



JOURNEES NATIONALES  
MACONNERIE

5ème édition – Bordeaux

12 et 13 Juin 2025



# METHODOLOGIE D'INJECTION DES MACONNERIES

## Application à la Basilique Saint-Denis

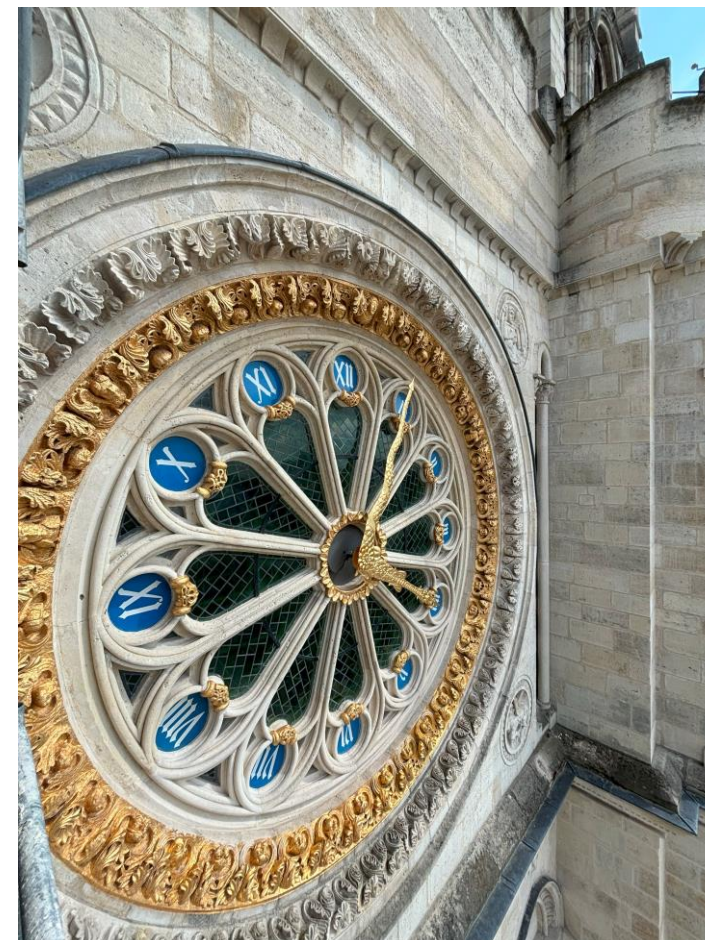
MOUATT,L., BONNETON, E.



# SOMMAIRE



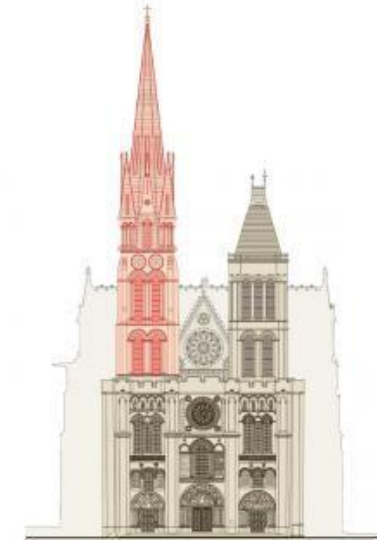
- I. Historique et contexte de l'opération
- II. Caractérisation de la maçonnerie : matériaux, composition chimique et vides
- III. Sélection et validation des coulis d'injection : études bibliographiques, essais en laboratoire et essais de convenance



# I. Historique et contexte de l'opération



ANABF



Suivez la flèche

- Projet : reconstruction du clocher nord et de sa flèche
- Consolidation du massif occidental par injection de coulis
- Méthodologie de sélection du coulis :
  - Etape 1 : caractérisation du milieu injecté
  - Etape 2 : pré-sélection et étude des coulis

