

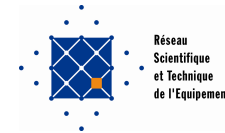
Journées techniques Ouvrages d'Art 2011

Marseille

Mercredi 29 et Jeudi 30 juin

Traitement par revêtements des bétons atteints de réaction sulfatique interne

Stéphane Lavaud



IFSTTAR

Réaction Sulfatique Interne

- Pathologie endogène sans apport externe de sulfates: formation d'un produit gonflant: l'ettringite
- Principales causes:
 - élévation de la température pendant la prise du béton ($T > 65^{\circ}\text{C}$)
 - Environnement de conservation humide
- 2 types de béton concernés :
 - traités thermiquement
 - pièces massives
- Phénomène d'expansion en relation avec l'instabilité de l'ettringite à des hautes températures au jeune âge



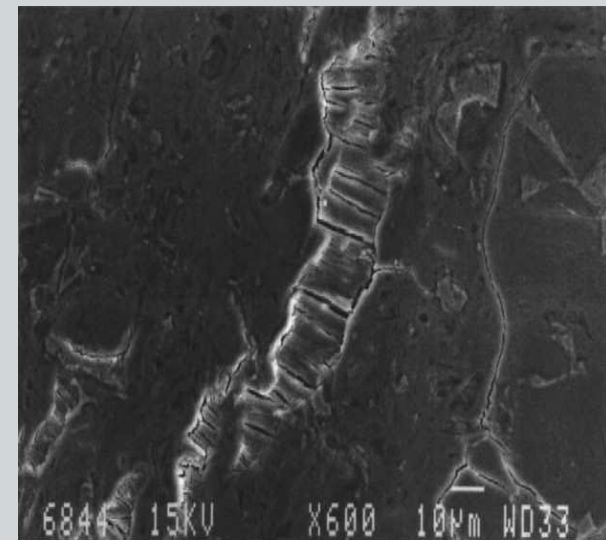
➤ Symptômes:

- Fissuration et gonflement
- Expansion du matériau
- Dégradation des performances mécaniques

➤ Ouvrages atteints:

- Pièces préfabriquées
- Structures massives (fondations, ponts, barrages)
- une centaine de cas en France actuellement

Comment traiter et réparer ces ouvrages?



Etude précédente:

Sélection des produits sur la base:

- de l'expérience acquise sur le terrain
- des études antérieures en laboratoire

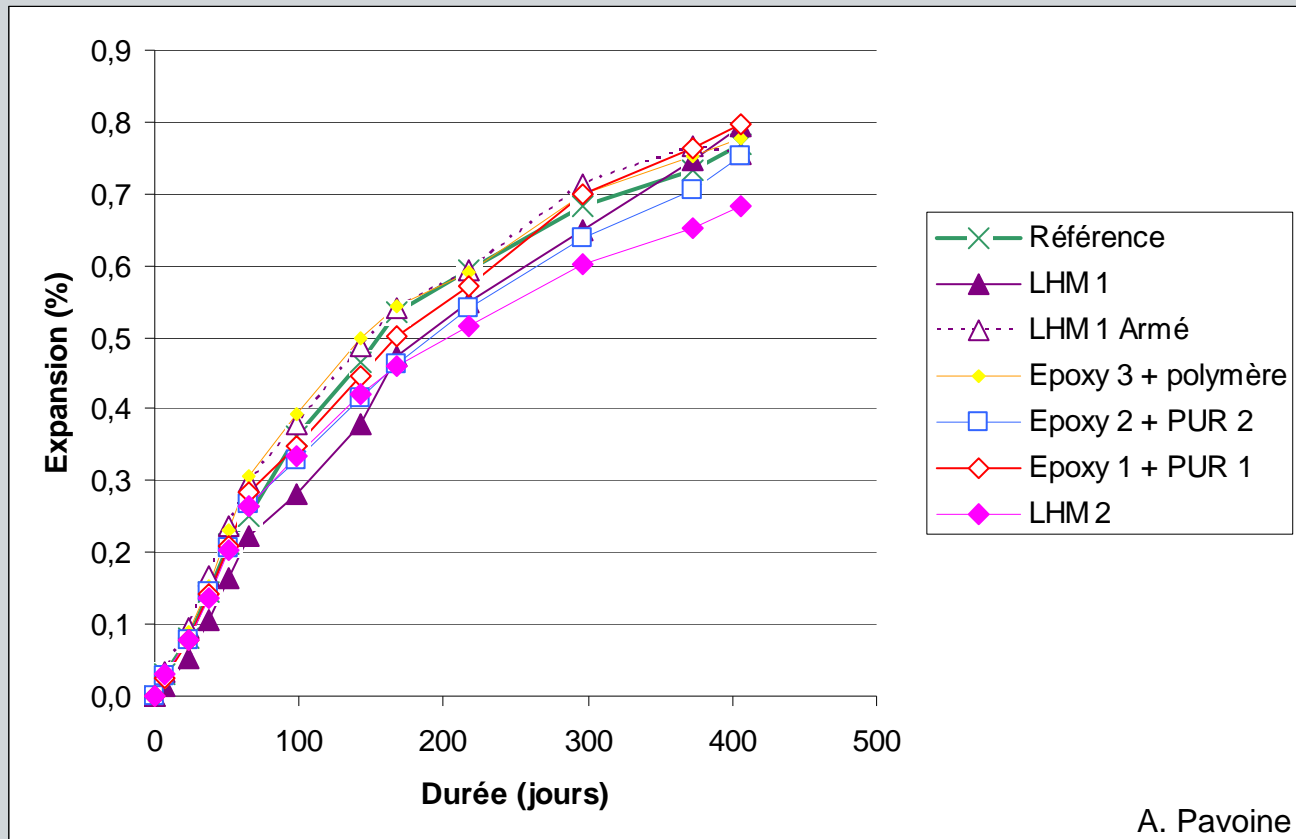
Produits retenus:

