

# Les Rencontres de la Construction Durable #5

**Formulation et étude d'un géopolymère accumulateur d'énergie thermique  
dans le cadre de l'éco-construction des bâtiments**

**Présenté par M. Bouha EL MOUSTAPHA**  
07 Mars 2023

## Nouveau matériau proposé (Géopolymère-MCPM)



Matériaux à changement de phase microcapsulés (MCPM)

Laitier de haut fourneau

Metakaolin (MK)

Solution alcaline

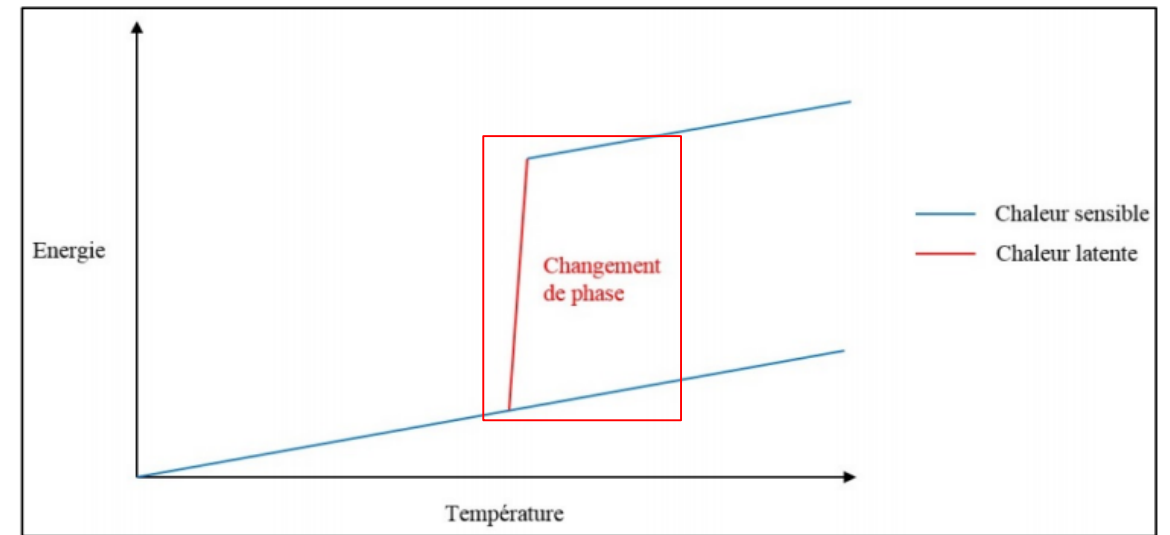
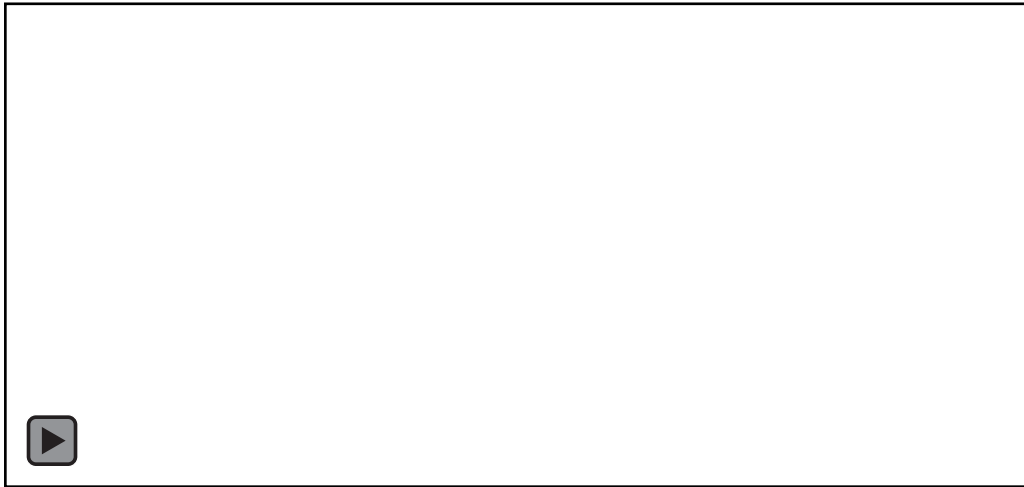
Géopolymère

### Objectifs visés

- Écologique
- Performances thermiques améliorées
- Performances mécaniques appropriées
- Durable

