Etude mécanique des mortiers à base de résine époxyde et sable recyclé pour la réparation des bétons

Amal Bourguiba, Elhem Ghorbel, Wadia Dhaoui

▶ **To cite this version:**

Amal Bourguiba, Elhem Ghorbel, Wadia Dhaoui. Etude mécanique des mortiers à base de résine époxyde et sable recyclé pour la réparation des bétons. ORGAGEC Rénovation de la ville, les matériaux organiques dans l'enveloppe du bâtiment., Nov 2016, Champs-sur-Marne, France. hal-01275049

HAL Id: hal-01275049
https://enpc.hal.science/hal-01275049

Submitted on 16 Feb 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude mécanique des mortiers à base de résine époxyde et sable recyclé pour la réparation des bétons

***Amal Bourguiba**, Elhem Ghorbel, Wadia Dhaoui*

Plan

1. Introduction

- Contexte général
- Objectifs de l'étude

2. Résultats

- Mortiers de résine étudiés
- Effet de l'octanoate de méthyl sur l'ouvrabilité des mortiers de résine
- Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci : Porosité accessible à l'eau, résistances mécaniques, durabilité à la diffusion des ions chlorures
- Etude de l'adhérence mortier de résine /support

3. Conclusions

Introduction

Contexte générale

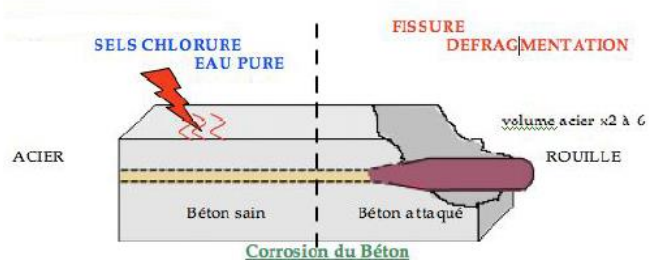
Environnement marin

- ⇒ **<u>Ions chlorures</u>**
- ⇒ corrosion

Principale cause de dégradation des structures en béton armé.

La plus importante en termes de coûts de réparation.

Hydroxyde de fer $Fe(OH)_2$



Augmentation du volume des armatures.

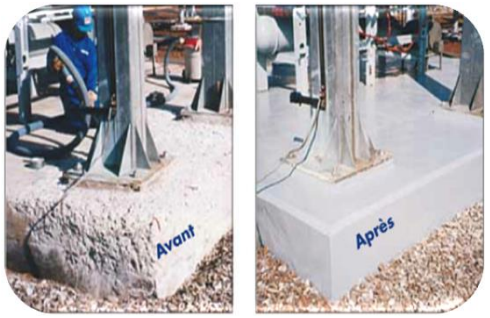
Introduction

Contexte générale

Réparation par mortier ⟹ La méthode la plus utilisée pour réparer des structures affectées par la corrosion.

Mortiers de réparation [NF EN 1504]:

- mortiers hydrauliques
- mortiers modifiés par des polymères
- mortiers à base de résines (les résines époxydes, les polyesters insaturés, les acryliques réticulables et les polyuréthanes mono ou bicomposants)



Introduction

Objectifs de l'étude

- Optimisation de la composition des mortiers de résine selon l'ouvrabilité
- Etude de l'effet du type de sable et de l'octanoate de méthyl sur l'ouvrabilité des mortiers de résine.
- Etude des résistances mécaniques des mortiers de résine à l'état durci.
- Etude des indicateurs de durabilité (la porosité et la résistance à la diffusion des ions chlorures) des mortiers de résine.
- Etude de l'adhérence mortier de résine /support en fonction de l'état de l'interface.

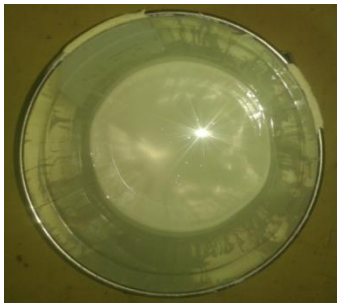
Résultats

Mortiers de résine étudiés

La résine époxyde utilisée est une Eponal 371 : pré-polymère + durcisseur.

Le diluant introduit dans le système époxy est l'octanoate de méthyl (5% par rapport à la masse totale du mortier).

Deux types de sable: sable normalisé et sable recyclé (PN Recybéton).