- Système constitué d'une peinture époxy (aqueuse) + copolymère butadiène styrène
- Systèmes acryliques avec ou sans solvant
- Revêtement époxydique
- Primaire Epoxydique sans solvant + polyuréthane sans solvant
- Des systèmes à base de Liants Hydrauliques Modifiés dont 1 armé par une toile en fibres de verre



Résultats d'essais (conservation des éprouvettes dans l'eau)

Application du produit après 100 jours d'immersion et 0,28% d'expansion



Conclusion:

Dans l'eau:
aucun effet

Quel est le comportement des revêtements en ambiance humide à 100% d'humidité relative?



Cas réel: ouvrages dont les poutres sont atteintes de réaction sulfatique interne

(Rappel: traitement thermique des poutres en usine)

Demande du gestionnaire d'ouvrages de:

- Caractériser la pathologie
- Evaluer le potentiel de gonflement résiduel
- Proposer une solution efficace de protection pour limiter les apports d'eau et le gonflement

→ Réaliser des essais en conditions d'hygrométrie proches des conditions réelles

→ Prélever des carottes afin de tester l'efficacité des revêtements en laboratoire



Caractéristiques des produits de réparation choisis:

- **Revêtement A:** Mortier hydraulique souple bicomposant:
 - 1^{er} composant : poudre grise (ciments spéciaux, charges, adjuvants)
 - 2nd composant : liquide blanc laiteux à base de résine en dispersion aqueuse

Deux couches appliquées au pinceau, sur surface non sablée mais propre

- **Revêtement B:**
 - un primaire époxydique sans solvant
 - une membrane (bicomposant polyuréthane/polyurée)
 - une couche de finition (peinture aliphatique - aspect esthétique)

Une couche de chaque, sur surface sablée

- **Revêtement C :**
 - un primaire: crème hydrophobe à base de silane (hydrofuge de surface)
 - une couche intermédiaire entoillée: produit monocomposant élastique à base de résine acrylique en phase aqueuse + renfort
 - finition: revêtement monocomposant élastique à base de résine acrylique en phase aqueuse (pontage fissures + protection + esthétique)

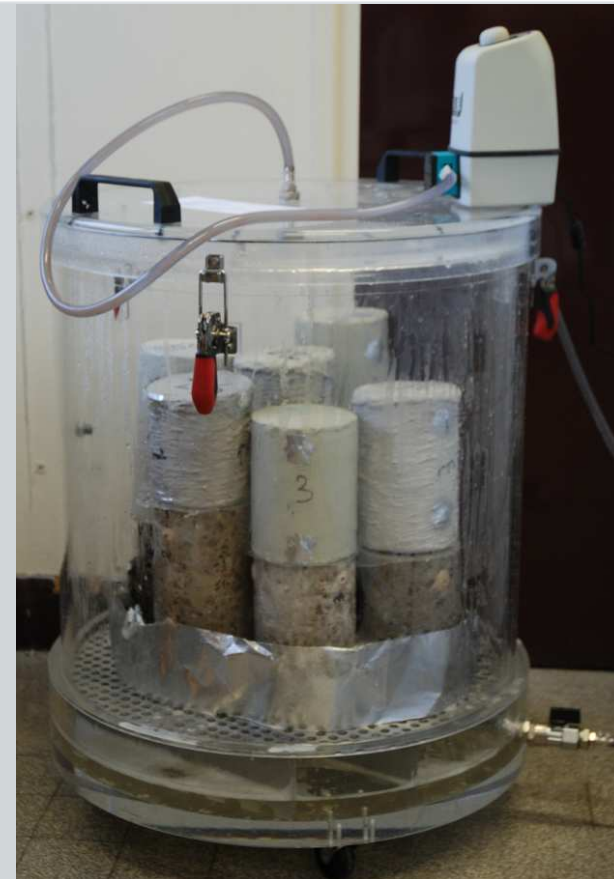
Une couche de chaque (finition: 2 couches), sur surface sablée

