

# Utilisation du béton recyclé dans la formulation des bétons auto-compactants

**M. K. Bouarroudj, C. Colman, E. Robinet, Z. Zhao, F. Michel,  
L. Courard, S. Remond, D. Bulteel**

**18<sup>ème</sup> Journées Scientifiques du (RF)<sup>2</sup>B  
6 et 7 juillet 2017  
Université Laval  
Québec**

# 1. Introduction: contexte

- Environnement: un monde limité (ressources, énergie, espace)
- Béton: matériau le plus utilisé au monde
- Secteur de la construction  $\longrightarrow$  40-50% des ressources naturelles mondiales



1 tonne de béton



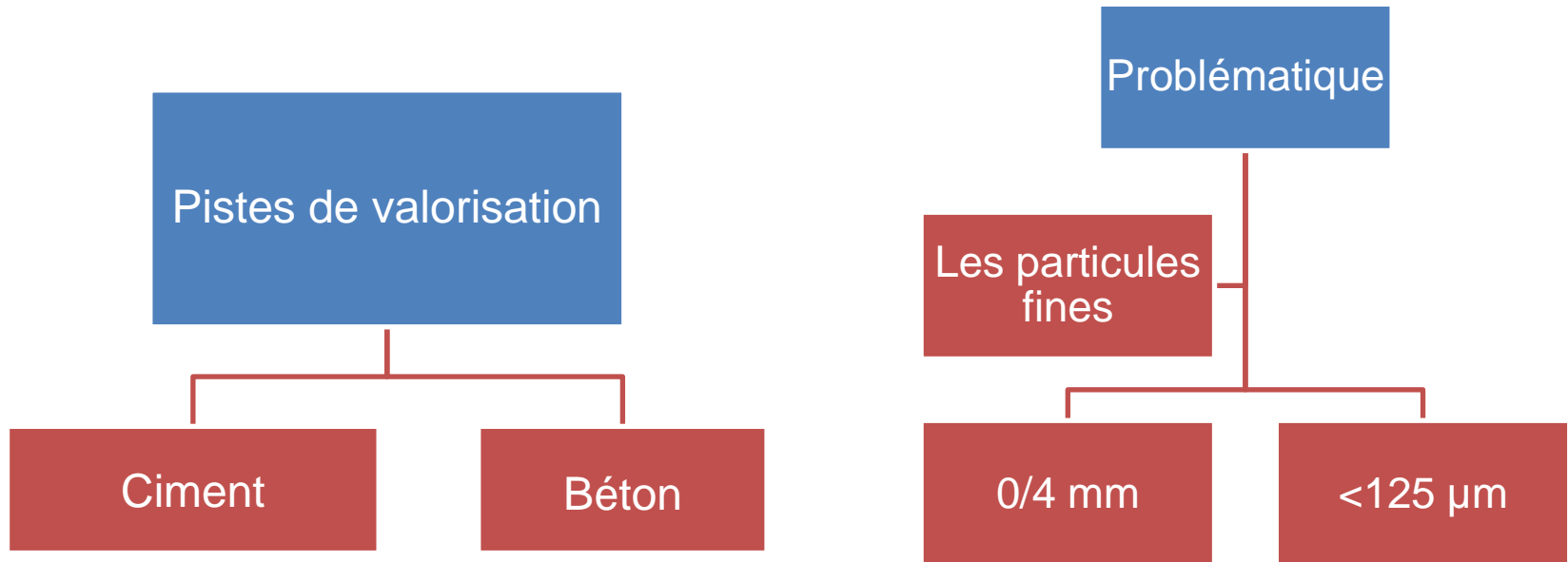
$\frac{1}{2}$  tonne de déchet  
de démolition

- Le secteur de la construction:  $\pm$  7 millions de tonnes de déchets de démolition  $\longrightarrow$  26,6% du gisement de déchets total en Belgique

**Valorisation de 70% des déchets de construction et de démolition inertes à l'horizon 2020**

# 1. Introduction: valorisation/objectif

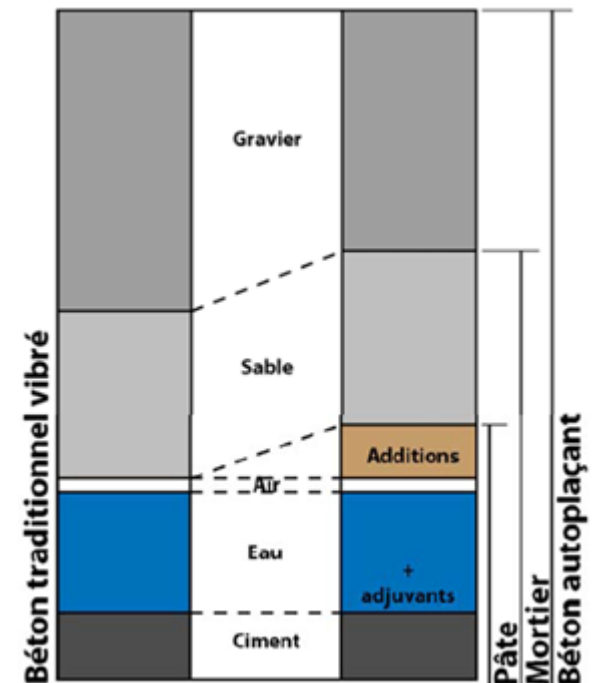
Les déchets de démolition sont des déchets inertes et varient selon leurs origines



