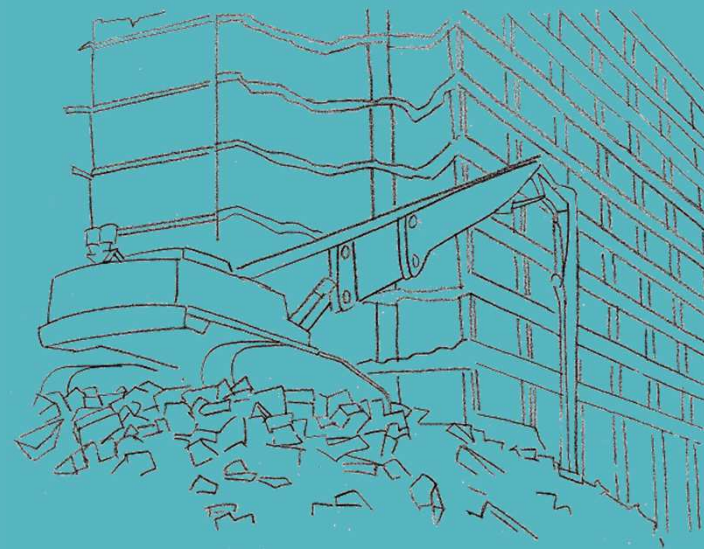


COMPORTEMENT À HAUTE TEMPÉRATURE DE BÉTONS DE GRANULATS RECYCLÉS À MATRICE ORDINAIRE ET HAUTE-PERFORMANCE



Cléo LANEYRIE

Anne-Lise BEAUCOUR - Albert NOUMOWE - Ronan HEBERT - Beatrice LEDESERT



Association Française
de Génie Civil

GC' 2015
ESTP Paris

Jeudi 19 mars 2014

CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE

PÉNURIE DE MATIÈRES PREMIÈRES

5,72 tonnes de granulats par habitant
(2012)

Production régionale en baisse
(IdF 2005-2012 : - **12%**)

BTP : **11 millions** de tonnes de
déchets par an en IdF

Objectif **70%** de valorisation des
déchets du BTP d'ici 2020

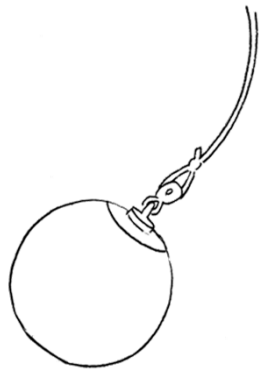
DÉCHETS DE DÉMOLITION

Valorisation des déchets de démolition : ENJEU ENVIRONNEMENTAL MAJEUR!

Préservation des ressources naturelles

Limitation de la pollution par enfouissement

CONTEXTE SOCIO - ÉCONOMIQUE



99 %*

Construction de routes

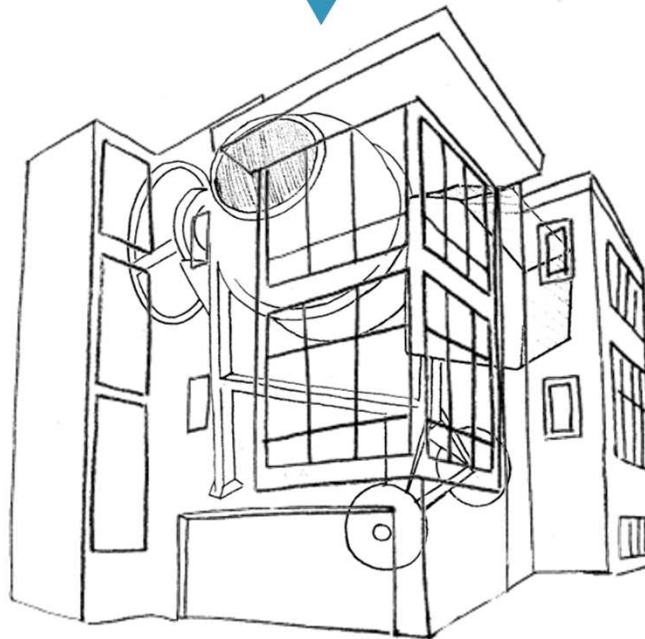
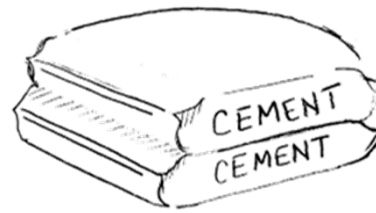


62%



recyclés

CONTEXTE SOCIO - ÉCONOMIQUE



CONTEXTE SOCIO - ÉCONOMIQUE



Sécurité des personnes

Dégâts financiers

PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Comment le béton contenant des granulats recyclés se comporte-t-il à
haute température ?



