité potentielle *

* selon le guide AFGC 2004 sur la durabilité des bétons

élevée 
 moyenne 
 faible 
 très faible 



► La fabrication en centrale BPE à Roissy

- Pré-mélange initial de 1/3 de gravillons recyclés 4/10 avec 2/3 de graviers recyclés 10/20 pour tenir compte du nombre de cases disponibles et n'avoir qu'un gravillon recyclé final.
- Fabrication de béton selon la formule F3 contenant 30 % de substitution de gravillons et sables.
- Livraison du béton sur un chantier à Gennevilliers.



► Le chantier expérimental : coulages de murets et trottoirs

- Coulages de murets en béton C.25/30
- Coulages de trottoirs avec le même béton, mais coloré en ocre savane- béton « *Terre du Sahara* »



- ▶ Le chantier expérimental : le résultat final
 - Aménagements en béton recyclé réalisés aux abords de la nouvelle station dédiée à la chape d'anhydrite.





► Conclusion

- La qualité des bétons intégrant des granulats de béton recyclé est très dépendante de la qualité des matériaux obtenus.
- Le tri sélectif est une opération importante.
- La fabrication de béton recyclé en centrale BPE nécessite des facilités de stockage pour des granulats supplémentaires.

- **L'incorporation de 20 à 50 % de gravillons de béton recyclé est tout à fait envisageable pour des bétons courants dans les classes C.16/20 à C.25/30.**