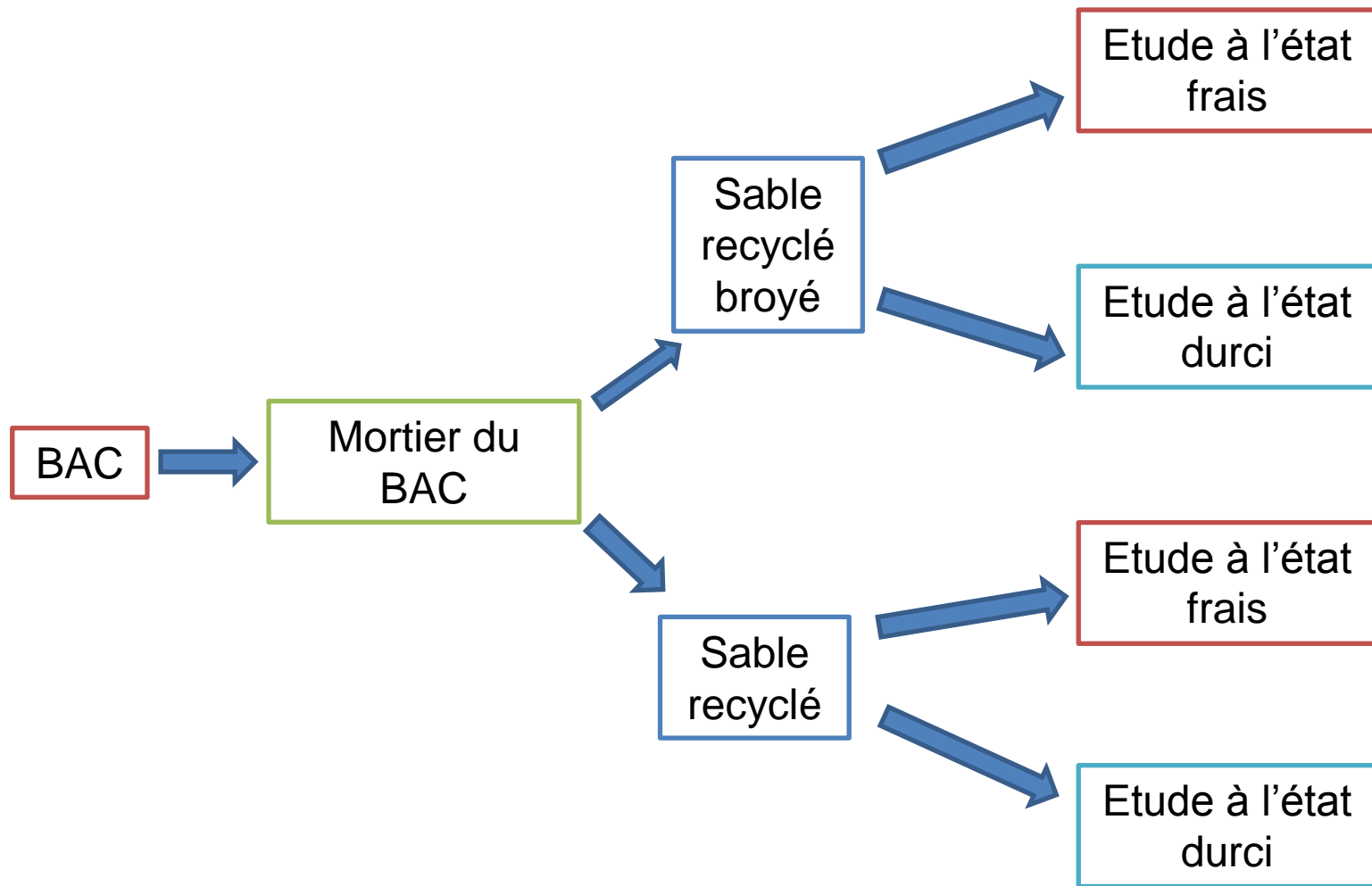
**Objectif:** Etudier les propriétés à l'état frais et à l'état durci d'un béton auto-compactant réalisé avec des fines de recyclage

# 1. Introduction: béton auto-compactant

- Bétons très fluides, absolument homogènes, qui peuvent être mis en œuvre sans vibrations et sans chocs
- Cahier des charges
  - ✓ Auto-compactibilité
  - ✓ Prévention de la ségrégation des gros grains
  - ✓ Prévention du blocage des gros grains
  - ✓ Pompabilité
- Particularités de la composition des BAP
  - ✓ Volume de pâte élevé
  - ✓ Quantité de fines élevée (ciment + addition)
  - ✓ Superplastifiant et éventuellement agent de cohésion
- Utilisation de sable recycle dans un BAC
  - ✓ (Hu, J 2013)( Kou,S 2009) → ✓
  - ✓ (Carro-Lopez, D 2017) → ✗
- BAC = BAP = BAN



