







# Bases granulaires traitées au ciment

Jordan Ouellet, candidat M.Sc.A., ÉTS

Prof. Alan Carter, ÉTS

Prof. Michel Vaillancourt, ÉTS

Guillaume Lemieux, Directeur marchés et affaires techniques, ACC







MÉTHODOLOGIE





#### **PLAN**

## Plan de la présentation:

#### 1. Introduction

Principe, problématique, pistes de solution et objectifs

## 2. Méthodologie

Matériaux, composition des mélanges et propriétés mesurées

#### 3. Résultats

Calorimétrie, résistances mécaniques, CBR et module LWD

#### 4. Conclusion

Recherches à venir et recommandations









#### INTRODUCTION

## **Principe:**

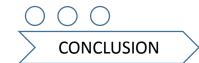
- Bases traitées au ciment (BTC) ou cement-treated base (CTB)
- Matériau granulaire auquel on ajoute une faible quantité de ciment portland (environ 3 à 5%)
- Première utilisation remonte en 1935 en Caroline du sud HW 41
- Les BTC améliorent les propriétés mécaniques des fondations
- Permettent d'utiliser des granulats plus faibles , de plus faibles épaisseurs, et d'augmenter la durabilité
- La mise en place est rapide et peu couteuse
- Fabrication in-situ ou en centrale
- Possibilité de ne pas revêtir
- Technique avantageuse autant pour le recyclage à froid que les constructions neuves







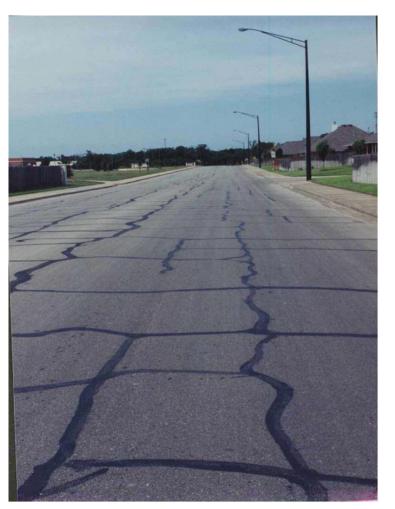




# **PROBLÉMATIQUE**

## **Fissuration par retrait:**

- Fissuration par bloc
- Réduit les propriétés mécaniques
- Réduit la durabilité de la base
  - Chemin préférentiel agents agressants
- Favorise remontée fissures
- Coût en entretien important
- Seule problématique de la technique



(Scullion, 2002)









## **LITTÉRATURE**

#### Pistes de solution:

- Ajuster la composition du mélange
  - Réduire la teneur en ciment
- Autrichiens Litzka et Haslehner ont publié en 1995 une nouvelle approche: la pré-fissuration ou microfissuration
  - Objectif: diminuer l'ampleur de la fissuration de retrait en la répartissant sur un maillage de microfissures
- Scullion et Sebesta du TxDOT ont menés des études in-situ au début des années 2000
  - Limiter la teneur en ciment réduit la fissuration
  - 2 à 3 passes de rouleau à grande amplitude après quelques jours de cure sont suffisants pour microfissurer
  - La fissuration réduite de plus de 50%, tout en préservant les propriétés mécaniques et de durabilité initiales









#### **OBJECTIFS**

## **Objectifs de la recherche:**

- Valider la performance de la technique
- Évaluer les propriétés mécaniques des BTC
- Évaluer le recouvrement mécanique possible suite à de la microfissuration
- Établir des paramètres de base pour la mise en œuvre de la technique en chantier











## **COMPOSITION MÉLANGES**

#### Matériaux:

- Pierre MG-20 MTQ (Uniroc)
  - 8% sable
  - Optimum Proctor: 2340 kg/m3 @ 5,2% eau
- Ciment GU (CRH)



#### **Dosages:**

- 3, 4 et 5 % de ciment p/r masse sèche pierre
  - Minimum pour assurer durabilité et maximum économique et retrait
  - Prouvé dans la littérature
- Teneur en eau optimum Proctor (5,2 %) p/r masse pierre sèche









#### **MISE EN OEUVRE**

## **Préparation:**

Trempage des granulats avec eau (5,2%)

## Malaxage:

Planétaire pour cisailler (malaxage décohésionneur)

## **Confection éprouvettes:**

- Selon ASTM C192
- Vibration avec poids 10 kg statique (95% P.M.)