Dilatation des granulats

Retrait de la pâte de ciment

Augmentation de la
pression de vapeur

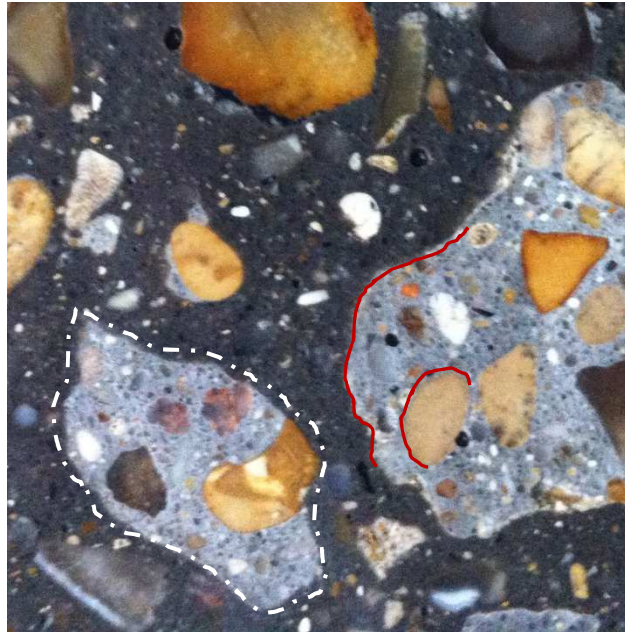
Contraintes thermiques



FISSURATION - ECAILLAGE – ECLATEMENT
?

PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Plus poreux



Contiennent plus
d'hydrates

Plus forte
Absorption d'eau

zones de transition
interfaciales
plus nombreuses

DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE - FORMULATIONS

Granulat Recyclé Laboratoire



Issu d'un béton formulé, coulé et concassé au laboratoire

Granulat Recyclé Industriel



Issu d'un chantier de démolition

Pré-saturation

+ Sable naturel

Béton ordinaire

E/C 0.6

E/C 0.3

Béton matrice hautes performances

COMPARAISON AVEC

Granulat Silico Calcaire



Béton ordinaire

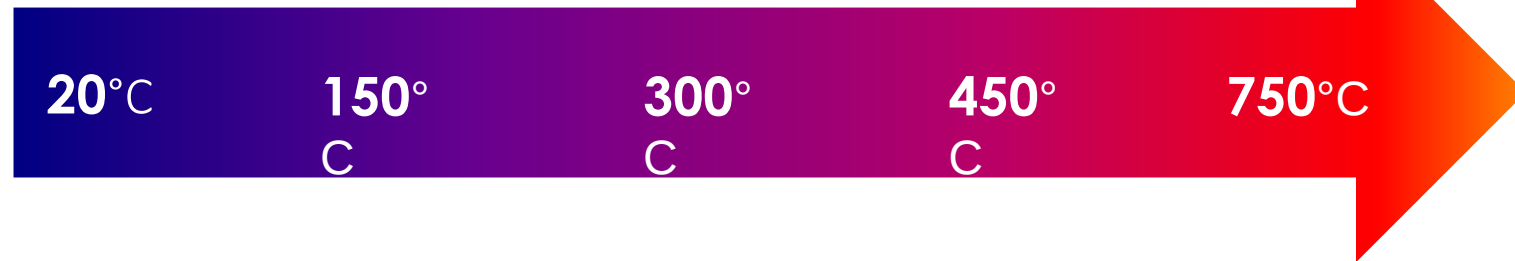
E/C 0.6

E/C 0.3

Béton hautes performances

DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

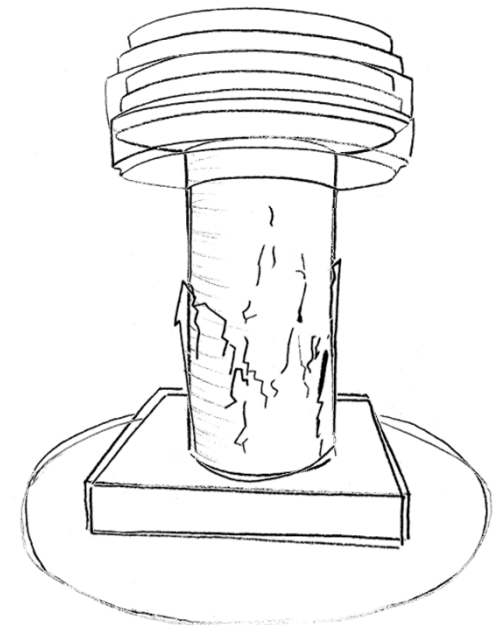
Les différents bétons sont soumis à un traitement thermique