## 2.Méthodologie



### 3. Béton auto-compactant /composition des mortiers

Matériaux	Composition BAC (kg/m <sup>3</sup> )	Composition du mortier (kg/m <sup>3</sup> )
CEM I 52,5N	311	448
Filler calcaire	207	298
Sable 0/2	918	1323
GC 2/7	295	/
GC 7/14	554	/
Eau efficace	165	238
SP(% ciment)	2,1	2,1
$E_{eff}/C$	0,53	0,53

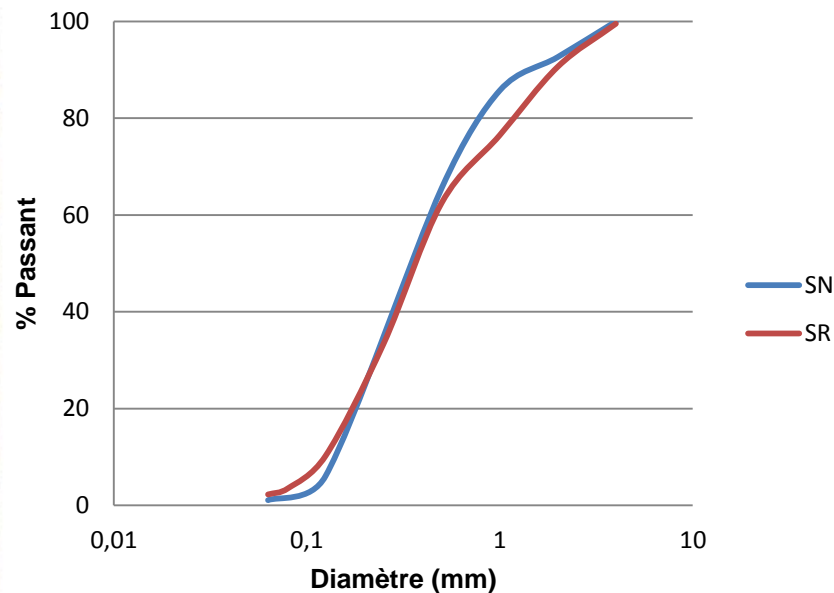
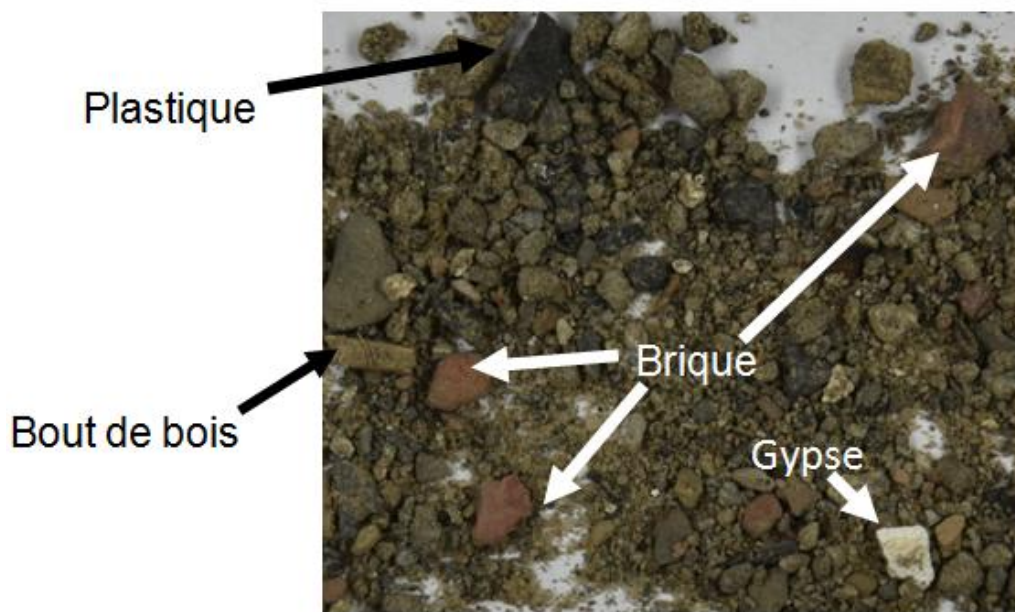


Résultats à l'état frais du BAC	
Étalement (mm)	700
Temps étalement (s)	4,5
Étalement après 60 minutes (mm)	565
U-box (mm)	334
Temps U-box (s)	9,9
V-funnel (s)	14,3
% air	2,5

Substitution du sable naturel par un sable recyclé de **20%, 40%, 60%, 80% et 100%**