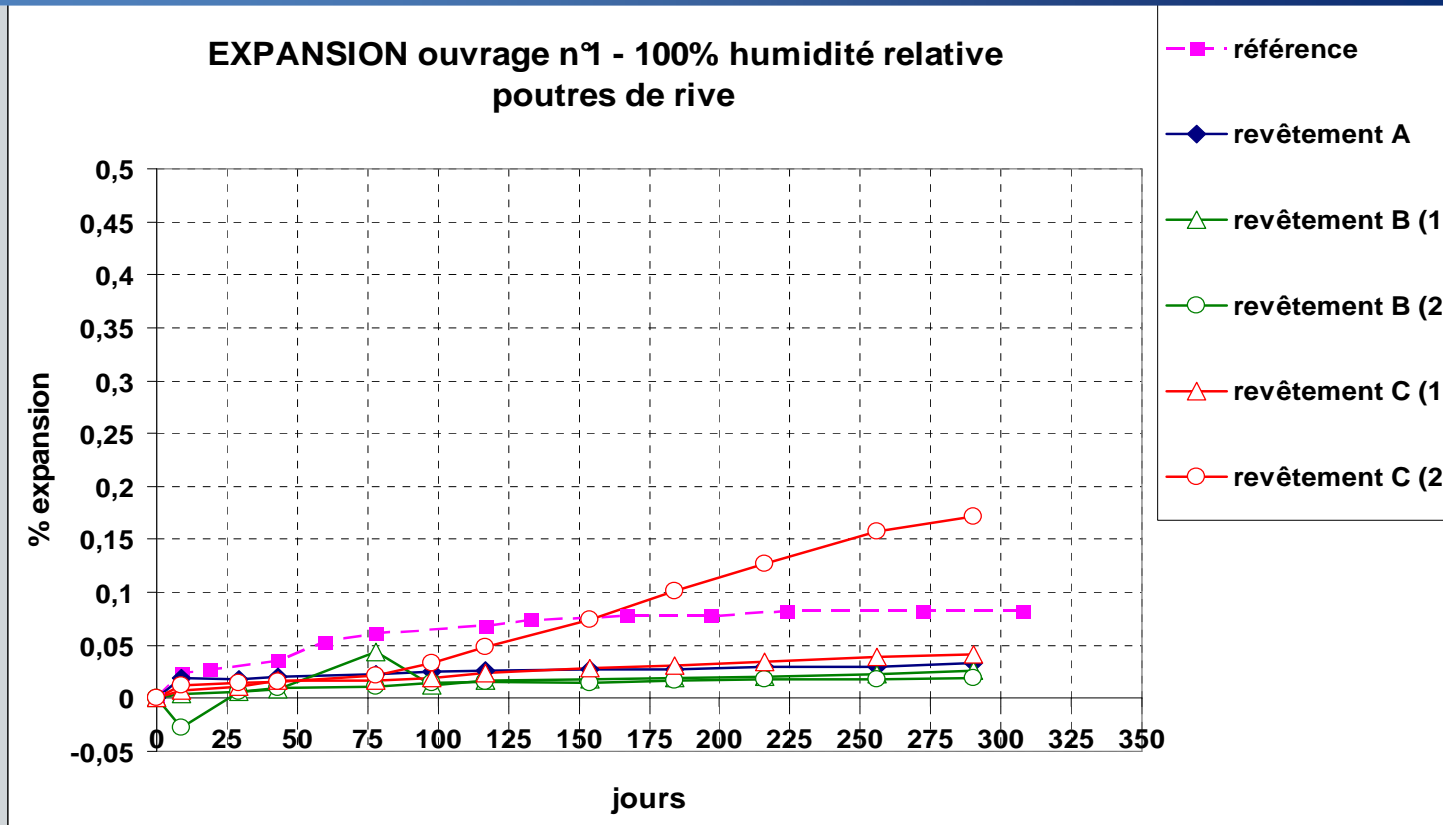


Enceintes à 100% d'humidité relative:

