



FACÉA
GROUP

Livre BLANC

Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés

Qu'est ce que c'est ?

Comment les intégrer dans un bâtiment ?

Pourquoi ne sont-ils pas plus présents dans le domaine de la construction ?

Pourquoi ça contribue à décarboner les bâtiments ?

Quelles sont les solutions techniques proposées par Ai Environnement, gr. FACÉA ?



Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés pour des bâtiments durables

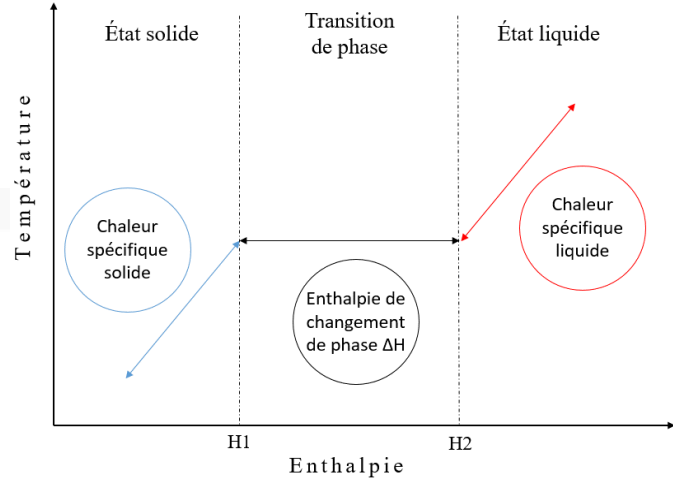
Livre blanc conçu par Ai Environnement – groupe FACÉA

Le principe de fonctionnement

Les Matériaux à Changement de Phase (MCP) stockent une grande quantité de chaleur par une transition de phase physique : la chaleur est stockée par la liquéfaction du matériau.

En devenant liquide, le matériau stocke de l'énergie. Cette énergie est ensuite relâchée lors de la transition inverse : la solidification.

Les MCP sont aujourd'hui utilisés dans divers domaines : transport, médical, bâtiment ...

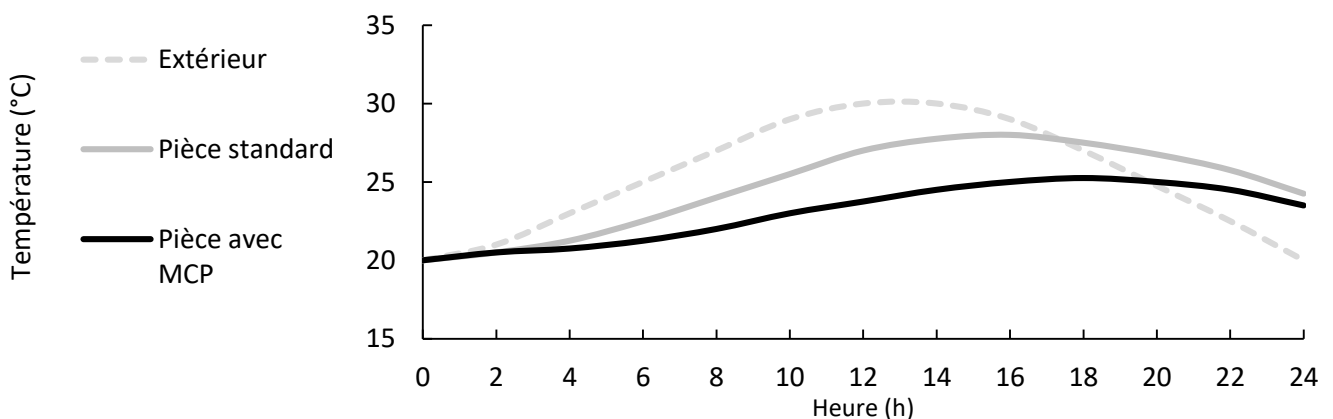


Source : Thèse Damien Mathis, Université LAVAL, 2018 [1]