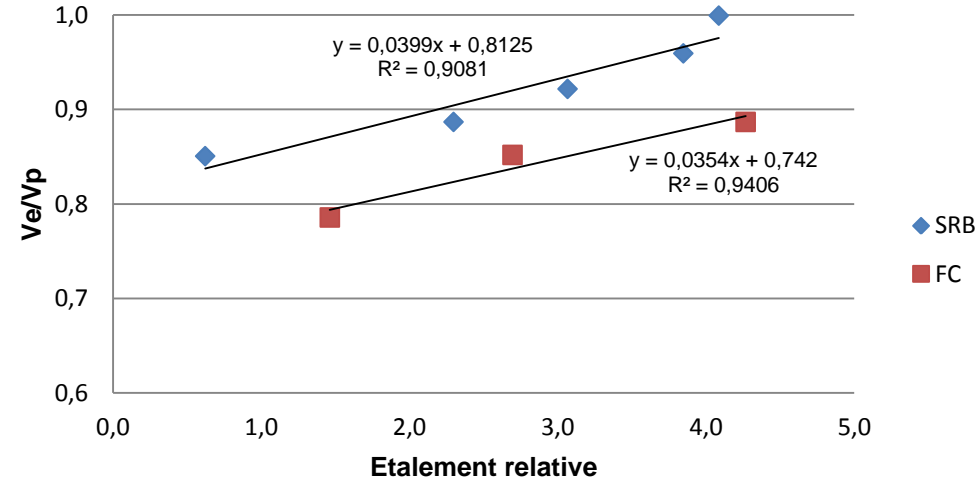
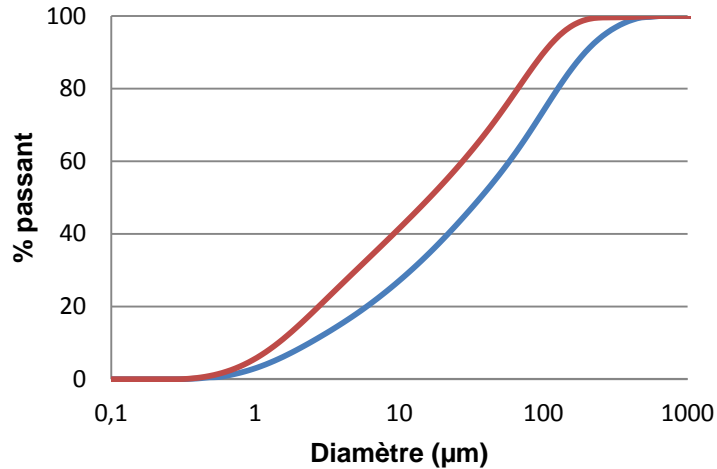
Substitution du filler calcaire par un sable recyclé broyé de **20%, 40%, 60%, 80% et 100%**

## 4. Caractérisation: sable recyclé/sable naturel



Propriétés physiques	Sable recyclé (SR)		Sable naturel (SN)	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Masse volumique absolue (kg/m <sup>3</sup> )	2456	33	2606	19
Masse volumique réelle séchée (kg/m <sup>3</sup> )	2238	28	2514	18
Masse volumique réelle saturée surface sèche (kg/m <sup>3</sup> )	2327	29	2549	18
Masse volumique absolue à l'hélium (kg/m <sup>3</sup> )	2640	4	2660	3
Porosité accessible à l'eau (% volume)	9,7	0,13	4,0	0,03
Absorption d'eau (% masse)	4,0	0,19	1,4	0,33

## 4. Caractérisation: sable recyclé broyé/filler calcaire



Propriétés physiques	SRB	FC
Mv (kg/m <sup>3</sup> )	2690	2710
D <sub>10</sub> (µm)	2,5	1,4
D <sub>50</sub> (µm)	35	16
D <sub>90</sub> (µm)	194	104
SS Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3360	3180
SS BET (cm <sup>2</sup> /g)	27710	7720
$\beta_p$	0,81	0,74

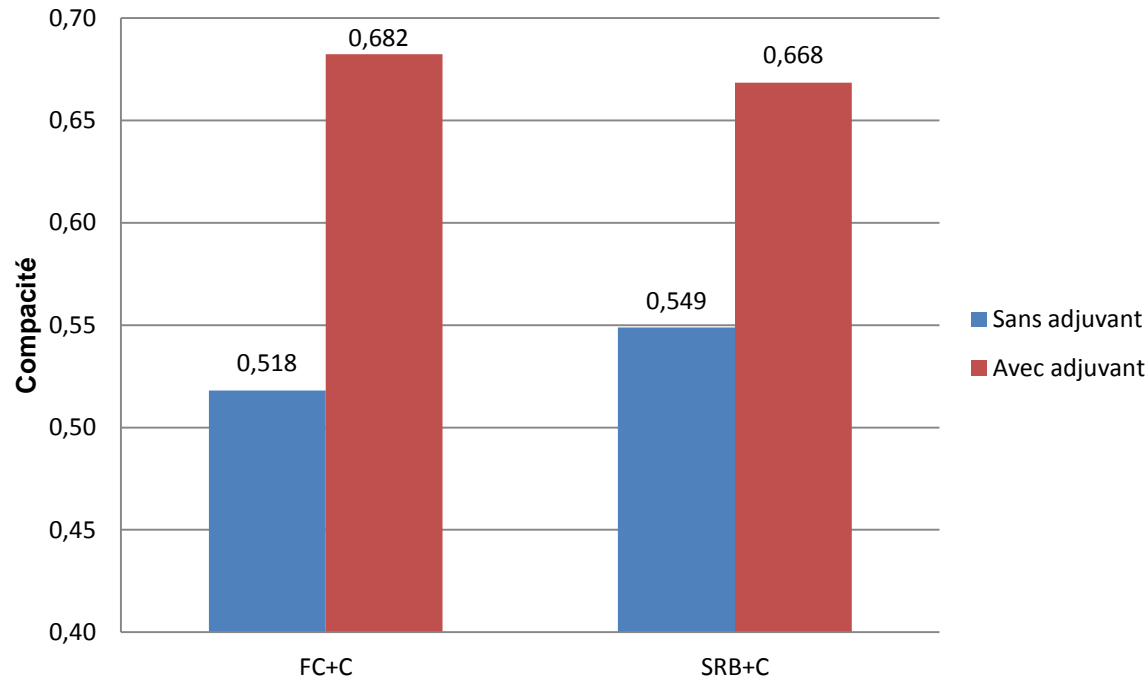
Etudier le comportement des fines recyclées dans un béton auto-compactant



