

ETUDE DE VARIABILITE DES CARACTERISTIQUES DE GRANULATS RECYCLES ISSUS DE DIVERSES SOURCES ET SUIVI

PARTIE 1 – VARIABILITE GEOGRAPHIQUE /
PARTIE 2 – VARIABILITE DANS LE TEMPS



Impacts énergétiques,
environnementaux et
sanitaires

Colloque RECYBETON – François JEZEQUEL (SIGMA BETON)



Ministère
de l'écologie,
du Développement
durable
et de l'énergie

Agence Nationale de la Recherche
ANR

16/06/2015





► Introduction

- Objectifs
- Démarche expérimentale

► Résultats des essais

- Caractéristiques géométriques
- Caractéristiques mécaniques et physiques
- Propriétés chimiques

► Conclusion



► Objectifs

■ Partie 1 – Variabilité géographique

- Faire l'état des lieux des caractéristiques des granulats recyclés disponibles sur le marché français
- Vérifier si leurs caractéristiques répondent aux exigences relatives à une utilisation dans le béton par comparaison aux seuils de la norme NF P 18-545

■ Partie 2 – Variabilité dans le temps

- Vérifier si les productions de granulats recyclés répondent aux exigences de régularité nécessaires à la fabrication de béton





► Démarche expérimentale

- Plateformes de production de granulats recyclés
 - 13 plateformes fournissant 16 productions

Société	Plateforme
CARRIÈRES ET BALLASTIÈRES DE NORMANDIE (CBN)	Plateforme de TOURVILLE (76)
CEMEX	Plateforme de ROQUES SUR GARONNE (31)
CLAMENS	Plateforme de VALPARISIS (77)
COGESUD	Plateforme de NEUVES MAISONS (54)
COSSON	Plateforme de LOUVRES (95)
DLB	Plateforme de GONESSE (95)
DURANCE GRANULATS	Plateforme de GARDANNE (13)
GRANULATS VICAT	Plateforme de l'ARMAILLER ISDI (26)
LEONHART	Plateforme de NIERDERHAUSBERGEN (67)
NOCEENNE DE MATERIAUX	Plateforme SYNEOS NEUILLY (93)
PERMAT	Plateforme de GENAY (69)
ANCYCLA (PLATTARD)	Plateforme de VILLEFRANCHE SUR SAONE (69)
RECYCLAGE MATERIAUX DU NORD (RMN)	Plateforme de FRETIN (59)



► Démarche expérimentale

- Plateformes de production de granulats recyclés
 - 13 plateformes fournissant 16 productions



► Démarche expérimentale

- Programme d'essais
 - Essais réalisés sur les sables recyclés

Essai	Référence normative	Fraction testée
Analyse granulométrique par tamisage	NF EN 933-1	fraction 0/D fournie ou élaborée en laboratoire
Essai au bleu de méthylène	NF EN 933-9 - Août 1999	0/2 mm
Masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau	NF EN 1097-6 §9	0,063/4 mm
Coefficient d'absorption d'eau sur la fraction 0/D	NF EN 1097-6 §9 complétée par la note (1) du tableau 54 de la NF P18-545	0/4 mm
Sulfates solubles dans l'eau dans les granulats recyclés	NF EN 1744-1 §10.2	0/4 mm
Sulfates solubles dans l'acide	NF EN 1744-1 §12	0/4 mm
Sels de chlorures solubles dans l'acide	NF EN 1744-5	0/4 mm
Influence d'un extrait de granulat recyclé sur le temps de prise initial du ciment	NF EN 1744-6	0/4 mm



► Démarche expérimentale

- Programme d'essais
 - Essais réalisés sur les gravillons recyclés

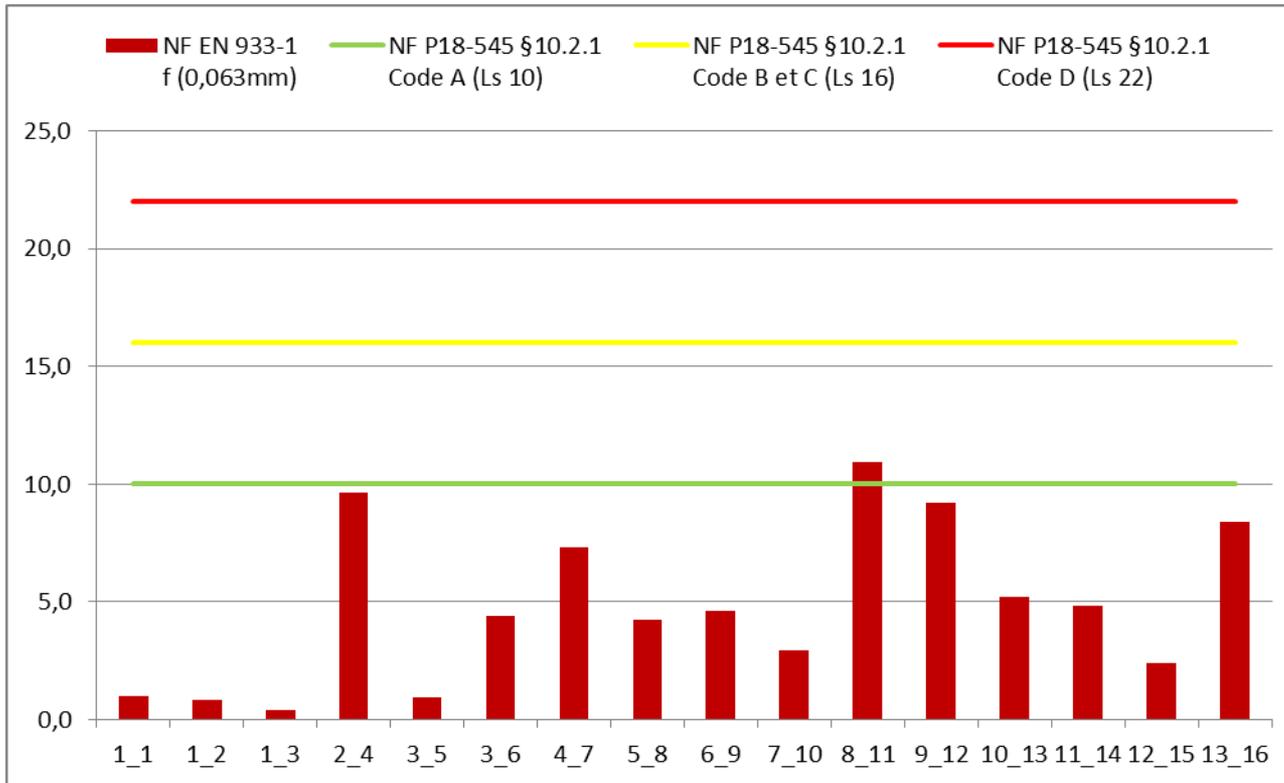
Essai	Référence normative	Fraction testée
Analyse granulométrique par tamisage	NF EN 933-1	fraction d/D fournie ou élaborée en laboratoire
Coefficient d'aplatissement	NF EN 933-3	4/D
Essai de classification des constituants de gravillons recyclés	NF EN 933-11	8/D du plus gros gravillon disponible de chaque production
Essai Los Angeles	NF EN 1097-2 §5	6,3/10 mm et 10/14 mm
Masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau	NF EN 1097-6 §8	6,3/10 mm et 10/20 mm
Sulfates solubles dans l'eau dans les granulats recyclés	NF EN 1744-1 §10.2	fraction d/D du plus gros gravillon disponible de chaque production
Sulfates solubles dans l'acide	NF EN 1744-1 §12	fraction d/D du plus gros gravillon disponible de chaque production
Sels de chlorures solubles dans l'acide	NF EN 1744-5	fraction d/D du plus gros gravillon disponible de chaque production
Influence d'un extrait de granulats recyclés sur le temps de prise initial du ciment	NF EN 1744-6	fraction d/D du plus gros gravillon disponible de chaque production