Application de la ME 67 "adaptée":

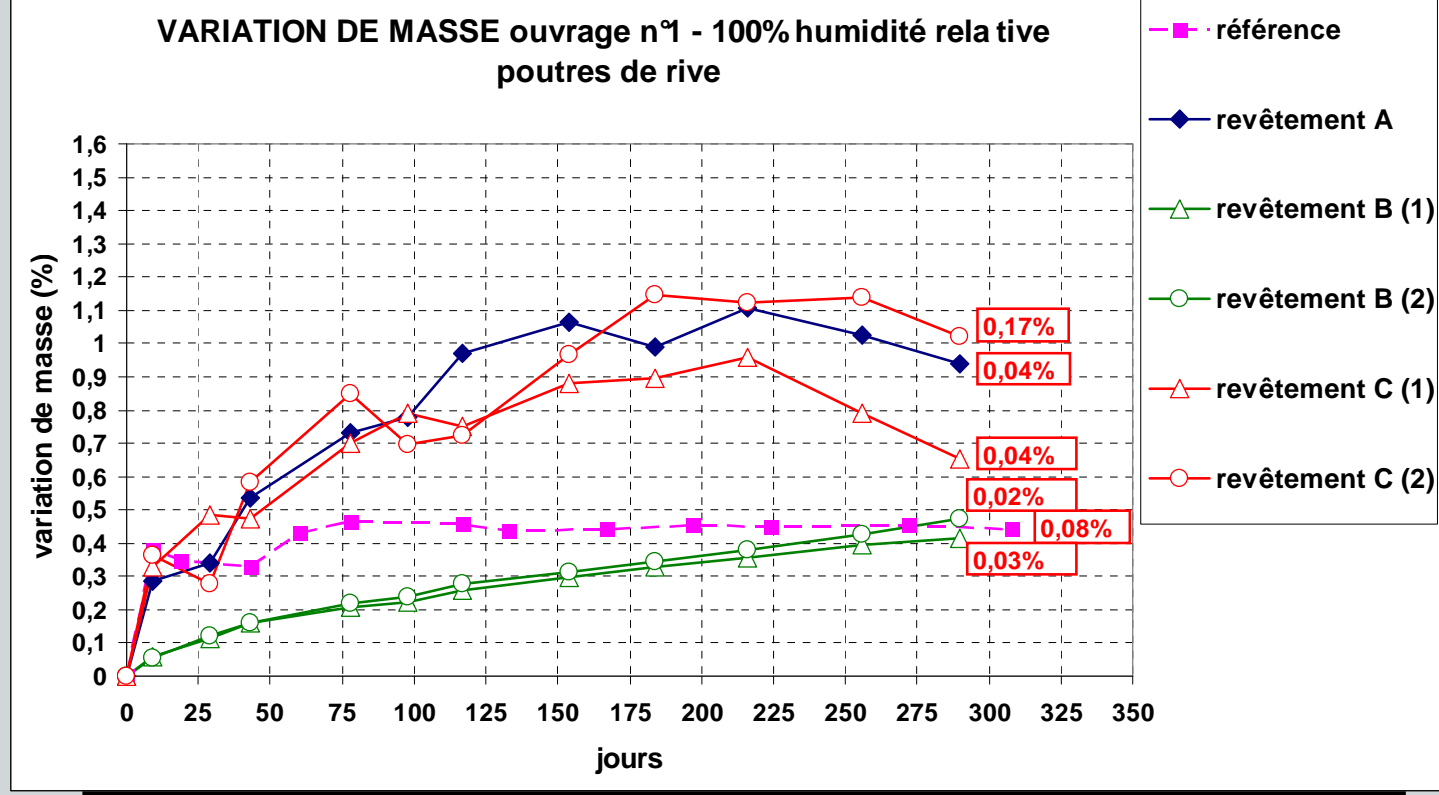
- systèmes permettant une hygrométrie relative proche de 100%: cloches plexiglas hermétiques (circulation d'eau permanente par écoulement)
- carottes non protégées (référence) et carottes revêtues, toutes équipées de plots de mesure d'expansion





- référence: gonflement de 0,08%
- carottes protégées: faible gonflement (<0,04% après 300j) mais:
 gonflement décalé (80 j) d'une éprouvette protégée par revêtement C
 ➔ niveau d'efficacité?
- Poutres de rives: hétérogénéité du gonflement?





