



# Caractérisations expérimentales des nouveaux matériaux à changement de phase (MCPs)

Rachid Djeflal<sup>\*,a,1</sup>, Mustapha Samai<sup>a</sup>, Zohir Younsi<sup>b,c</sup>, S, M, A, Bekkouche<sup>\*</sup>, Lounes Koufi<sup>b</sup>

<sup>1,\*</sup> Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algérie.

<sup>a</sup> Département Physique, Faculté des Sciences, Université Farhat Abbas-Setif -1.

<sup>b</sup> FURL, Hautes Etudes d'Ingénieur (HEI), LGCgE (EA 4515), Rue de Toul, F-59000 Lille, France.

<sup>c</sup> Univ. Artois, Laboratoire Génie Civil & Geo-Environnement LGCgE- EA 4515, Technoparc Futura, F-62400 Béthune, France.

\*[Djeflal\\_rby@hotmail.fr](mailto:Djeflal_rby@hotmail.fr)

**Résumé**— Cet article s'intéresse essentiellement à la caractérisation expérimentale de trois matériaux de type MCPs. On s'est basé sur un mélange de paraffine avec la graisse du mouton dénommé (MCP-DR) (75 % paraffine et 25 % graisse mouton) et des composites à base animales locales (graisse du chameau et graisse du taureau). Les résultats indiquent clairement l'importance de ces composites en termes de stockage latent. L'utilisation de la calorimétrie à balayage différentielle (DSC Differential Scanning Calorimetry) nous a permis de donner plus de crédibilité à nos résultats. Ceci justifie l'intérêt immédiat de ce type de technologie dans les domaines industriels, notamment le chauffage de l'eau chaude sanitaire, le refroidissement des panneaux PV, ...etc.

**Mots clés**— MCP, Mélange, chameau, taureau, DSC

## I. INTRODUCTION

La diminution significative de la consommation énergétique liée au secteur du bâtiment est un défi prédominant en l'Algérie [1]. Le secteur représente plus que 42 % de la consommation énergétique finale du pays. Plusieurs paramètres liés à l'homme et à son environnement se basent sur des critères nécessaires; le confort des occupants, la gestion efficace de l'énergie et la protection de l'environnement (les accords de KYOTO 1997 [CCNUCC] et de PARIS 2015 [COP21]) [2].

L'incorporation des Matériaux à Changement de Phase (MCP) peut être une solution rentable si on profite correctement de leur grande chaleur latente de changement d'état qui permet de stocker/déstocker une grande quantité d'énergie dans un volume réduit. La présence de ce type de matériau joue le rôle de régulateur de température grâce à sa capacité à stocker et restituer la chaleur de manière déphasée. L'utilisation des MCP pour la climatisation et le chauffage des bâtiments ainsi dans l'industrie, a donné lieu à de nombreux travaux de recherche durant les dernières décennies et on peut trouver les principaux résultats dans plusieurs articles de revue [3-6].

Dans ce travail, nous avons préparé puis caractérisé trois nouveaux matériaux à changement de phase au sein de laboratoire LGCgE "Compus de Lille de l'école de Hautes

Etudes d'Ingénieur, établissement d'un groupe HEI-ISA-ISEN" sous la direction du Professeur Mr: YOUNSI Zohir.

## II. ETUDE EXPERIMENTAL

L'un des problèmes rencontrés est que les fournisseurs de ces matériaux ne donnent que des informations approximatives sur les MCP. L'objectif donc est caractériser et comprendre précisément les phénomènes couplés de thermique et d'hydrodynamique. Après la préparation du matériau en fonction de plusieurs critères dont les plus importants sont la température de fusion et la chaleur latente, la caractérisation thermophysique est réalisée par des méthodes calorimétriques améliorées. La méthode de caractérisation des MCP via des expériences de DSC a été adoptée. L'expérience consiste à mesurer le flux de chaleur reçu par un échantillon lorsque l'on fait varier la température du plateau supportant la cellule qui le contient.

