

BIODÉTÉRIORATION DE MATÉRIAUX CIMENTAIRES EXPOSÉS AU MILIEU DE LA MÉTHANISATION

M. GIROUDON^{1. 2.}, M. PEYRE LAVIGNE^{2.}, C.
PATAPY^{1.}, et A. BERTRON^{1.}

^{1.} LMDC, Université de Toulouse, UPS, INSA Toulouse, France

^{2.} TBI, Université de Toulouse, INSA, INRA, CNRS, Toulouse, France

en partenariat avec

Contexte - BIBENDOM



Projet collaboratif financé par l'Agence Nationale de la Recherche (projet ANR)

Méthanisation

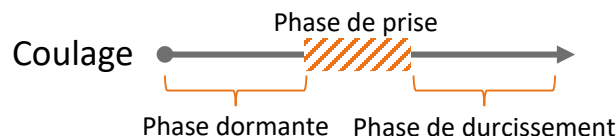
- Directive Européenne 2009/28/CE : 20% d'énergie renouvelable en 2020 dans l'UE → méthanisation **fortement encouragée**
- >300 usines de méthanisation construites chaque année en Europe (EBA statistical report, 2019)
- **Béton** le matériau le plus utilisé

Matériaux cimentaires

Ciment : liant hydraulique

Un minéral finement broyé qui, quand il est mélangé avec de l'eau, forme une pâte durcie

pH = 13



Matériaux cimentaires

Pâte de ciment

Mortier

Béton



+



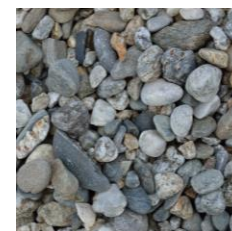
Eau

+



Sable

+



Granulats

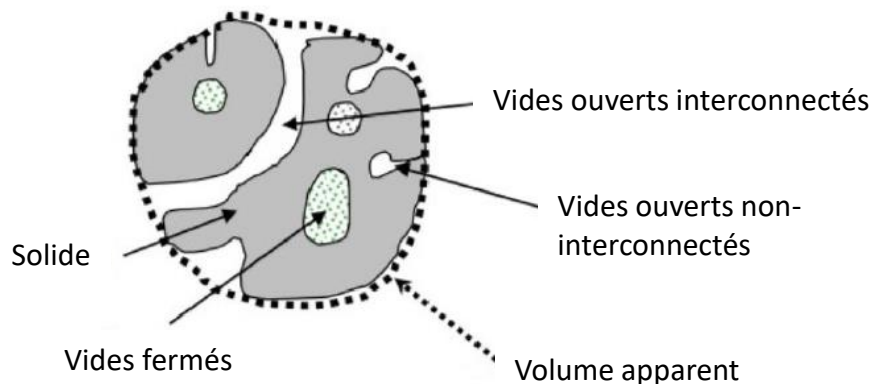
Il y a différents types de ciment/béton avec des propriétés différentes en fonction de l'utilisation désirée : prise rapide, haute résistance mécanique, résistance aux agents chimiques agressifs...

Plusieurs paramètres peuvent varier : le type de ciment, les matériaux utilisés, les proportions, les ajouts...

Matériaux cimentaires

	CEM I	CAC
Phases anhydres	C_3S	CA
	C_2S	CA_2
	C_3A	C_2AS
	C_4AF	C_2S

Phases hydratées	C-S-H	C_3AH_6
	CH	AH_3



Matériaux poreux

		CEM I	CAC
% massique	SiO_2	20,0	5,6
	CaO	66,2	38,3
	Al_2O_3	4,8	51,6

Notation cimentaire :

A = Al_2O_3 ;

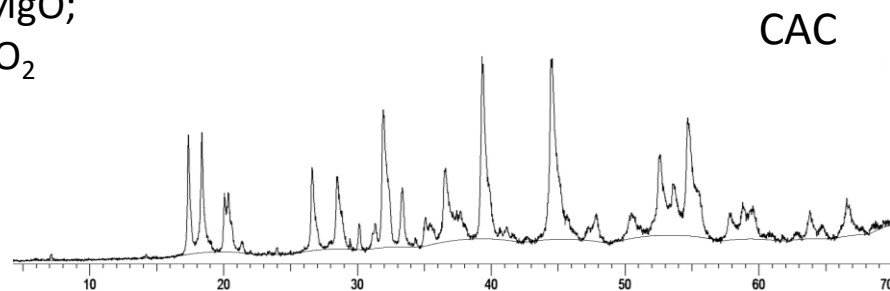
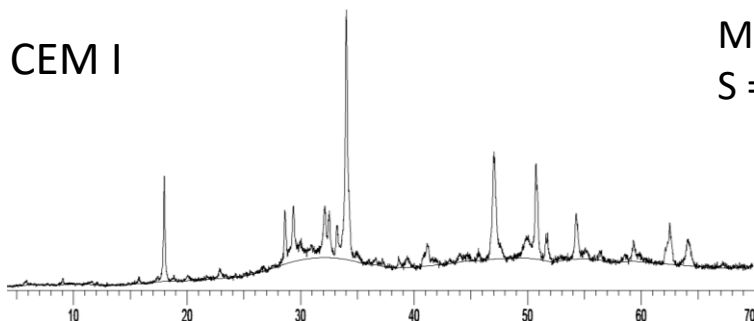
C = CaO;