Les MCP dans le bâtiment

Les MCP permettent d'augmenter la masse thermique des bâtiments, ce qui contribue à leur efficacité énergétique. Diverses stratégies sont possibles :

- En été, les MCP permettent d'absorber les calories diurnes et **d'éviter la surchauffe du bâtiment**, ce qui augmente le confort thermique des usagers. Cela nécessite une ventilation nocturne adaptée qui permet de décharger les calories.
- En saison froide, grâce à leur inertie, ils permettent de stocker de l'énergie solaire pour **réduire la consommation en chauffage**. Cela nécessite de transférer les calories solaires au MCP.
- La transition énergétique, basée sur des énergies renouvelables à production **intermittente**, nécessitera de plus en plus de **stockage énergétique**. Les MCP ont la capacité de **lisser les pics de production et d'optimiser les abonnements électriques**.



Source : Thèse Damien Mathis, Université LAVAL, 2018 [1]

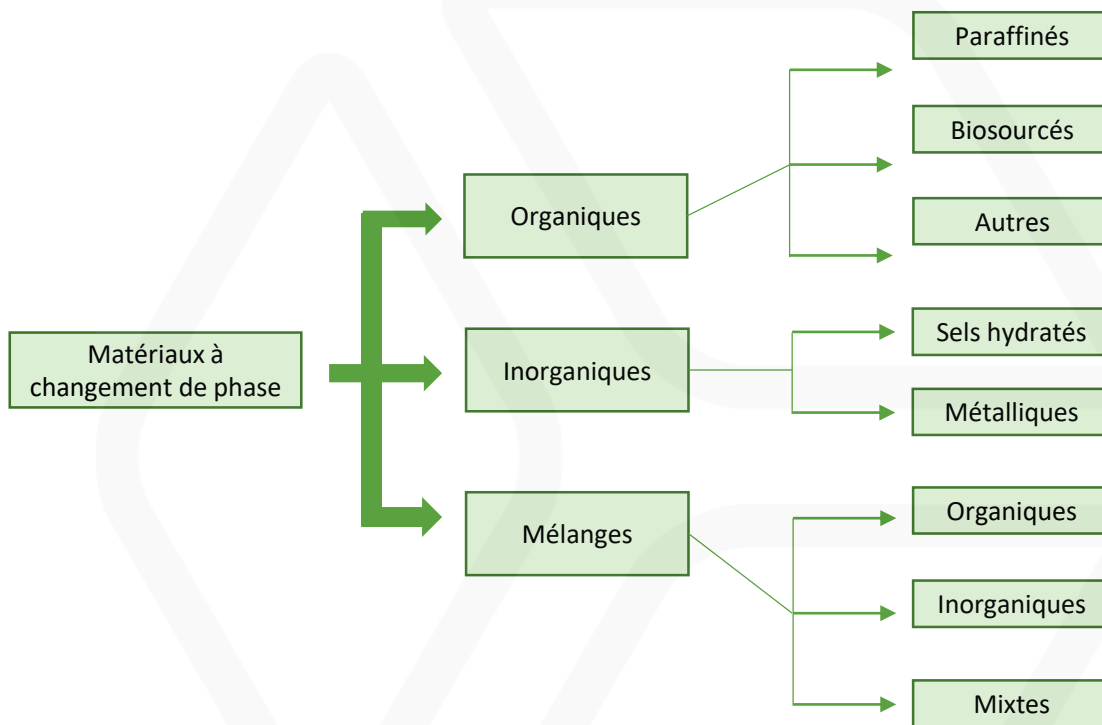


Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés pour des bâtiments durables

Livre blanc conçu par Ai Environnement – groupe FACÉA

Concrètement, c'est quoi un MCP ?