Pré-polymère

Durcisseur

Octanoate de méthyle

Sable normalisé

Sable recyclé

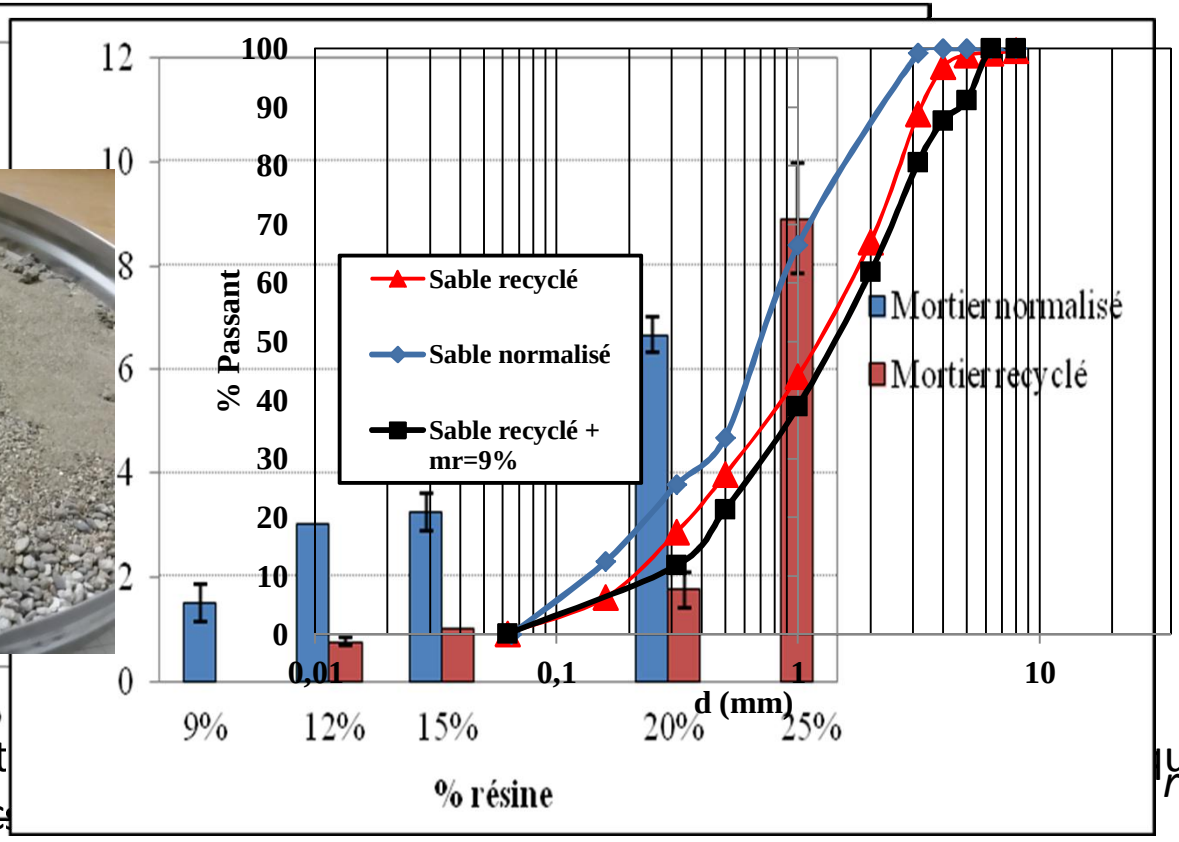
Résultats

Mortiers de résine étudiés

Différentes formulations de mortiers: différents pourcentages de résine + deux types de sable.

Ouvrabilité

Sable recyclé + mr=9%



Le cône placé au cent … ue est soulevé. Après 15 choc… *recycle.*

Résultats

Mortiers de résine étudiés

Ouvrabilité

Mesure du coefficient d'absorption d'eau WA à 24 heures (NF 1097-6)

Type de sable	WA (%)	Porosité (%)
Sable normalisé	0,15	0,38
Sable recyclé	7,9	16 ,1
Sable recyclé + 9% résine	3,44	7,76
	56%	52%

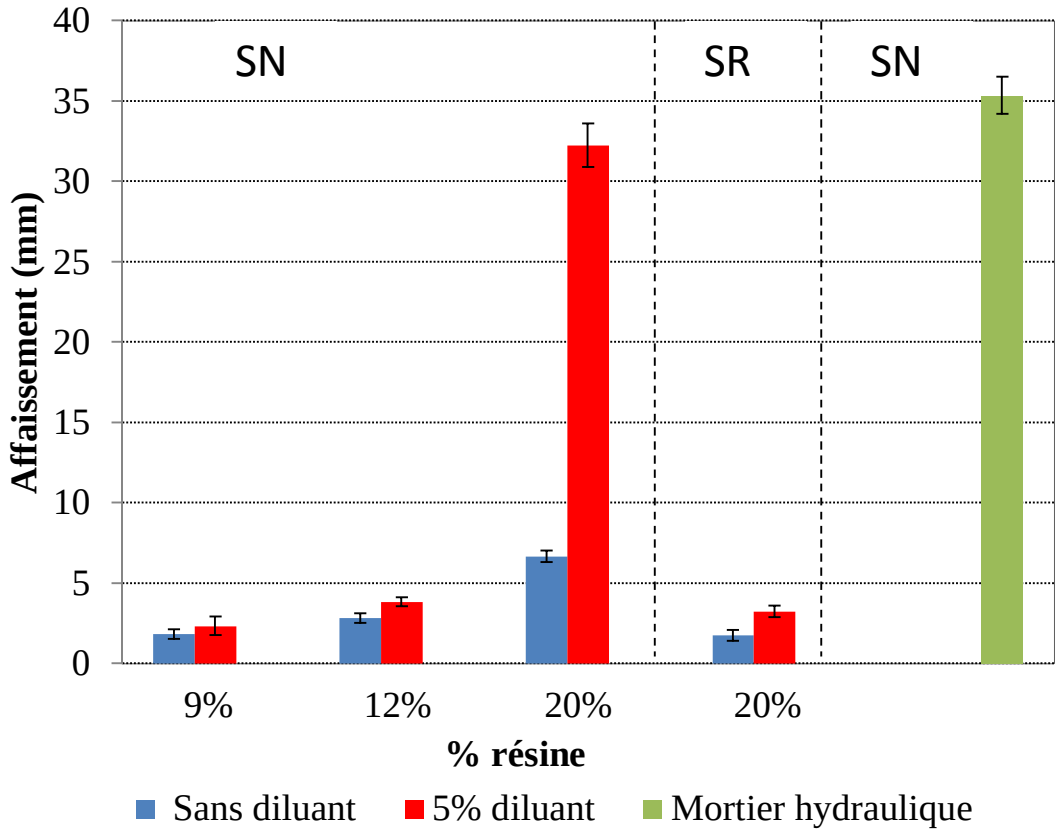
- La résine est absorbée par les grains de sable recyclés → diminution de l'ouvrabilité.
- Mortiers à sable normalisé → 9, 12 et 20% de résine.
- Mortiers à sable recyclé → 20% de résine.