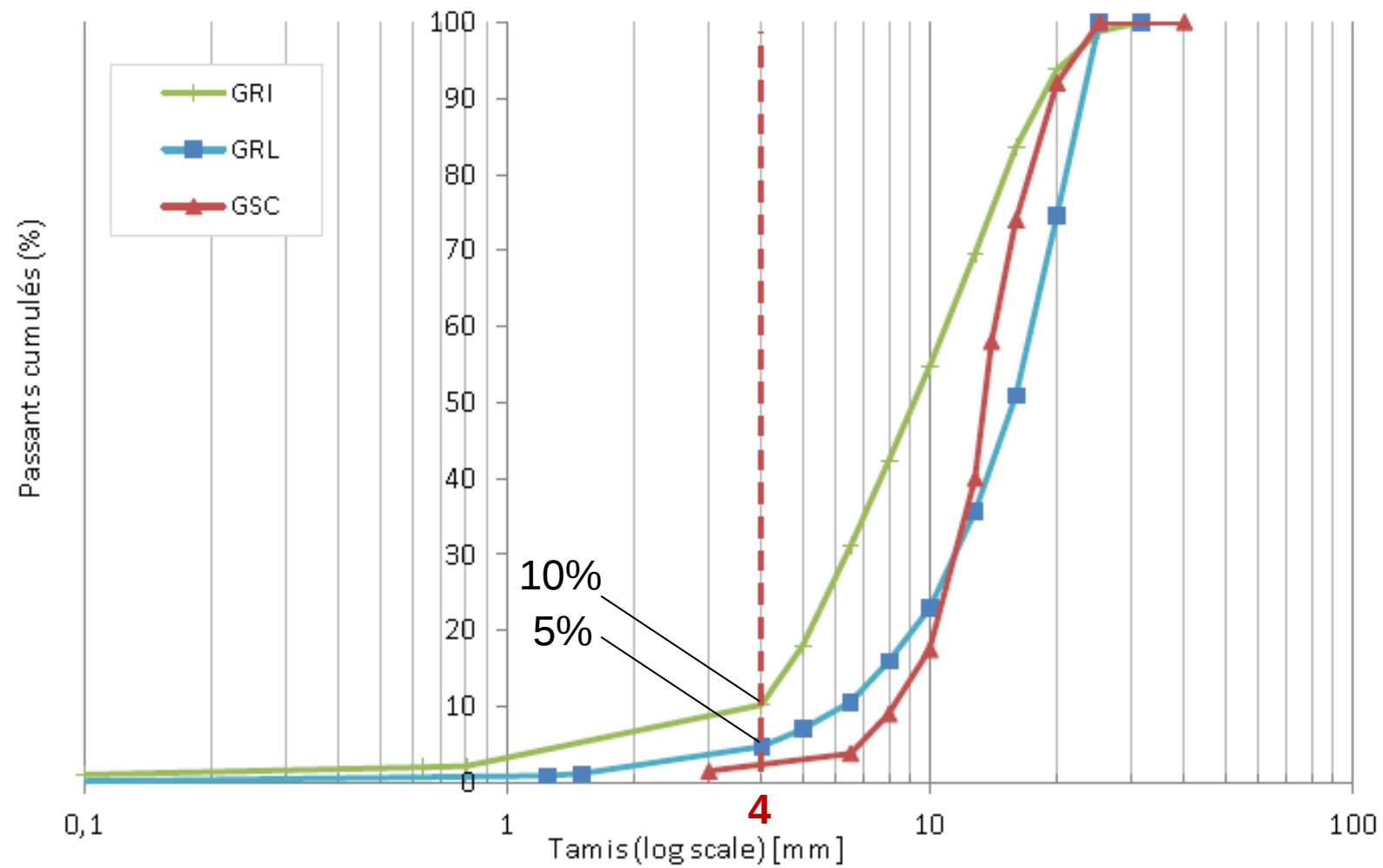
Dégradations physico-chimiques (fissuration, perte de masse, porosité...)

Propriétés **thermiques** (transferts thermiques, évolution de la température au sein du matériau...)

Propriétés **mécaniques** résiduelles (Compression, traction, module d'élasticité)