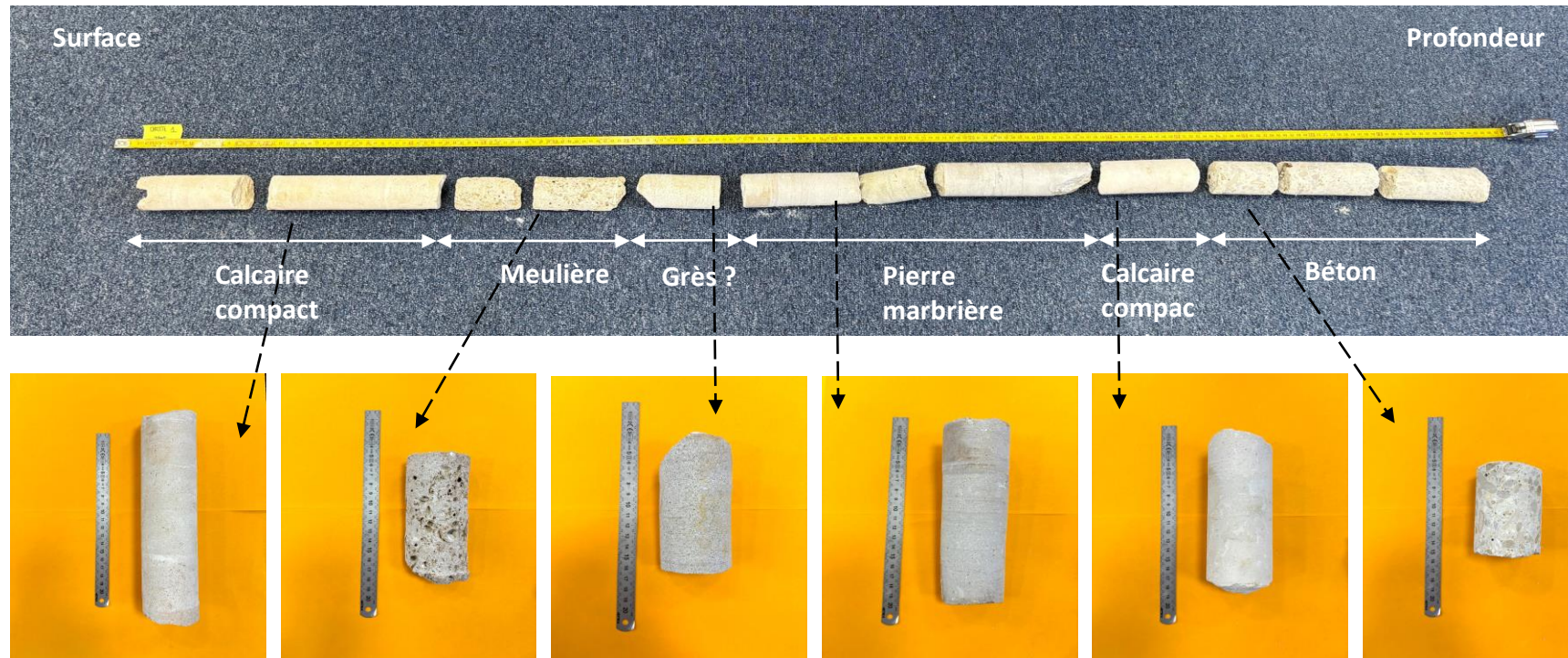


# II. Caractérisation de la maçonnerie



- Nature des matériaux mis en œuvre

- Etude bibliographique
- Etude des carottages réalisés au cours de l'opération
- Réalisation d'essais en laboratoire



# II. Caractérisation de la maçonnerie



- Caractérisation des vides présents

Association et importance de 2 méthodes complémentaires :

→ Non-destructif :

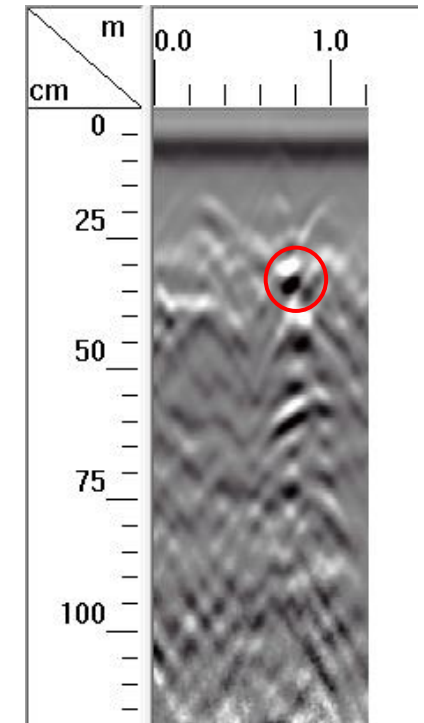
Etude visuelle (de l'échelle macroscopique à l'échelle « microscopique »)