F = Fe_2O_3 ;

H = H_2O ;

M = MgO;

S = SiO_2



Voegel et al. CCR (2019)
Magniont et al. CCR (2011)
Koenig & Dehn (2017)
Bertron & Dushesne (2013)
Escadeillas (2013)
Morandea et al. CCR 2014

Biofilm microbien

Augmente :

- Concentration des agents agressifs
- Intensité des dommages
- Les cinétiques de détéri

Milieu complexe, mal
caractérisé

Acides gras volatils

Ammonium

Lixiviation du calcium de
la matrice cimentaire

CO₂ dissous

Carbonatation :
précipitation de
carbonates de calcium



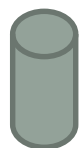
Objectifs

Identifier des liants résistants aux attaques biologiques et chimiques du milieu de la méthanisation

Caractériser le milieu liquide : agents agressifs pour le béton

Identifier les mécanismes de détériorations

Matériaux et méthodes



Ciment ordinaire
Portland (CEM I)



Ciment d'aluminat de calcium
(CAC)



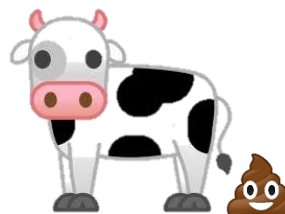
Matériau alternatif :
Métakaolin Alkali-Activé
(MKAA)

2 bioréacteurs par matériau
+ 2 bioréacteurs témoins

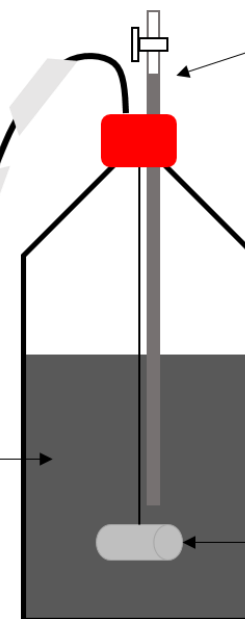
Dispositif de
prélèvement du gaz et
contrôle de la pression