#### **Cure:**

Air libre recouvert d'une pellicule de plastique













## PROPRIÉTÉS MESURÉES

## Calorimétrie en milieu semi-adiabatique:

- Mesurer la chaleur d'hydratation du ciment
- Se renseigner sur les différentes phases d'hydratation
- Déterminer un moment propice pour la microfissuration











## PROPRIÉTÉS MESURÉES

#### **Résistance en compression** (ASTM C39):

- Propriété essentielle en dimensionnement
- Non confiné, coiffe en souffre

#### **Résistance en tension indirecte** (ASTM C496):

- Propriété importante en dimensionnement
- Non confiné, meulé

## California Bearing Ratio - CBR (ASTM D1883):

- Propriété de capacité portante en % de référence à de la pierre concassée standard
- Échantillons drainés non saturés













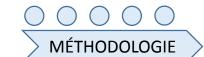
# PROPRIÉTÉS MESURÉES

## Module au LWD (ASTM E2583):

- Permet de mesurer la rigidité d'un matériau
- Acquisition d'une déformation avec un géophone suite à un impact d'une masse tombante générant environ 8 kN
- Permettra de mesurer l'évolution de la rigidité en fonction du temps et surtout le recouvrement suite à la microfissuration
- 4 échantillons de 300 x 300 x 150 mm
  - 0% ciment
  - 4% ciment non fissuré
  - 4% ciment fissuré à 50% module à 24h
  - 4% ciment fissuré à 50% module à 48h
- Fissuration
  - Avec table vibrante et masse de 10 kg
  - Mesure à intervalles pour atteindre le % voulu