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques géométriques

- Analyse granulométrique par tamisage (NF EN 933-1) – teneur en fines des sables



Résultats	
Max	10,9
Moyenne	4,8
Min	0,4
Ecart-type	3,4
Nb	16

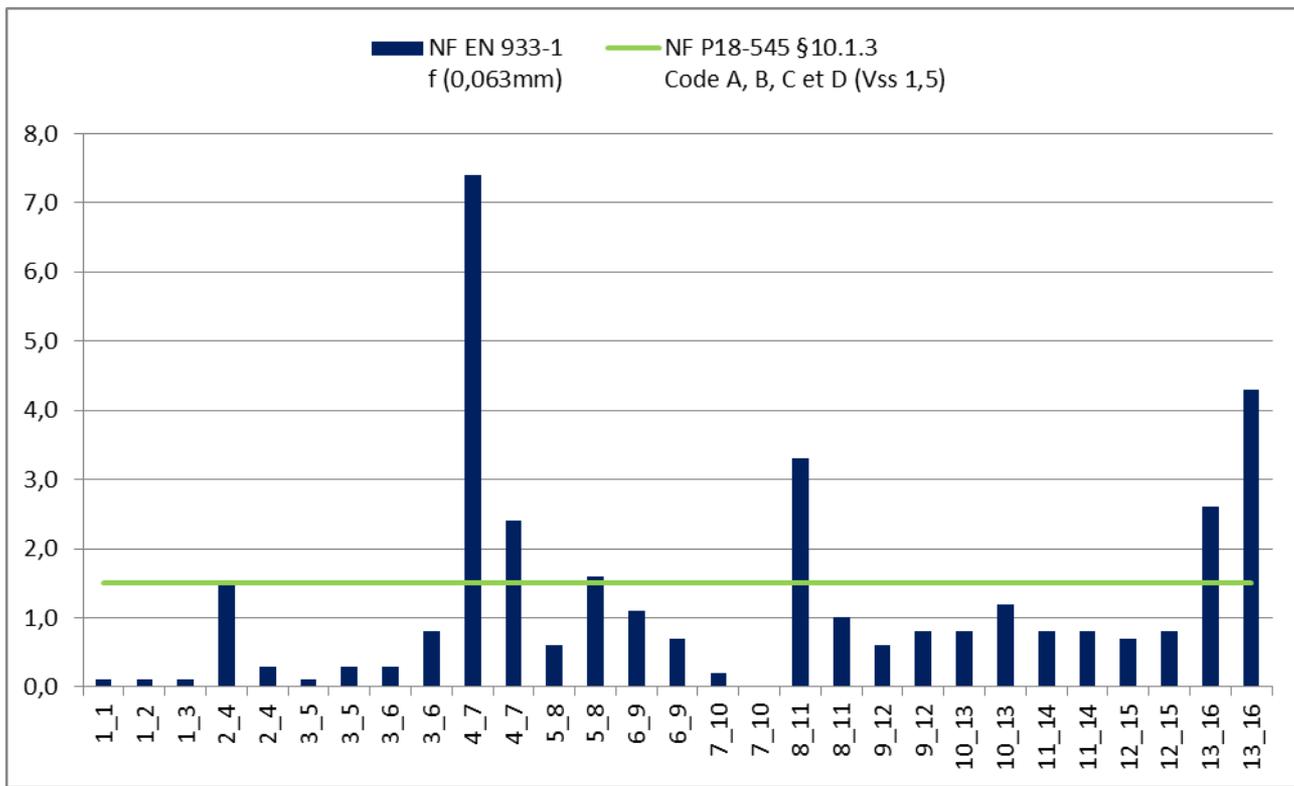
Conclusion	
Code	Nb
A	15
B	1
C	0
D	0
Hors code	0
Total	16



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques géométriques

- Analyse granulométrique par tamisage (NF EN 933-1) – teneur en fines des gravillons



