



**HAL**  
open science

# Influence des laitiers sur la durabilité des matériaux cimentaires couplage avec l'hydratation

S. Stephant

► **To cite this version:**

S. Stephant. Influence des laitiers sur la durabilité des matériaux cimentaires couplage avec l'hydratation. XVIème journée de l'école doctorale Carnot-Pasteur, May 2015, Dijon, France. cea-02489548

**HAL Id: cea-02489548**

**<https://cea.hal.science/cea-02489548>**

Submitted on 25 Mar 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.

# Influence des laitiers sur la durabilite des materiaux cimentaires couplage avec l'hydratation

L. Chomat, A. Nonat, T. Charpentier

► **To cite this version:**

L. Chomat, A. Nonat, T. Charpentier. Influence des laitiers sur la durabilite des materiaux cimentaires couplage avec l'hydratation. Journee de la DANS, May 2015, Saclay, France. cea-02492567

**HAL Id: cea-02492567**

**<https://hal-cea.archives-ouvertes.fr/cea-02492567>**

Submitted on 27 Feb 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.

# Influence des laitiers sur la durabilité des matériaux cimentaires : couplage avec l'hydratation

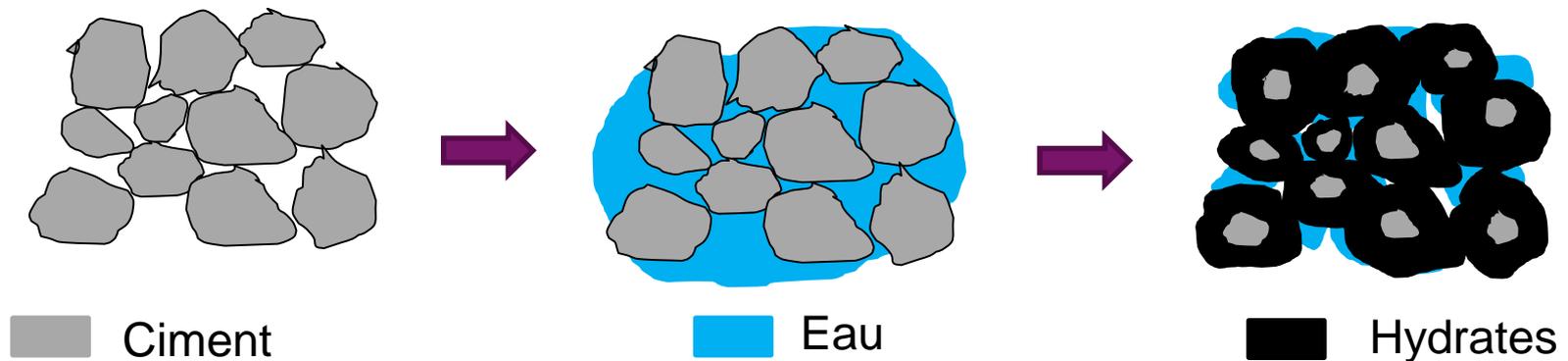
Encadrante CEA : Laure CHOMAT

Directeur de thèse : André NONAT (Université de Bourgogne)

Collaboration : Thibault CHARPENTIER (CEA/CNRS)

La durabilité => Capacité du matériau à résister aux agressions extérieures

Cette capacité est fortement dépendante des caractéristiques du matériau et notamment de ses propriétés de transport



Remplacement du clinker par du laitier (sous-produit de l'industrie sidérurgique) pour des raisons environnementales et techniques

=> modification des processus d'hydratation et donc des propriétés de transport

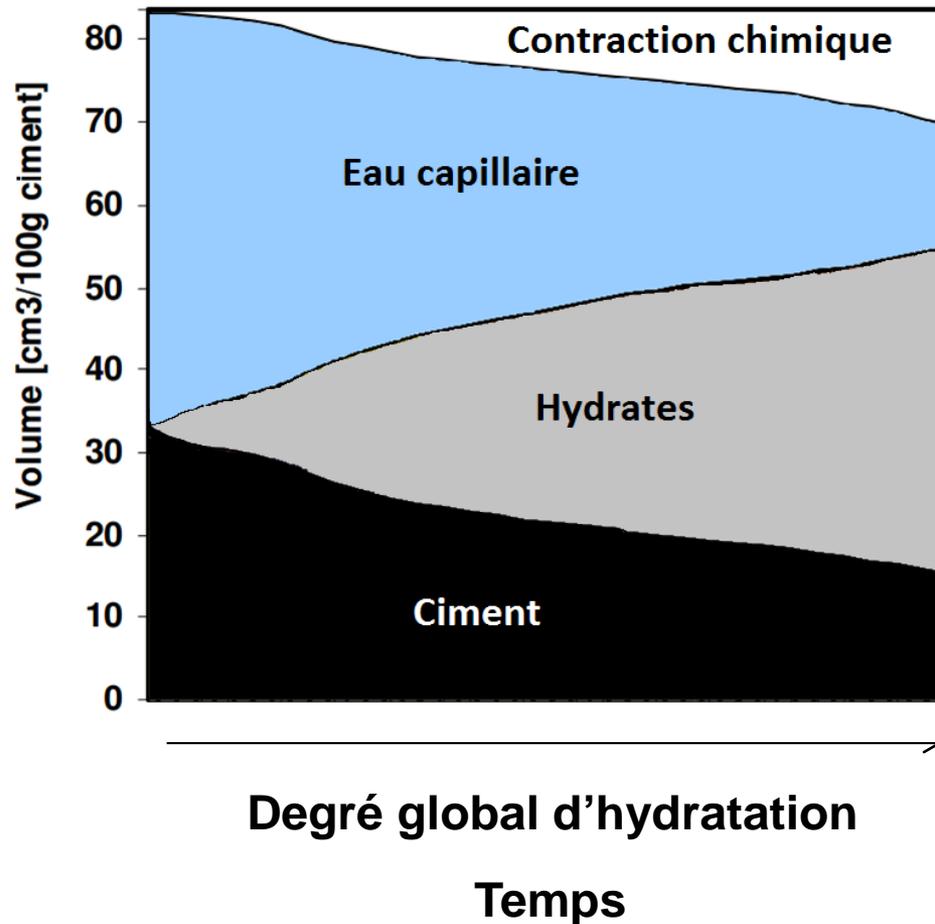
**Objectif : Relier les processus d'hydratation des ciments au laitier à l'évolution des propriétés de transport**