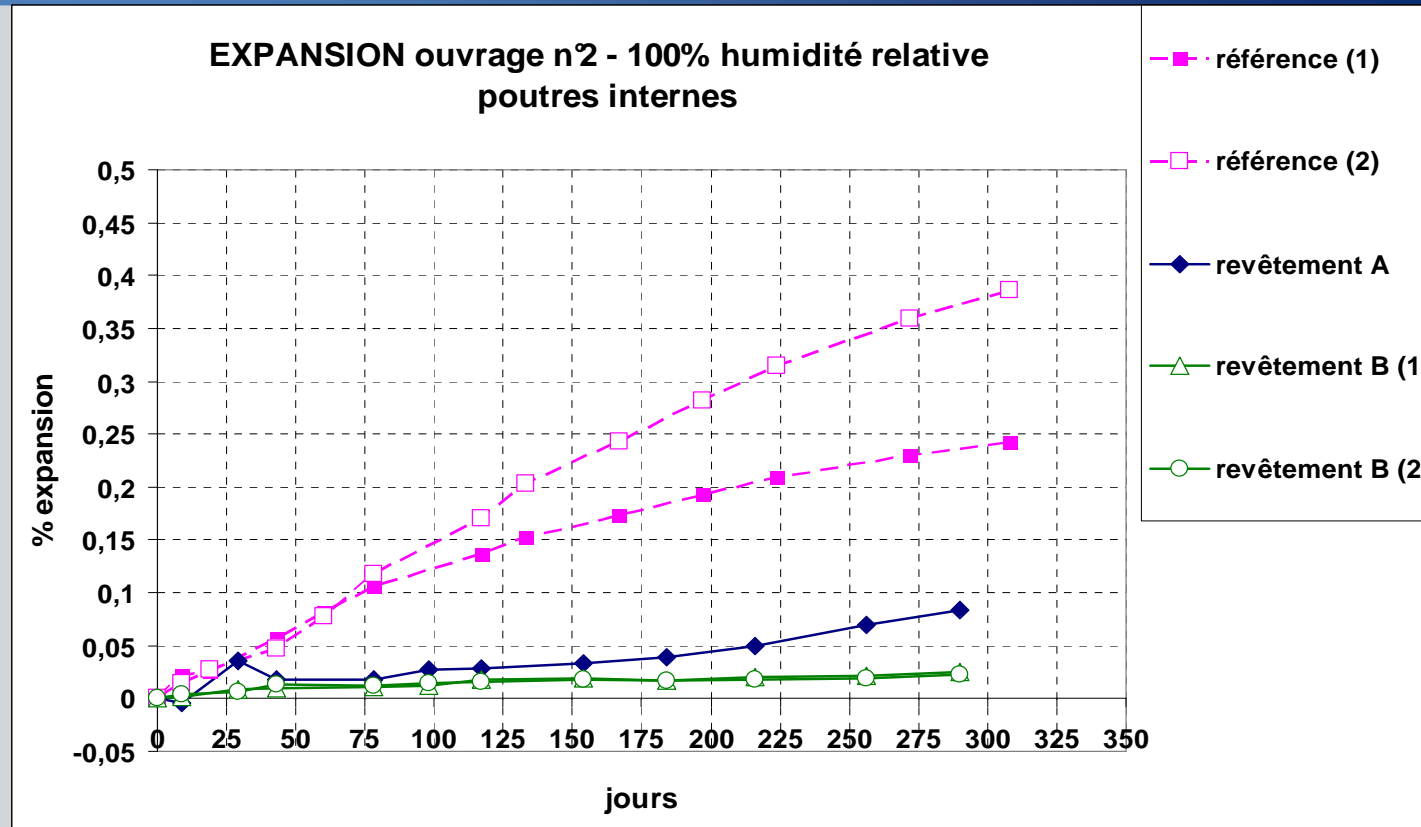
- référence: variation de masse en adéquation avec l'expansion

-revêtement A:
imprégnation du revêtement, mais faible gonflement et tendance à se stabiliser → encore efficace après 300 j

-revêtement B:
imprégnation progressive du revêtement, palier non atteint à 300 j, faible gonflement (<0,04%) → encore efficace après 300 j

-revêtement C:
imprégnation du revêtement, tendance à se stabiliser, mais gonflement important pour C(2)