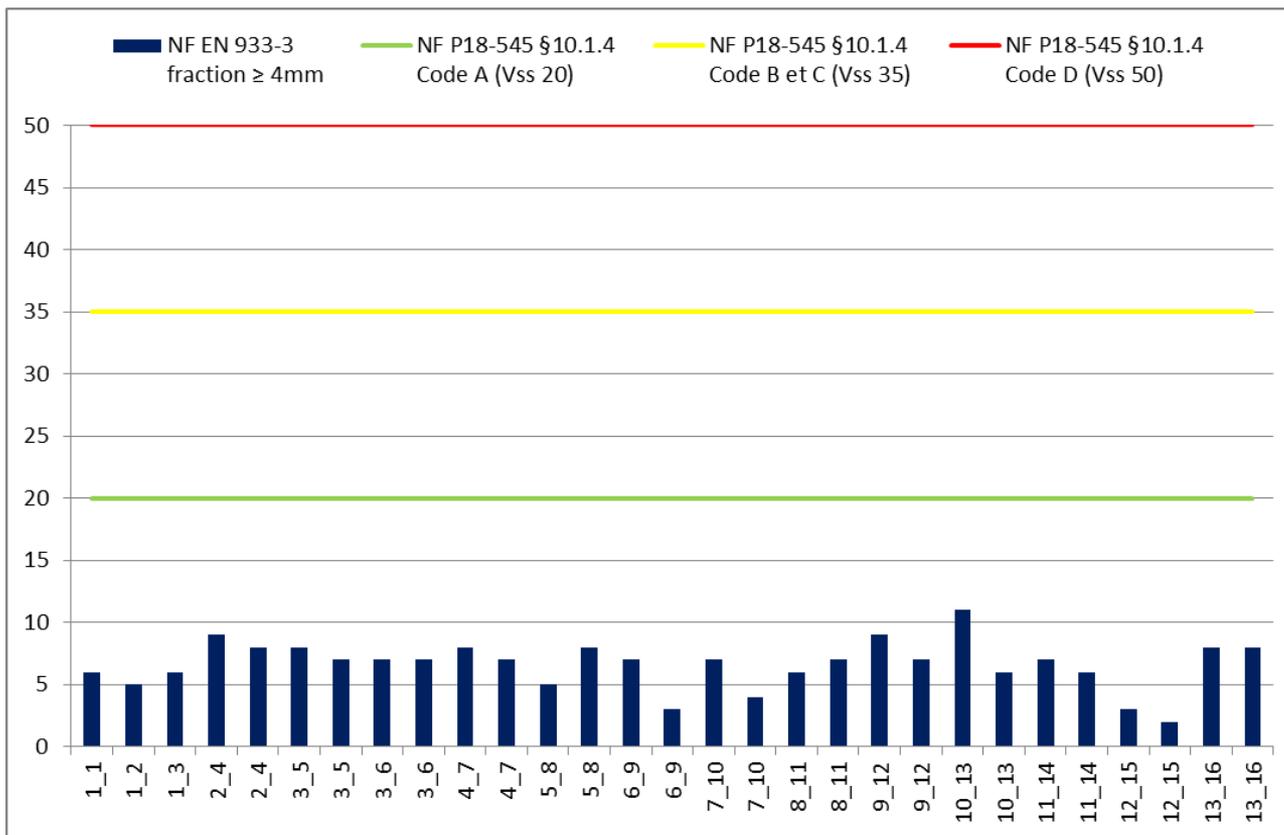
Résultats	
Max	7,4
Moyenne	1,2
Min	0,0
Ecart-type	1,6
Nb	29

Conclusion	
Code	Nb
A	23
B	0
C	0
D	0
Hors code	6
Total	29



► Partie 1 – Variabilité géographique

- Caractéristiques géométriques
 - Coefficient d'aplatissement (NF EN 933-3)



Résultats	
Max	11
Moyenne	6,6
Min	2
Ecart-type	1,9
Nb	29

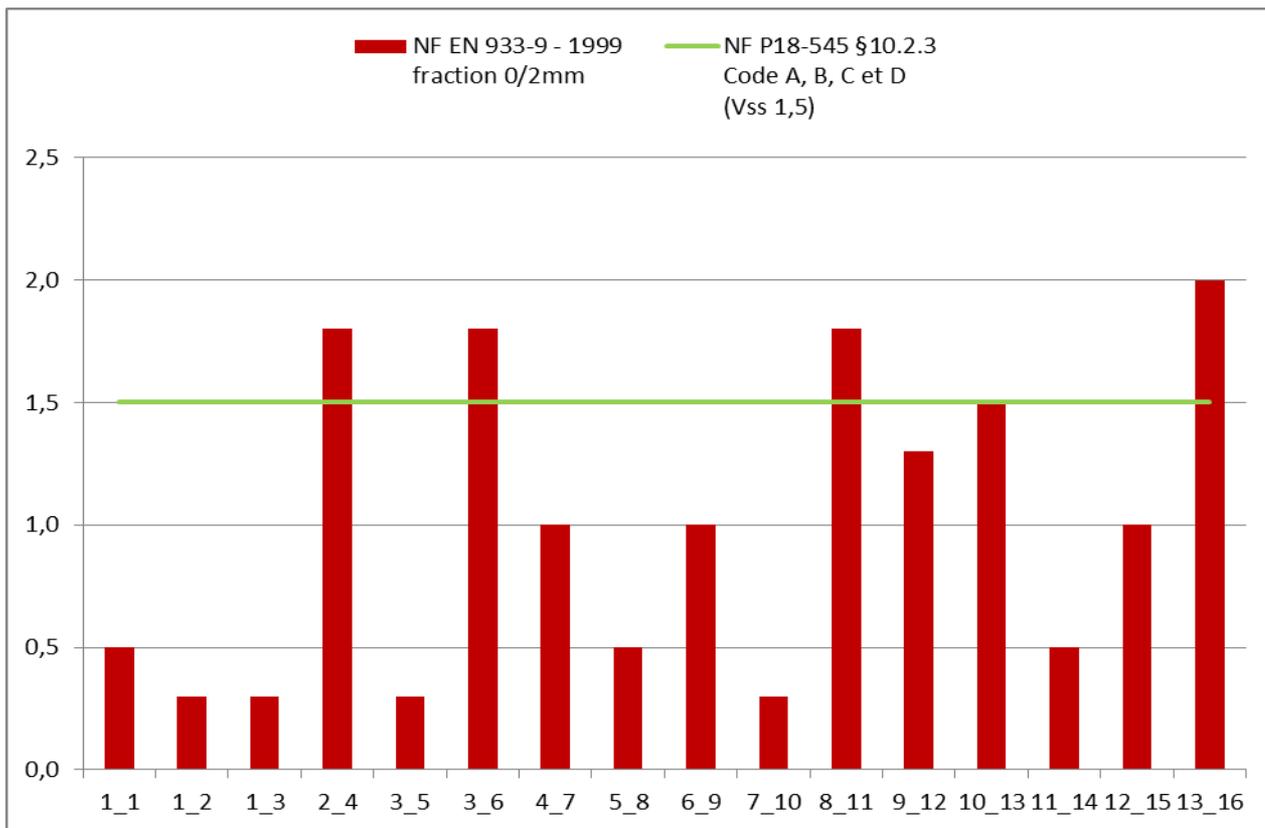
Conclusion	
Code	Nb
A	29
B	0
C	0
D	0
Hors code	0
Total	29