*Tous les résultats seront comparés à ceux du mortier hydraulique normalisé.

Résultats

Effet de l'octanoate de méthyl sur l'ouvrabilité des mortiers de résine

Ouvrabilité

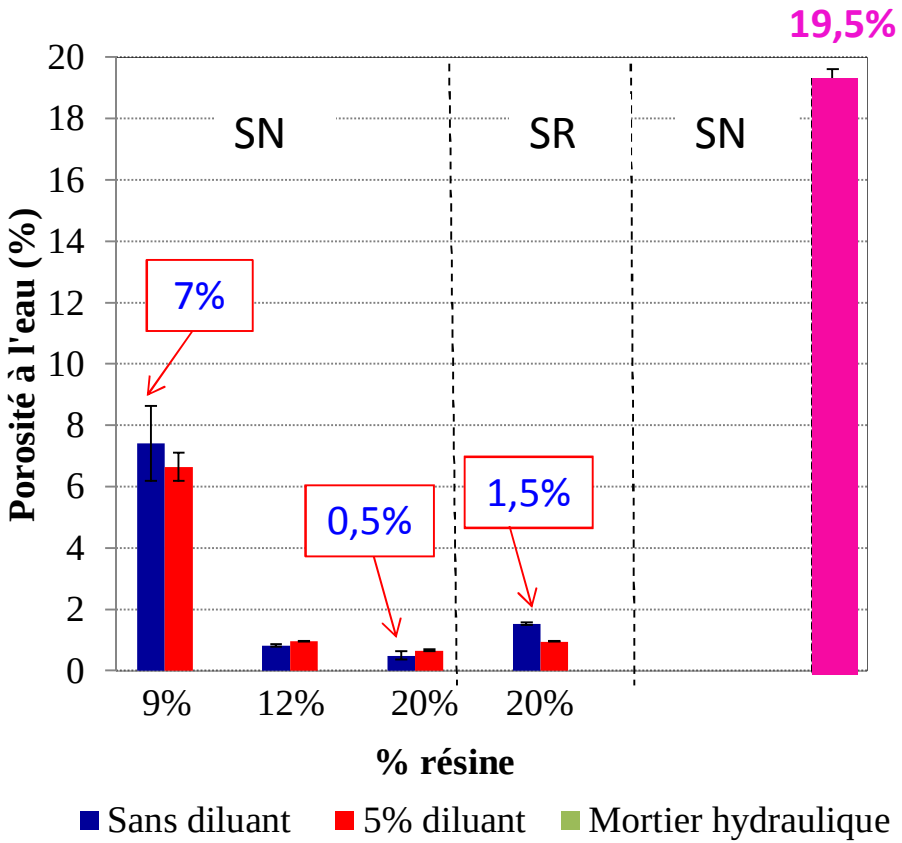


Evolution de l'affaissement en fonction du pourcentage de résine, du pourcentage du diluant et du type de sable.

Résultats

Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci

Porosité accessible à l'eau: NF P 18-459



Evolution de la porosité en fonction du pourcentage de résine, du type de sable et de la contenance en diluant.

- Echantillons à 28 jours
- Mise sous vide pendant 4h (dessiccateur + pompe).
- Saturation sous vide à l'eau pendant 44h.
- Pesée hydrostatique des échantillons
  + pesée dans l'air
  + pesée à l'état sec (séchage à 105°C).

$$P = \frac{M_{sss} - M_s}{M_{sss} - M_{eau}} \times 100$$

Résultats

Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci

Résistances mécaniques

Conditions de conservation :
30°C - 48% RH
3, 7, 14 et 28 Jours.