## 5. Compacité des poudres

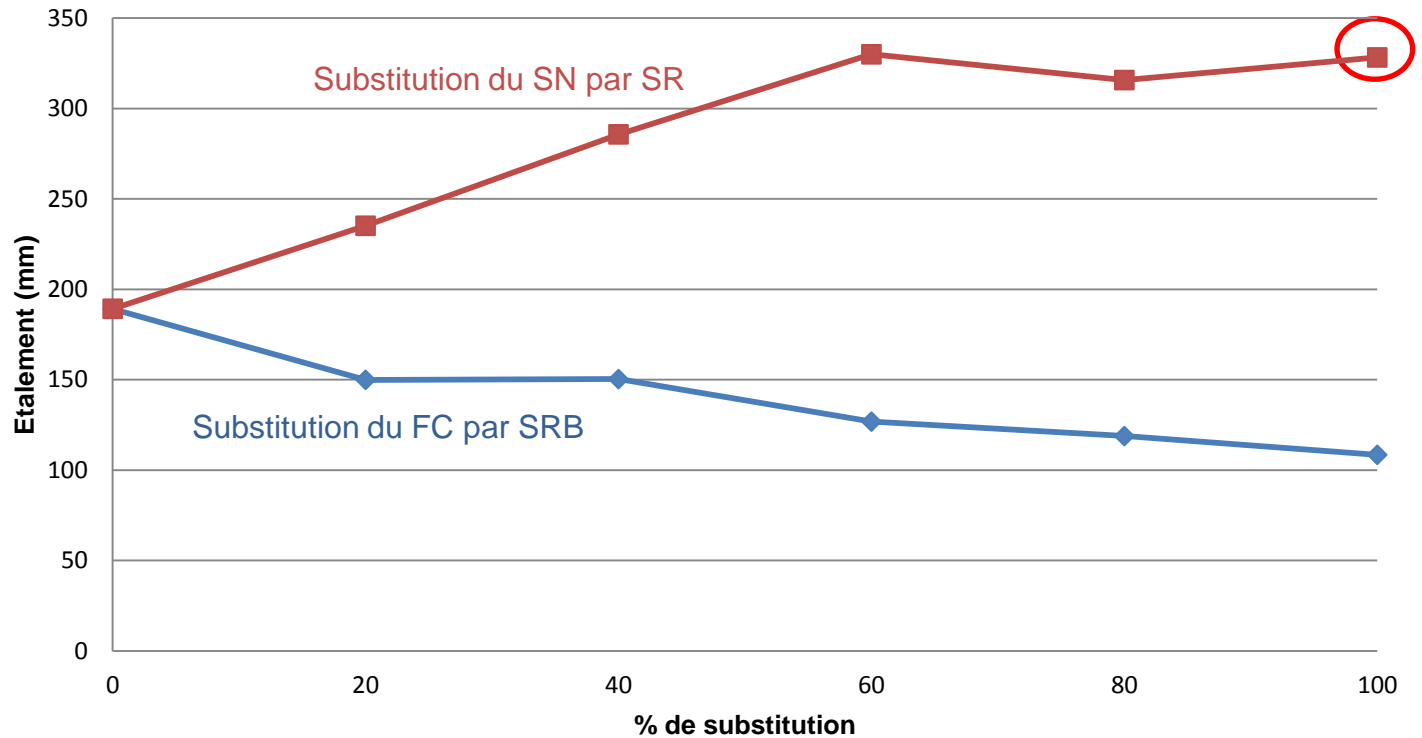
	Ciment	FC	SRB	SP	E avec adjuv	E sans adjuv
Mélange 1	284	188	0	0 ou 5,96	75	150
Mélange 2	287	0	185	0 ou 6,03	80	132