# 1/Matériaux à changement de phase microcapsulés (MCPM)

Processus physique de changement de phase ( fusion - solidification et vice versa) (MERLIN,2016)

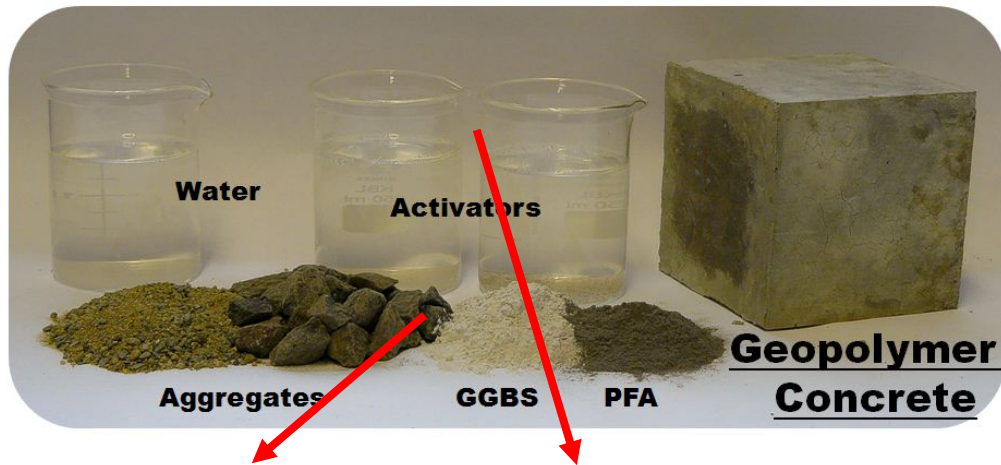


(DRISSI et al., 2019)



50 %

## 2/Géopolymère



Matériaux aluminosilicates + solution alcaline  
(DAVIDOVITS, 2014)

University of Queensland Global Change  
institute( Australie)/construite à base de  
géopolymère



(DAVIDOVITS, 2014)

Première structure en béton  
géopolymère a été construite  
en 1994 à Lipetsk, en Russie

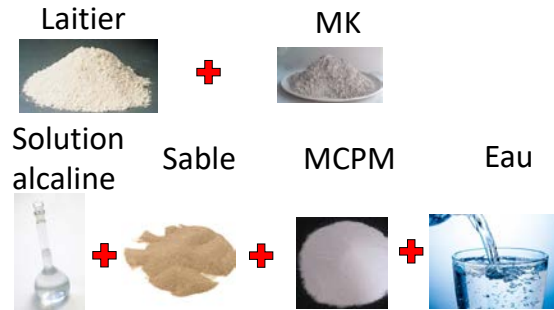


(PACHECO-TORGAL, 2014)

La fabrication du géopolymère  
réduit les émissions de CO<sub>2</sub>  
d'environ 80% par rapport au  
émissions de ciment portland (LI et  
al., 2004 et VAN DEVENTER et al., 2010)