INSTRON 5567

Schenck

Conditions d'essai NF EN 196-1 :

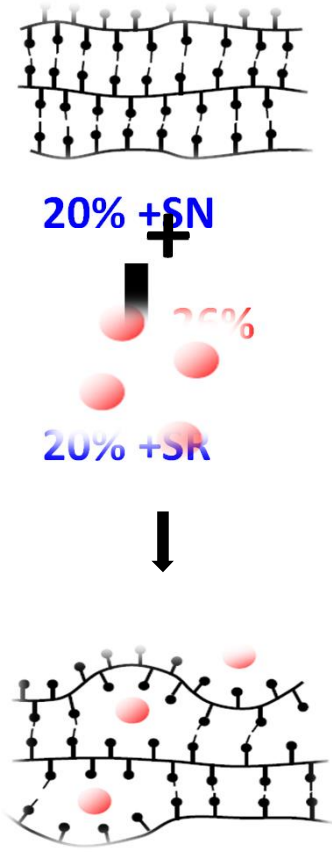
- Flexion: charge 50 N/s
- Compression: charge 2400 N/s
- Température ambiante

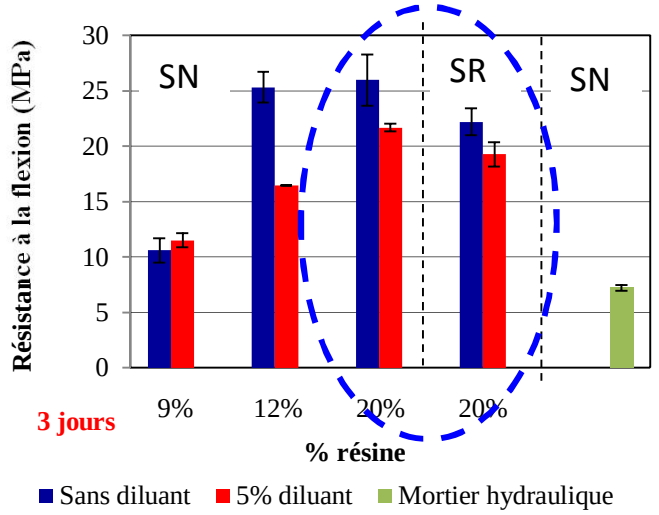
Eprouvettes d'essai: 4x4x16 cm^3.

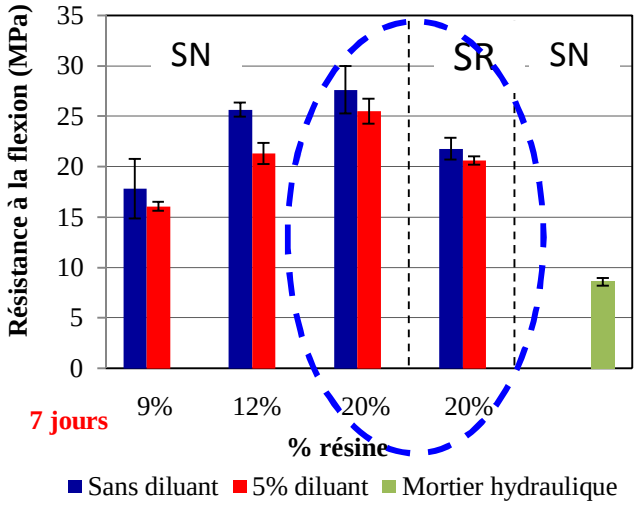
Résultats

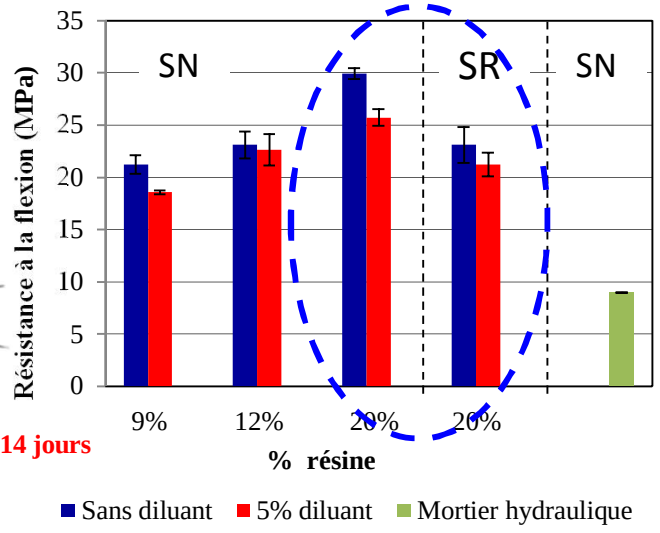
Résistance à la flexion

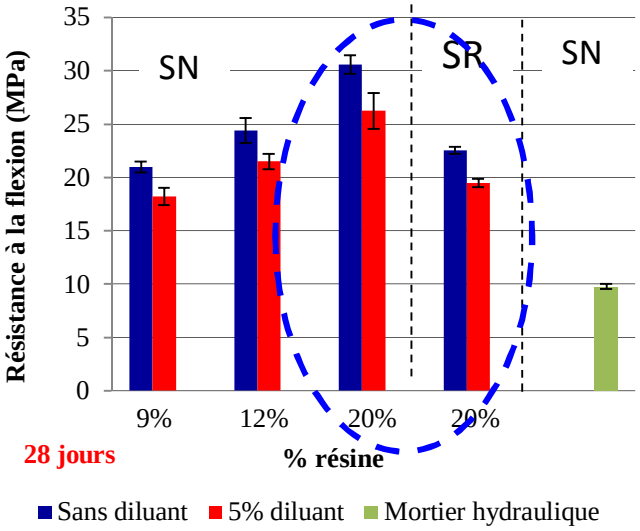
Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci











*Evolution de la résistance à **la flexion** en fonction du pourcentage de résine, du pourcentage du diluant et du type de sable.*