LES GRANULATS RECYCLÉS - GRANULOMÉTRIE



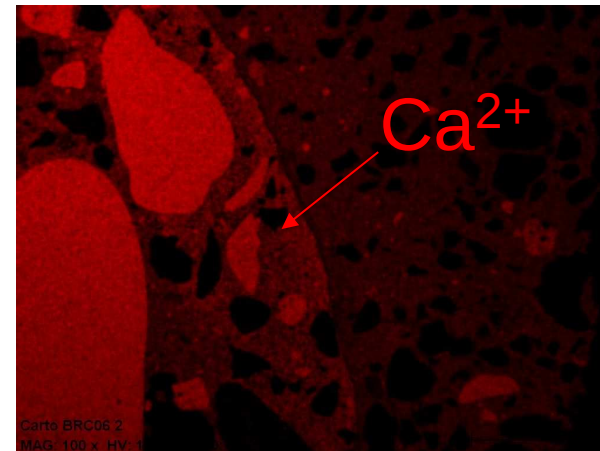
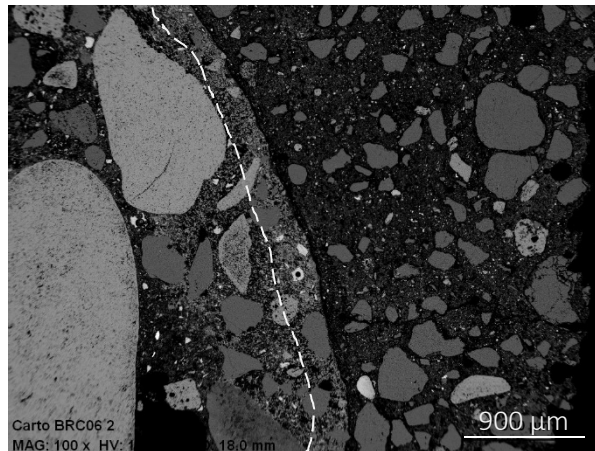
LES GRANULATS RECYCLÉS

	 GRL	 GRI	 GSC
Masse volumique (g.L ⁻¹)	2,3	2,3	2,5
WA 24 (%)	7,0	6,4	2,5
Granulat d'origine	Silico-calcaire	Silico-calcaire	Silico-calcaire
% pâte	~ 45%	~ 35%	0%
DRX (mortier)	Quartz – Calcite – Portlandite lopezite – silicates de Ca – sulfates de Fe	Quartz – Calcite Anorthite – lopezite - dolomite	/
f _c ancienne pâte	35 MPa	inconnue	/
Porosité	18%	14%	6,5%

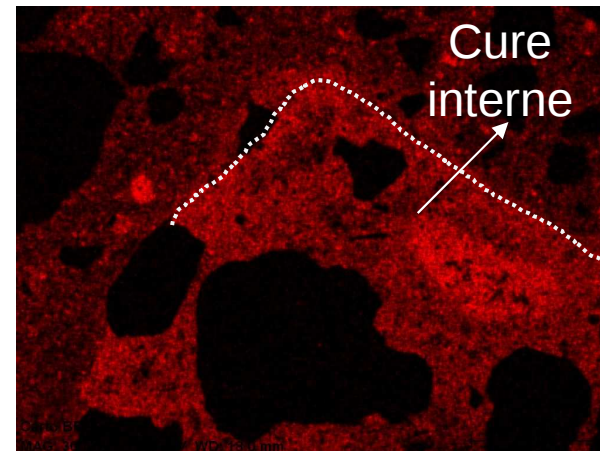
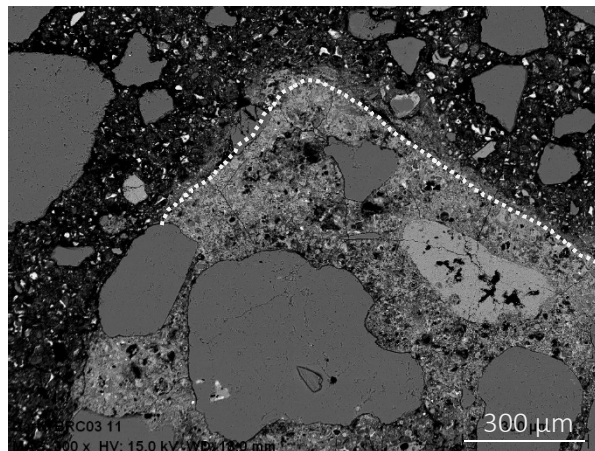
INTERACTION PÂTE – GRANULAT RECYCLÉ

Images MEB – contraste chimique / cartographies du calcium

BRI
0,6



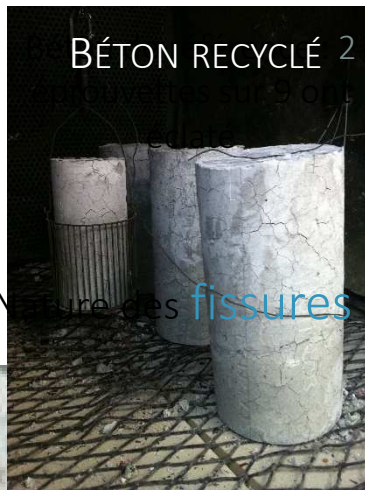
BRI
0,3



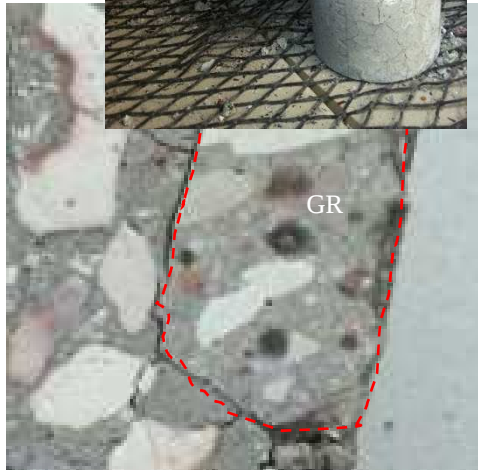
RÉSULTATS – DÉGRADATIONS



Aucun **éclatement** !



