



Propriétés mécaniques des agrobétons à base de chaux sous carbonatation naturelle et accélérée

Auteurs : Eric Garcia-Diaz^a, Morgan Chabannes^b, Laurent Clerc^a, Jean-Charles Bénézet^a

a C2MA, École des Mines d'Alès, 6 Avenue de Clavières, 30319 Alès Cedex, France

b DGCE, École des Mines de Douai, 941 Rue Charles Bourseul, 59500 Douai, France

Plan de la Présentation

■ Introduction

■ Matériaux et Méthodologie

- Les constituants
- Les formules de bétons végétaux
- Les conditions de cure : vieillissement naturel et carbonatation accélérée

■ Les résultats

- Propriétés mécaniques
- Durcissement du liant par carbonatation

■ Conclusion

Bétons végétaux à la chaux pour l'enveloppe des constructions

Granulats végétaux
Chènevotte



Liant

Chaux



- ◉ **Isolant thermique** 😊
- ◉ Fixation du CO₂ par carbonatation
- ◉ Régulation Hydrique
- ◉ Absence de solvant organique volatil

- ◉ **Faible résistance** ☹️
- ◉ **Processus de durcissement lent**

Objectif:

Etudier l'impact d'un vieillissement naturel et d'une carbonatation accélérée sur le durcissement du liant et les propriétés mécaniques de bétons végétaux à base de chaux

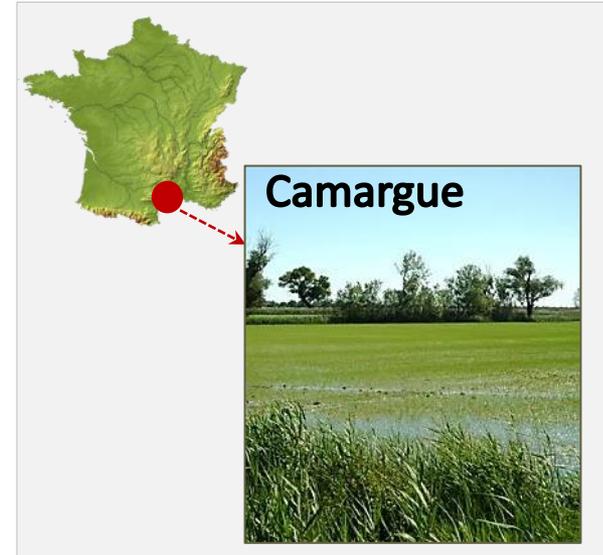
- Granulats végétaux :



Chènevotte



Balle de riz



➔ Résidu du décorticage du riz

Utilisé en état sans prétraitement

- Ressource locale pouvant représenter des volumes significatifs dans les zones de production du riz
- Souvent calcinée (cendre siliceuse pouzzolanique)

- Liant à base de chaux

➔ Mélange 50% :

- Chaux hydraulique (NHL3.5)
- Chaux aérienne (CL90-S)

* Composition du mélange:

% Ca(OH) ₂	% C ₂ S	% CaCO ₃
65	≈ 15	10

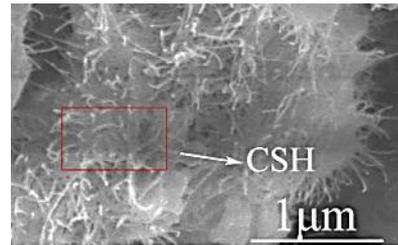
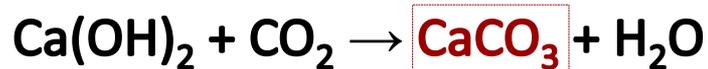
* Par ATG (CH and CC) et donnée fournisseur (C₂S)