Dispositif de
prélèvement du liquide

35°C



Fumier bovin inoculé



Pâte de ciment

Ratio solide/liquide $\sim 90 \text{ cm}^2.\text{L}^{-1}$

→ Fin du cycle = fin de production de gaz dans les bioréacteurs témoins

1^{er} cycle

7 semaines

2^{ème} cycle

6 semaines

3^{ème} cycle

5 semaines

4^{ème} cycle

4 + 5 semaines

5^{ème} cycle

8 semaines

0

7

13

18

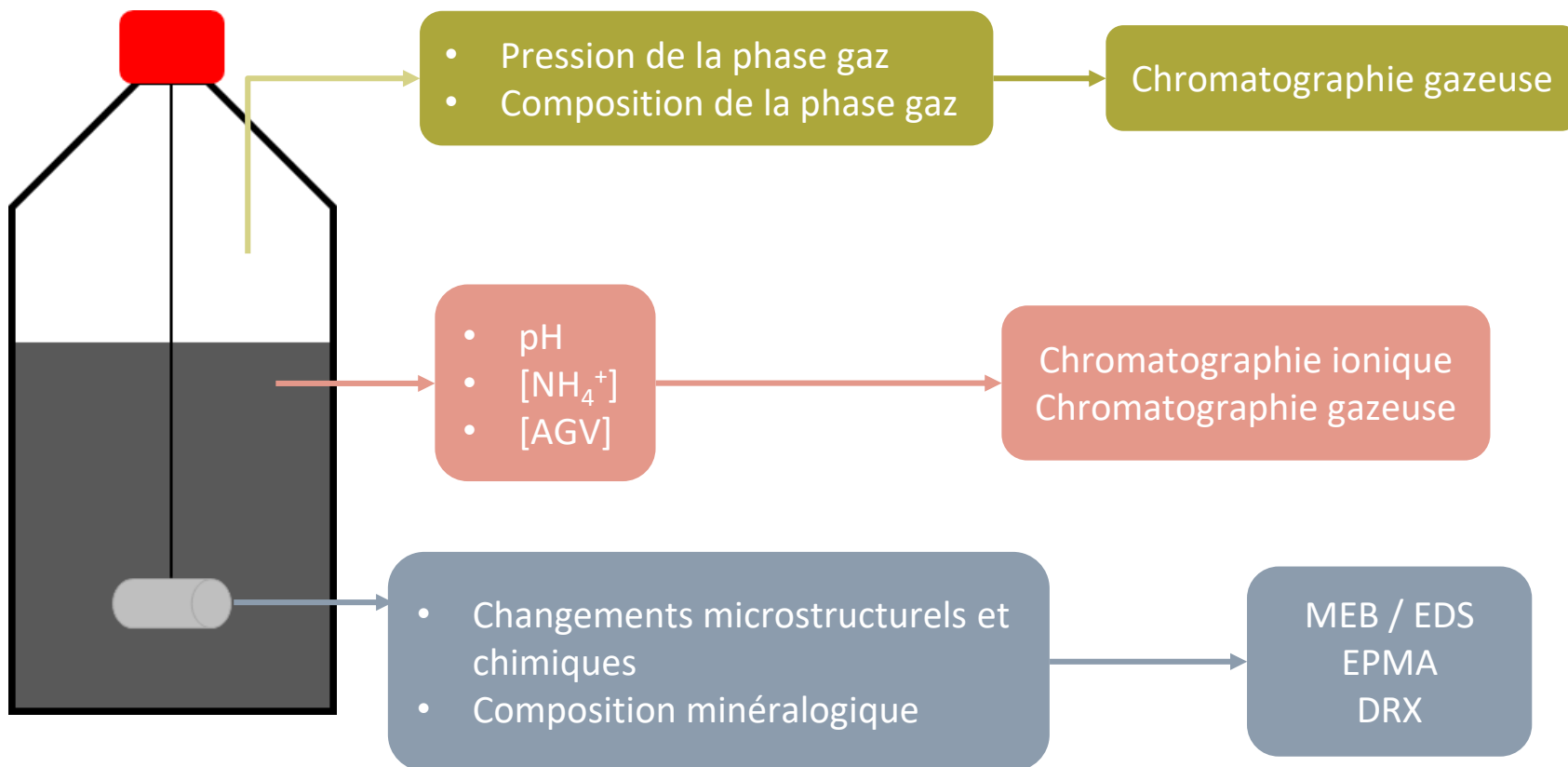
27

35

- ☐ Effet des matériaux sur le biodéchet en digestion
- ☐ Effet du biodéchet en digestion sur les matériaux (biodétérioration)

