



**HAL**  
open science

## Impact de la carbonatation sur les bétons bas-ph

E. Kangni-Foli

► **To cite this version:**

E. Kangni-Foli. Impact de la carbonatation sur les bétons bas-ph. Journée des doctorants du DPC (2017), CEA, Jan 2017, Saclay, France. cea-02435090

**HAL Id: cea-02435090**

**<https://hal-cea.archives-ouvertes.fr/cea-02435090>**

Submitted on 10 Jan 2020

**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.

# Impact de la carbonatation sur les bétons bas-pH

Encadrants CEA : Stéphane POYET  
Patrick LE BESCOF  
Encadrants IRSN : Alexandre DAUZERES  
Emilie L'HÔPITAL

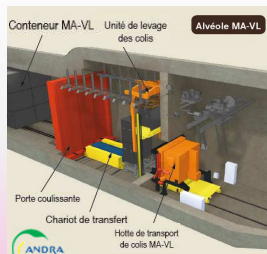
Ekoé KANGNI-FOLI

Début thèse : octobre 2016

Directeur de thèse : Jean-Baptiste d'ESPINOSE  
Ecole doctorale : PSL-ED 397

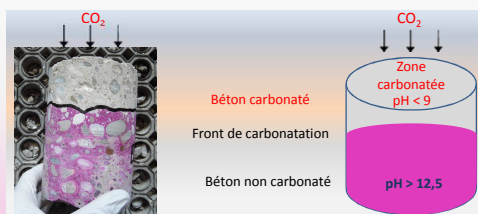
## Contexte et objectifs

### Béton bas-pH pour scellement d'alvéoles de stockage de déchets radioactifs MAVL



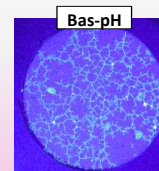
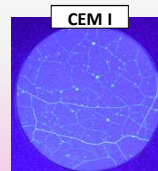
### Carbonatation des bétons

- Diffusion du CO<sub>2</sub> à travers le béton carbonaté
- Formation de carbonate de calcium
- Décalcification des phases contenant du calcium



### Propriétés des bétons bas-pH

- Béton avec ratio calcium/silicium (C/S) abaissé par ajout de silice → réduction du panache alcalin
- Pouvoir tampon bas-pH < CEM I car [Ca(OH)<sub>2</sub>] ↓
- augmentation des propriétés de transport après carbonatation
- effet accru de la carbonatation = taux de fissuration ↑



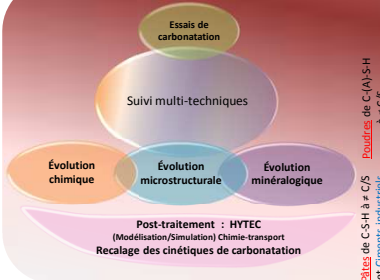
Pâtes imprégnées résine fluorescente  
Auroy et al. (2015)  
Cem. Concr. Res. 74, 44-58

Durabilité béton bas-pH ? ↔ étude des évolutions chimiques, minéralogiques, microstructurales et macroscopiques induites par la carbonatation  
↳ Mise en évidence de la cinétique de carbonatation

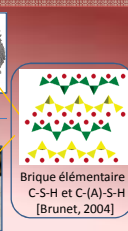
## Démarche

### Analyses multi-échelles

#### Étude de l'évolution de la brique élémentaire : C-(A)-S-H

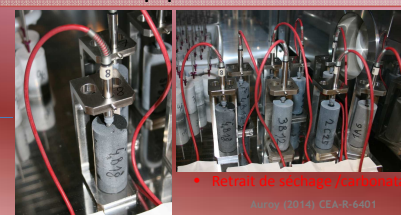


Étude de l'évolution de la brique élémentaire : C-(A)-S-H  
Pâtes de C-S-H à γ C/S et Ciments industriels



- Accès à l'état ultime de carbonatation
- Représentativité de la carbonatation accélérée/naturelle
- Influence du rapport C/S
- ↳ modifications induites par la carbonatation
- Extraction des cinétiques de carbonatation
- Influence du rapport C/S
- Représentativité de la carbonatation accélérée/naturelle
- Portabilité des résultats de pâtes de ciment modèles avec mélanges bas-pH (ciments industriels)