Résultats

Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci

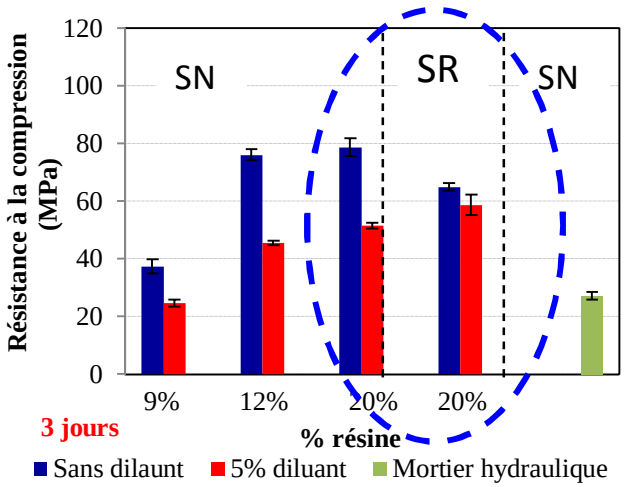
Résistance à la compression

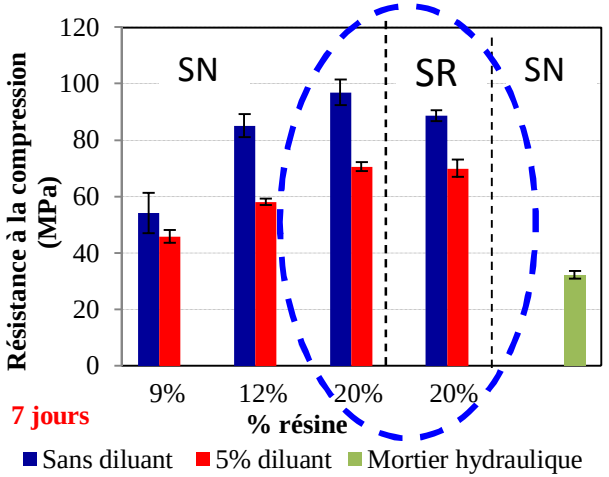
28 jours

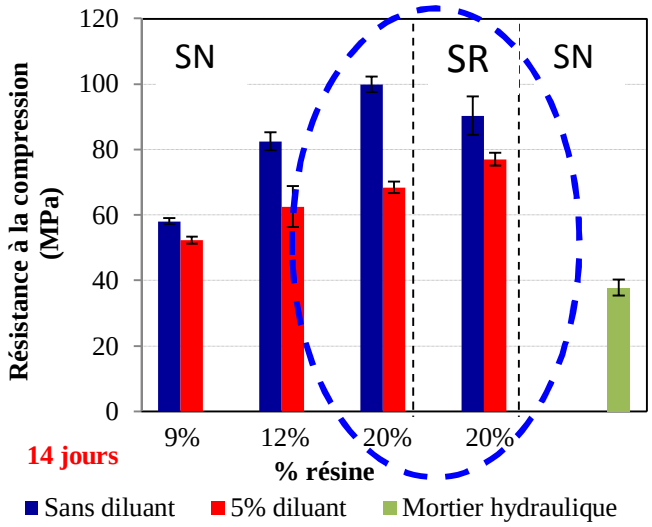
20% +SN

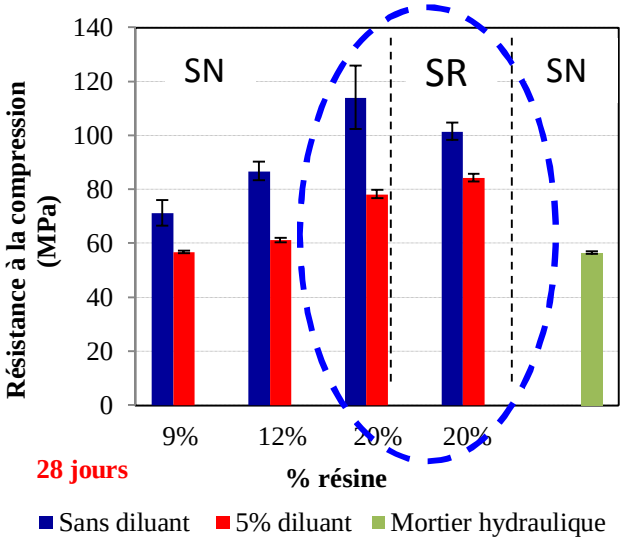
10%

20% +SR









*Evolution de la résistance à **la compression** en fonction du pourcentage de résine, du pourcentage du diluant et du type de sable.*

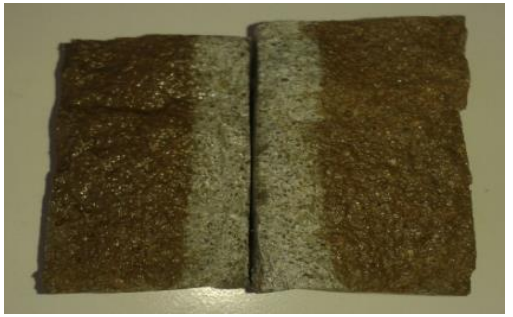
Résultats

Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci

Diffusion des ions chlorures : NT Build 492

- Echantillons cylindriques (110 mm de diamètre et 50 mm d'épaisseur) à 28 jours.
- Mise sous vide pendant 4h (dessiccateur + pompe),
- Saturation à l'NaOH (11g/L) pendant 44h,
- Attaque par les ions Cl^- pendant 24h (une différence de potentiel est imposée entre les deux électrodes),
- Les Cl^- : cathode ➔ l'anode,
- La distance X_d de la migration des Cl^- est déterminée en aspergeant l'échantillon par $AgNO_3$.