Auscultation radar

→ Semi-destructif :

Percements à sec

A éviter : carottages à l'eau



# II. Caractérisation de la maçonnerie



- Teneurs en sulfates (solubles) dans le matériau
  - Sulfates : produit que l'on retrouve fréquemment dans les maçonneries
  - Aluminates : produit que l'on retrouve dans les coulis à base de ciment

**Interaction sulfates/aluminates = ettringite**



**DTU 26.1 - Travaux d'enduits de mortiers, chapitre 12 « Enduit sur maçonneries anciennes »**

*« Les anciennes maçonneries montées au plâtre, ou au mortier de chaux et plâtre, ne doivent pas être ré-enduites ou coulinées avec un mortier à base de liants hydrauliques contenant des aluminates. »*



# III. Sélection et validation des coulis d'injection



- Etudes bibliographiques

- Etude de la composition de différents coulis d'injection

- Pré-sélection de 2 coulis



**Coulis Ch**

→ A base de chaux

**Coulis Ci**

→ A base de ciment

→ Adjuvanté de pouzzolane

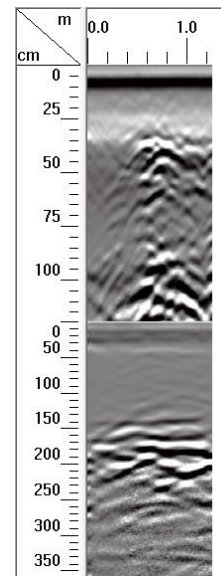
*Effet de dilution*

*Effet de réduction*

# III. Sélection et validation des coulis d'injection



- Etudes in-situ : injection sur deux zones témoins, auscultations radar et carottages
  - Auscultations radar avant et après injection
  - Carottages pour étude du caractère injectable des coulis, et bonne mise en œuvre
  - Inspection des trous de carottage
  - Echantillons pour essais en laboratoire