# Caractérisations des MC et MGP

## Mortier géopolymère-MCPM

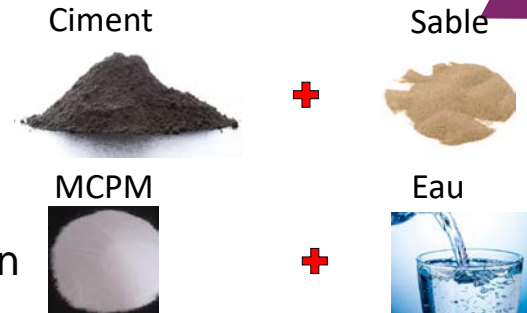


Ouvrabilité



Chaleur d'hydratation

## Mortier de ciment-MCPM



Mortier géopolymère

Mortier de ciment

28 et 90 jours

Propriétés physiques



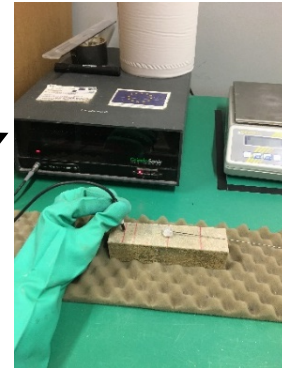
28 jours

28 jours

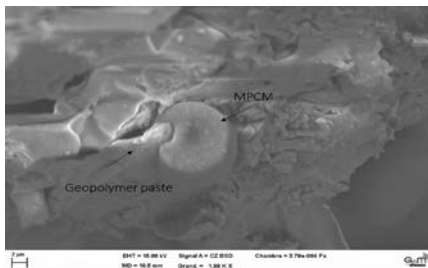
Propriétés mécaniques

2;7;14;21;28;56;90 jours

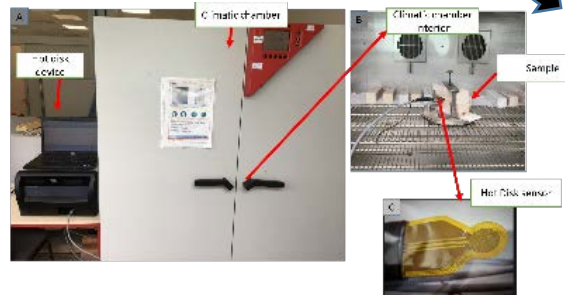
Module de Young dynamique



Porosité et masse volumique



Propriétés microstructurales (MEB, EDS, DRX)



Propriétés thermiques



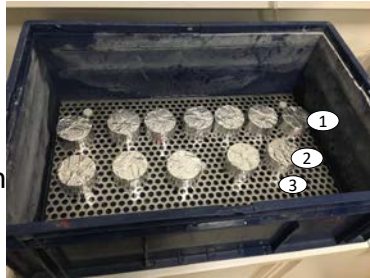
Résistance en compression



# Propriétés de transferts des MC et MGP

Mortier géopolymère et Mortier de ciment

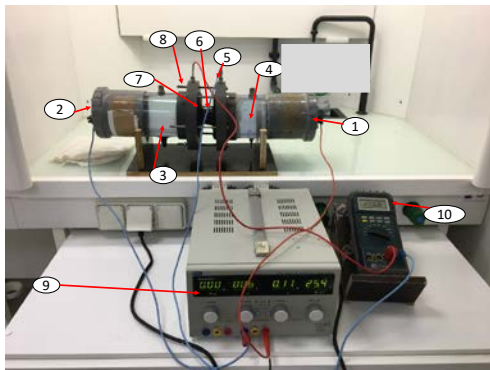
1. Echantillon
2. Enrobage de l'échantillon avec de l'aluminium
3. Profondeur d'immersion de l'échantillon ( $2 \pm 1$  mm)



28 jours

Absorption d'eau par capillarité

28 jours



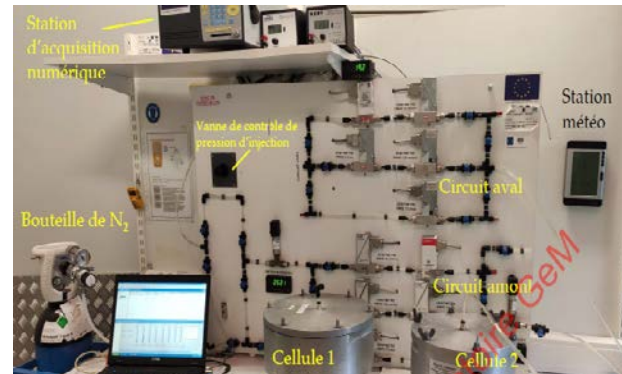
Migration des ions de chlorure de sodium