Les MCP regroupent des composés et mixtures de différents profils chimiques. Leur caractéristique commune est de présenter une forte chaleur latente de changement de phase et une température de transition adéquate. Le schéma ci-dessous présente les différents types de MCP existants.



Les MCP organiques biosourcés



Il existe une large gamme de MCP organiques biosourcés qui permettent de concevoir des solutions de faible impact Carbone. Ces mélanges présentent de manière générale des propriétés thermiques satisfaisantes et une bonne stabilité chimique.

L'entreprise Puretemp® par exemple, propose des MCP biosourcés issus de la revalorisation de déchets de l'agroalimentaire.



Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés pour des bâtiments durables

Livre blanc conçu par Ai Environnement – groupe FACÉA



Conditionnement du MCP

Un conditionnement du MCP est indispensable afin de prévenir les fuites quand celui-ci est en phase liquide ainsi que pour le protéger de son environnement. Des matières plastiques sont souvent employées et permettent une grande liberté de formes.

Le conditionnement permet également d'augmenter les caractéristiques thermiques de l'ensemble, sert de barrière ignifuge et nuance les caractéristiques radiatives.

Macro-Encapsulation

Des tubes, des parallélépipèdes, des poches et des sphères de différentes tailles permettent de conditionner le MCP.

Micro-encapsulation

Consiste à former des particules d'une taille comprise entre 1 μm et 1 mm contenant des MCP.



Comment intégrer des MCP aux bâtiments ?

La réussite d'une intégration de MCP dépend de beaucoup de paramètres. La zone climatique, la saison, la température de transition, l'architecture du bâtiment, la localisation dans l'enveloppe et la quantité de MCP intégrée influent sur l'efficacité réelle de cette technologie (Soares et al., 2014).

Les MCP peuvent être intégrés de différentes manières. Les solutions actives sont des solutions qui intègrent une ventilation mécanique ou qui requièrent une action de la part de l'utilisateur. Les solutions passives sont installées dans l'enveloppe et sollicitées uniquement via la variation des conditions environnementales (apports solaires, température ...)

➤ Voie passive

- Dans les plafonds / planchers
- Dans les murs, en panneaux intérieurs ou mixés avec l'isolation
- Dans les vitrages

➤ Voie active

- Dans un système dédié
- Avec l'appui du système de ventilation

Il est aujourd'hui admis que la voie active permet d'obtenir une meilleure performance



Source : Muruganatham, 2010



Source : Mathis, 2018



Source : profilés Cosella Dorken



Source : Kosny et al., 2008





Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés pour des bâtiments durables

Livre blanc conçu par Ai Environnement – groupe FACÉA



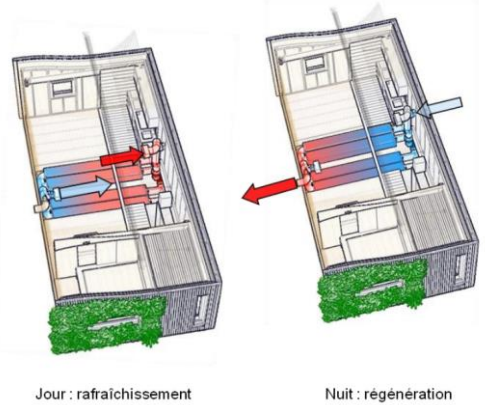
Des projets de recherches

❑ Rénovation par Kuznik [2]



En 2011, Kuznik et al., ont installé des panneaux muraux MCP (Energain®) dans un bâtiment de faible masse thermique sujet à la surchauffe. Deux pièces identiques, avec et sans MCP, ont été instrumentées. Les auteurs ont conclu que la surchauffe du bâtiment était réduite les jours ensoleillés, lorsque la température intérieure de la pièce variait dans la gamme de température permettant de solliciter le MCP. La température des murs, déterminante pour le confort thermique, a été réduite également.