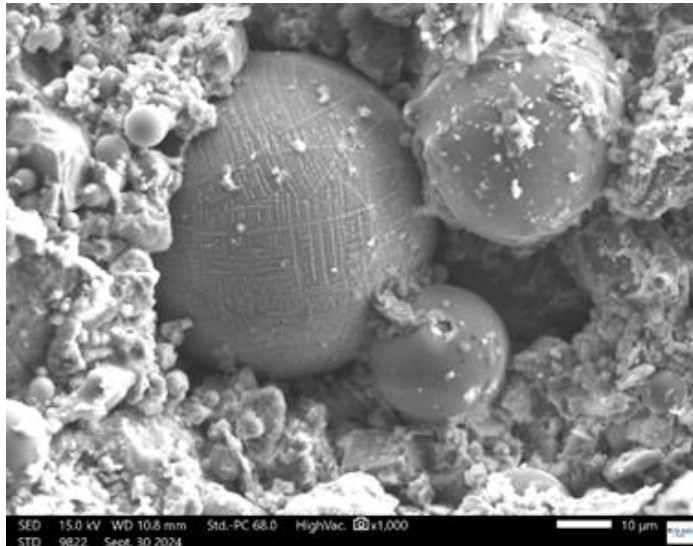


# III. Sélection et validation des coulis d'injection

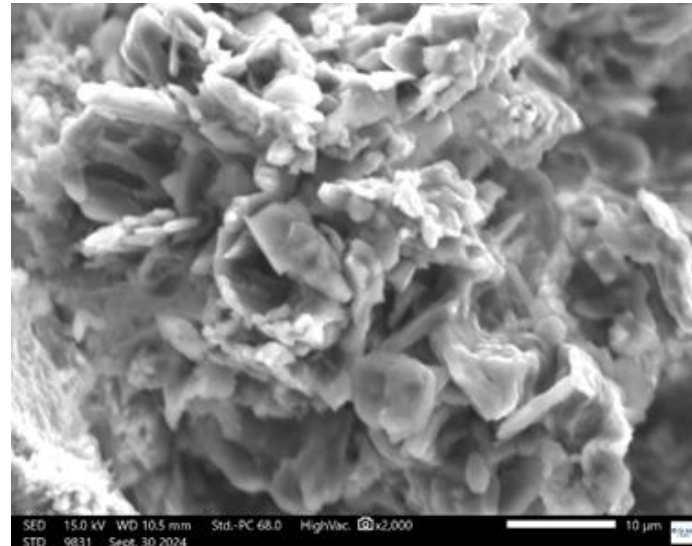


- Essais en laboratoire

→ Examen MEB : étude de l'interface coulis/maçonnerie



Cendres à analyse de laitier



Gypse

=

Absence de produits gonflants observés

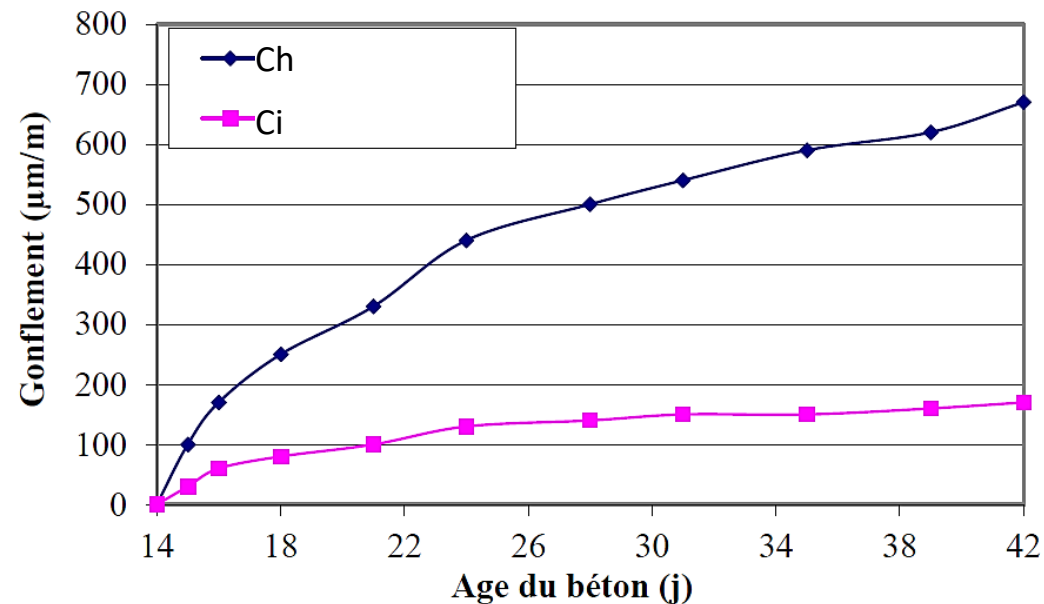
# III. Sélection et validation des coulis d'injection



- Essais en laboratoire

→ Essais de retrait/gonflement : mise en condition réelle des coulis

Réalisation d'une solution sulfatée à partir des teneurs mesurées précédemment + coefficient de sécurité  
Immersion des éprouvettes de coulis et suivi des variations dimensionnelles

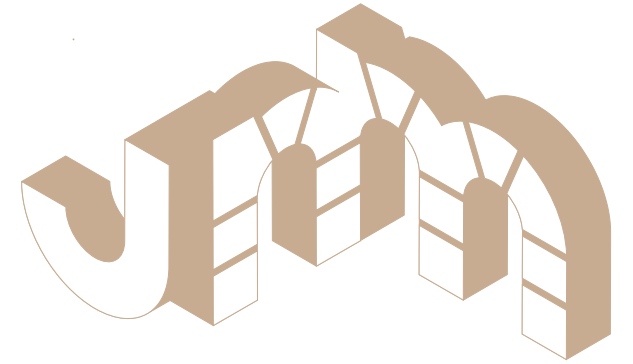


# IV. Conclusion



- Trois points d'intérêt majeur dans le contexte d'injection de maçonneries :
  - Importance de l'étude visuelle en phase diagnostic et phase travaux ; les méthodes d'auscultation non-destructives ne remplacent pas l'œil humain
  - Importance d'une bonne maîtrise des techniques employées et leurs limites: carottage à l'eau et lessivage, radar et calibrage
  - Importance des essais de convenance





# Merci de votre attention

Contact :

MOUATT Ludivine

[l.mouatt@groupeginger.com](mailto:l.mouatt@groupeginger.com)

06 21 85 35 12

BONNETON Estelle

[e.bonneton@groupeginger.com](mailto:e.bonneton@groupeginger.com)

06 19 78 28 26

Journées Nationales de la Maçonnerie  
5ème édition | Bordeaux  
12 et 13 juin 2025