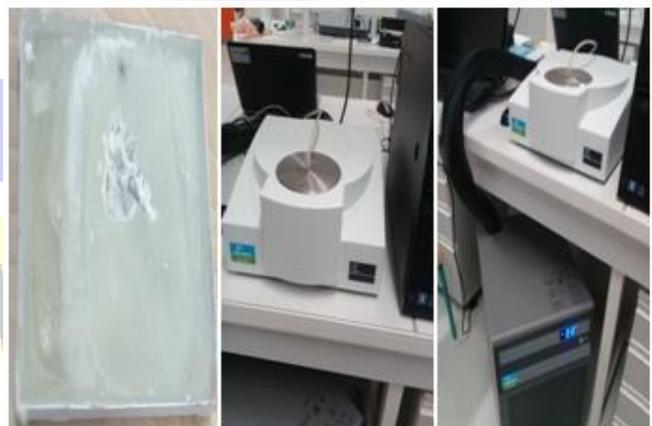


Fig. 1 . Echantillon MCP-DR et la calorimétrie différentielle à balayage (Differential Scanning Calorimetry DSC 6000)



# Le 5<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

## The 5<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2018



Fig. 2 . Préparation et caractérisation du mélange de la paraffine et graisse du mouton acceptable (Résistance; MCP-DR) préparé ; conductivimètre ; bain thermostatique et Montage de caractérisation type méga)

L'évolution de la conductivité thermique est donnée par le tableau 1.

Températures [°C]	Etat du MCP	K [w/(m*k)]
25	Etat solide	0.225 (donnée)
30	Etat solide	0.225 (donnée)
35	Etat solide	0.225 (donnée)
40	Etat solide	0.225 (donnée)
45	Début de fusion	0.215
50	Etat mélangé	0.190
55	Etat mélangé	0.183
60	Etat mélangé	0.178
65	Etat liquide	0.175
70	Etat liquide	0.175

Les propriétés thermo-physiques du MCP étudié sont récapitulées selon le tableau 2.

TABLE III  
LES PROPRIETES THERMO-PHYSIQUES DU MCP ETUDIE

Paramètres	Valeurs
Température de fusion [°C]	43°C - 59°C
Densité (état solide)	920 kg/m <sup>3</sup>
Densité (état liquide)	885 kg/m <sup>3</sup>
Conductivité thermique (état solide)	0.215 w/m/k
Conductivité thermique (état liquide)	0.175 w/m/k
Chaleur latente	180 - 210 kJ/kg
Chaleur spécifique (état solide)	2395 kJ/kg/°C
Chaleur spécifique (état liquide)	2451 kJ/kg/°C

Les figures 3-6 font apparaître le processus de fusion et de solidification du mélange en traçant le flux en fonction de la température. En effet, différentes analyses thermiques pour la solidification du mélange (MCP-DR) ont été effectuées.

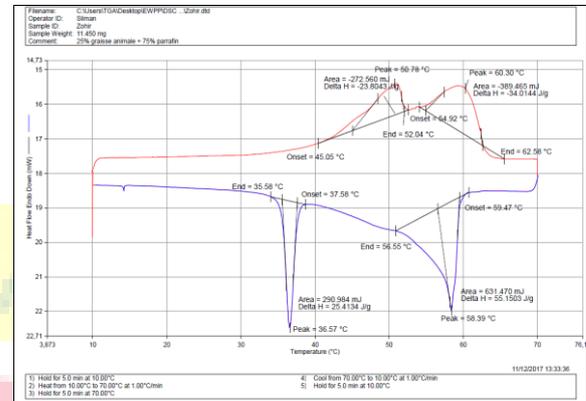


Fig.3. Flux en fonction de la température : Fusion et solidification du mélange (MCP-DR)

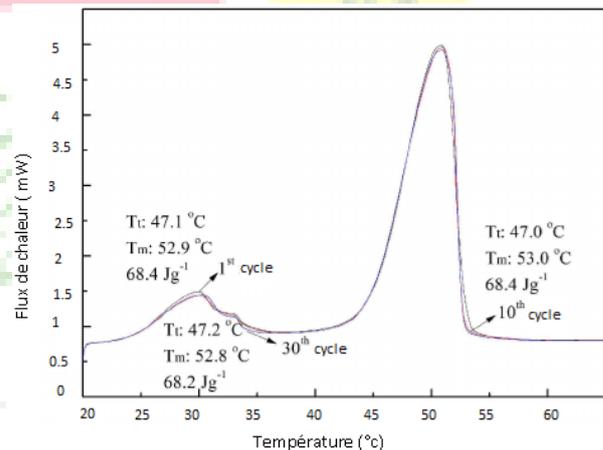


Fig.4. Différentes analyses thermiques pour la solidification du mélange (MCP-DR)