Résultats: ouvrage n°2



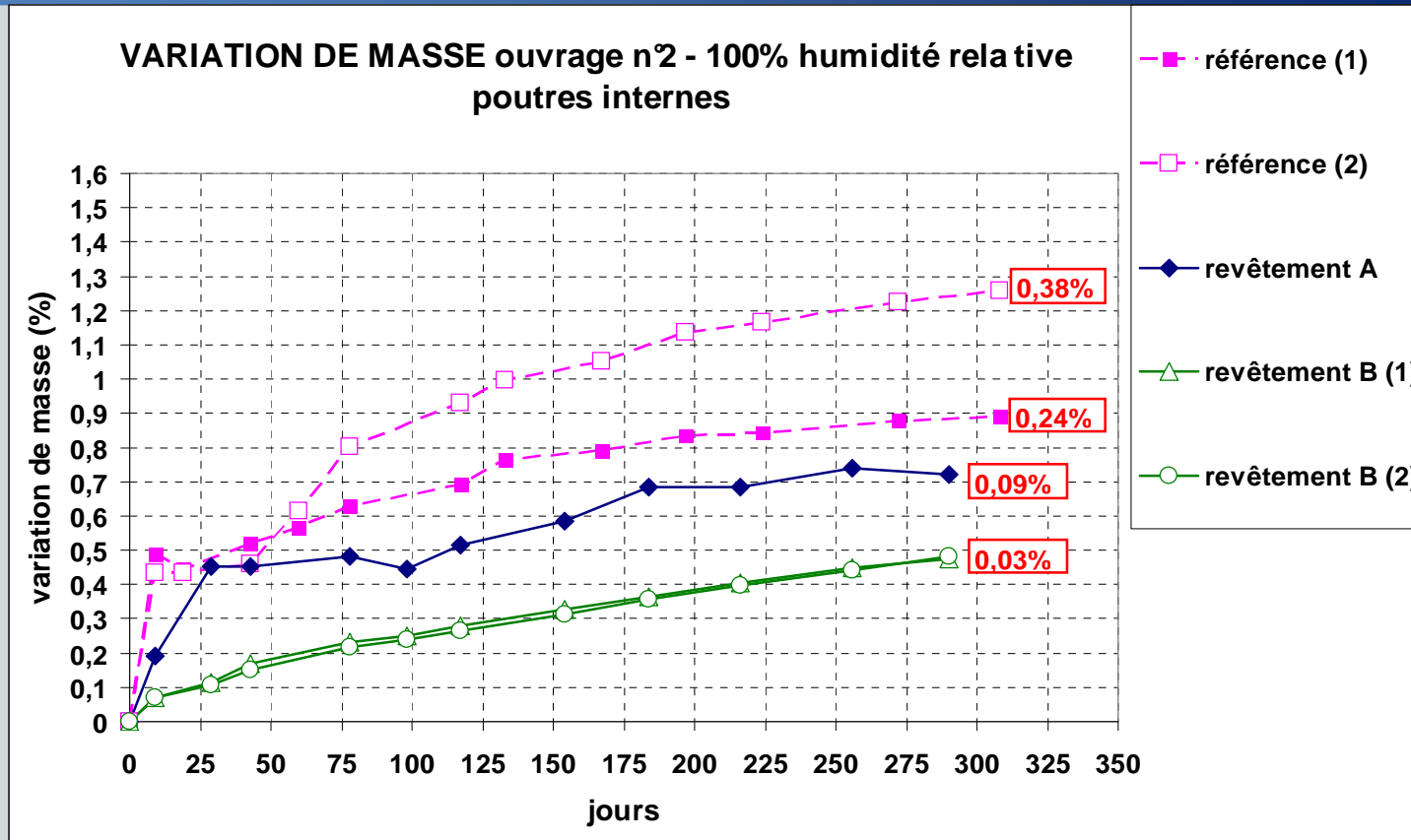
- références: issues de la même poutre, mais gonflement différent (0,24% à 0,37%)
 → historique des pièces préfa?

-revêtement A: gonflement de 0,08% après 300 j

-revêtement B: gonflement <0,03% après 300 j : bonne efficacité (même constat que sur ouvrage n°1)