❑ Napévomo [3], [4]



Une équipe de chercheurs dirigée par Philippe Lagièrre a mis au point la maison Napévomo intégrant un échangeur air / MCP situé dans le soubassement de l'édifice. Partie intégrante du système HVAC, ce système a valu à l'équipe de remporter le 1^{er} prix en développement durable et le 2^{ème} prix en conditions de confort au Solar Decathlon de Madrid en 2010. Le MCP a permis de rafraîchir l'édifice moyennant une faible consommation énergétique



Les limites actuelles ?

Si les MCP suscitent un engouement croissant dans la littérature scientifique, les intégrations en conditions réelles sont rares et les solutions commerciales peu nombreuses. Pour cause : cette technologie est complexe et nécessite une intégration minutieusement réfléchie pour permettre de bons résultats. Les bureaux d'études ne sont pas formés à l'intégration de ces nouveaux matériaux. Il faut maintenant des projets démonstrateurs qui prouveront l'efficacité des MCP dans des bâtiments occupés.





Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés pour des bâtiments durables

Livre blanc conçu par Ai Environnement – groupe FACÉA

Des bâtiments en bois de haute efficacité énergétique ?

La construction de bâtiments à ossature bois présente de nombreux avantages. Écologiques et esthétiques, les bâtiments en bois sont en revanche dotés d'une faible masse thermique. Cela nuit à leur efficacité énergétique et c'est pourquoi y intégrer des MCP est particulièrement pertinent.

L'intégration de Matériaux à Changement de Phase permet d'augmenter la masse thermique d'un édifice sans ajouter de contraintes mécaniques structurales, ce qui constitue un atout pour la construction en bois.

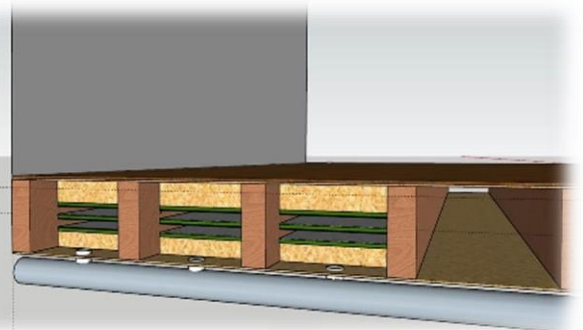


Maisonnettes MCP prototypes Université LAVAL, Québec

La solution proposée par Ai Environnement gr. FACÉA

Un plancher en bois intégrant des MCP biosourcés est actuellement en phase de conception. Son principe : relié au système de ventilation (possiblement double flux), il permet de rafraîchir l'air neuf.

Cela permet un rafraîchissement qui ne nécessite qu'une faible consommation énergétique en comparaison à une climatisation



Plancher bois / MCP développé par Ai Environnement

En collaboration avec l'Université LAVAL au Québec, Ai Environnement conduit des recherches sur les planchers en bois supplémentés de matériaux à changement de phase.



« Au-delà des prototypes qui ont validé la performance de ces matériaux, il faut maintenant lancer des projets qui prouveront l'efficacité des MCP dans des bâtiments occupés »

Damien MATHIS – Docteur des sciences du bois
Responsable R&D chez Ai Environnement



Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés pour des bâtiments durables



Livre blanc conçu par Ai Environnement – groupe FACÉA

Solution 1 : Plancher de haute inertie thermique rafraichissant pour améliorer le confort d'été

Cette solution propose d'utiliser l'inertie thermique du plancher pour stocker le froid nocturne et améliorer le confort d'été estival. Relié au système de ventilation du bâtiment, possiblement à double flux, cette solution pourrait agir en quelque sorte à la manière d'un puits provençal, qui rafraichit l'air neuf. Durant la journée, l'air extérieur, propulsé par le système de ventilation, circule à l'intérieur du plancher, ce qui le refroidit. Il est insufflé dans le bâtiment à l'aide de grilles d'aérations au sol. Puis, l'air est expulsé à l'aide d'une bouche de sortie en hauteur. La nuit, l'air frais extérieur circule de la même manière (avec bypass si double-flux), ce qui permet de refroidir le bâtiment et de stocker de la fraîcheur dans le plancher, via la solidification du MCP.