- Nature des **fissures**

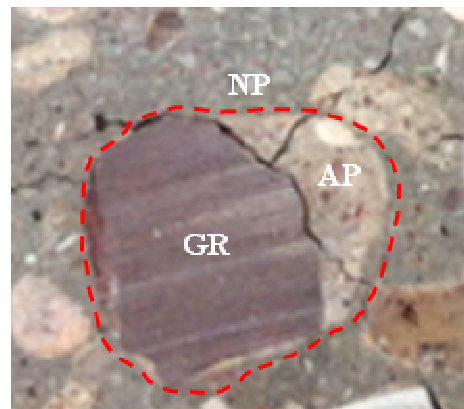


Interface ancienne pâte –
nouvelle pâte

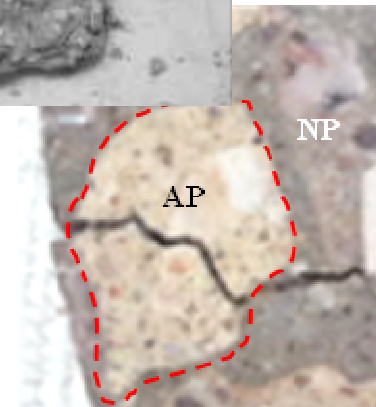


éclatement !

Béton de référence : 2
éprouvettes sur 9 ont
éclaté



Interface pâte – granulats
naturels



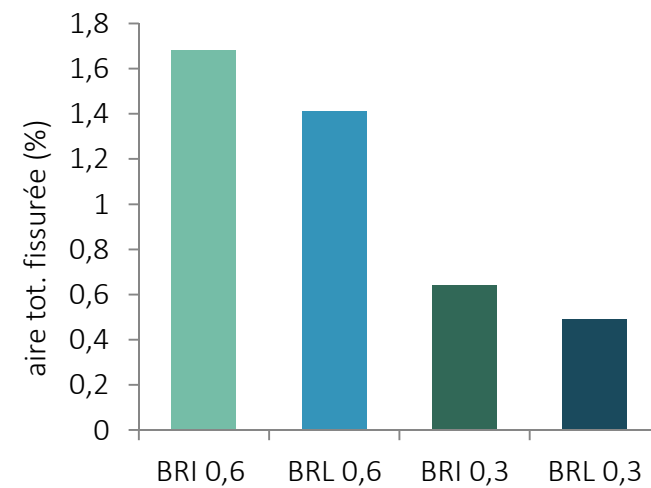
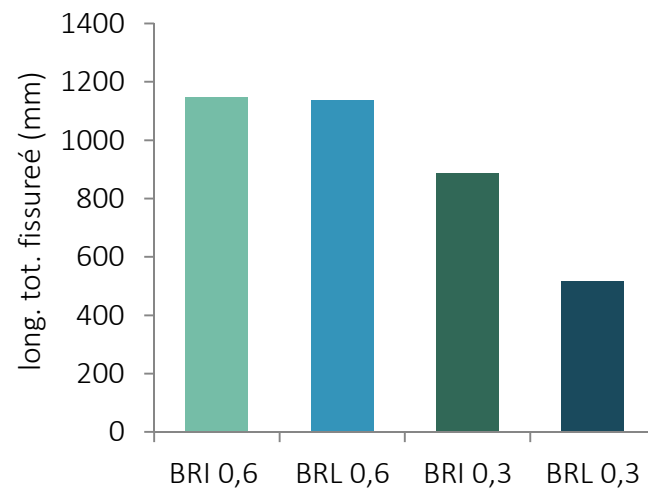
Trans-granulaire