Durcissement du liant ➔ **Propriétés mécaniques**

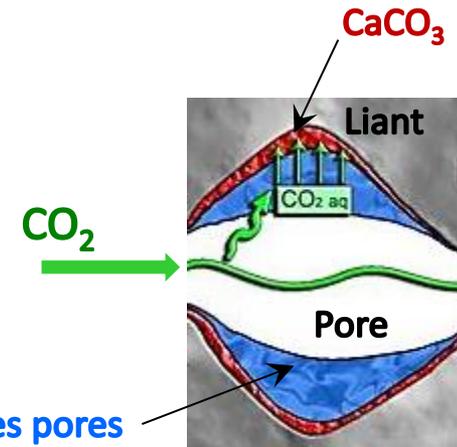
Hydratation



Carbonatation



SEM - Xu et al., 2014



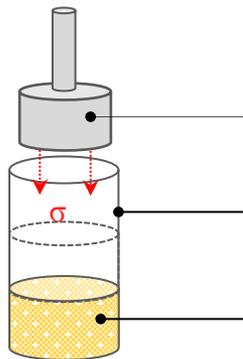
[Xu et al., 2014] S. Xu, J. Wang, Y. Sun. Effect of water on binder ratio on the early hydration of natural hydraulic lime. Materials and Structures (2014).

Bétons	L/G	E/L	L	G	E	Densité Fraiche
						kg.m ⁻³
LRC	2	1	395	195	390	980
LHC	2	1.5	285	145	430	860

L: Liant, G: Granulat végétal, E: Eau

LRC: Lime and Rice husk Concrete

LHC: Lime and Hemp Concrete



Piston en acier

$\Phi 11 \times 22 \text{ cm}^3$

Première Couche (1/3 × Hauteur)

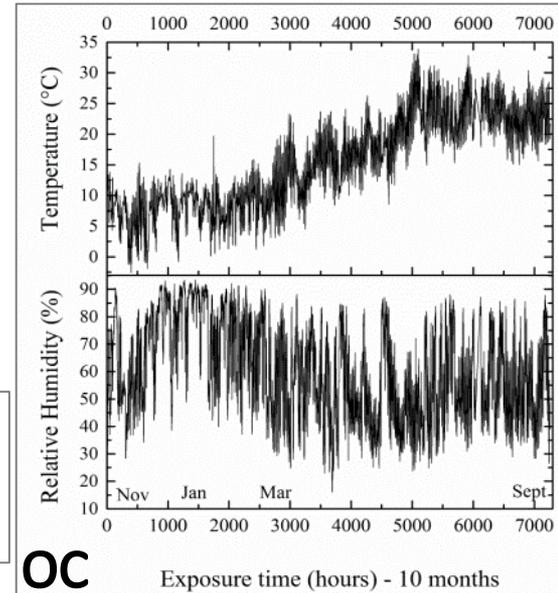
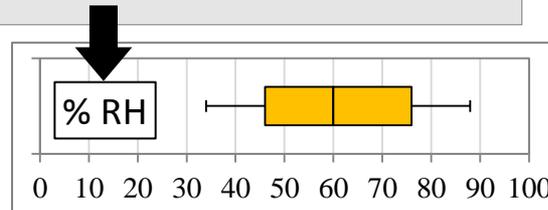