INTERACTIONS BIODÉCHETS-BÉTON

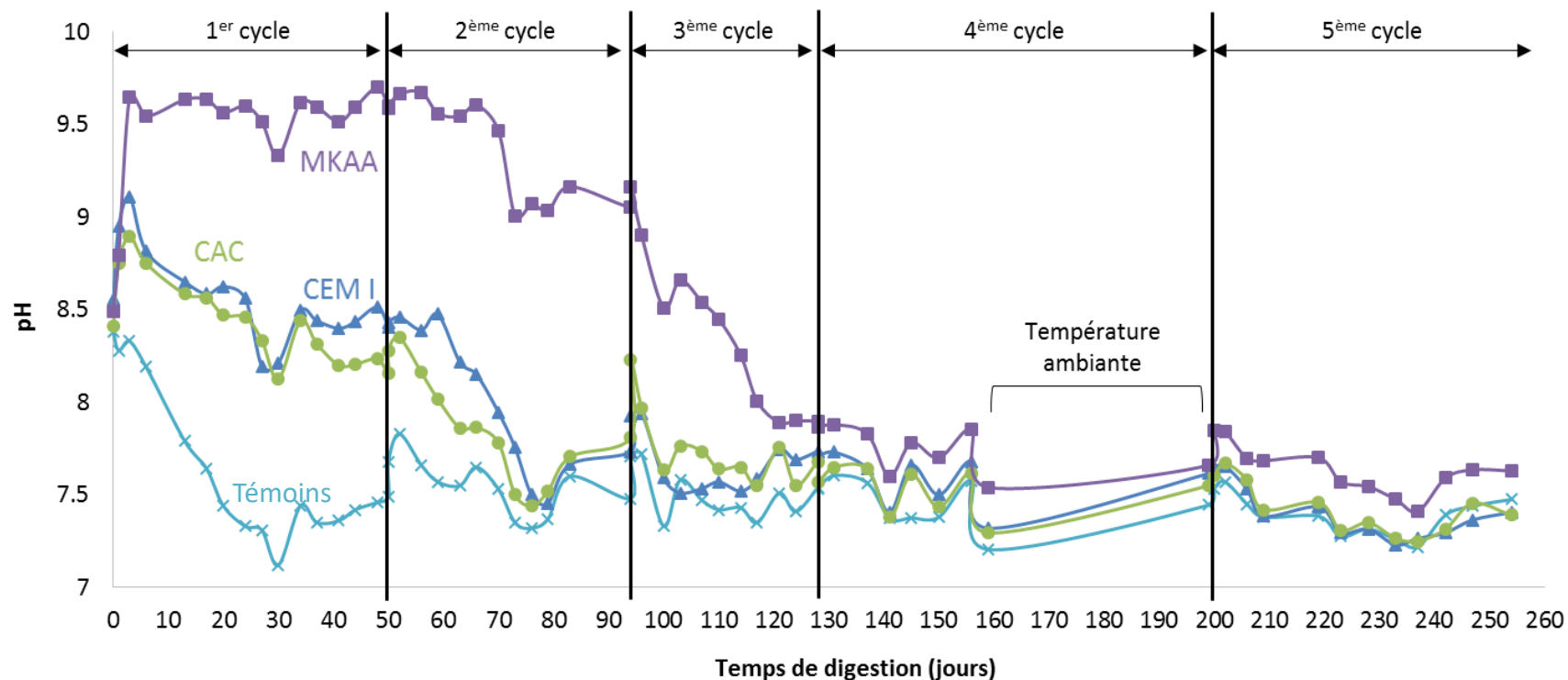
Analyses



- ❑ Effet des matériaux sur le biodéchet en digestion
- ❑ Effet du biodéchet en digestion sur les matériaux (biodétérioration)

INTERACTIONS BIODÉCHETS-BÉTON

Résultats – Evolution du pH

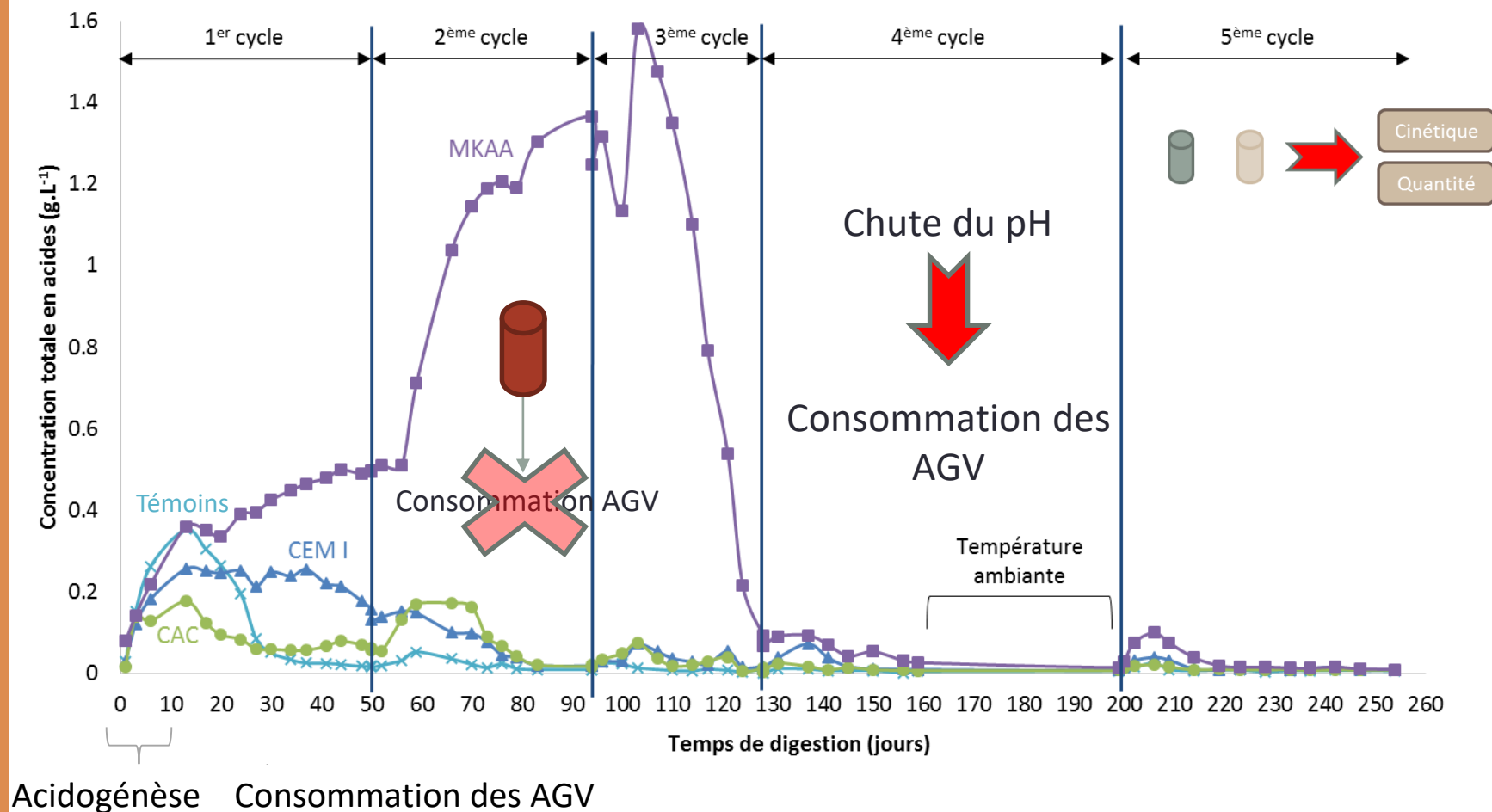


MKAA :