$$C_{\text{exp}} = \frac{1000}{1000 + Mv * \frac{Me}{Mp}}$$



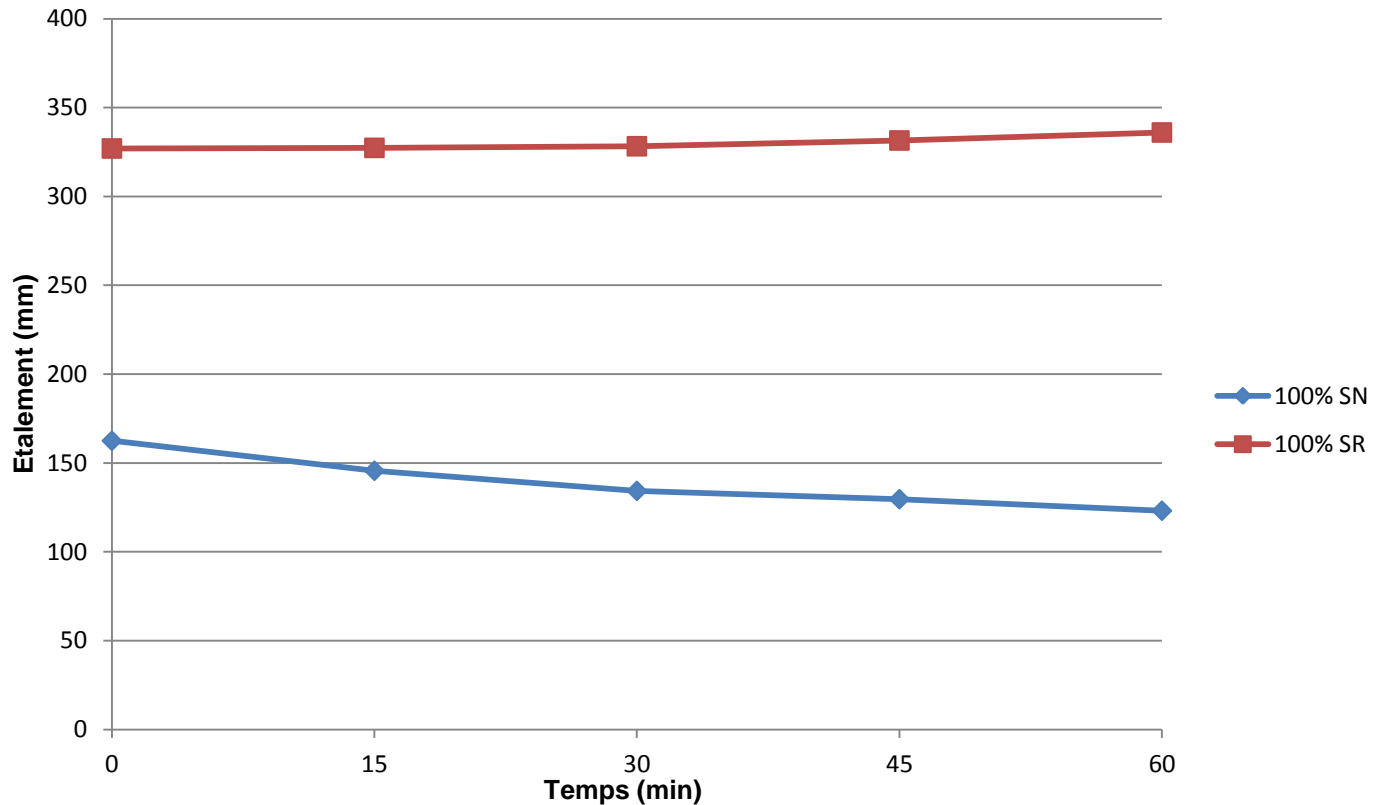
Le mélange qui présente la meilleure compacité avec adjuvant (FC+C) n'est pas le même que sans adjuvant (SRB+C)