RÉSULTATS – DÉGRADATIONS

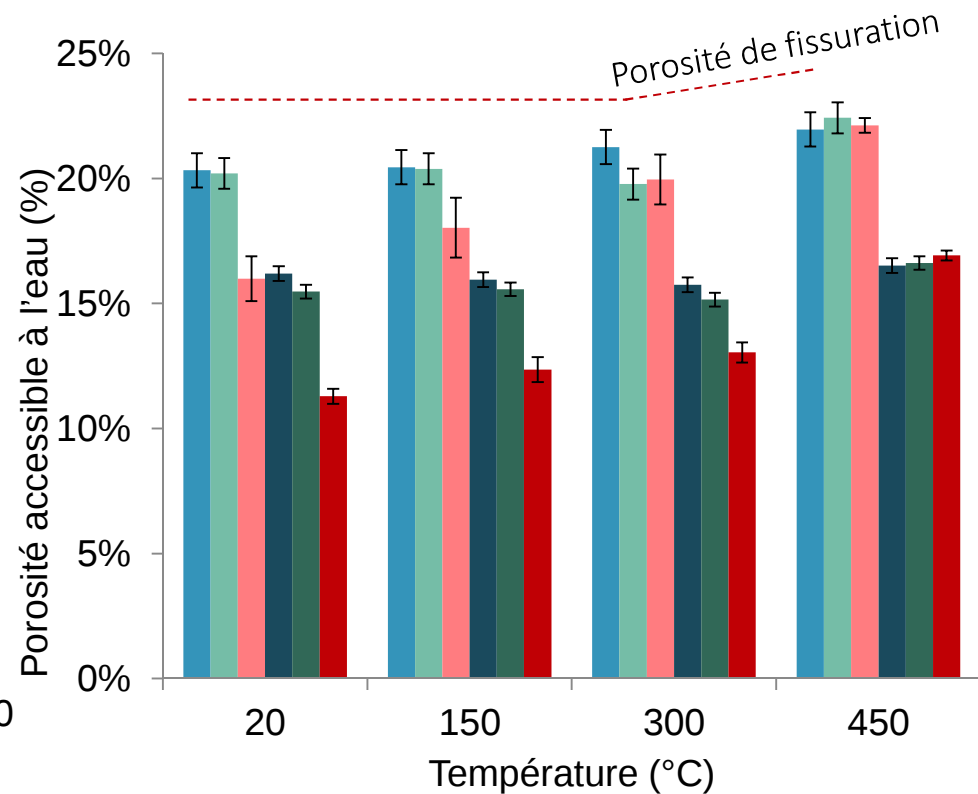
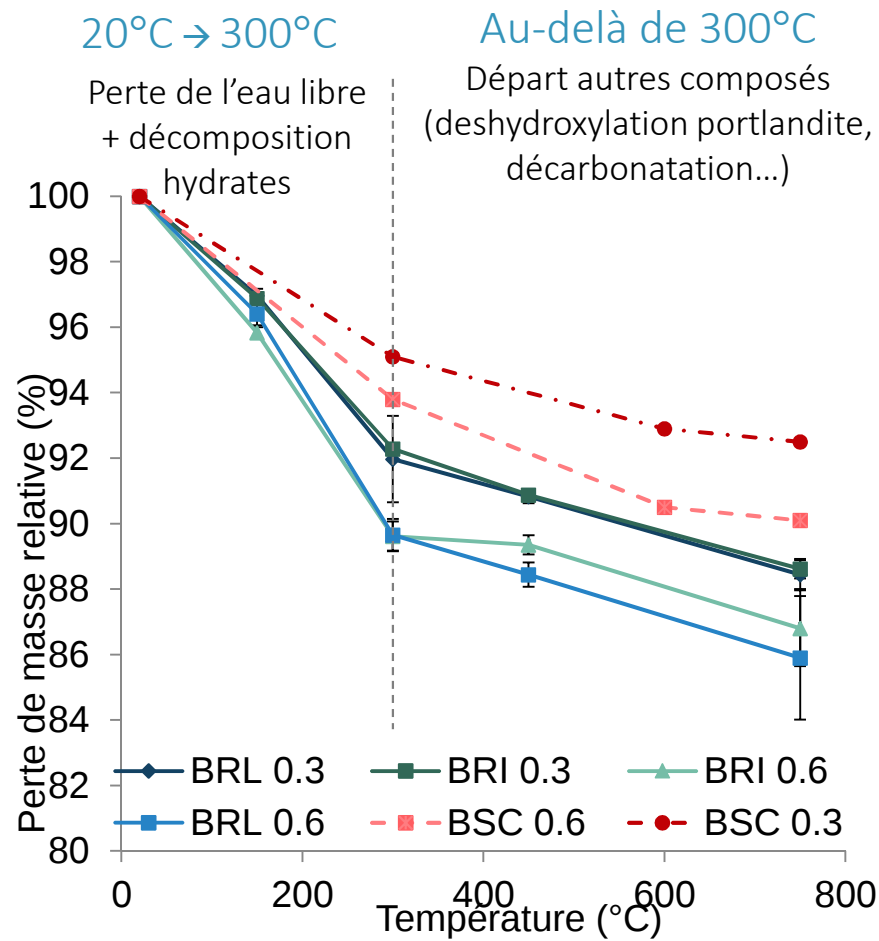