1^{er} cycle: Premier départ des alcalins → pH ≈ 9,6 pendant le 1^{er} cycle

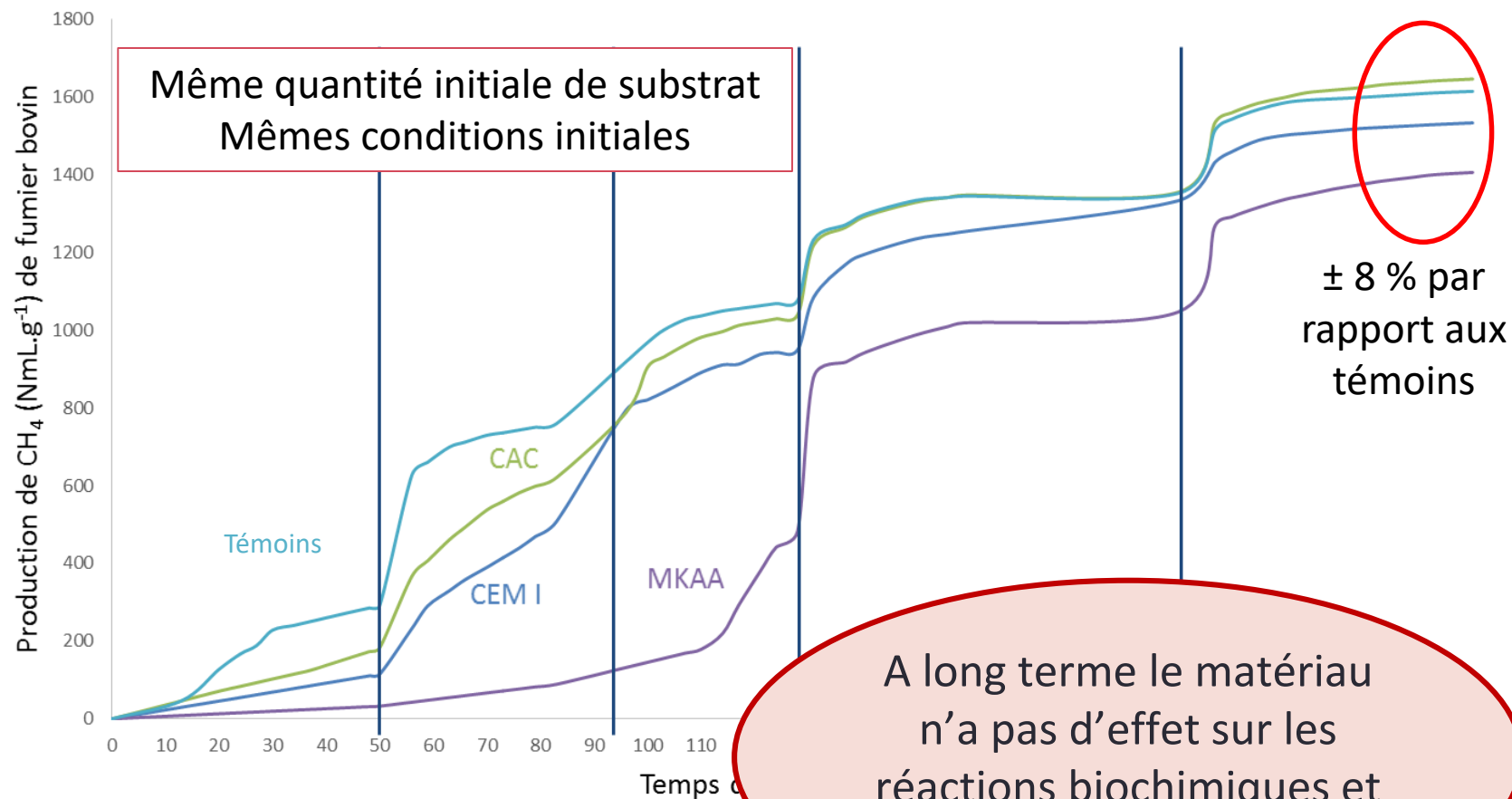
2nd et 3^{ème} cycles: ∇ pH qui approche les conditions de pH des autres bioréacteurs → production de biogaz