## Simulation de Guillon, 2011

60 % de laitier

 $e/c = 0,53$ 

Conservation en milieu non saturé

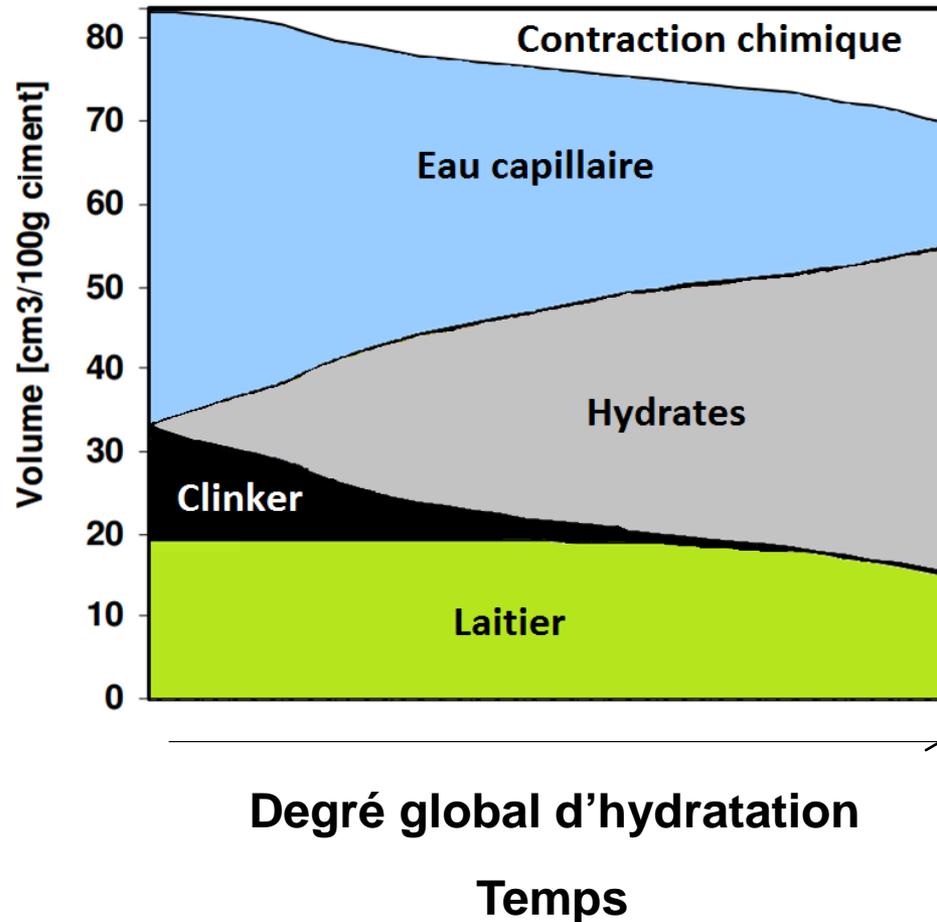


## Simulation de Guillon, 2011

60 % de laitier

 $e/c = 0,53$ 

Conservation en milieu non saturé

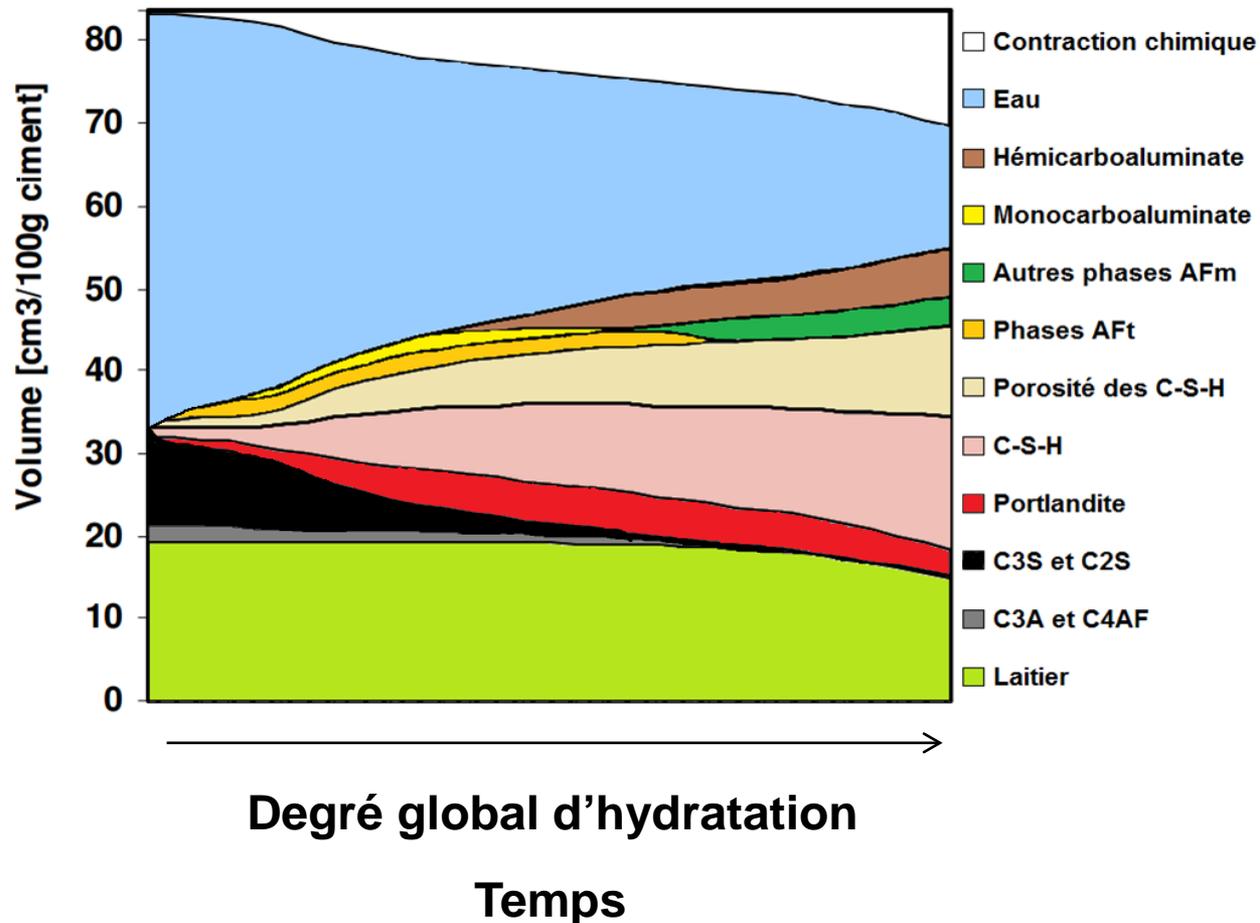


## Simulation de Guillon, 2011

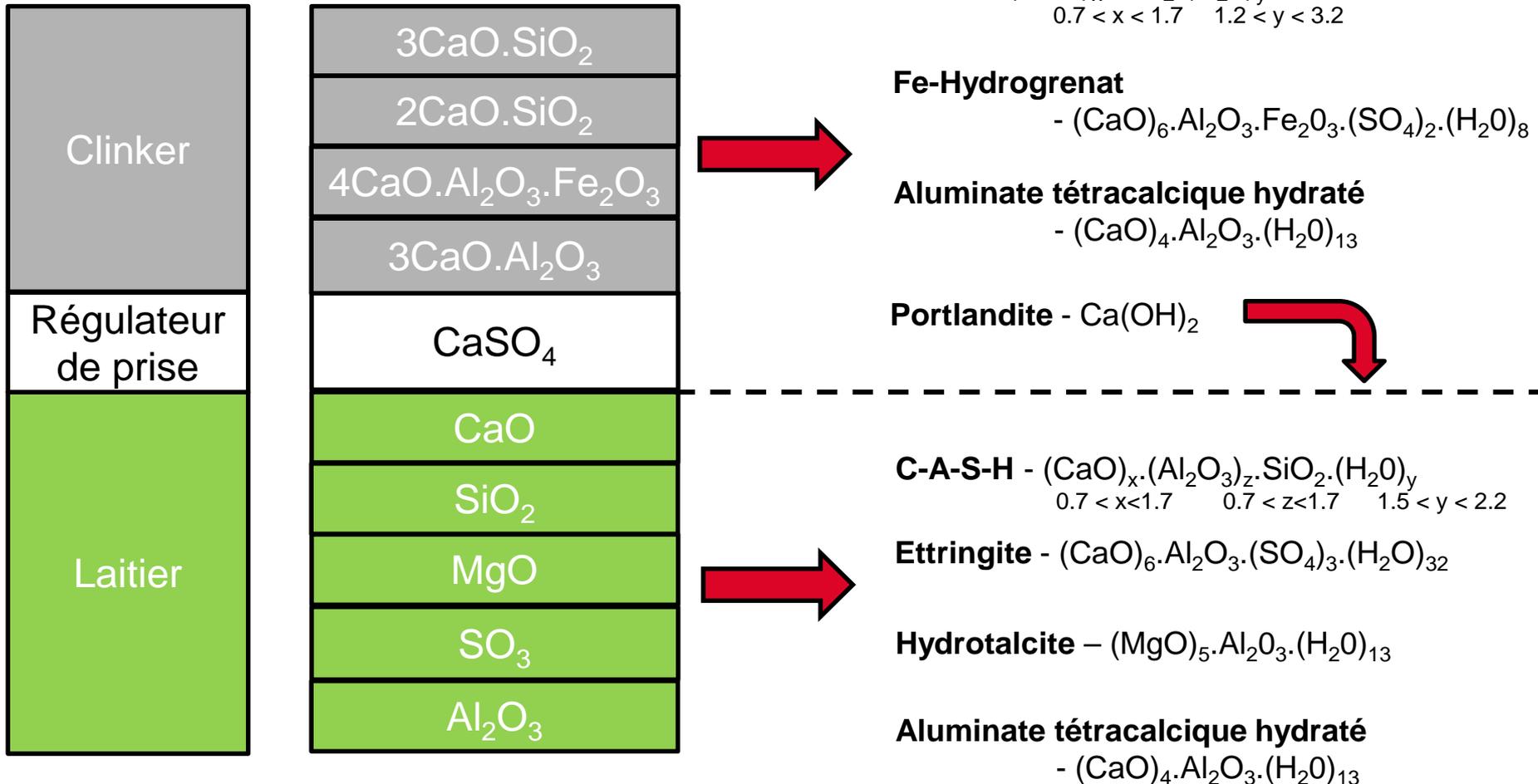
60 % de laitier

 $e/c = 0,53$ 

Conservation en milieu non saturé



Définition d'équation bilan :