## 6. Etat frais: étalement



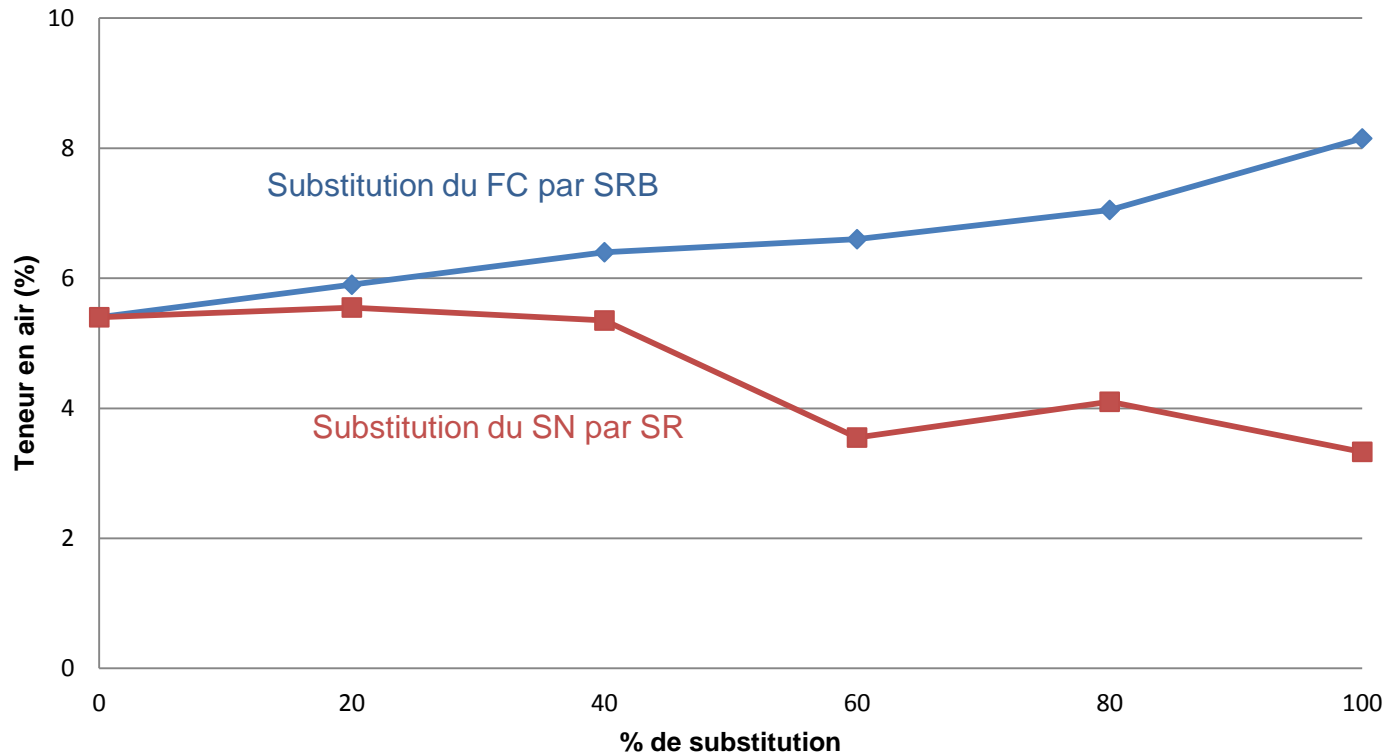
Augmentation de l'étalement lors de la substitution du SN par un SR  
Diminution de l'étalement lors de la substitution du FC par un SRB

## 6. Etat frais: étalement dans le temps



Etalement constant pour le **sable recyclé** après une heure

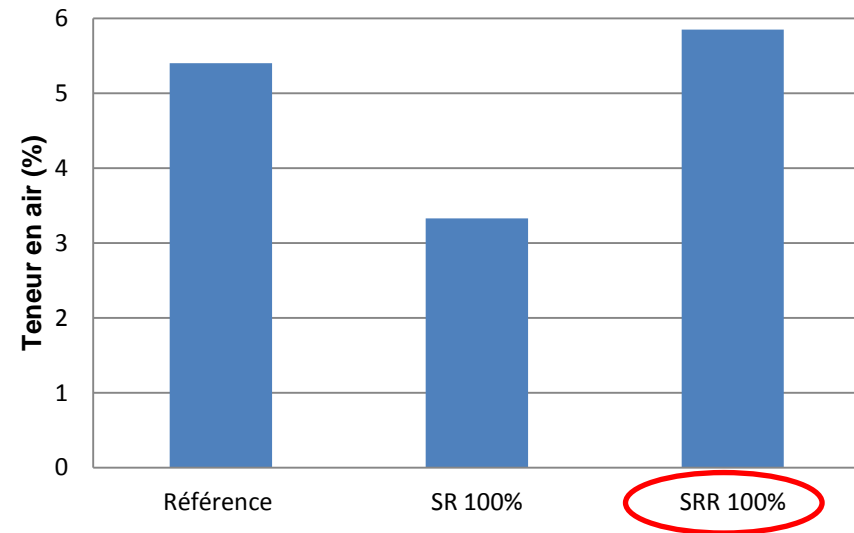
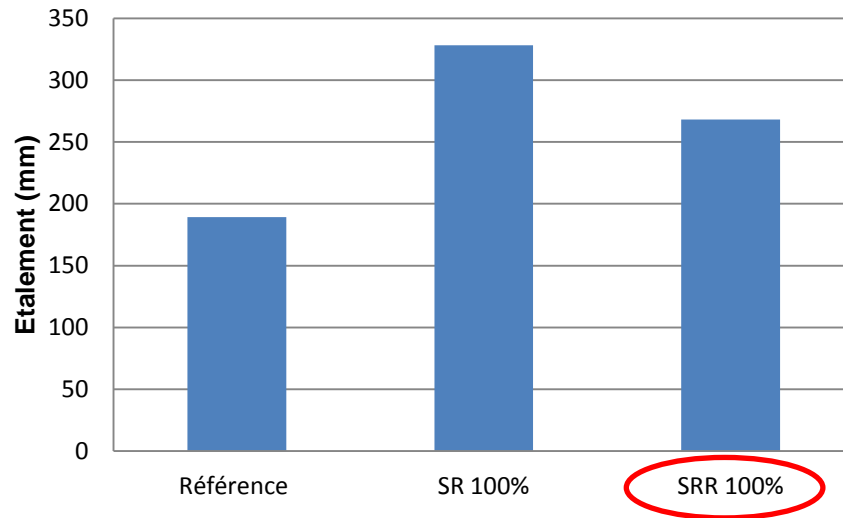
## 6. Etat frais: teneur en air