Résultats – Production d'AGV



Consommation des AGV

Résultats – Production de CH₄

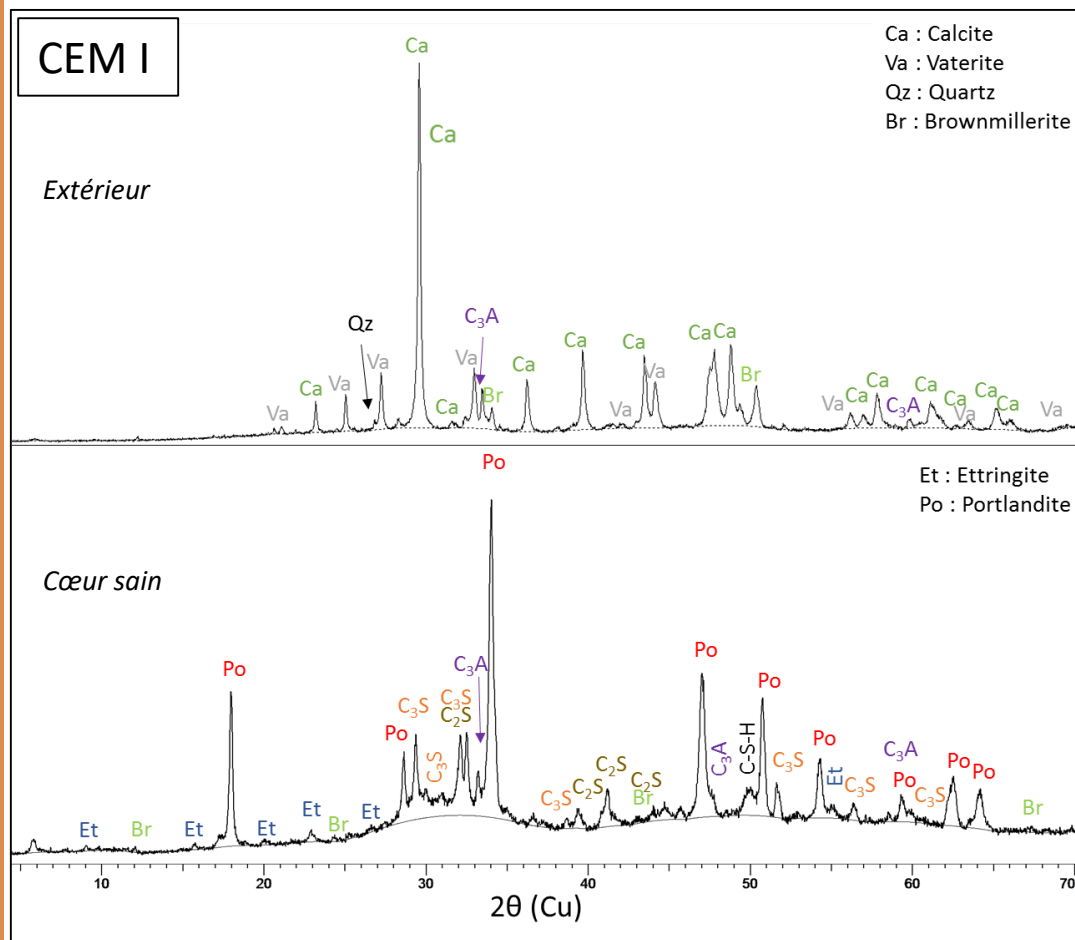


A long terme le matériau n'a pas d'effet sur les réactions biochimiques et la production de biogaz

- ❑ Effet des matériaux sur le biodéchet en digestion
- ❑ Effet du biodéchet en digestion sur les matériaux (biodétérioration)