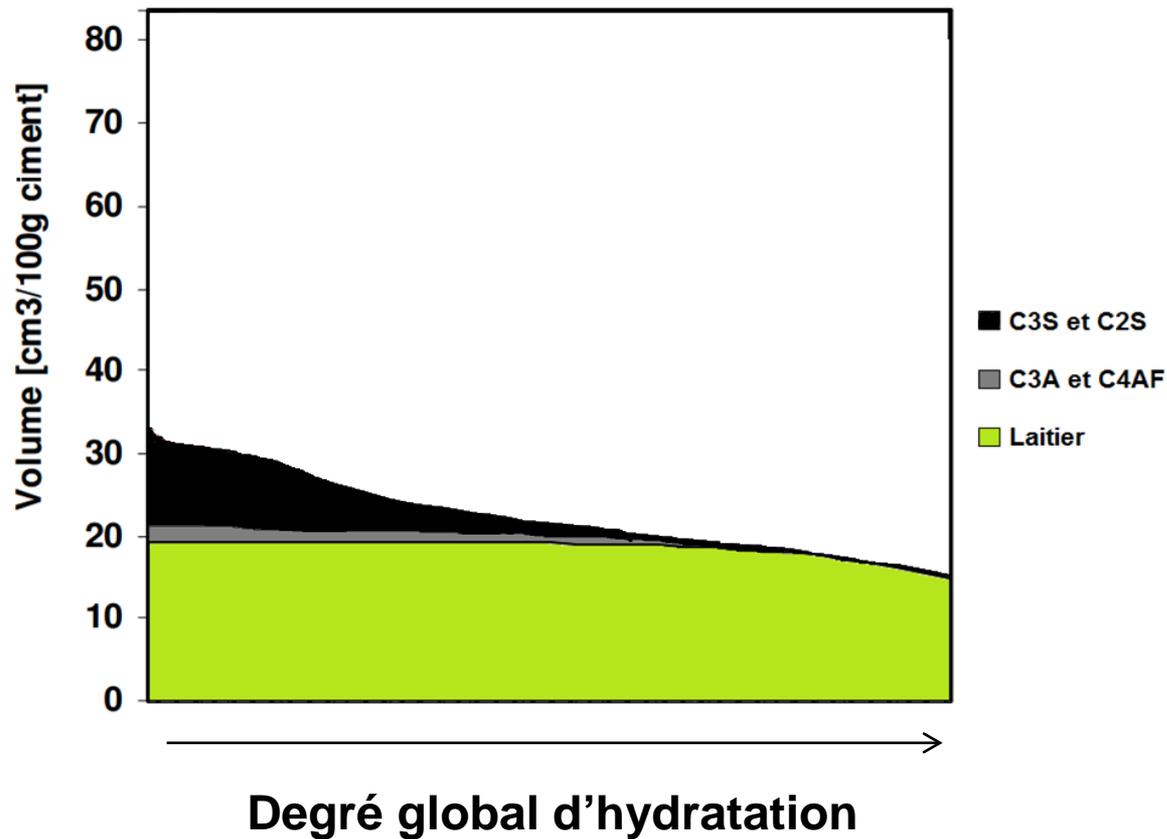


## Simulation de Guillon, 2011

60 % de laitier

 $e/c = 0,53$ 

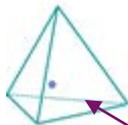
Conservation en milieu non saturé



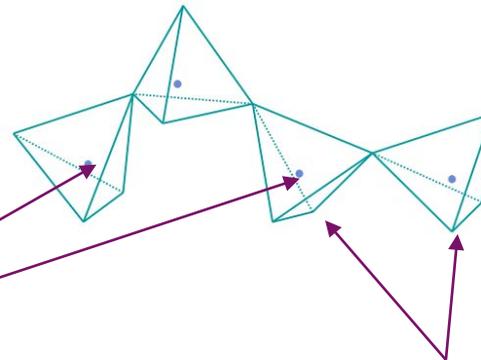
## RMN du silicium

- Description des différents environnements chimiques du silicium

Clinker :



Hydrate (C-S-H) :