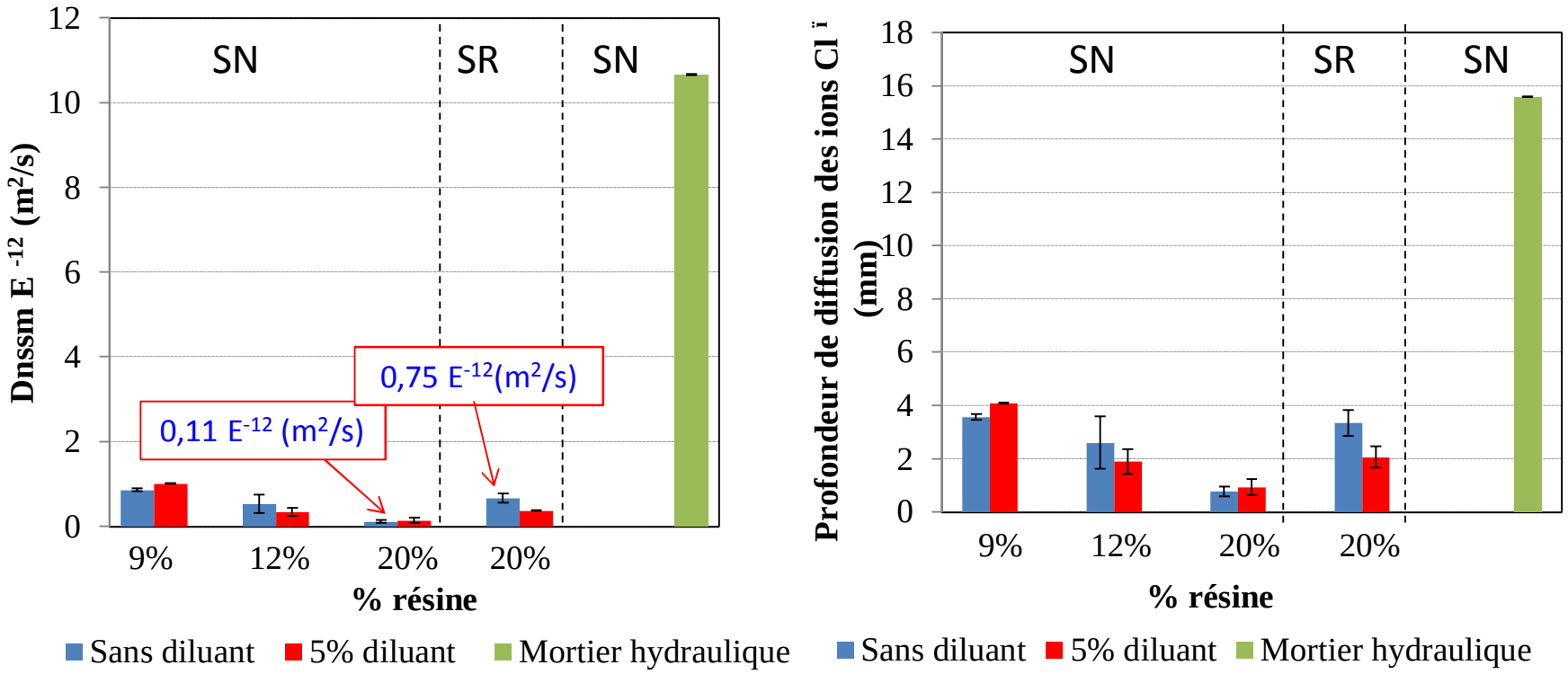
$$D_{nssm}\left(10^{-12} m^2/s\right) = \frac{0,0239(273+T)L}{(U-2)t}\left(X_d - 0,0238\sqrt{\frac{(273+T)LX_d}{U-2}}\right)$$