LHC

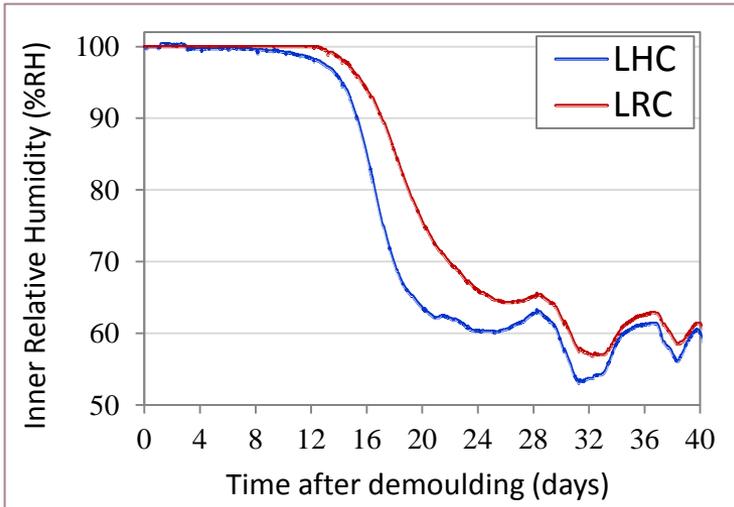
LRC

① Vieillessement naturel - 10 mois

- ISC : Conditions standards : 20°C–50%RH
- OC : Extérieur à l'abri

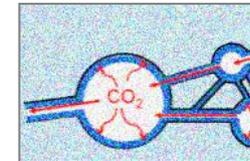


② ACC : Cure en carbonatation accélérée

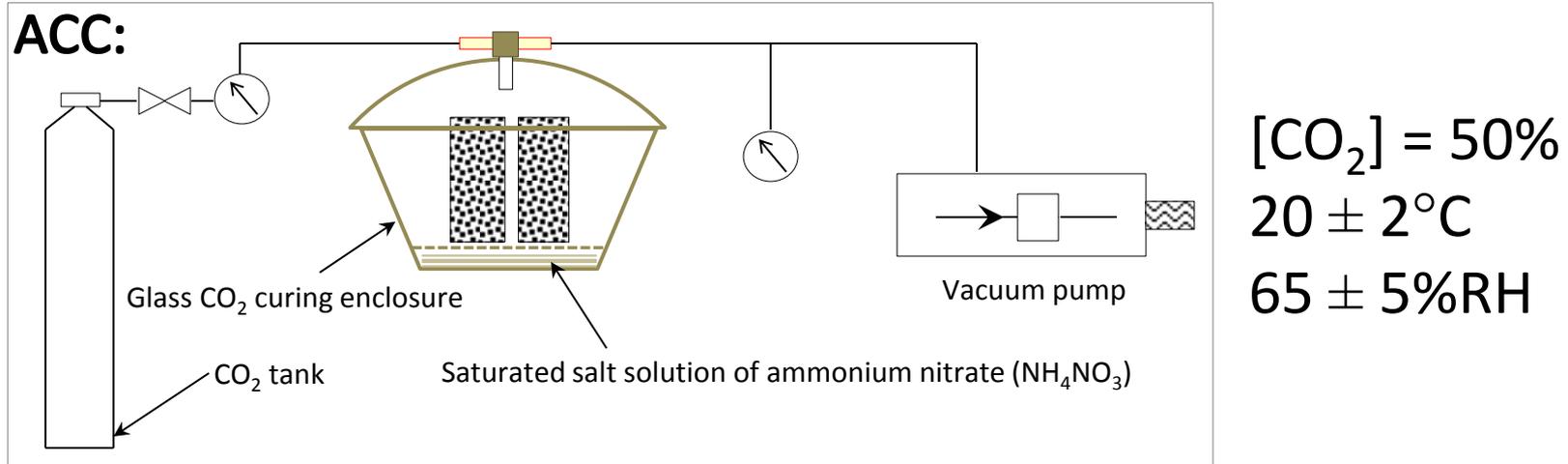


– Stabilisation hydrique préalable
40 jours → 20°C–50%RH

➔ **RH = 60 ± 5%**