Atome de silicium

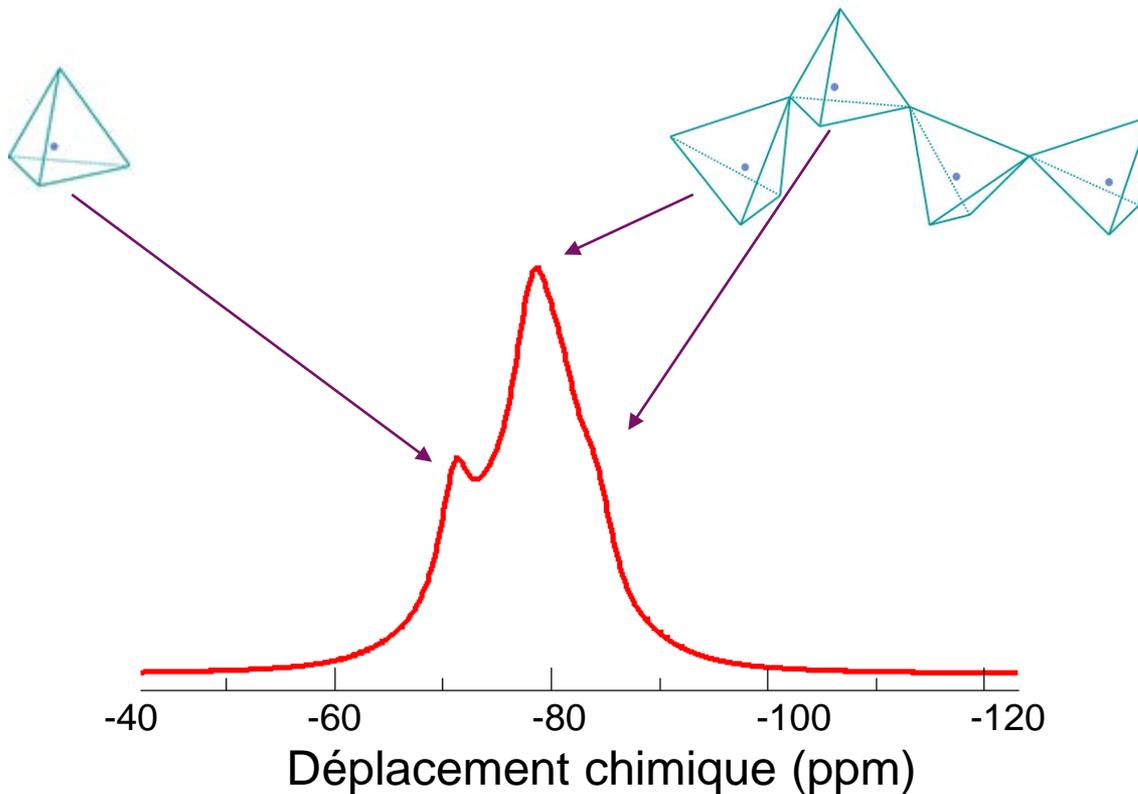
Atome d'oxygène

## RMN du silicium

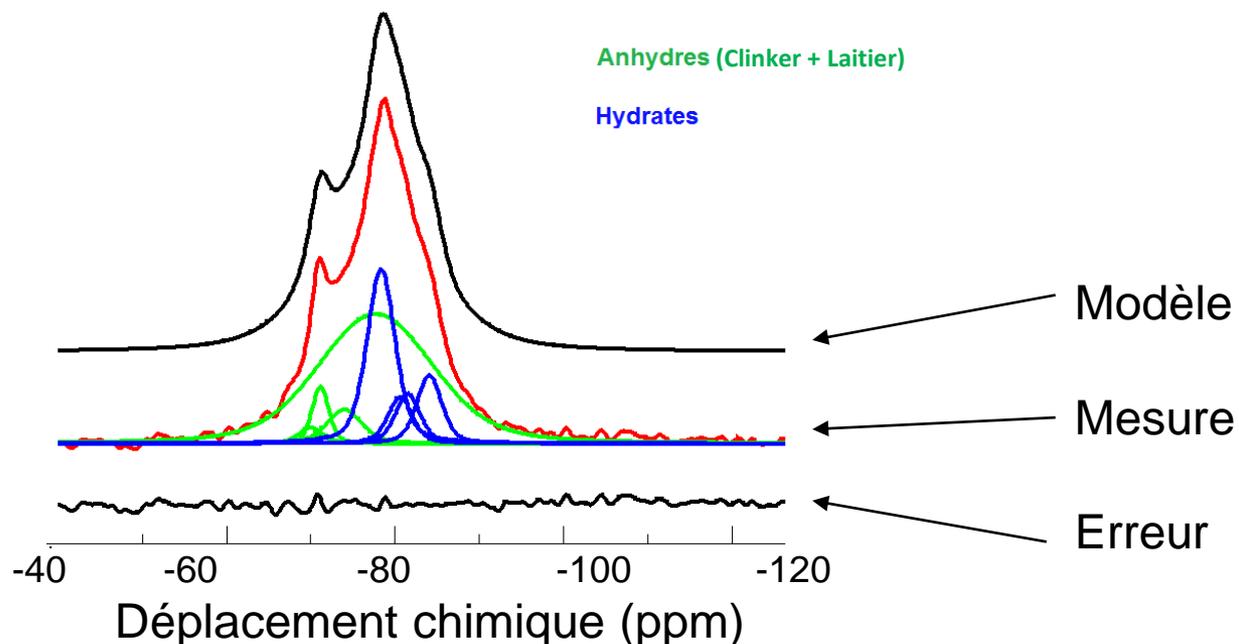
- Description des différents environnements chimiques du silicium

Clinker :

Hydrate (C-S-H) :

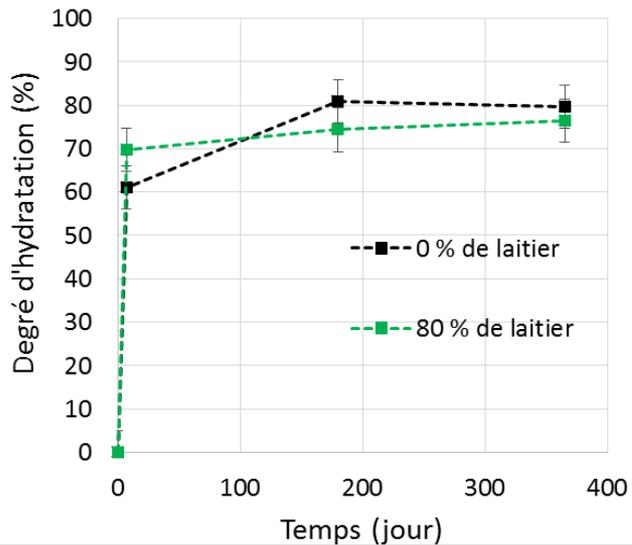


Exemple de décomposition spectrale obtenue pour un ciment avec 80 % de laitier :

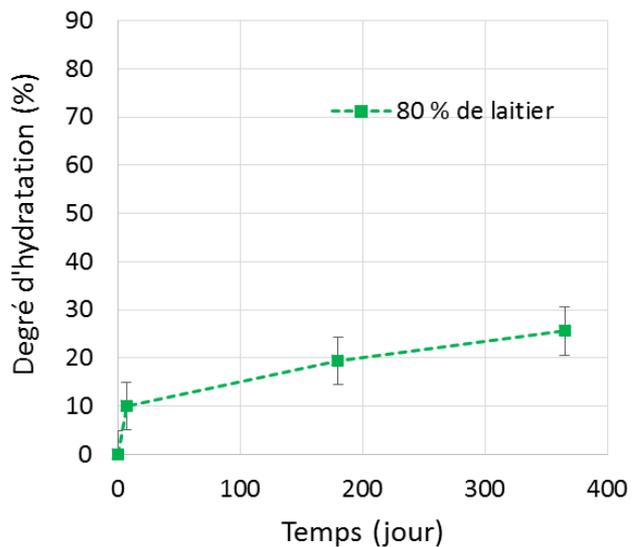


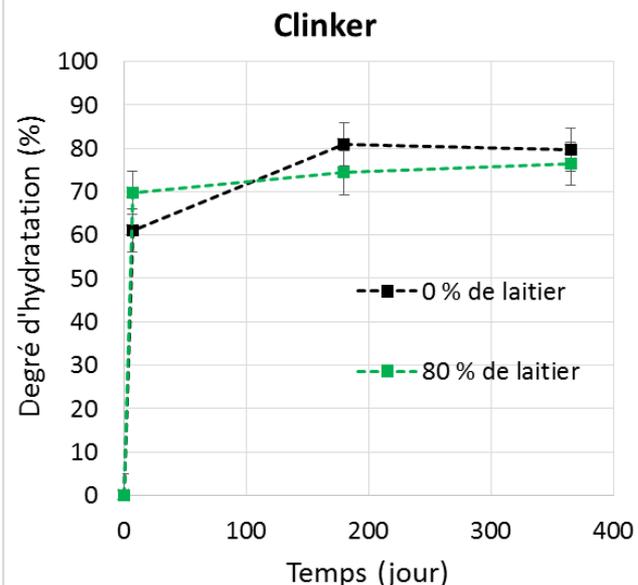
Détermination du degré d'hydratation = suivi de la quantité de phases anhydres

$$\text{Degré d'hydratation} = \frac{\text{Aire développée par les phases anhydres restantes}}{\text{Aire initialement développée par les phases anhydres}}$$

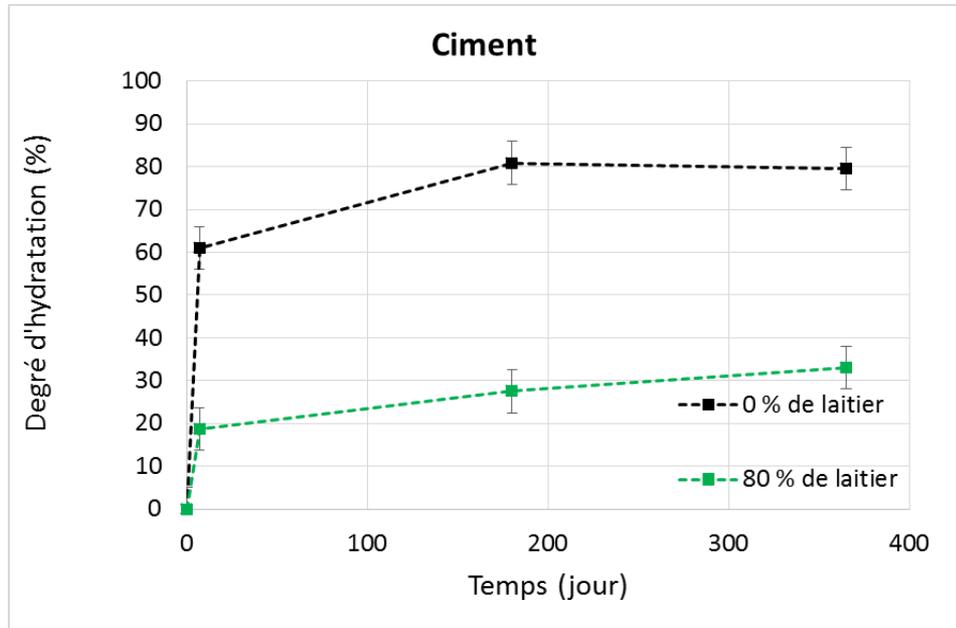
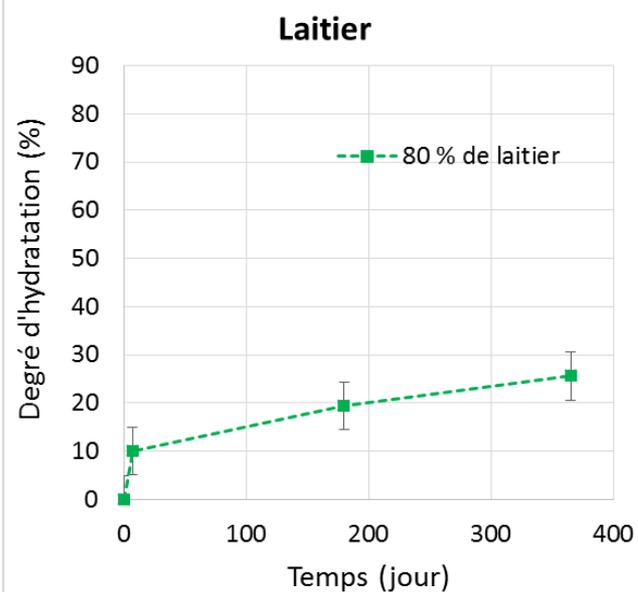
**Clinker**