Résultats

Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci

Diffusion des ions chlorures : NT Build 492

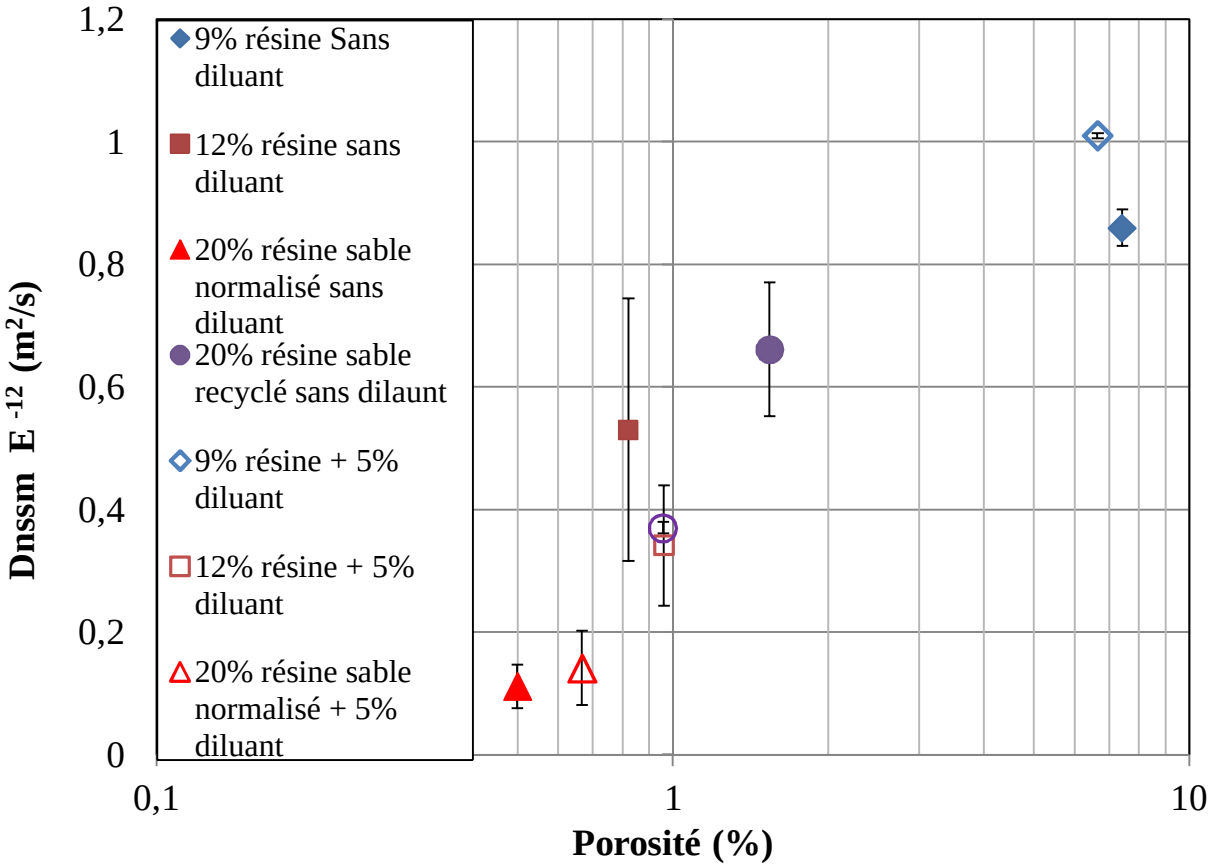


Evolution du coefficient de diffusion et de la profondeur de diffusion des ions chlorures en fonction du pourcentage de résine, du type de sable et de la contenance en diluant.

Résultats

Caractérisation des mortiers de résine à l'état durci

Diffusion des ions chlorures : NT Build 492

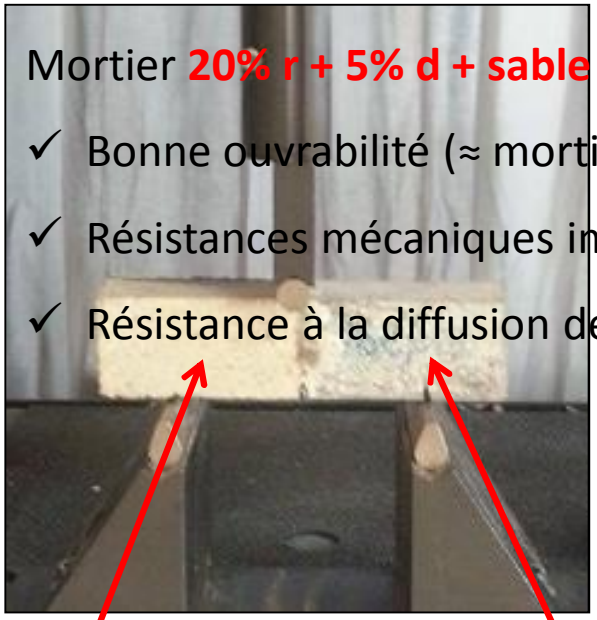


Evolution du coefficient de diffusion des ions chlorures en fonction de la porosité

Bagel L., V. Kivica, «Relationship between pore structure and permeability of hardened cement mortars: on the choice of effective pore structure parameter», Cement and Concrete Research, vol. 27, 1997, p. 1225-1235.

Résultats

Etude de l'adhérence mortier de résine /support



Mortier **20% r + 5% d + sable normalisé**

- ✓ Bonne ouvrabilité (≈ mortier hydraulique normalisé)
- ✓ Résistances mécaniques importantes
- ✓ Résistance à la diffusion des ions chlorures élevée

