

# Murissement des BHPF avec ajout de laitier dans les milieux sulfatés

BOUTIBA Aldjia, CHAID Rabah, JAUBERTHIE Raoul & MOLEZ Laurent

## Problématique

- Formulation de Bétons à Hautes Performances fibrés à base de produits locaux
  - Allègement des structures, productivité
  - Diminution de la quantité de ciment utilisé *(Aïtcin, 2001 ; Escadeillas 2006)*
- Murissement et durabilité de ces bétons exposés à des eaux sulfatées
  - Expansion *(Khelifa, 2009 ; Petrov 2004)*
  - Perte des propriétés liantes

## Composition des bétons

- BL : Béton sans fibre
- BF : Béton avec un mélange de fibres des 2 types (0,35% vol. de chaque type)

ciment	450
laitier	67,5
gravier 6/12	900
gravier 2/6	86
sable 0/2	745
eau	157
Adjuvant	1,53

Eprouvettes 16cmx32cm et 16cmx16cm

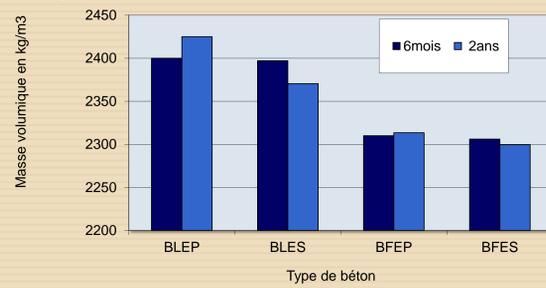
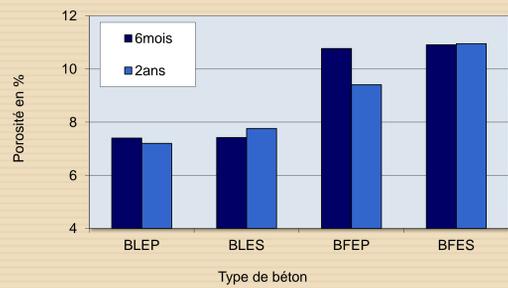
## Conservation

Dès le démoulage (24h après la fabrication), conservation en

- Eau potable
  - BLEP et BFEP
- Eau séléniteuse
  - BLES et BFES

## Résultats

- Porosité accessible à l'eau et masse volumique

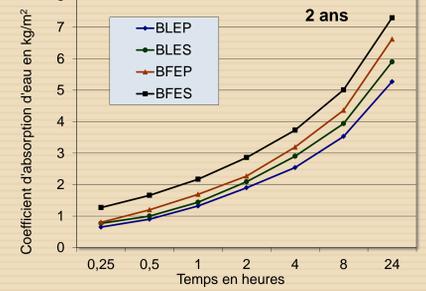
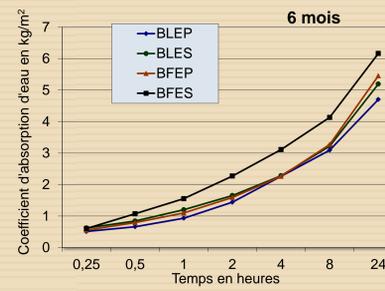
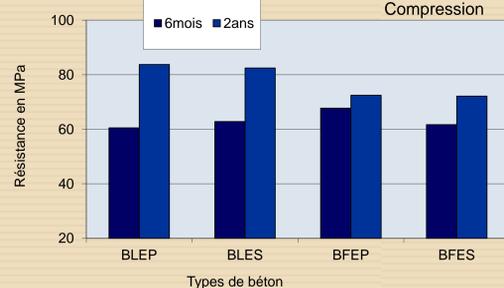
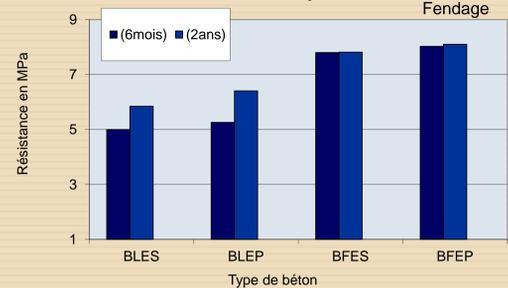