Vitesse d'hydratation du laitier beaucoup plus faible

**Laitier**



Vitesse d'hydratation du laitier beaucoup plus faible

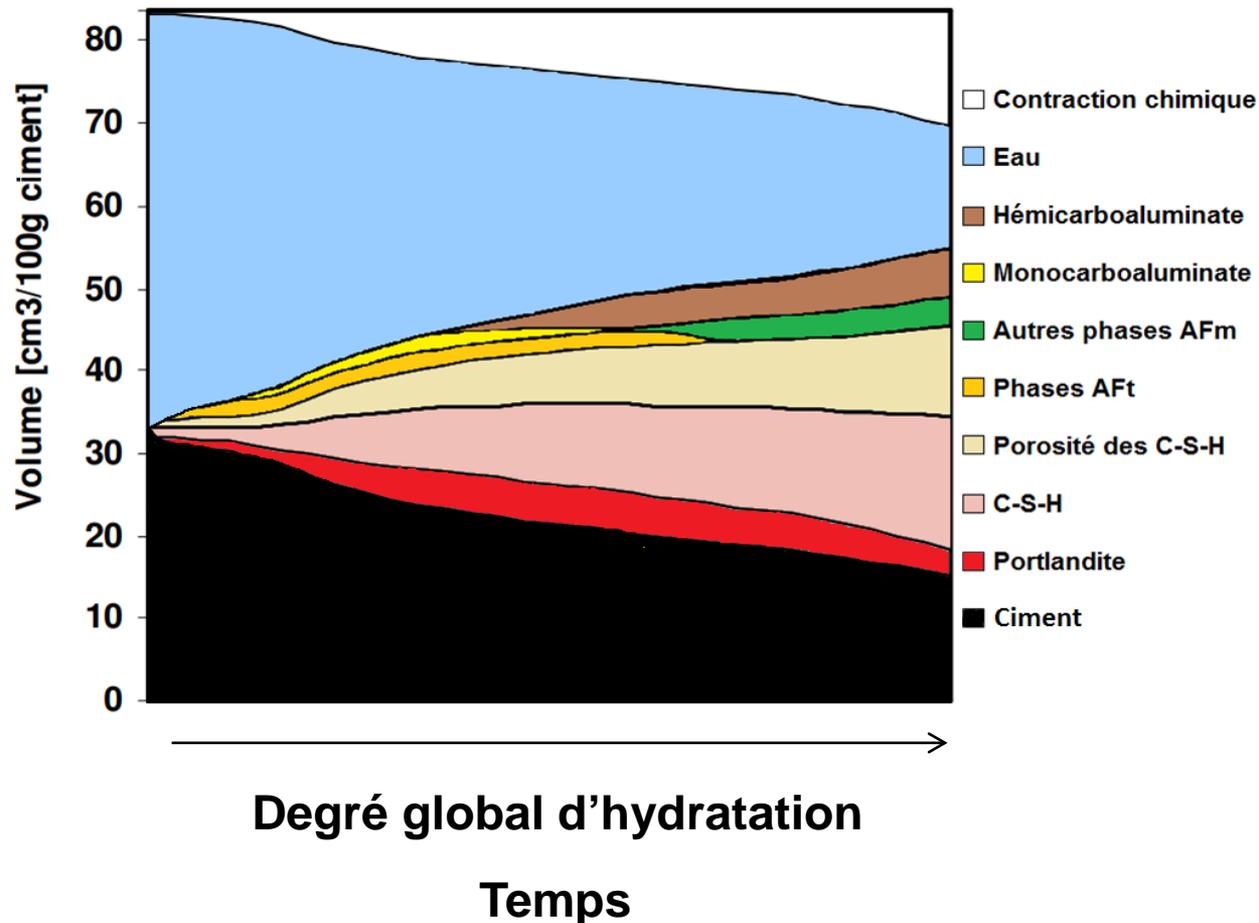


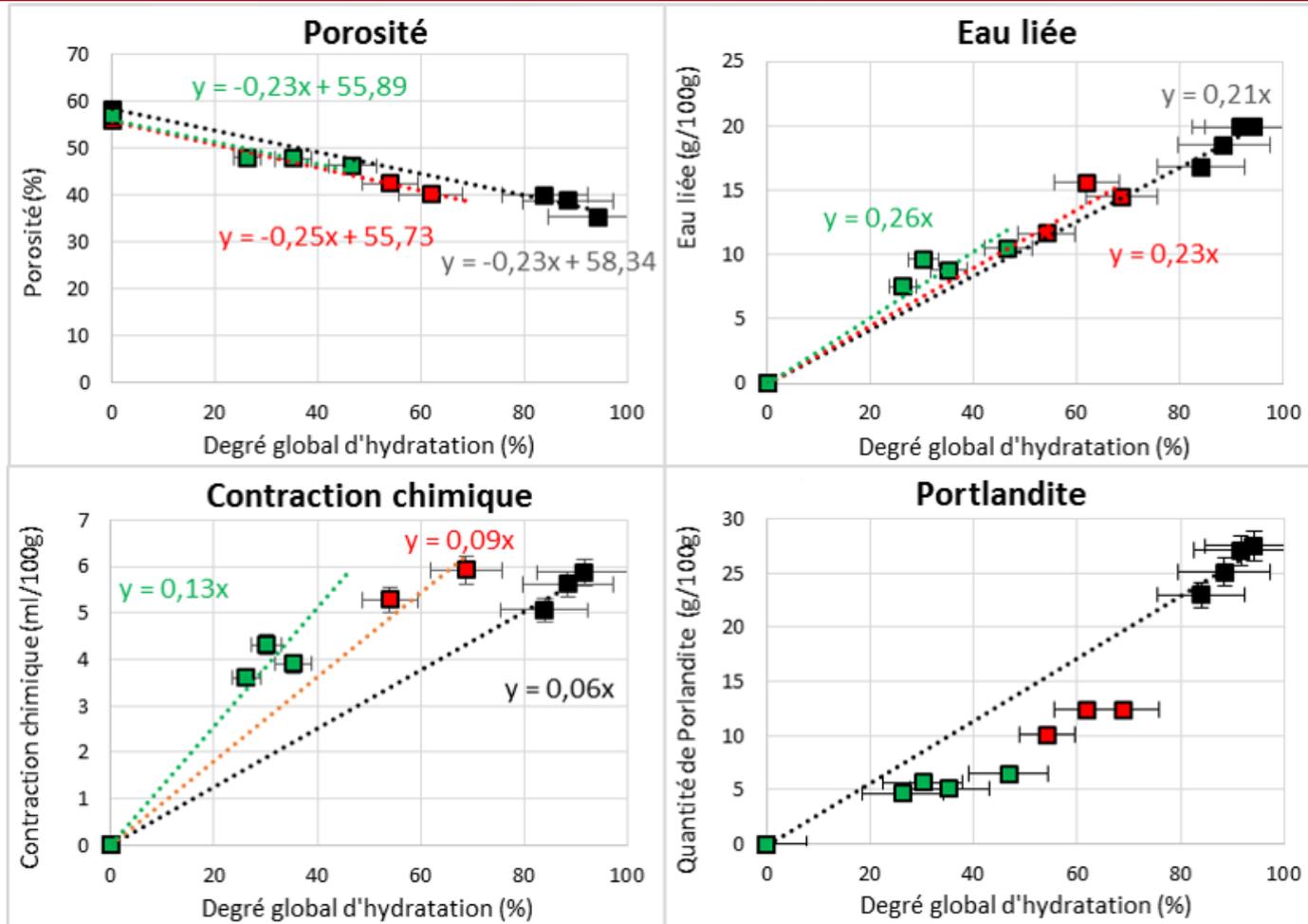
## Simulation de Guillon, 2011

60 % de laitier

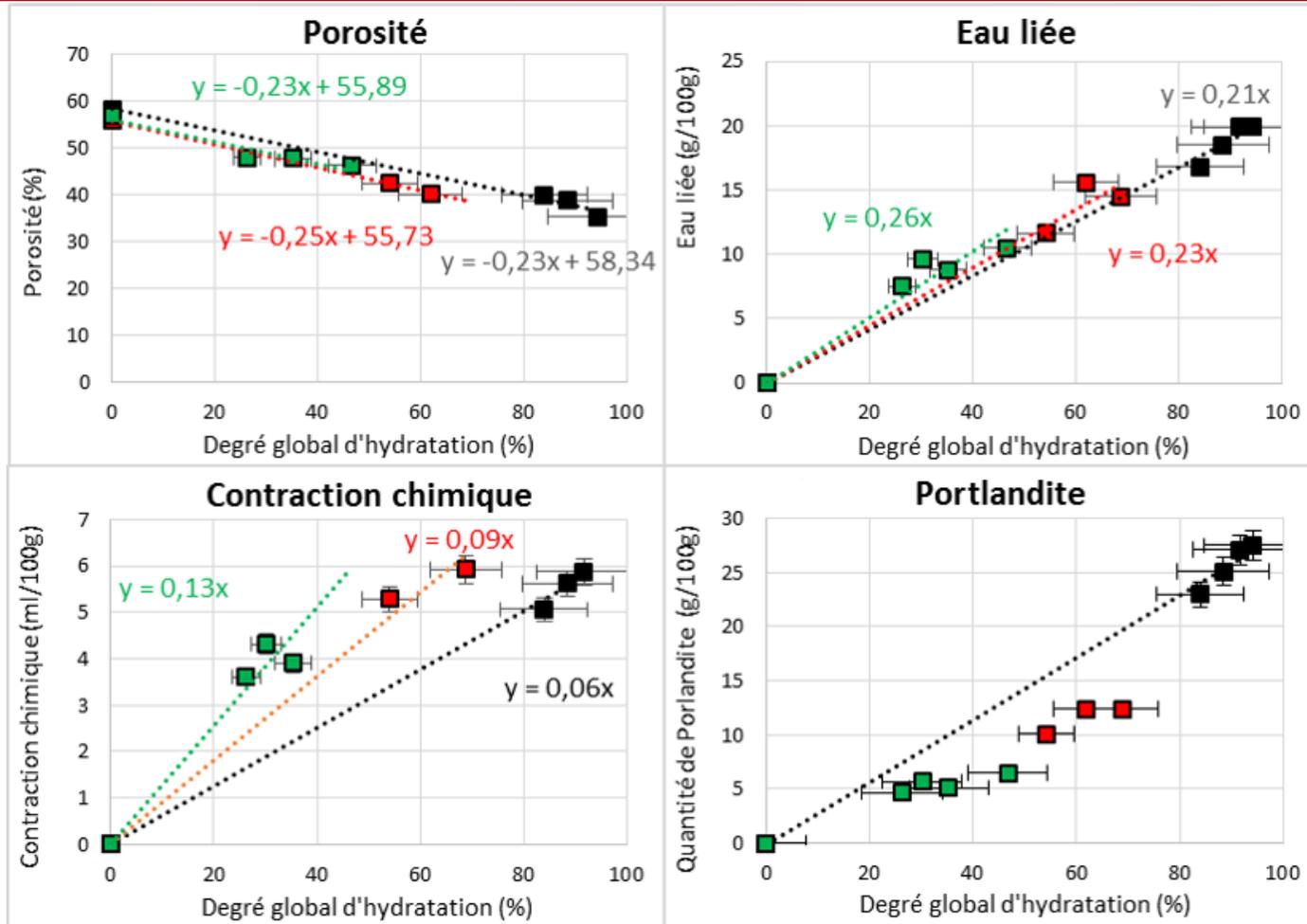
 $e/c = 0,53$ 

Conservation en milieu non saturé

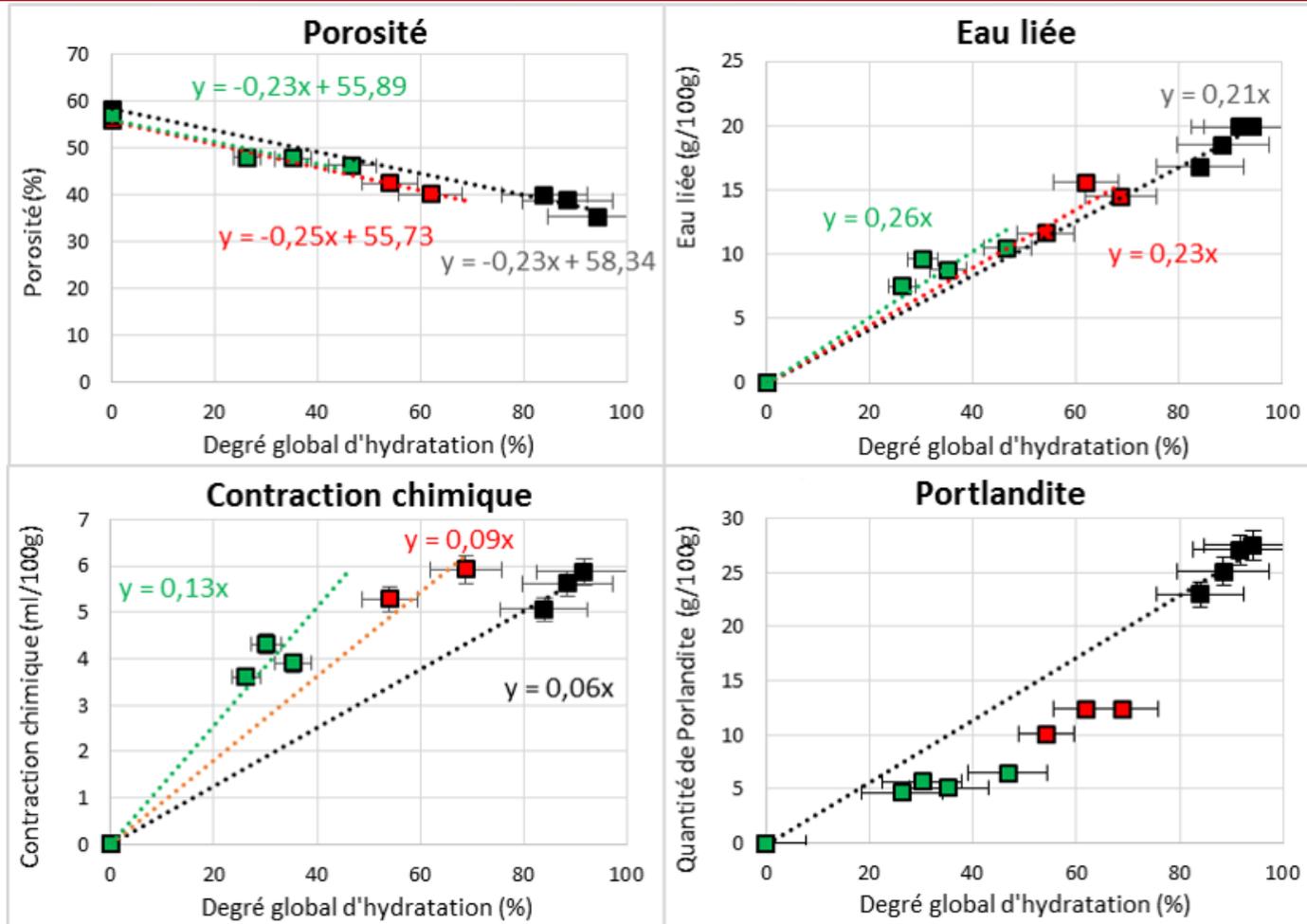