☞ Poutres internes: fort potentiel de gonflement résiduel

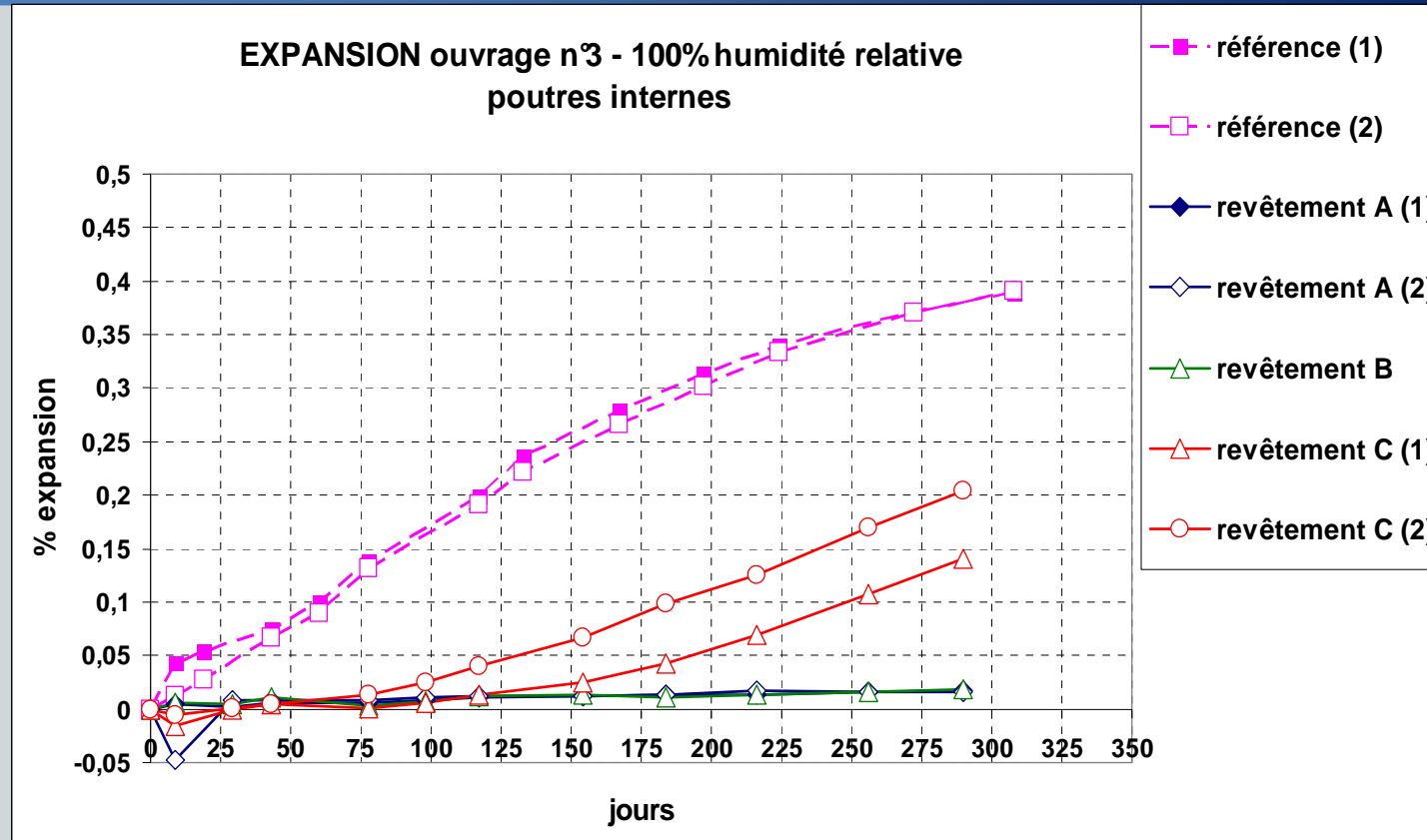




- références: variation de masse en adéquation avec l'expansion (palier non atteint)

- Revêtement A: stabilisation de la variation de masse mais le gonflement se poursuit après 300j

- Revêtement B: même profil de variation de masse que pour les poutres de rive de l'ouvrage n°1 et gonflement < 0,03% à 300j