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques géométriques

- Essai au bleu de méthylène (NF EN 933-9 – Août 1999)



Résultats	
Max	2,0
Moyenne	1,0
Min	0,3
Ecart-type	0,6
Nb	16

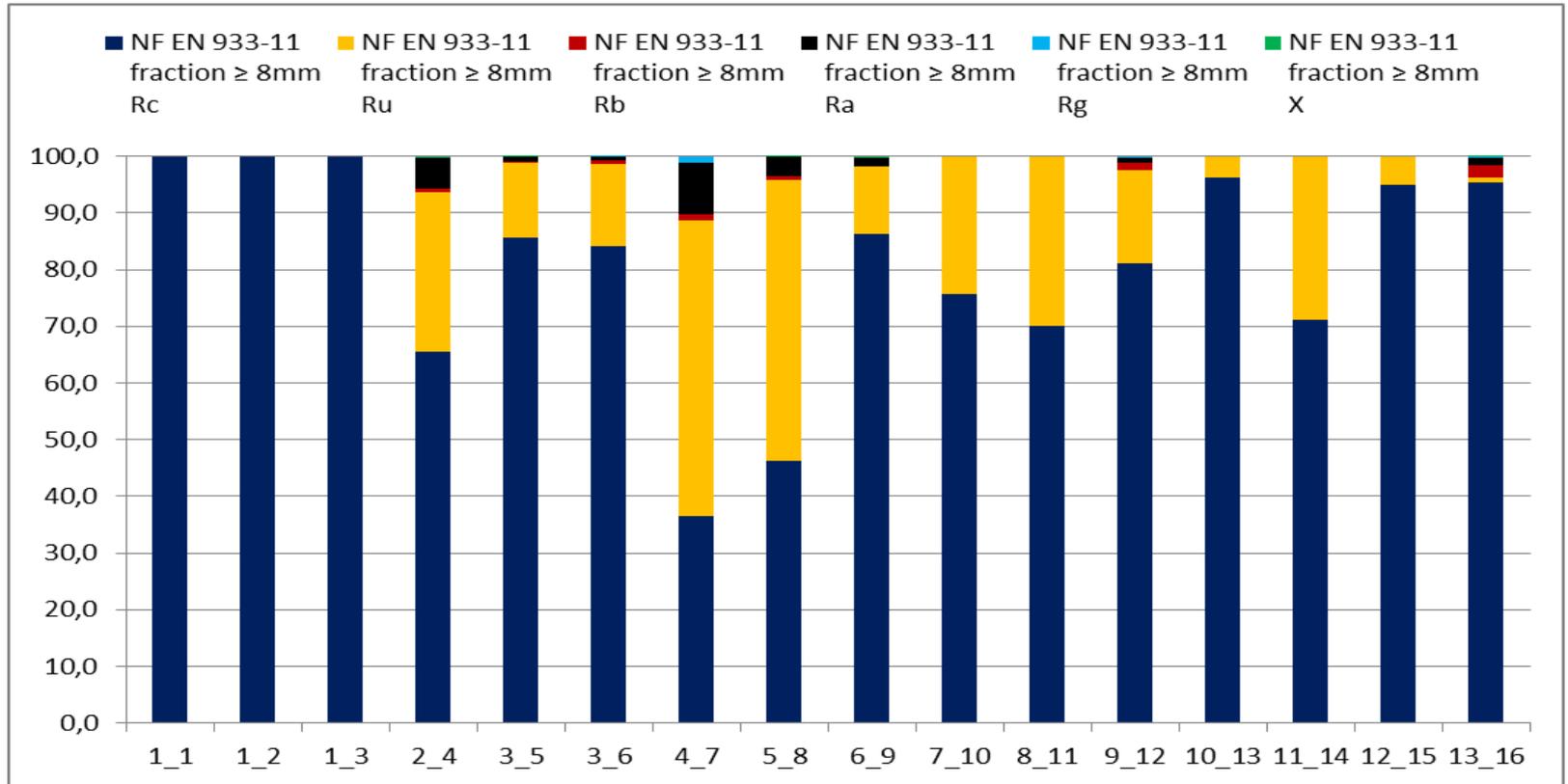
Conclusion	
Code	Nb
A	12
B	0
C	0
D	0
Hors code	4
Total	16



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques géométriques

- Classification des constituants de gravillons recyclés (NF EN 933-11)