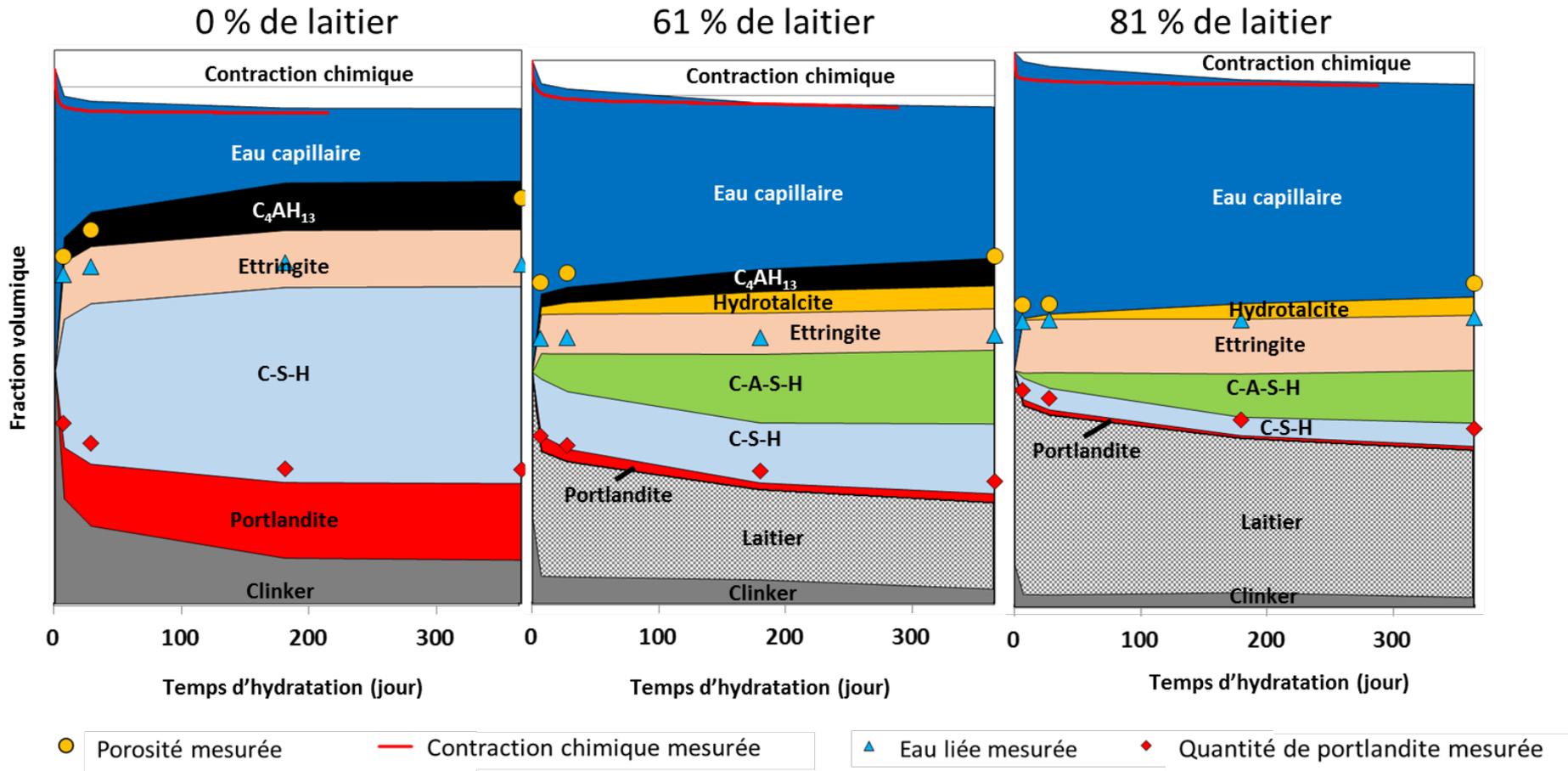
- L'eau liée et la porosité varient de façon linéaire au degré global d'hydratation
- Faible variation de ces grandeurs avec le taux de laitier  
=> Le degré d'hydratation du laitier est probablement trop faible pour avoir un effet



- Augmentation du volume de contraction chimique avec la teneur en laitier pour un même degré d'hydratation

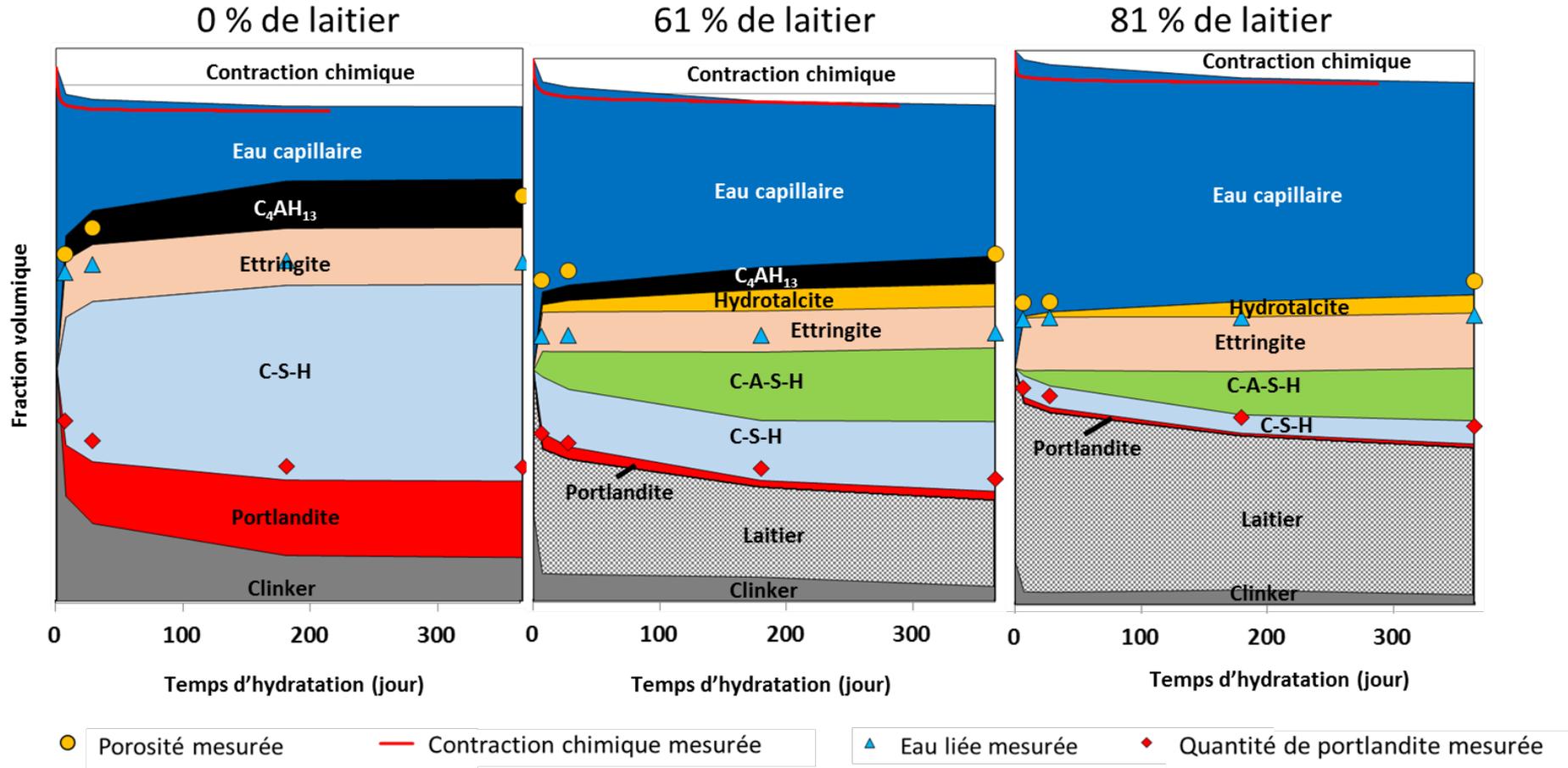


- Diminution de la quantité de portlandite avec la quantité de laitier pour un même degré d'hydratation. Deux facteurs à prendre en compte :
  - Moins de portlandite produite, car moins de clinker
  - Consommation de la portlandite au cours de l'hydratation du laitier



➤ Écart inférieur à 15 % avec les mesures de porosité et de contraction chimique  
 Incertitude sur les volumes molaires des hydrates