Mortier de réparation

Support: mortier hydraulique normalisé

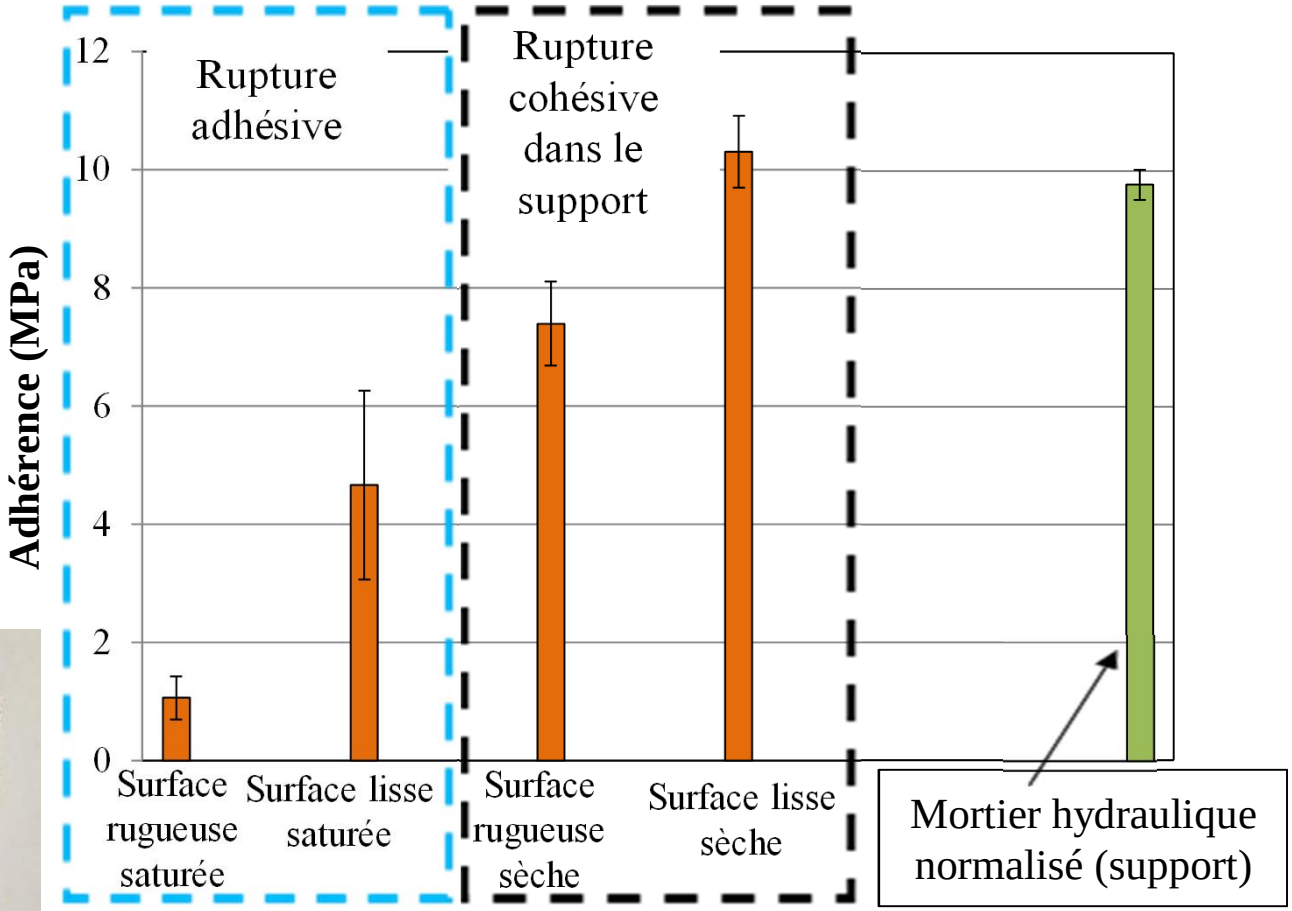
- Å Essai de flexion 3 points
- Å Eprouvettes 4x4x16 bicomposées:
  - ✓ Demi éprouvette 4x4x16 de mortier hydraulique normalisé (28 jours)
  - ✓ Demi éprouvette formée par le mortier de réparation (20% r, 5% d et sable normalisé)
- Å Etat de l'interface:
  - ✓ Lisse (saturée / sèche)
  - ✓ Rugueuse (saturée / sèche)

Résultats

Etude de l'adhérence mortier de résine /support

Lisse saturée

Lisse sèche



Adhérence du mortier de réparation au mortier support et modes de rupture en fonction de l'état de surface

Conclusions

- Les mortiers de résine étudiés présentent une ouvrabilité qui s'améliore avec l'augmentation du pourcentage de résine et avec l'ajout de l'octanoate de méthyle.

- **La substitution** du sable normalisé par le sable recyclé modifie la classe de consistance du mortier (**l'affaissement diminue**).

- Le mortier formulé avec **20% de résine**, **5% d'octanoate de méthyle** et du **sable normalisé** présente **la meilleure ouvrabilité, une résistance mécanique élevée** ainsi qu'**une importante durabilité à la diffusion des ions chlorures**.

→ **Le mortier de résine le mieux adapté à la réparation.**

Conclusions

- **L'état de surface du support** a beaucoup d'influence sur l'adhérence du mortier de réparation **.**

- Surfaces saturées en eau → la rupture a lieu à l'interface (**rupture adhésive**)**.**

- Surfaces sèches → la rupture a lieu dans le support (**rupture cohésive**)**.**

- **L'adhérence la plus élevée est obtenue pour la surface lisse et sèche (**En tenant compte de l'écart type de la mesure, sa valeur est au moins égale à la résistance à la flexion du support)

Merci pour votre attention