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques géométriques

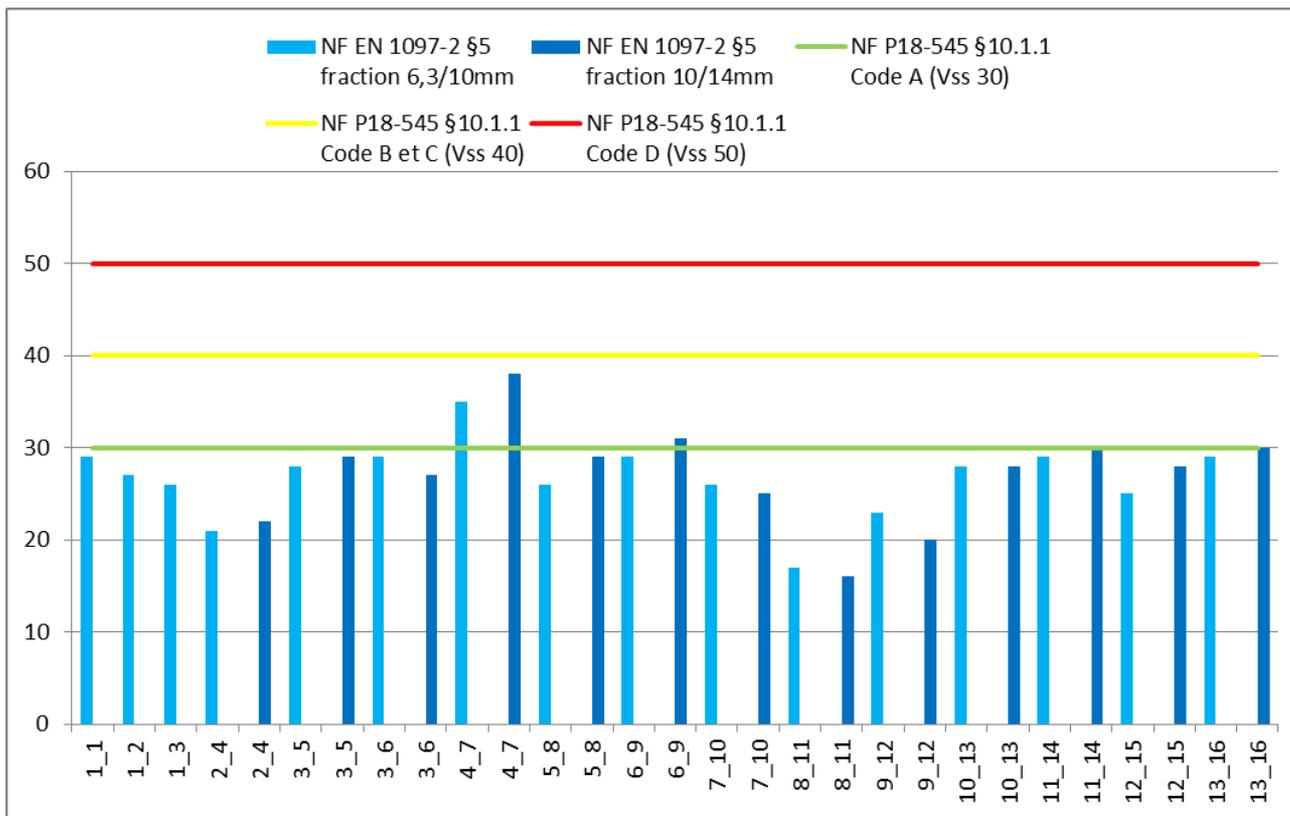
- Classification des constituants de gravillons recyclés (NF EN 933-11)

Résultats						Conclusion	
	Rc+u	Rb	Ra	X+Rg	FL	Code	Nb
Max	100,0	2,2	9,1	1,2	0,0	A	
<i>Moyenne</i>	<i>98,0</i>	<i>0,4</i>	<i>1,5</i>	<i>0,1</i>	<i>0,0</i>	B	12
Min	88,7	0,0	0,0	0,0	0,0	C	3
<i>Ecart-type</i>	<i>3,1</i>	<i>0,6</i>	<i>2,5</i>	<i>0,3</i>	<i>0,0</i>	D	1
Nb	16	16	16	16	16	<i>Hors code</i>	<i>0</i>
						Total	16

Conclusion					
Code	Nb	Nb	Nb	Nb	Nb
A					
B	14	16	12	15	16
C	1	0	4	1	0
D	1	0	0	0	0
<i>Hors code</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Total	16	16	16	16	16



- ▶ Partie 1 – Variabilité géographique
 - Caractéristiques mécaniques et physiques
 - Essai Los Angeles (NF EN 1097-2 §5)



Résultats	
Max	38
Moyenne	26,9
Min	16
Ecart-type	4,7
Nb	29

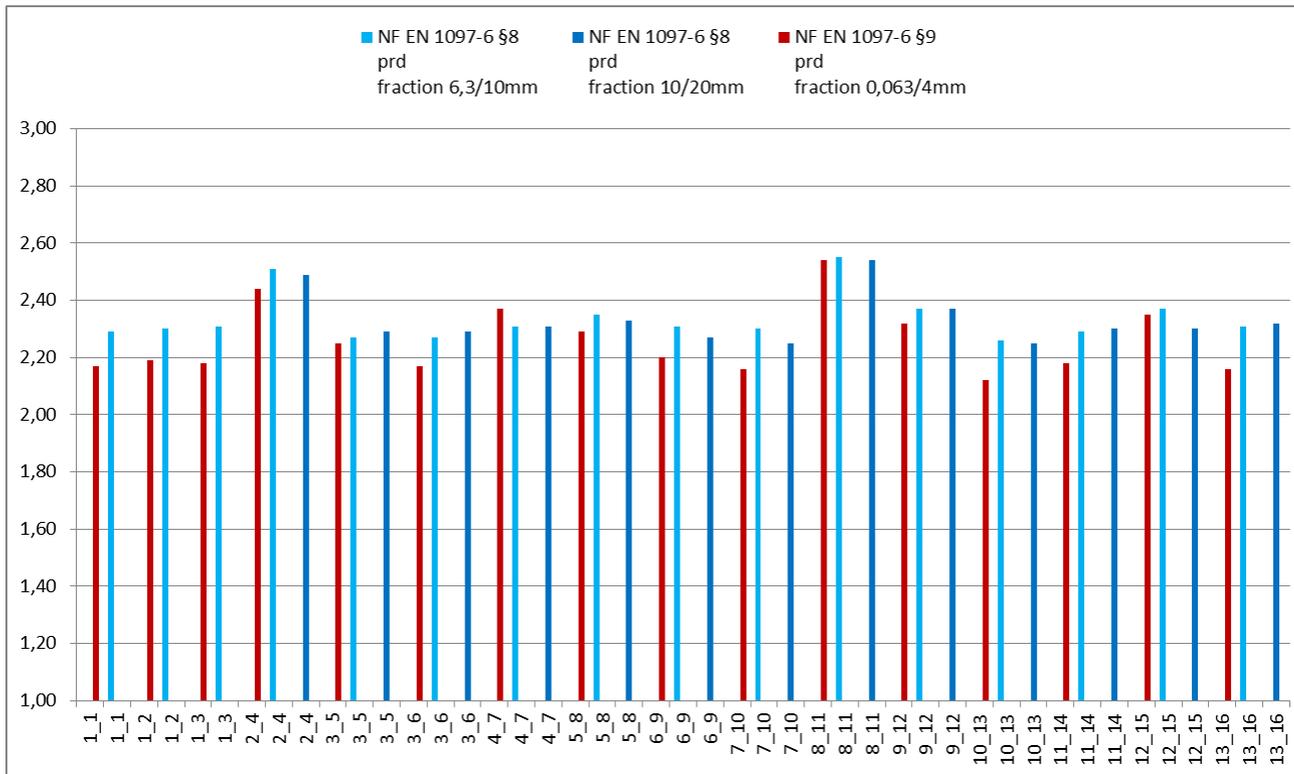
Conclusion	
Code	Nb
A	26
B	3
C	0
D	0
Hors code	0
Total	29