Titrimètre potentiométrique



28 jours



Perméabilité au gaz

28 jours

2;7;14;21;28;56;90 jours



PIM



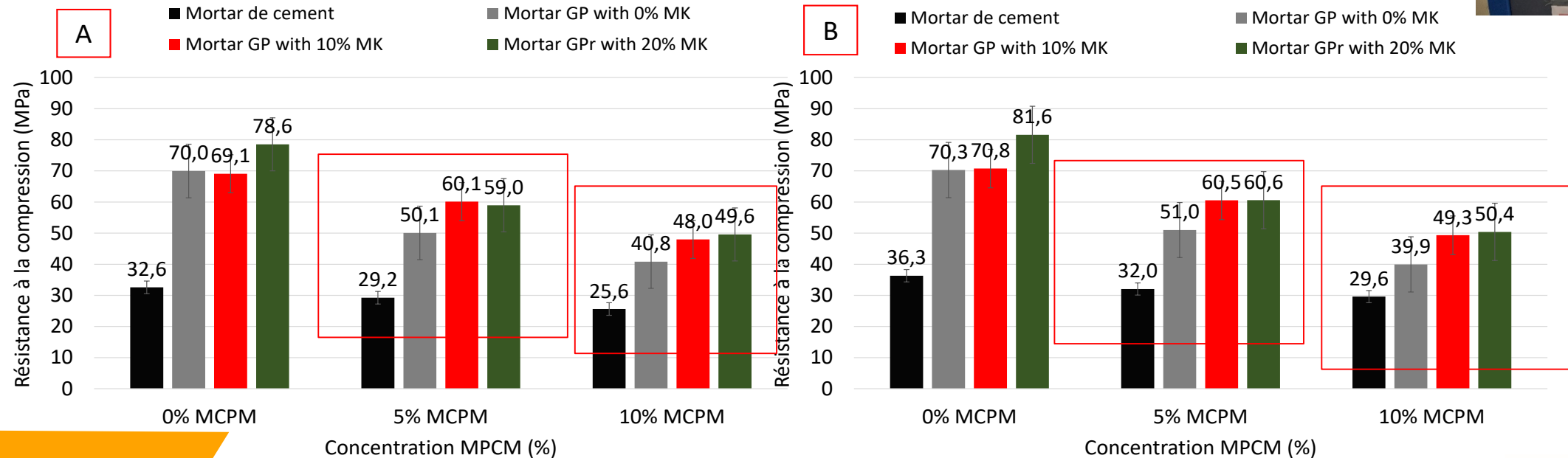
Résistivité électrique



Retrait de séchage

## 1/Résistance en compression

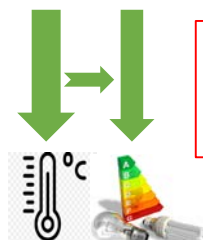
- Faible rigidité
- Faible résistance mécanique de microcapsule



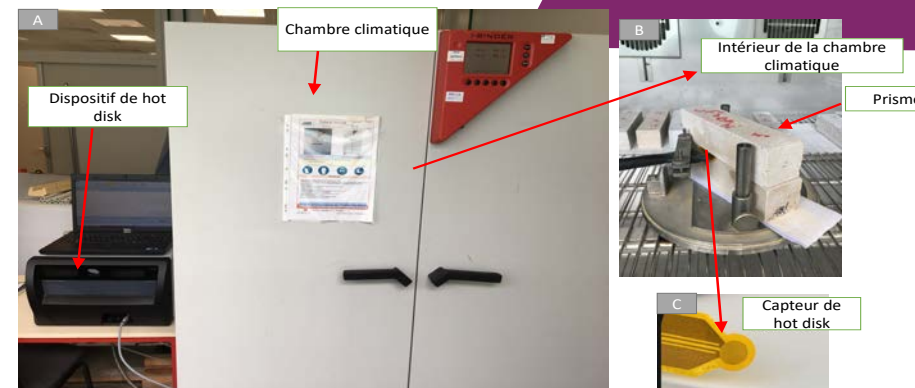
## 2/Propriétés thermiques

(Shadnia et al., 2015)