- La porosité des différents bétons est faible : < 11%
- L'ajout de fibres métalliques augmente la porosité
  - modification de la rhéologie *(Ladaoui, 2010)*
  - Interface pâte / fibres *(Bian, 2008 ; Ezziane, 2012)*
- Le milieu de conservation a très peu d'effets sur la porosité
  - **bonne tenue de ces bétons en milieux agressifs**

- Absorption d'eau par capillarité

- Les coefficients d'absorption capillaire des différents bétons sont très proches
- Le béton fibré conservé dans l'eau séléniteuse a un coefficient d'absorption capillaire plus important
  - Effets conjoints des fibres et de l'eau séléniteuse ?
- Après 2 ans de conservation, augmentation des coefficients d'absorption capillaire
  - Modification de la structure poreuse, accentuée en milieu agressif

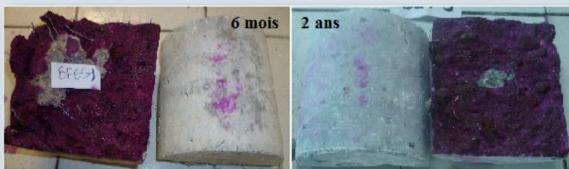
- Résistances mécaniques



- L'ajout de fibres augmente la résistance à la traction mais modifie peu la résistance à la compression
- La durée de conservation contribue à une augmentation de la résistance à la compression
  - Cet effet est moins marqué sur les bétons fibrés
- La nature du milieu de conservation a peu d'effets sur les résistances et leur évolution
  - **bonne tenue de ces bétons en milieux agressifs**

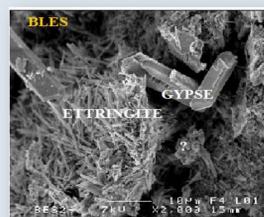
- Observations de la microstructure

- Test à la phénolphtaléine
  - Après 6 mois et 2 ans : aucune zone dépassivée n'est mise en évidence

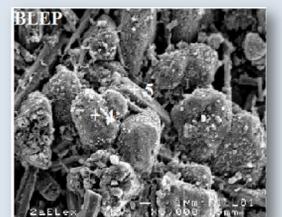
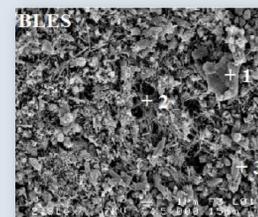


- Microstructure interne de la surface des éprouvettes (1<sup>ers</sup> mm)

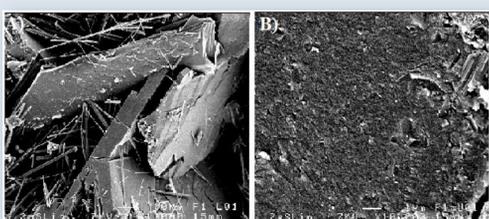
- Après 6 mois : présence de portlandite, de gypse cristallisé en forme hexagonale et d'ettringite dans les bétons conservés dans l'eau potable ou l'eau séléniteuse
  - **ettringite primaire non expansive**



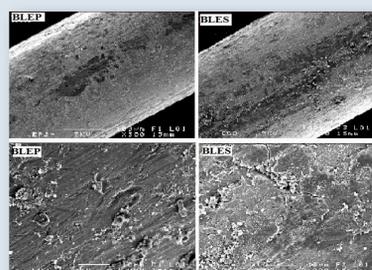
- Après 2 ans : dans les bétons conservés dans l'eau séléniteuse, présence de petites pelotes d'ettringite (2), d'hydroaluminates de calcium (3) et d'hydrosilicates de calcium (1)
  - **attaque sulfatique externe de faible amplitude**



- Microstructure interne du cœur des éprouvettes
  - Après 2 ans : présence de portlandite saine, fines aiguilles courtes d'ettringite (A) et des CSH de compacité élevée (B)



- Etat des fibres dans les 2 milieux
  - Etat identique dans les 2 milieux
  - Pas de trace de corrosion



## Conclusions

- Fabrication de bétons à hautes performances
  - Substitution de laitier en remplacement du ciment (15%)
  - Très bas E/L = 0,30
  - Avec ou sans fibres métalliques
- Aucune altération significative des bétons conservés dans l'eau séléniteuse, même après 2 ans
- Pas d'altération des fibres métalliques
  - Ces bétons sont donc intéressants du point de vue économique et écologique et **résistants aux sulfates**