Pour cette solution, les débits hygiéniques de ventilation sont suffisants. Il faut simplement veiller à ce que le scénario de fonctionnement du système de ventilation inclue une ventilation nocturne estivale. La consommation électrique du système sera largement justifiée par les gains importants en confort thermique permis par ce système.

Solution 2 : Plancher de haute inertie thermique pour stockage de chaleur par vecteur air

La transition énergétique promet de bouleverser le contexte énergétique français. Elle impose de modifier notre mix énergétique en faveur des énergies renouvelables, qui sont caractérisables par leur production intermittente, sujette aux conditions climatiques (vent, soleil). Le recours au stockage d'énergie est alors indispensable pour gérer et lisser les pics de demande et de production. La demande en flexibilité énergétique va grandement s'accroître au fur et à mesure que la part d'énergie renouvelable progresse dans le nouveau mix énergétique.

Dans cette optique, Ai Environnement souhaite développer un plancher de haute inertie thermique, qui soit capable de stocker de la chaleur durant les pics de production : il joue le rôle de tampon thermique. Pour cette solution, le recours au vecteur air permet de profiter directement du système de ventilation / chauffage pour stocker et décharger des calories dans la grande masse thermique du plancher.



Ai ENVIRONNEMENT



Les Matériaux à Changement de Phase biosourcés pour des bâtiments durables



Livre blanc conçu par Ai Environnement – groupe FACÉA

En conclusion

La transition écologique et énergétique implique une adaptation de nos techniques constructives : le monde du bâtiment est en pleine mutation. Le développement du numérique et du BIM, des matériaux biosourcés et de nouveaux systèmes mécaniques performants nous laisse entrevoir un futur moins énergivore et décarboné.

Adaptés aux enjeux à venir, les matériaux à changement de phase biosourcés ont une place de choix dans ce contexte. S'ils ont fait leurs preuves grâce à des projets de recherche, le temps est venu d'entamer la construction de projets qui permettront d'évaluer leur performance en conditions réelles. Des bâtiments pilotes démonstrateurs, permettront d'avoir de plus en plus de recul sur cette technologie, et ainsi parfaire son intégration. Dans ce contexte, Ai Environnement vous propose d'être votre partenaire dans la construction de bâtiments à la pointe de l'innovation technologique.

Plus largement, le groupe FACÉA réunit onze métiers au sein d'une structure unique, constituant ainsi une offre globale d'ingénierie et d'économie dans les domaines de la construction et du développement durable. N'hésitez pas à nous contacter pour obtenir plus d'informations sur notre offre.

facea@faceagroup.com

Références bibliographiques

- [1] Mathis, D. (2019). Développement de nouveaux matériaux de haute inertie thermique à base de bois et matériaux à changement de phase biosourcés.
- [2] KUZNIK, F., VIRGONE, J. & JOHANNES, K. 2011b. In-situ study of thermal comfort enhancement in a renovated building equipped with phase change material wallboard. *Renewable Energy*, 36, 1458-1462.
- [3] Rouault, F. (2014). Système intégré de rafraîchissement d'air pour le bâtiment à base de matériaux à changement de phase.
- [4] EKOMY ANGO, S., BRUNEAU, D., JAUPART, D., SOMMIER, A., & LIZINCZYK, A. (2010). Rafraîchissement d'air passif: Conception-dimensionnement-réalisation d'un échangeur air-matériau à changement de phase.



« L'offre d'ingénierie responsable TCE du groupe FACÉA s'engage sur des projets innovants portés par un pôle R&D en pleine expansion »



Paul-Étienne DAVIER -
Directeur Général Adjoint FACEA, gérant
d'AI Environnement



Ai ENVIRONNEMENT