3 tranches par béton
Logiciel analyse d'image
Visilog

Statistiques fissurations à 450 °C

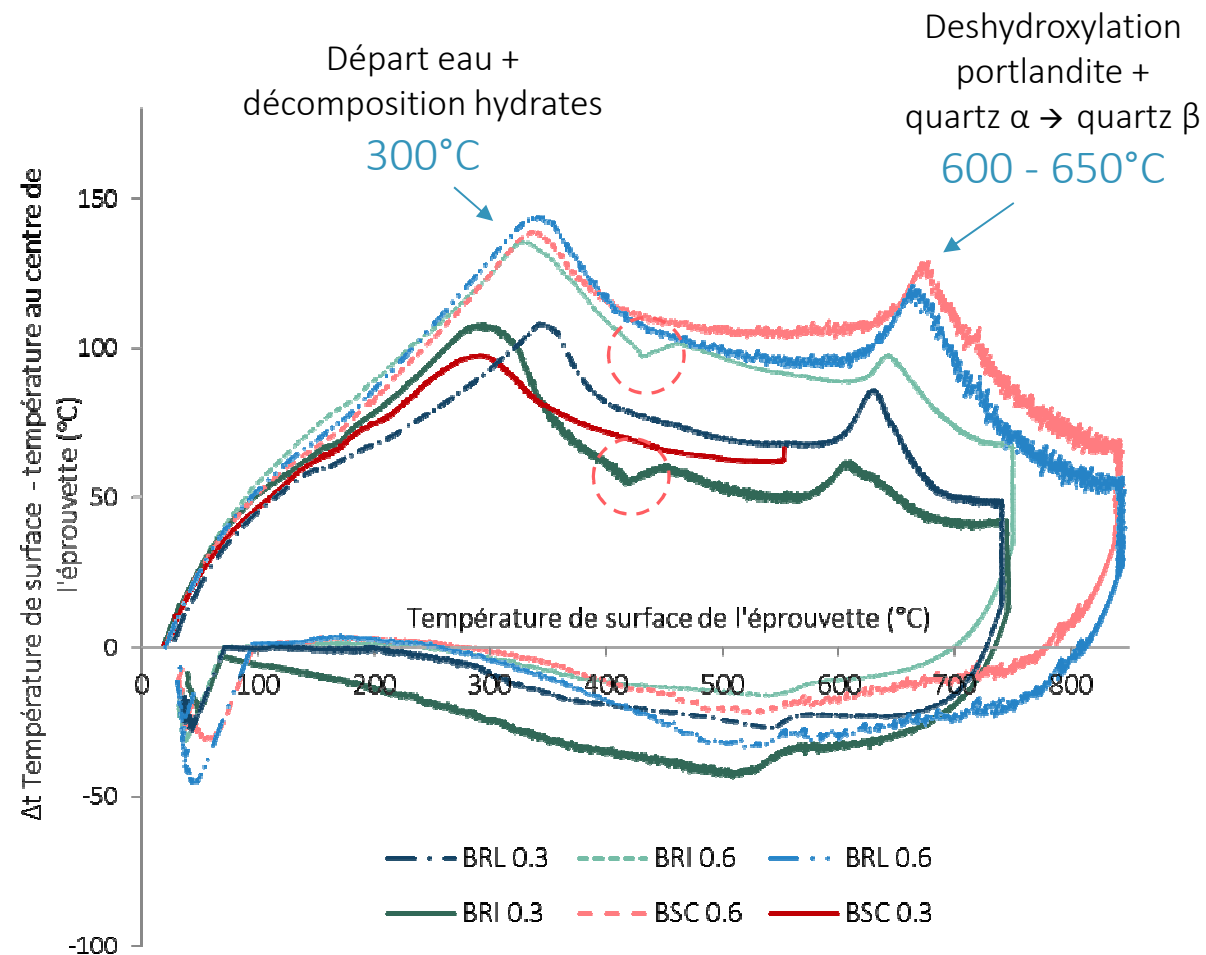
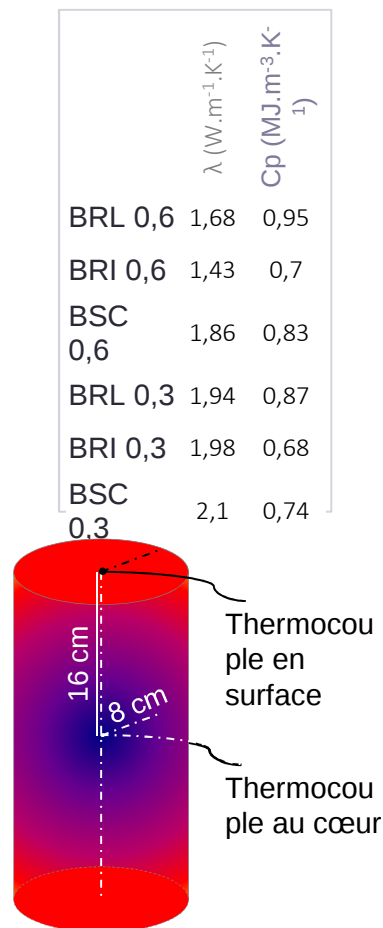