INTERACTIONS BIODÉCHETS-BÉTON

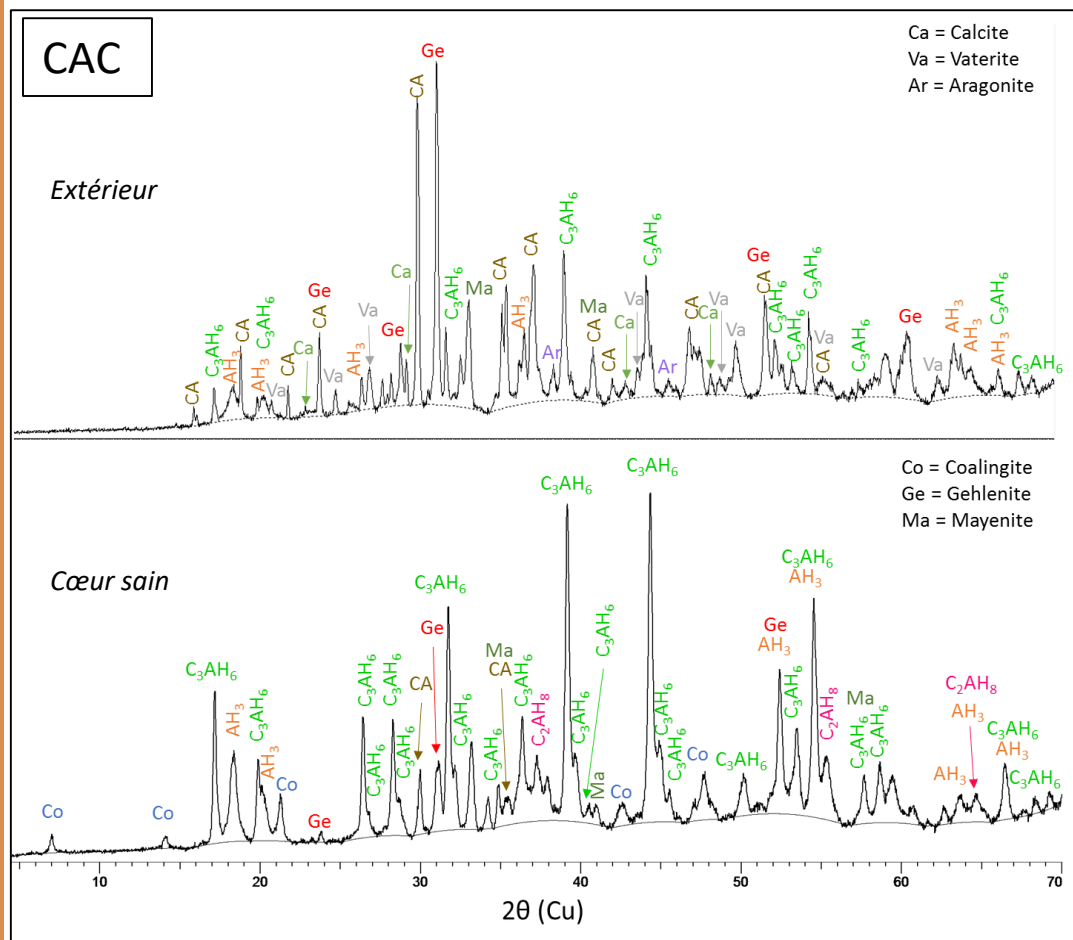
Résultats – modifications de la pâte de CEM I



- Phases initiales des pâtes dissoutes en surface
- Carbonatation sur la couche extérieure (calcite et vaterite)

Profondeur dégradée : 700 μ m

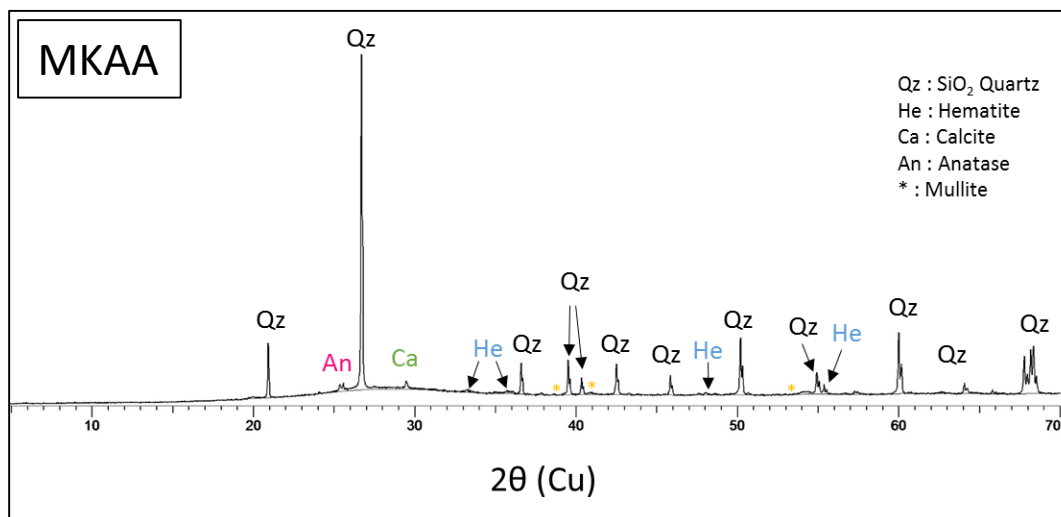
Résultats – modifications de la pâte de CAC



- Phases initiales présentes en surface
- Intensification pics d'aluminat de calcium (CA) en surface
- Carbonatation sur la couche extérieure (calcite, vaterite et aragonite)