1200 J/kg.K

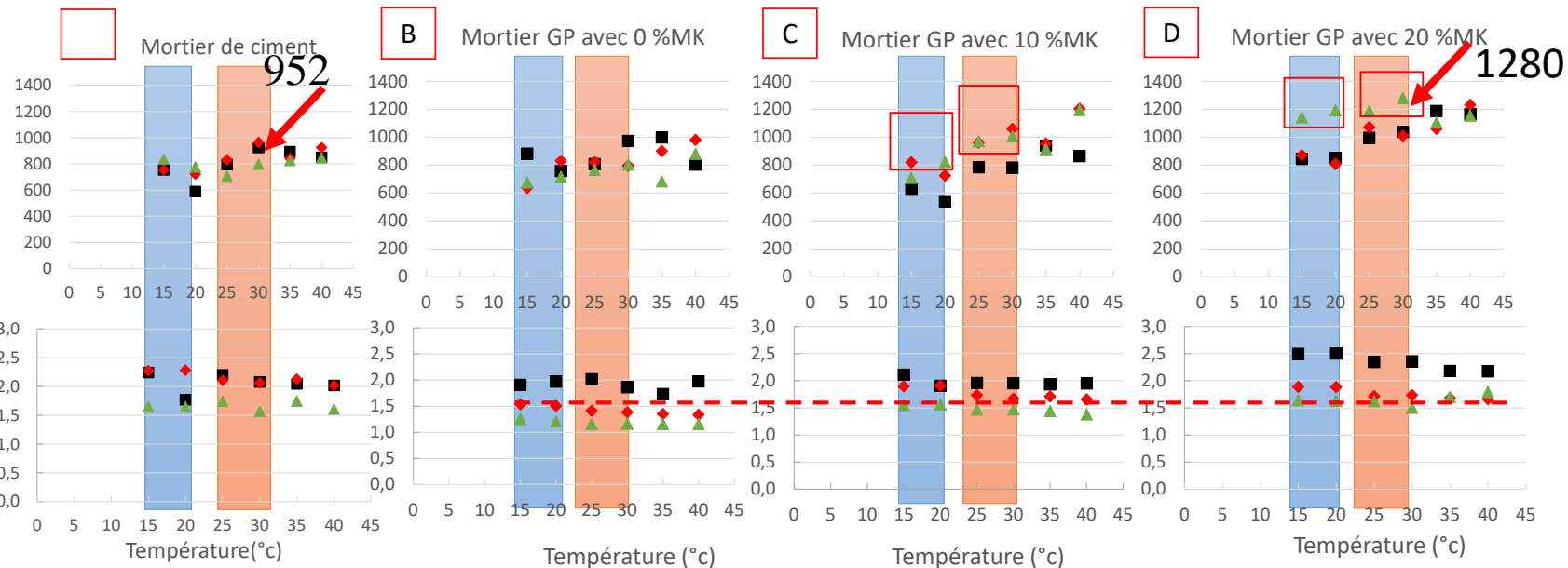


4.5°C et 5.5°C



Capacité thermique spécifique [J/(kg.K)]

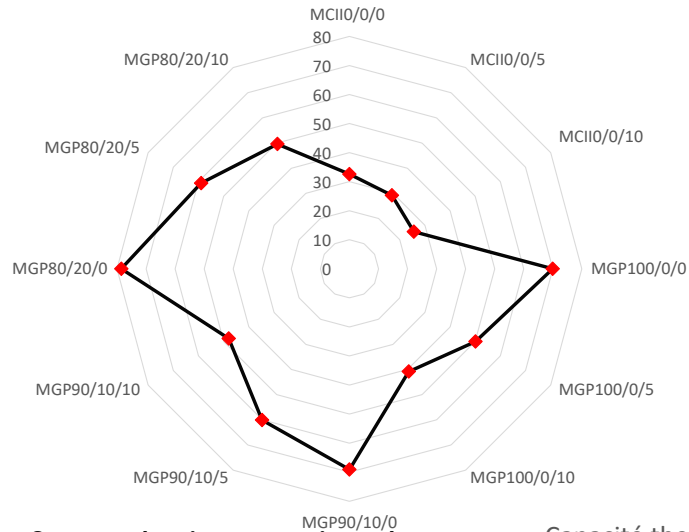
Conductivité thermique (W/mK)



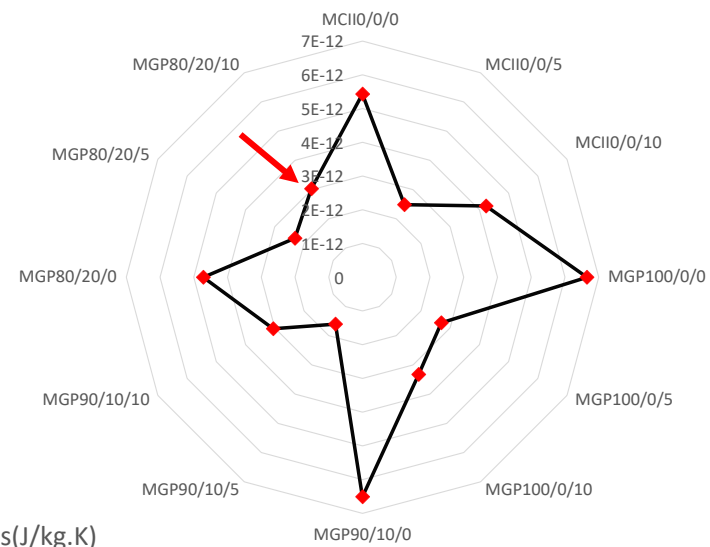


# 1/Conclusions

Résistance en compression à 28 jours (Mpa)