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques mécaniques et physiques

- Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau (NF EN 1097-6)



Sables	
Max	2,54
Moyenne	2,26
Min	2,12
Ecart-type	0,12
Nb	16

Petits gravillons	
Max	2,55
Moyenne	2,34
Min	2,26
Ecart-type	0,08
Nb	16

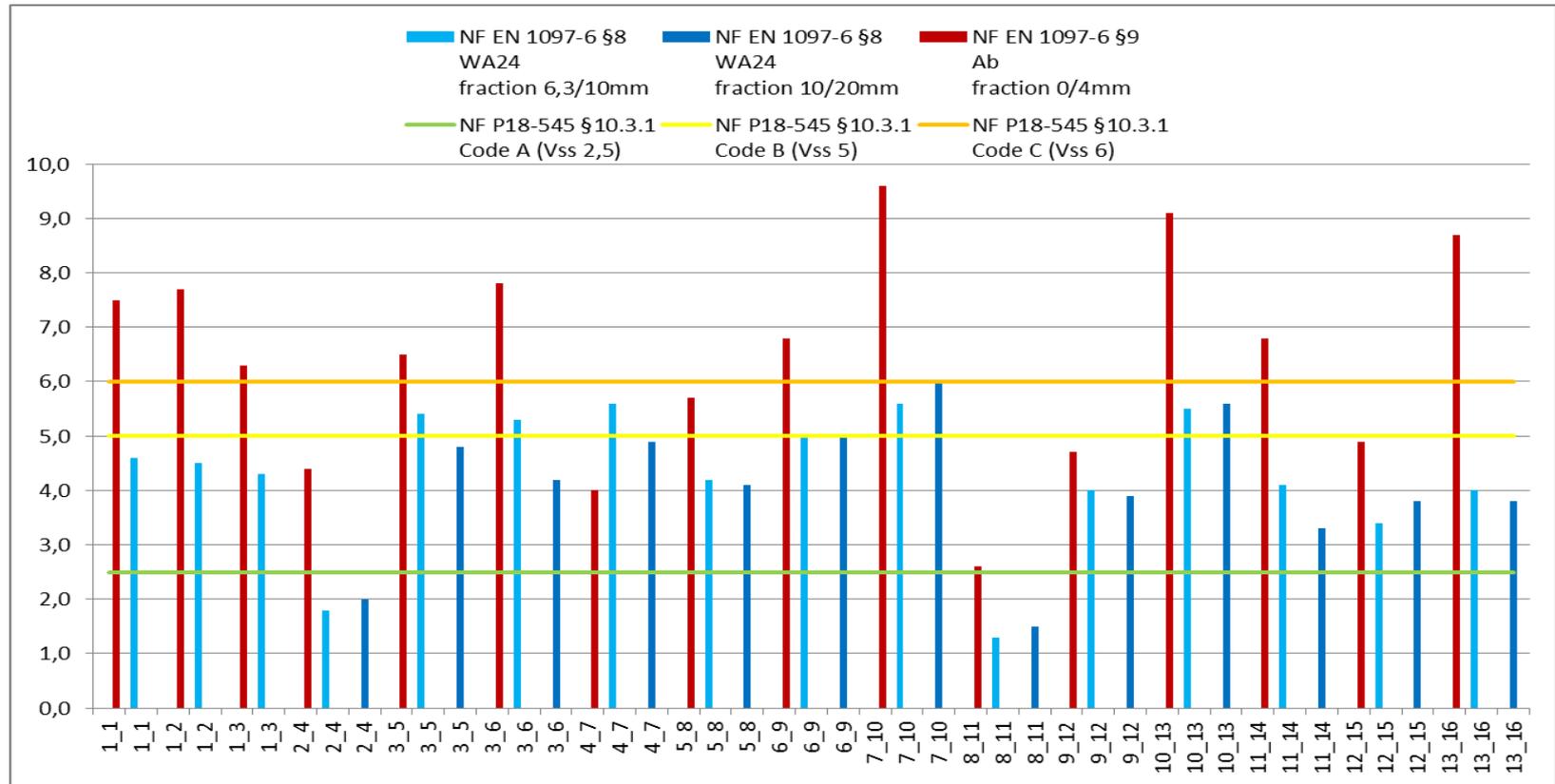
Gros gravillons	
Max	2,54
Moyenne	2,33
Min	2,25
Ecart-type	0,09
Nb	13



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques mécaniques et physiques

- Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau (NF EN 1097-6)



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Caractéristiques mécaniques et physiques

- Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau (NF EN 1097-6)