– cure de **30 jours** en enceinte de **carbonatation accélérée**



➔ **Consommation de CO₂**

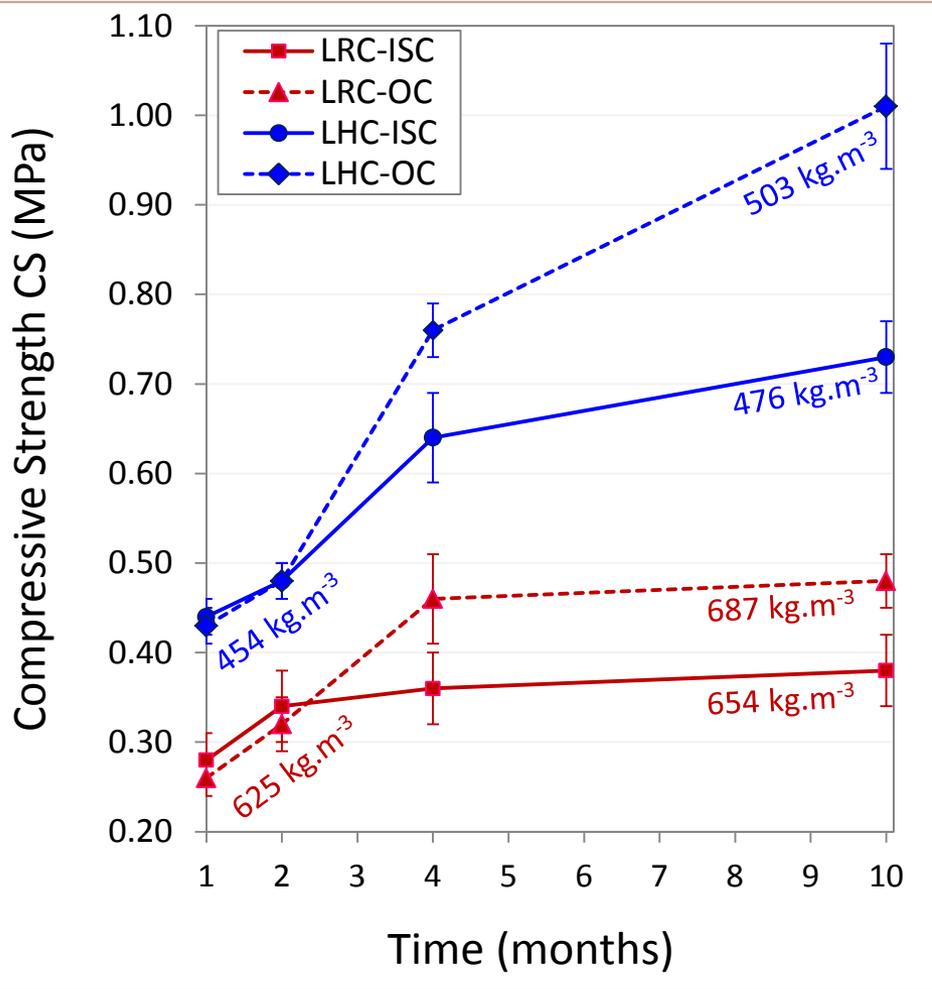
Quantité de CO₂ pour 100%
Ca(OH)₂ → CaCO₃ transformation



Quantité de CO₂
consommée pendant la cure

➔ **Approximation d'un taux de carbonatation**

• Cure en conditions naturelles :

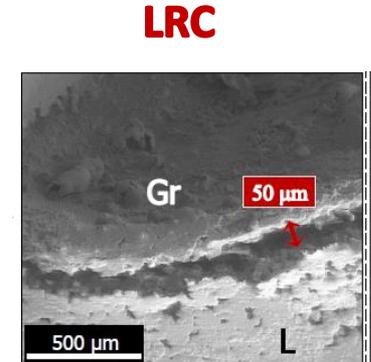
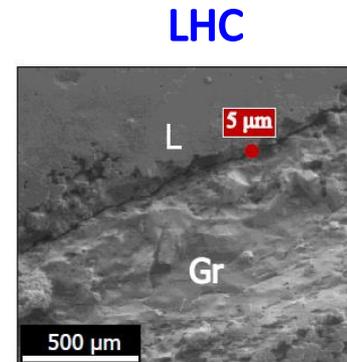