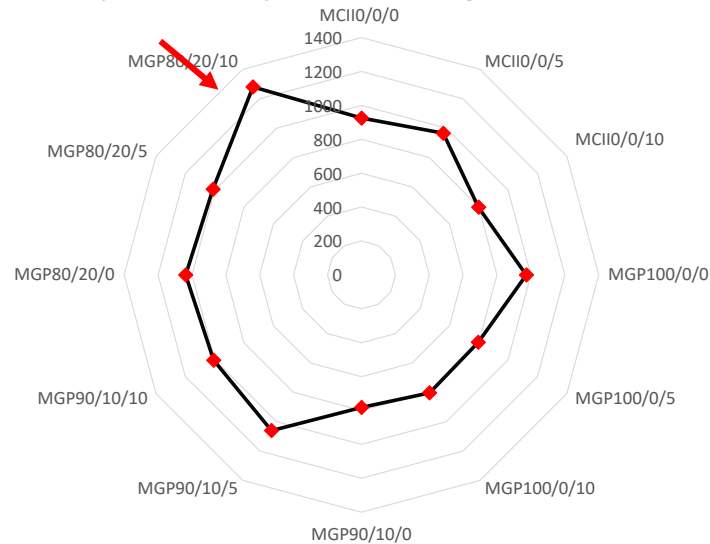
Coefficient de migration de chlorure "Dss" (m/s<sup>2</sup>)



## Critère de choix de la formulation optimale

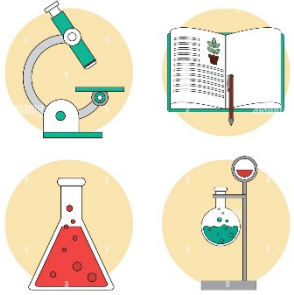
- Résistance en compression
- Module de Young
- Porosité totale
- Ouvrabilité
- Migrations de chlorure
- Capacité thermique

Capacité thermiques calculées(J/kg.K)



## 2/Perspectives

Court terme (cas au niveau du laboratoire)



alamy

- Développement d'une nouvelle méthode de séchage
- Etudier l'effet du rapport E/C du géopolymère pour réduire son retrait de séchage

Moyen terme (échelle du bâtiment)



- Étudier la dégradation des performances tout au long des périodes du cycle de vie

**Limite de l'utilisation du géopolymère ??**

Long terme (valorisation industrielle)



- Fabrication de béton géopolymère-MCPM qui sera valorisé par la société MAGMA

# Merci pour votre attention



**ARTSETMETIERS.FR**

Bouha EL MOUSTAPHA; Contact: [Bouhaelmoustapha@gmail.com](mailto:Bouhaelmoustapha@gmail.com)

**Production scientifique :**

[https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as\\_sdt=0%2C5&q=Bouha+el+moustapha&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Bouha+el+moustapha&btnG=)

## Références

Davidovits, Joseph. 2014. "Alkali Activated Materials Are NOT Geopolymers - Part 1 - YouTube." Retrieved (<https://www.youtube.com/watch?v=3QGUChT0tDs&t=148s>).

DRISSI, Sarra, LING, Tung-Chai, MO, Kim Hung, et al. A review of microencapsulated and composite phase change materials: Alteration of strength and thermal properties of cement-based materials. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019, vol. 110, p. 467-484.

LI, Zongjin, DING, Zhu, et ZHANG, Yunsheng. Development of sustainable cementitious materials. In : Proceedings of international workshop on sustainable development and concrete technology, Beijing, China. 2004. p. 55-76.

MERLIN, Kevin. Caractérisation thermique d'un matériau à changement de phase dans une structure conductrice [online]. B.m., 2016 [vid. 2022-08-26]. These de doctorat. Nantes. Dostupné z: <https://www.theses.fr/2016NANT4004>

VAN DEVENTER, Jannie SJ, PROVIS, John L., DUXSON, Peter, et al. Chemical research and climate change as drivers in the commercial adoption of alkali activated materials. Waste and Biomass Valorization, 2010, vol. 1, no 1, p. 145-155.

SHADNIA, Rasoul, ZHANG, Lianyang, et LI, Peiwen. Experimental study of geopolymer mortar with incorporated PCM. Construction and building materials, 2015, vol. 84, p. 95-102