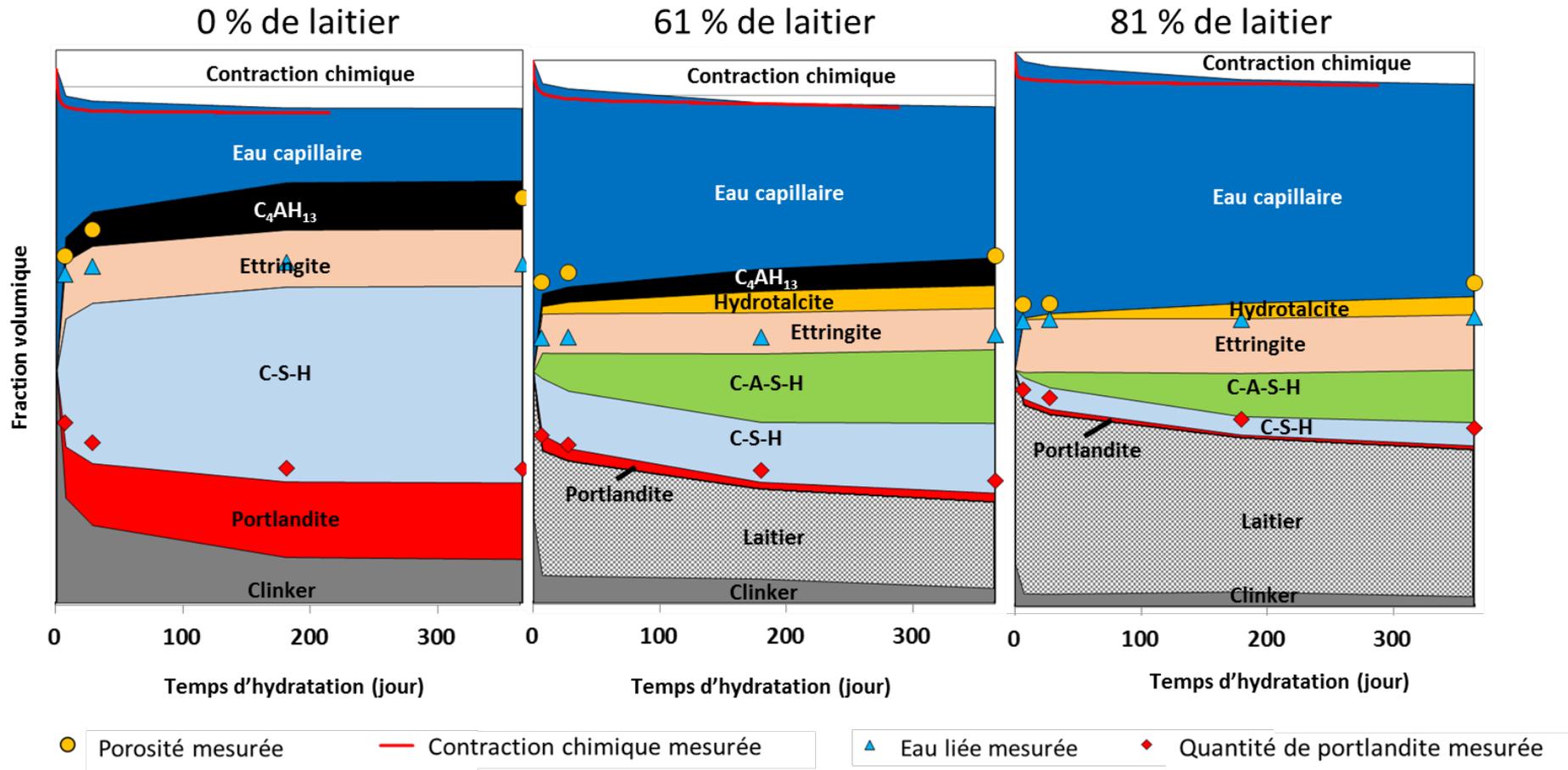
Variation du volume molaire des C-S-H selon les auteurs : 20 %  
 => Modifie les résultats de 40 %



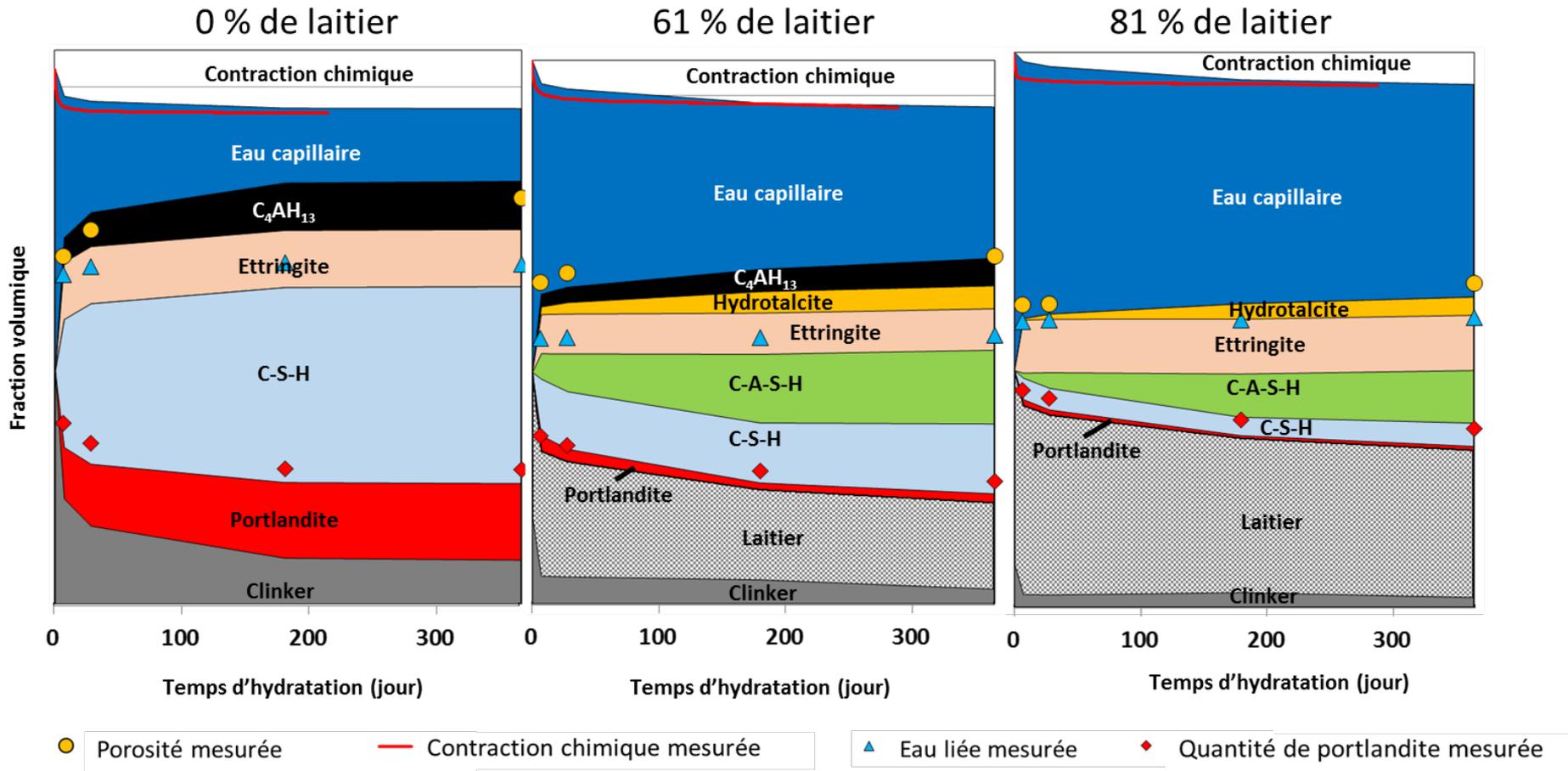
➤ Écart important pour les mesures d'eau liée

Incertitude importante concernant « x » des C-S-H<sub>x</sub> avec  $1,2 < X < 3,2$

=> Variation de 45 % de la quantité d'eau entre les extremums



- Quantité de portlandite sous-estimée par le modèle (en moyenne 20 %)
  - Incertitude concernant le degré d'hydratation des phases aluminates (l'hydratation du  $C_4AF$  produit de la portlandite)
  - => Caractérisation de ces phases par RMN de l'aluminium



- Quantité de portlandite sous-estimée par le modèle (en moyenne 20 %)

Hypothèse sur la minéralogie :

C<sub>4</sub>AH<sub>13</sub> non observé par DRX

Monosulfoaluminate de calcium

Hémicarboaluminate de calcium

} Observés, mais non pris en compte

- Cinétique d'hydratation du laitier beaucoup plus faible que celle du clinker
  - ⇒ Influence du laitier sur la porosité et l'eau liée difficilement observable
  
- Utilisation d'un modèle pour relier hydratation/porosité
  - Écart maximum de 20 % (pour la porosité et la contraction chimique)
  - Mauvaise estimation de la quantité d'eau liée et de portlandite
    - ⇒ Mesure du degré d'hydratation des phases aluminates
    - ⇒ Utilisation de nouvelles équations bilan (en lien avec la DRX)
  
- Perspectives
  - Utilisation d'un modèle thermodynamique pour décrire de façon plus détaillée les phases minéralogiques
  - Association des processus d'hydratation aux propriétés de transport (perméabilité et diffusion au gaz)