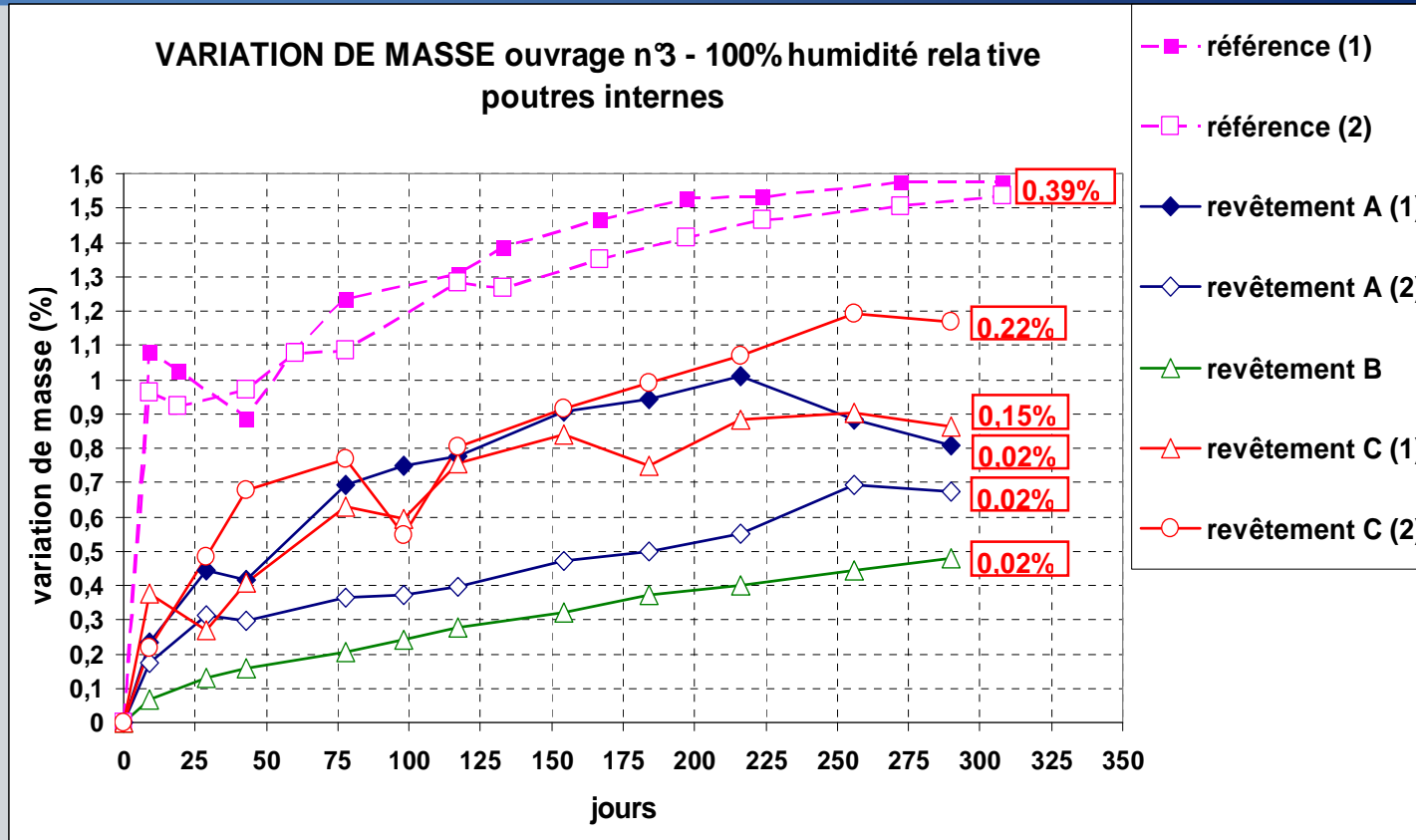


- références: • carottes issues de la même poutre, et même gonflement (0,4%)
• palier de gonflement non atteint à 300 jours

- revêtements A et B: carottes issues de la même poutre, et gonflement très faible (0,02%), stable après 300 j

- revêtement C: gonflement décalé (80 j), atteint 0,15 à 0,2% après 300 j





- références: variation de masse en adéquation avec l'expansion (ralentissement de la prise d'eau)

-revêtement A:
imprégnation du revêtement, mais faible gonflement et tendance à se stabiliser → encore efficace après 300 j

-revêtement B:
imprégnation progressive du revêtement, pas de stabilisation de la masse après 300 j, faible gonflement (0,02%) → encore efficace après 300 j

-revêtement C:
imprégnation du revêtement, tendance à se stabiliser, mais gonflement important après 300 j

Après 300 jours d'essai:

➤ Revêtement A (mortier hydraulique souple):

- prise de masse assez rapide mais tendance à se stabiliser (1,1% max)
- gonflement $< 0,1\%$ mais se poursuit pour certaines carottes

➤ Revêtement B (primaire époxydique + polyuréthane/polyurée + peinture aliphatique):

- prise de masse assez lente mais linéaire (actuellement: 0,5%)
- gonflement très faible $< 0,03\%$

➤ Revêtement C (primaire (silane) + résine acrylique + renfort toilé):

- prise de masse assez rapide mais tendance à se stabiliser (1,2% max)
- gonflement décalé (à partir de 80j), atteint 0,2% à ce jour, palier non atteint

➔ **Revêtement B** : le plus efficace... après 300 jours

- ✓ Inefficacité des revêtements pour traiter les pièces en béton immergées
- ✓ Résultats prometteurs pour des ambiances humides (à confirmer)





Merci pour votre attention