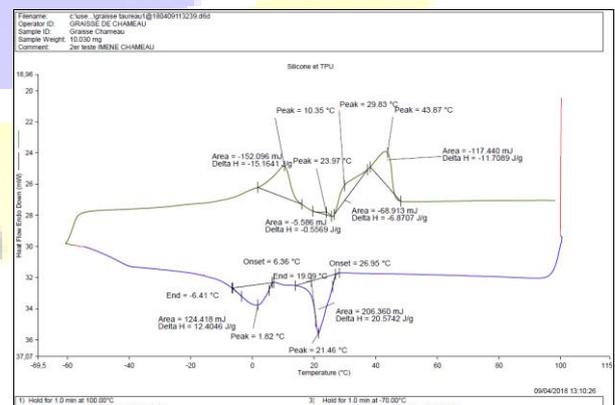


Fig.5. Flux en fonction de la température : Fusion et solidification de la graisse de Chameau

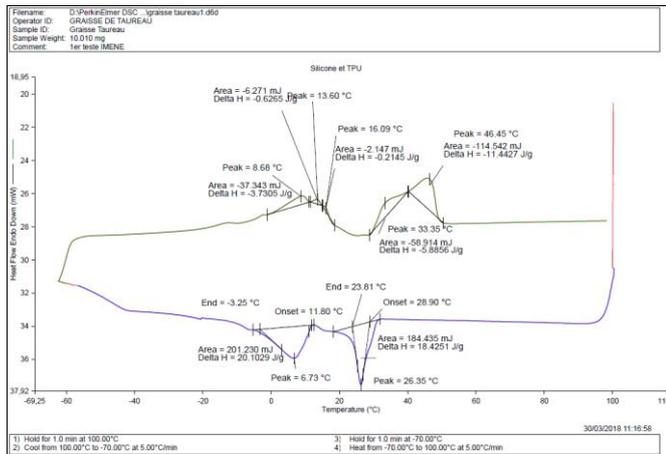


Fig.6. Flux en fonction de la température : Fusion et solidification de la graisse de Taureau

Selon la figure 3, et concernant l'évolution du flux, deux pics apparaissent que se soit pour la fusion (courbe bleu) ou pour la solidification (courbe rouge) de telle sorte que les températures de fusion obtenues sont de l'ordre de 36.57 °C, 59.47 °C. Cependant, le phénomène de solidification découle des températures de fusion de l'ordre de 54.92 °C et 45.05 °C respectivement. Les résultats obtenus représentés sur la figure 3 indiquent certaines anomalies. Ceci s'explique par le fait que le mélange n'est pas homogène et bien mêlé. Contrairement aux résultats indiqués sur la figure 4, le problème a été résolu vu qu'on a pu éviter cette contrainte. Cette démarche nous a permis d'avoir des résultats indicatifs et fort intéressants. La température de fusion attendue est encourageante pour nos futures applications, elle s'élève à environ 47.2 °C.

Les mêmes remarques ont été observées pour la graisse issue de deux animaux (voir les figures 5 et 6). La fusion de la graisse de Chameau a commencé à partir du 26.95 °C, d'autre part, cette température n'a commencé qu'à partir du 28.90 °C pour la graisse de Taureau.

Ces remarques se coïncident fortement avec la réalité. Le Chameau résiste plus qu'un Taureau vu que le phénomène de fusion commence à l'avance pour lui. Ce qui fait qu'il va emmagasiner la chaleur et par la suite il ne va pas l'assentir. Par contre, pour le phénomène de solidification, c'est tout à fait le contraire.

Notre protocole expérimental a été complété par une étude plus approfondie. D'autres testes ont été réalisés sous l'effet de différentes sources de chaleur : 300, 400, 500 et 800 W/m<sup>2</sup>. Les figures ci-dessous (7-10) montrent en temps réel le comportement des températures d'un fluide caloporteur (l'air) à l'intérieur d'une cuve cubique.

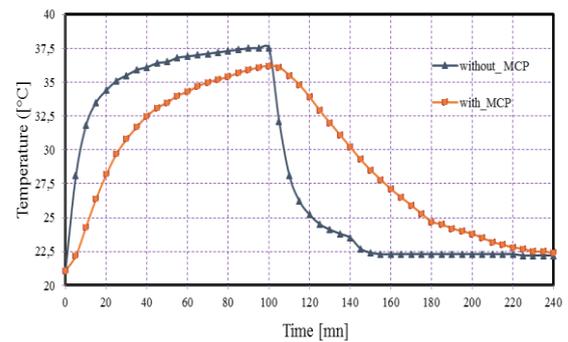


Fig.7. Températures du fluide caloporteur pour une puissance de 300 W/m<sup>2</sup>