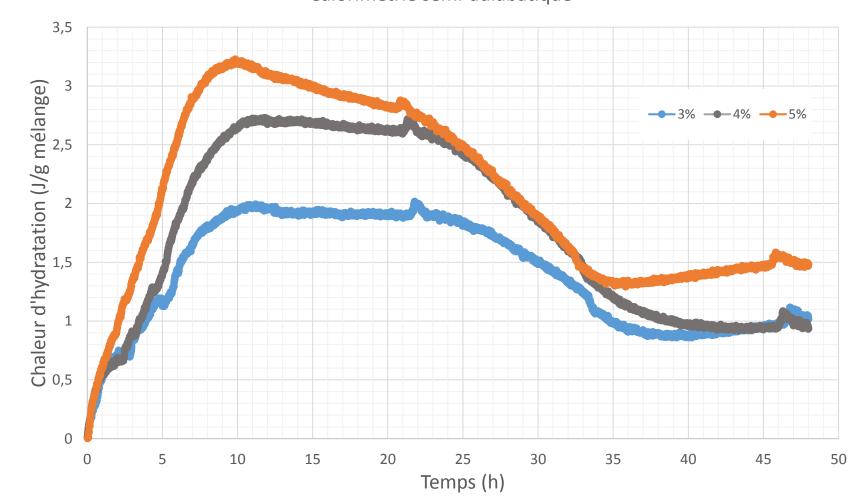








#### Calorimétrie semi-adiabatique

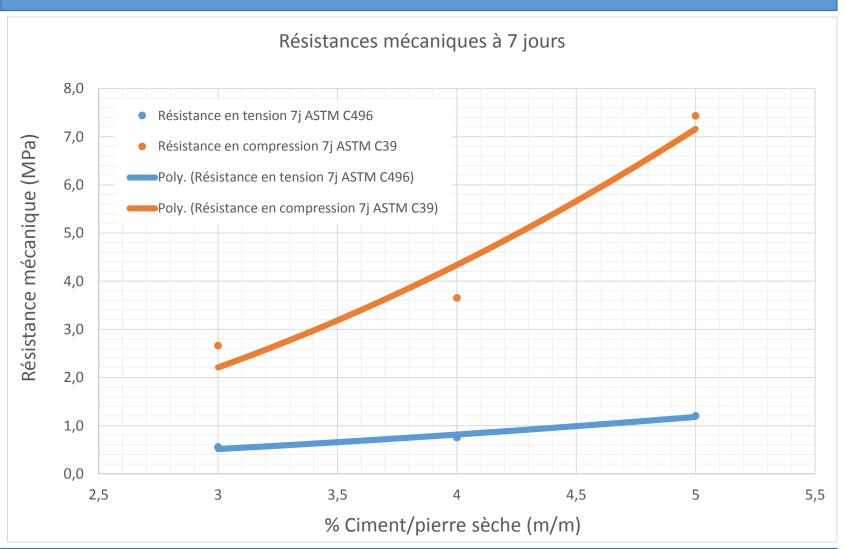












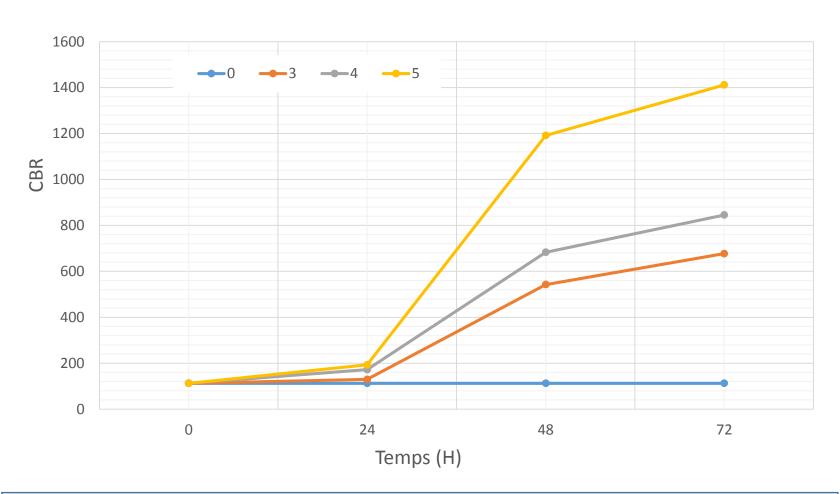








**CBR (ASTM D1883)** 



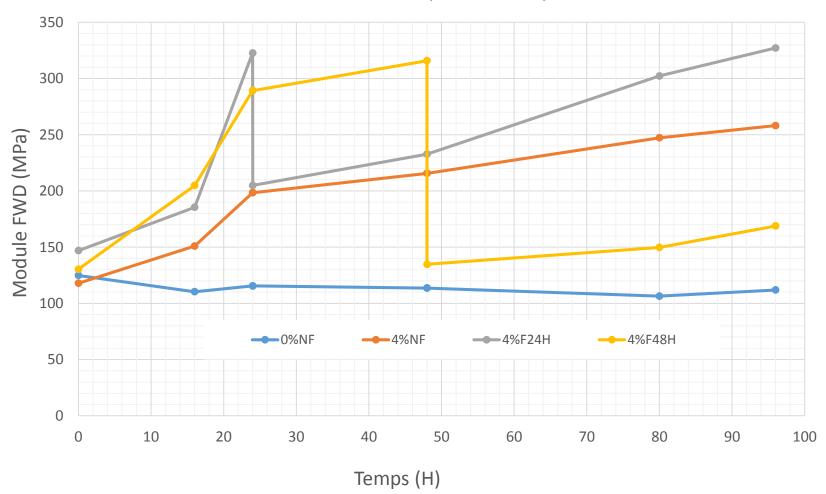








#### Modules FWD (ASTM E2583)











#### Module:

- Fissuré à 24h:
  - Perte de 63% de son module lors de la fissuration
  - Recouvrement à 72% du module à 24h, 94% à 48h et 101% à 72h
- Fissuré à 48h:
  - Perte de 43% de son module lors de la fissuration
  - Recouvrement à 47% du module à 24h et 53% à 48h









#### **SOMMAIRE**

## **Retour sur l'objectif:**

- Valider la performance de la technique
  - L'utilisation du ciment est très effective même à faible dosage
- Évaluer les propriétés mécaniques des BTC
  - Compression, tension et CBR
  - Valide la littérature
- Évaluer le recouvrement mécanique possible suite à de la microfissuration
  - Le recouvrement atteint le 100% après une microfissuration à 24h
  - Valide la littérature
- Établir des paramètres de base pour la mise en œuvre de la technique en chantier
  - Dosage peut être établi en fonction des propriétés recherchées









#### **RECOMMANDATIONS**

#### **Futures recherches:**

- Mesurer le retrait en laboratoire
  - Essai de retrait empêché (ring test)
  - Évaluer les méthodes de réduction du retrait
- Soumettre divers types de sols
- Essais de durabilité saturation et gel/dégel
- Mesurer in-situ la technique de microfissuration









## **QUESTIONS**

# Jordan Ouellet, T.P., ing. jr

Département du génie de la construction École de technologie supérieure, Montréal

jordan.ouellet.1@ens.etsmtl.ca