→ $RC_{LRC} < RC_{LHC}$

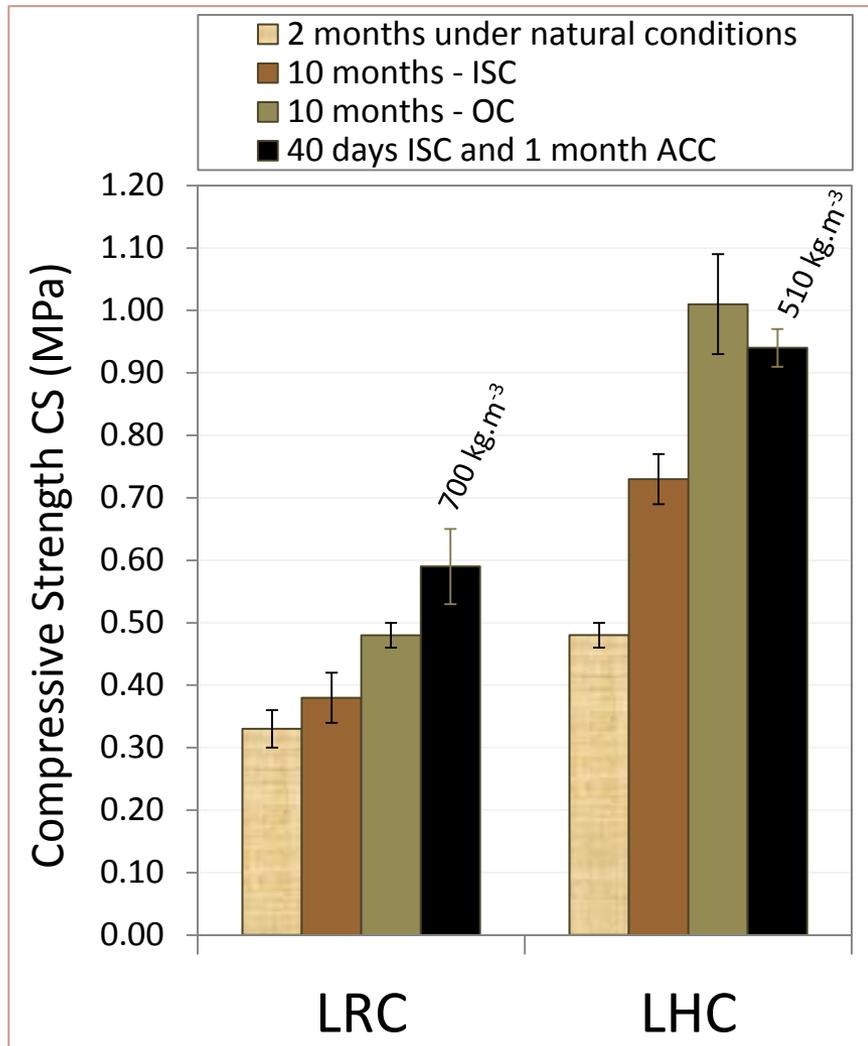
→ Gain de résistance :

- **deux fois plus élevé** pour le béton à base de chènevotte
- **plus important** pour les bétons en extérieur après deux mois

Liaison microstructurale de moins bonne qualité pour le **LRC**



- Cure en carbonatation accélérée :



→ $RC_{ACC} \approx RC_{OC-10 \text{ mois}}$

→ $RC_{ACC} \approx 2 \times RC_{ISC-2 \text{ mois}}$

DC (%):

Cure	Mois	Béton	CO ₂	WG	TGA
ISC	10m	LRC	—	32.5	42.6
		LHC	—	33.6	39.6
OC	10m	LRC	—	—	55.6
		LHC	—	—	57.9
ACC	—	LRC	62.9	72.1	80.4
		LHC	66.7	71.5	67.3

$$DC_{LRC} \approx DC_{LHC} \approx 40\%$$

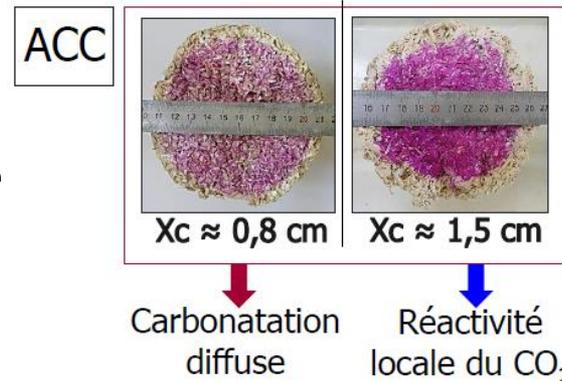
$$DC_{LRC} \approx DC_{LHC} \approx 60\%$$

CO₂ Carbonatation plus marquée

ACC:

LRC → Carbonatation diffuse

LHC → Carbonatation locale plus marquée



- **Gain en résistance** en carbonatation naturelle est deux fois plus important pour le béton de chènevotte

☞ **Carbonatation du liant**

→ **LHC \approx LRC**

☞ **Liaison pâte - granulat**

→ **LHC $>$ LRC**

- **Le durcissement en conditions** extérieures plus efficace (conditions plus favorable à la carbonatation)
- **Un mois de carbonatation accéléré** correspond à 10 mois de carbonatation naturelle en extérieur en termes de résistances