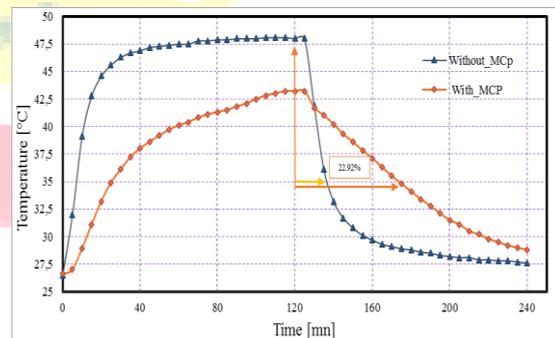


Fig.8. Températures du fluide caloporteur pour une puissance de 400 W/m<sup>2</sup>

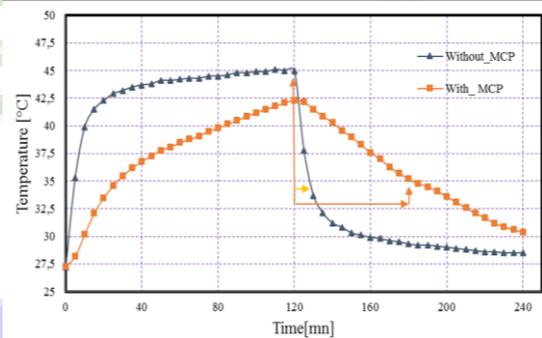


Fig.9. Températures du fluide caloporteur pour une puissance de 500 W/m<sup>2</sup>

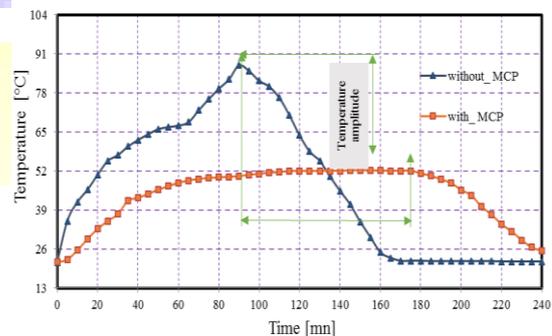


Fig.10. Températures du fluide caloporteur pour une puissance de 800 W/m<sup>2</sup>



## Le 5<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 5<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2018



Faisant suite à ces résultats, il est constaté qu'une augmentation plus rapide des profils des températures s'effectue dans une cuve sans MCP. Le temps découlé lors de ce processus est inversement proportionnel par rapport à la puissance incidente. Contrairement à une cuve munie d'un matériau MCP, l'augmentation des valeurs est progressive et plus lente. Ceci dû au stockage latent invoqué par ce matériau. Plus la puissance augmente plus le stockage est meilleur plus le temps d'emmagasinage de la chaleur est plus important.

#### III. CONCLUSIONS

Dans cette contribution, nous avons mis en évidence l'intérêt de l'utilisation de ces types de matériaux (MCPs) pour la production de l'eau chaude domestique et pour d'autres domaines industriels. Les principales conclusions tirées peuvent être résumées comme suit:

Les résultats expérimentaux prouvent clairement, que les graisses des animaux (Chameaux et Vaches) sont des matériaux prometteurs pour le stockage latent.

Ils favorisent un déphasage convenable et amortissement les fluctuations des températures, donc une meilleure inertie thermique. Les MCPs peuvent être proposés comme solutions efficaces pour l'amélioration de l'efficacité énergétique. Ils

offrent la possibilité de chauffer l'eau hors heures creuses et en tarif bas avec leurs déphasages. Ils permettent par conséquent d'augmenter plus la durée de vie des systèmes et en même temps d'abaisser les émissions du CO<sub>2</sub>. Cette étude peut offrir une nouvelle piste pour les chercheurs, les décideurs et les investisseurs en Algérie. Ces des matériaux intelligents MCPs qui peuvent présenter de nouvelles solutions pour les anciens problèmes.

#### REFERENCES

- [1] Dihia Djefel et al, étude Expérimentale de Nouveaux Composites MCPs, conférence international ; CIER-2014
- [2] R. Djefal et al, Amélioration du confort par l'intégration des matériaux intelligents (MCP), 1st International Seminar on the Apport of the Simulation in Technological Innovation, Ghardaïa (Algeria), March, 07-08-2017.
- [3] [TYA07] Tyagi, V.V., Buddhi, D., PCM thermal storage in buildings: A state of the art, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2007, 11, 1146 – 1166.
- [4] [KHU04] Khudair, A.M., Farid, M.M., A review on energy conservation in building applications with thermal storage by latent heat using phase change materials, Energy Conversion and Management, 2004, 45, 263 – 275.
- [5] [ZHO12] Zhou, D., Zhao, C.Y., Tian, Y., Review on energy storage With Phase Change Materials (PCMs) in building applications, 2012, Applied Energy, 92, 593-605