Légère baisse de la teneur en air pour les mortiers réalisés avec un sable recyclé  
Augmentation de la teneur en air pour les mortiers réalisés avec un sable recyclé broyé

## 6. Etat frais: étalement et teneur en air

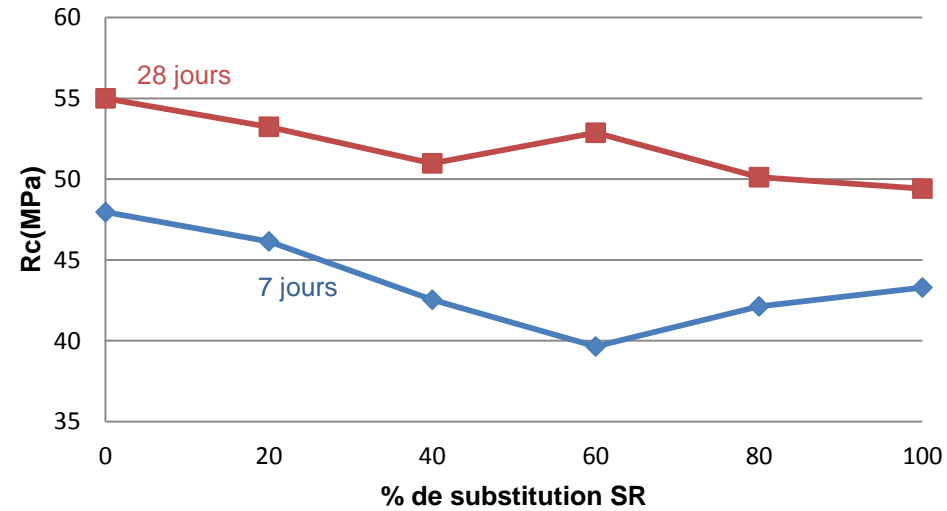
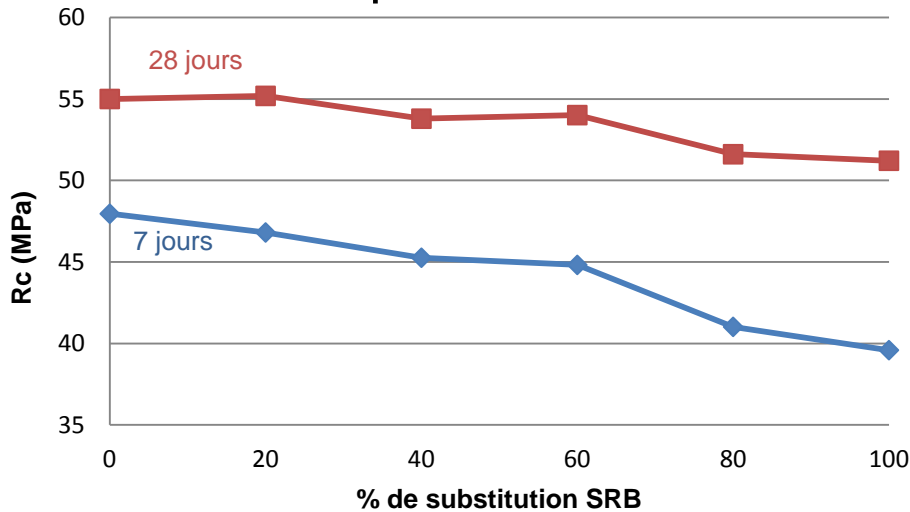
Effet d'un sable recyclé recomposé (SRR)



Un meilleur étalement comparé au mortier de référence  
Une teneur en air semblable à celle du mortier de référence

## 7. Etat durci: résistance mécanique

- Effet des sables recyclé (SR) et recyclé broyé (SRB) sur les propriétés mécaniques



Modification significatif des résistances mécanique à 7 et 28 jours

## 8. Conclusions

### **Sable Recyclé Broyé**

- Diminution de l'étalement
- Augmentation de la teneur en air
- Légère chute de résistance

### **Sable Recyclé**

- Augmentation de l'étalement
- Diminution de la teneur en air
- Légère chute de résistance

## 9. Perspectives

- Etudier l'effet des sulfates présents dans le sable recyclé sur le comportement rhéologique des bétons auto-compactants
- Etudier la durabilité du BAC
- Mettre au point une méthode pour évaluer l'absorption d'eau du sable recyclé broyé (très fines particules  $< 100 \mu\text{m}$ )
- Etendre l'étude à d'autres sables recyclés (origine et méthodes de fabrication différentes)



# **VALDEM Solutions intégrées de valorisation des flux "matériaux" issus de la démolition des bâtiments : Approche transfrontalière vers une économie circulaire**

Projet Interreg France Wallonie Vlaanderen (2016-2020)  
CTP, IMT Douai, ULiège, INISMa, Neo ECO, GreenWin,  
Team2, CD2E