RÉSULTATS – PERTE DE MASSE / POROSITÉ



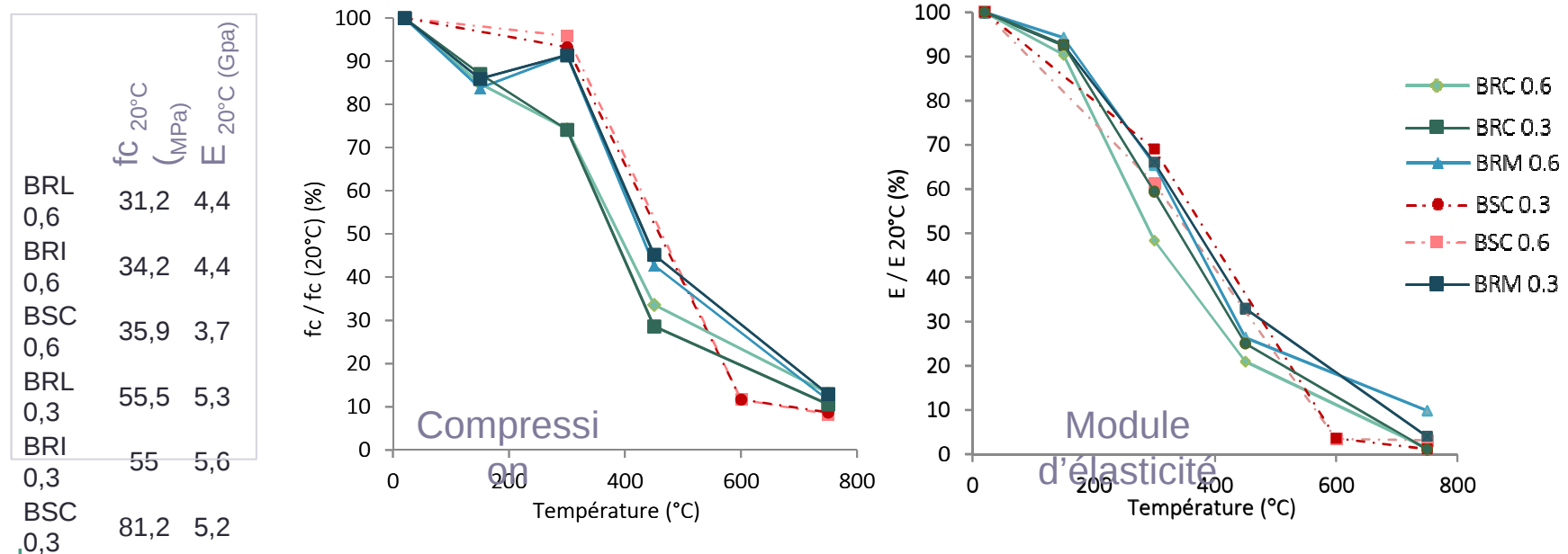
RÉSULTATS - THERMIQUE

Evolution de la différence de température entre la surface et le cœur de l'éprouvette, en fonction de la température de surface



RÉSULTATS - MÉCANIQUE

Evolution des propriétés mécaniques résiduelles des différents bétons après avoir été soumis aux cycles de chauffages et refroidissement



BRI : déchets combustibles parmi les GRI → fissuration et porosité au sein de la matrice

300°C amélioration f_c BRL : possible réhydratation des CSH + création nouvelles liaisons entre des grains de ciment non hydratés → interface pâte – granulat renforcée.

BRL / **BSC** : résistances résiduelles comparables.

CONCLUSIONS

Caractérisation des **granulats recyclés** : la présence de mortier modifie considérablement leurs propriétés physiques

- **Densité** plus faible de 10%
- **Porosité** plus de deux fois supérieure à celle d'un granulats naturel de référence
- **Coefficient d'absorption d'eau** trois fois supérieur à celui d'un granulats naturel de référence

A haute température, **aucun éclatement** n'a été observé pour les bétons recyclés. Leur plus grande porosité permet une meilleure évacuation de la vapeur d'eau, soit une montée en pression plus faible.

Les caractéristiques physiques et la réponse thermique des bétons recyclés et de référence varient de la même manière avec la température → peu d'influence du nombre d'interface ou de la quantité de pâte



Plus forte perte des propriétés mécaniques résiduelles pour les **BRI** → influence défavorable des contaminants (bitume, plâtre, ...)

MERCI