Profondeur dégradée : 210 μm

Résultats – modifications de la pâte de MKAA

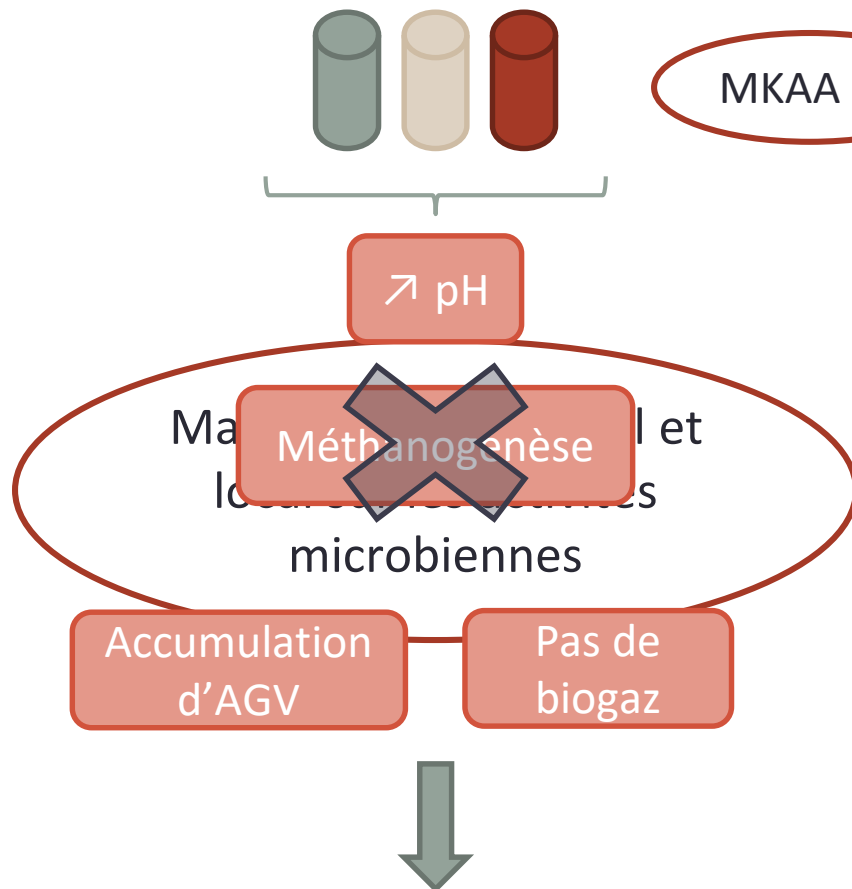


- Pas de différence de composition minéralogique entre le cœur sain et l'extérieur exposé à l'agression
- MKAA majoritairement constitué de phases amorphes

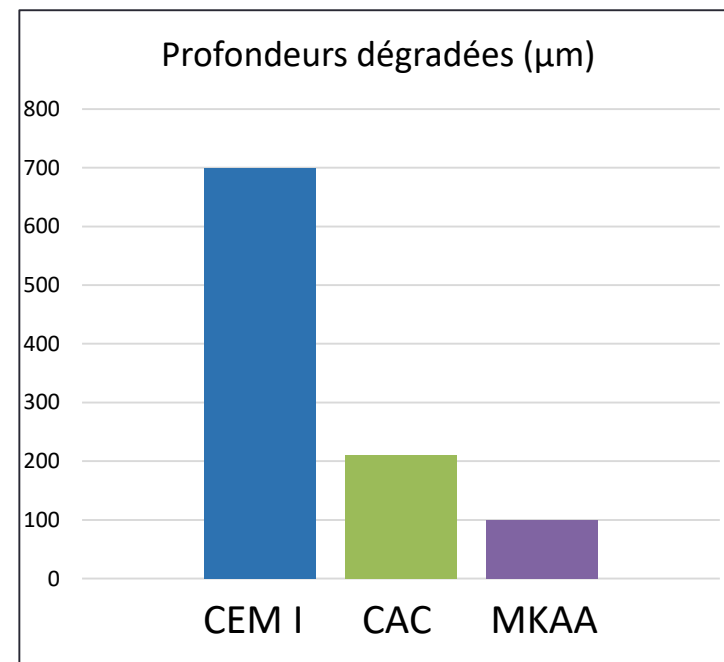


Profondeur dégradée : 100 µm

Conclusion



Le retard est suivi par une digestion normale et une production de biogaz



- Principalement carbonatation
- Bonnes performances pour le CAC
- Résultats prometteurs pour le MKAA

MERCI DE VOTRE ATTENTION



M. GIROUDON^{1. 2.}, M. PEYRE LAVIGNE^{2.}, C. PATAPY^{1.}, et A. BERTRON^{1.}

^{1.} LMDC, Université de Toulouse, UPS, INSA Toulouse, France

^{2.} TBI, Université de Toulouse, INSA, INRA, CNRS, Toulouse, France

en partenariat avec