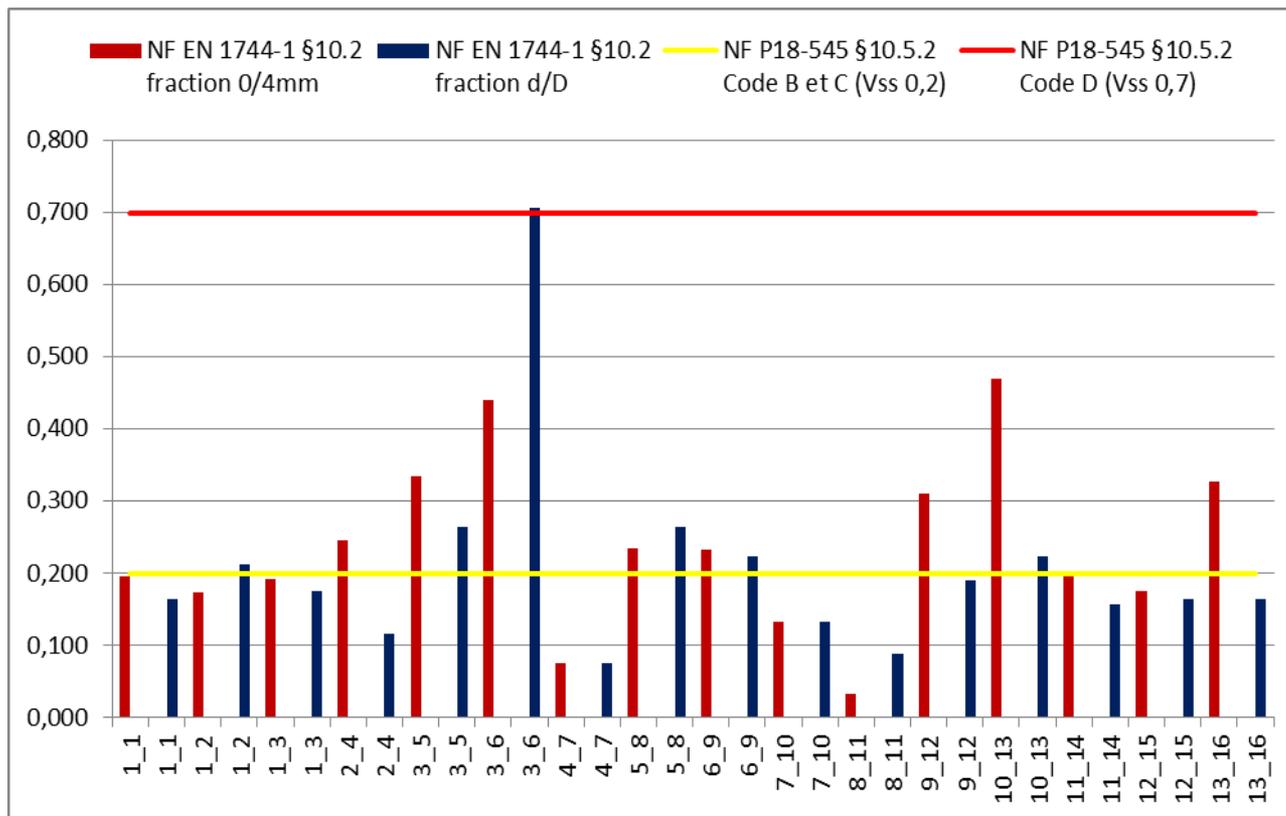
Sables		Petits gravillons		Gros gravillons	
Résultats		Résultats		Résultats	
Max	9,6	Max	5,6	Max	6,0
<i>Moyenne</i>	<i>6,4</i>	<i>Moyenne</i>	<i>4,3</i>	<i>Moyenne</i>	<i>4,1</i>
Min	2,6	Min	1,3	Min	1,5
<i>Ecart-type</i>	<i>2,0</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>1,3</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>1,3</i>
Nb	16	Nb	16	Nb	13
Conclusion		Conclusion		Conclusion	
Code	Nb	Code	Nb	Code	Nb
A	0	A	2	A	2
B	5	B	11	B	9
C	2	C	3	C	2
D	9	D	0	D	0
Hors code		Hors code		Hors code	
Total	16	Total	16	Total	13



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Propriétés chimiques

- Sulfates solubles dans l'eau (NF EN 1744-1 §10.2)



Résultats	
Max	0,707
Moyenne	0,222
Min	0,032
Ecart-type	0,131
Nb	32

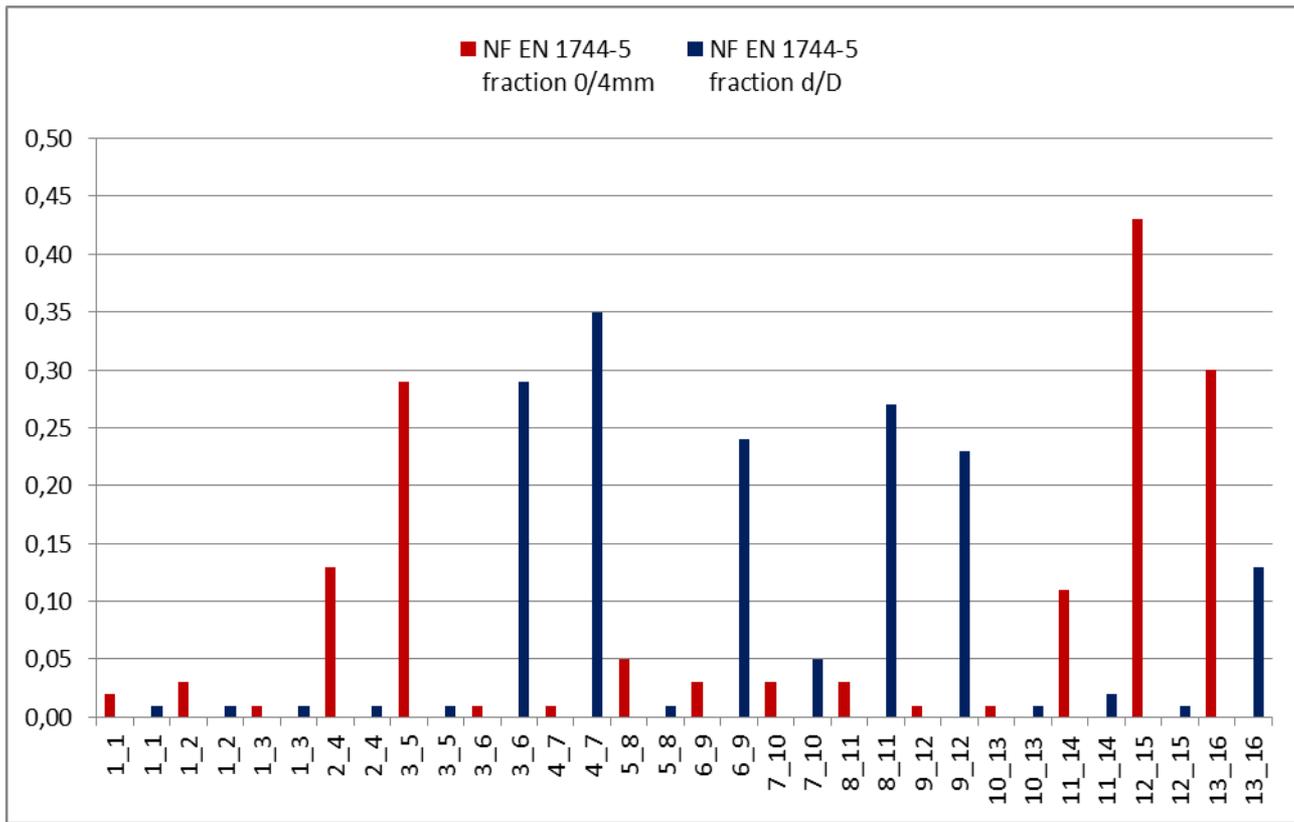
Conclusion	
Code	Nb
A	0
B	24
C	0
D	8
Hors code	0
Total	32