#### Étude macroscopique : retrait - fissuration



• Interprétation des résultats de carbonatation  
Auroy (2014) CEA-R-6401

## Moyens mis en œuvre

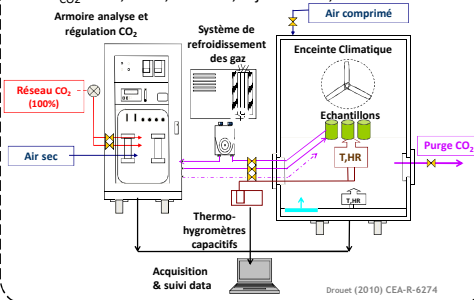
### Echantillons : synthèse sous atmosphère contrôlée

	C-S-H				C-A-S-H				Pâtes Bas-pH industriels	
	C/S	C/S + nanosilice	C-S-H de synthèse		C-A-S-H de synthèse		50% CEM III/A Normas	50% CEM I Le Teil	50% fumée de silice	50% fumée de silice
	Massif		Pulvérulent		Massif					
C/S	1,5-3	1,4	0,95	0,8	1,40	0,95	0,8		0,8	
A/S		0,4	0,4	0,4	50				0,1	
E/L	0,6	0,6	0,6	0,6						0,4-0,6

Complexité minéralogique des matériaux

### Dispositif de carbonatation accélérée et conditions

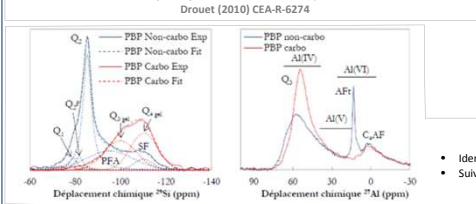
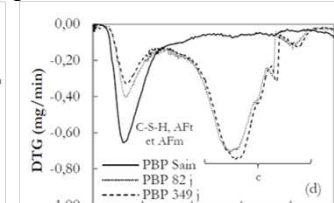
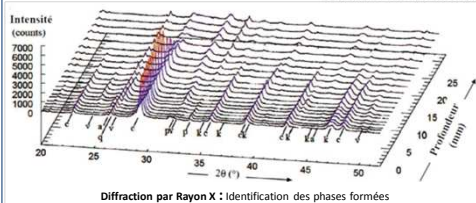
- P<sub>CO2</sub> = 3%, 25°C, 55% HR, 7 jours → 1,5 ans



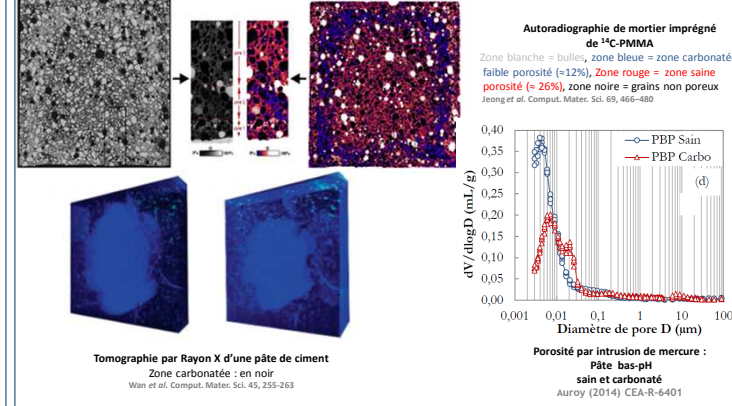
### Suivi multi-techniques

- RMN <sup>29</sup>Si + <sup>27</sup>Al → sonde de la structure des C-S-H / C-A-S-H
- DRX / ATG → identification & quantification des phases
- Tomographie X / autoradiographie <sup>14</sup>C → sonde d'évolution de la microstructure
- (...)
- Modélisation / simulation (HYTEC) → évaluation des cinétiques chimiques par analyse inverse

### Chimie et minéralogie



### Évolution de la microstructure



## Collaborations

Jean-Baptiste d'ESPINOSE  
SIMM

Alexandre DAUZERES & Émilie L'HÔPITAL  
SRTG-LETIS

Thibault CHARPENTIER  
DRF/IRAMIS/NIMBE/LSDRM

Marja Siitari-Kauppi  
Département de chimie