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Propriétés chimiques

- Sels chlorures solubles dans l'acide (NF EN 1744-5)



Résultats	
Max	0,43
Moyenne	0,10
Min	0,01
Ecart-type	0,13
Nb	32

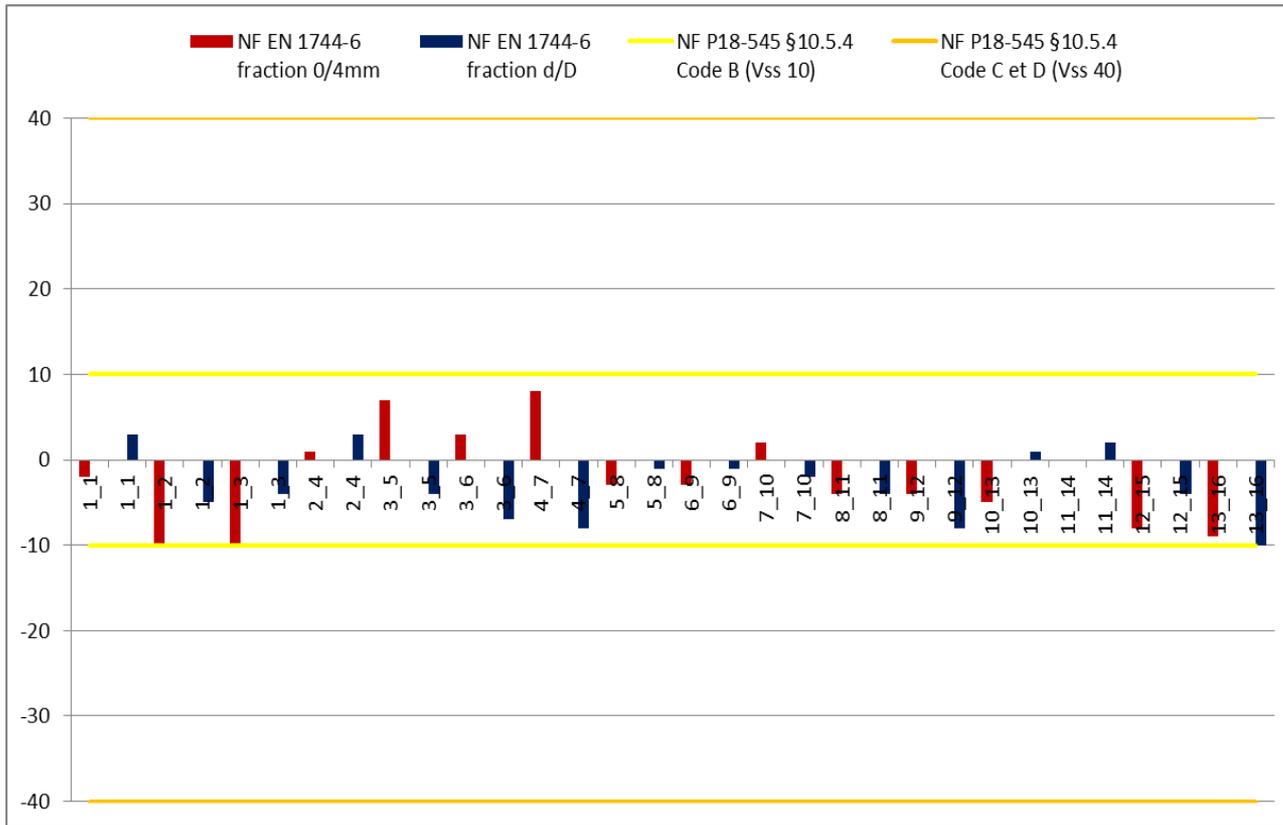
Conclusion	
Code	Nb
A	
B	
C	
D	
Hors code	
Total	



► Partie 1 – Variabilité géographique

■ Propriétés chimiques

- Influence d'un extrait de granulats recyclé sur le temps de prise initial du ciment (NF EN 1744-6)



Résultats	
Max	8
Moyenne	-2,7
Min	-10
Ecart-type	4,8
Nb	32

Conclusion	
Code	Nb
A	0
B	32
C	0
D	0
Hors code	0
Total	32



► Les caractéristiques fiables

- La forme
 - Coefficient d'aplatissement (NF EN 933-3)

- La résistance à la fragmentation
 - Essai Los Angeles (NF EN 1097-2 §5)





► Les caractéristiques maîtrisables

- La granularité
 - Analyse granulométrique par tamisage (NF EN 933-1) – Teneur en fines
- Qualification des fines
 - Essai au bleu de méthylène (NF EN 933-9 – Août 1999)
- Identification
 - Classification des constituants de gravillons recyclés (NF EN 933-11)



► Les caractéristiques incertaines

■ Propriétés chimiques

- Sels chlorures solubles dans l'acide (NF EN 1744-5)
- Influence d'un extrait de granulats recyclé sur le temps de prise initial du ciment (NF EN 1744-6)





► Les caractéristiques problématiques

■ Caractéristique physique

- Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau (NF EN 1097-6)

■ Propriété chimique

- Sulfates solubles dans l'eau (NF EN 1744-1 §10.2)



► L'essentiel à retenir

- Les granulats recyclés étudiés sont actuellement principalement destinés à des applications routières
- La gestion et le tri des matières premières sont essentiels
- L'amélioration des processus d'élaboration peut permettre d'améliorer certaines caractéristiques





MERCI DE VOTRE
ATTENTION

