



## Dossier de presse

5 juillet 2016

© P.Avavian/CEA



**Efficacité énergétique dans le bâtiment**  
**Présentation des projets du CEA-Liten à l'Ines**

**Contacts presse**

Tuline Laeser | [tuline.laeser@cea.fr](mailto:tuline.laeser@cea.fr) | 01 64 50 20 97 – 06 12 04 40 22

**Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**

**Direction de la communication | Service Information Média**

91191 Gif-sur-Yvette | 01 64 50 20 11 | fax : 01 64 50 28 92

# Efficacité énergétique dans le bâtiment

## Présentation des projets du CEA-Liten à l'Ines

Transition énergétique et habitat .....	5
Une plateforme de recherche à toute épreuve.....	6
Des projets pour répondre aux futures normes de construction .....	8
Conception et construction de maisons à énergie positive [Comepos].....	8
Un nouvel outil pour tester l'innovation dans les façades [Fact] .....	10
Des projets pour la rénovation des bâtiments existants.....	11
Un système de rafraîchissement naturel pour l'habitat en alternative à une climatisation [Adiabrics] .....	12
Un enduit isolant à base d'aérogels de silice 2 fois plus performant et tout aussi facile de mise en œuvre [Parex.IT] .....	14
Un nouveau système de ventilation capable de contrôler température et humidité [Reipta].....	14
Rénovation industrielle et modulaire pour l'amélioration du confort et la réduction des consommations énergétiques des bâtiments tertiaires [Rénov'Indus].....	16
Un système de ventilation mécanique par insufflation (VMI) chauffé au solaire [Imvention] .....	17
Développement de modules photovoltaïques innovants [BIPP et Operasol] ....	19



## Transition énergétique et habitat

Actuellement, en France, le bâtiment représente plus de 40 % de la consommation d'énergie finale, devant les transports (25 %) et l'industrie (23 %), et génère, avec 123 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, plus de 20 % des émissions de gaz à effet de serre par an<sup>1</sup>. Face à cet enjeu, différentes réglementations ont été mises en place, pour limiter ces rejets et inciter à construire des bâtiments économes. Les proportions d'énergie et de gaz à effet de serre dues aux consommations des bâtiments sont telles que les politiques activent tous les moyens possibles pour promouvoir la sobriété énergétique et le recours aux énergies renouvelables dans ce domaine.

En France, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, publiée au Journal Officiel le 18 août 2015, fixe, dans le domaine du bâtiment, les objectifs suivants :

- l'accélération de la rénovation énergétique des logements avec « 500 000 rénovations lourdes de logements par an » ;
- le renforcement des « performances énergétiques des nouvelles constructions » avec un objectif de 100 % de bâtiments basse consommation en 2020.

Ainsi, des politiques volontaristes de subventions à la rénovation, à l'achat d'équipements de chauffage performants et à l'intégration de sources renouvelables (soleil, géothermie, biomasse), se succèdent, alors que des réglementations thermiques plus exigeantes sont imposées pour la construction neuve.

C'est dans ce contexte que le CEA a été missionné pour réaliser des recherches, en collaboration avec des industriels et des partenaires académiques, sur la rénovation et l'implémentation d'une gestion efficace de l'énergie d'un bâtiment, voire d'une ville. C'est pourquoi, afin d'amplifier les efforts de R&D sur la performance énergétique des bâtiments, le CEA s'appuie sur une équipe et une plateforme, baptisée INCAS, au sein de l'Institut national de l'énergie solaire (Ines)<sup>2</sup>, qu'il a constituées il y a dix ans.

Fort de ses équipes du CEA-Liten, l'Ines travaille activement sur l'efficacité énergétique des bâtiments du futur, à partir de la réglementation RT2012<sup>3</sup>.

Les projets menés ont notamment pour objectif d'optimiser la performance thermique et la consommation énergétique en répondant aux enjeux suivants :

---

<sup>1</sup> Cf « Rénover les bâtiments » : grands axes de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

<sup>2</sup> Institut national de l'énergie solaire, campus au Bourget du Lac regroupant CEATech, le CNRS, le CSTB, l'université Savoie Mont-Blanc et Ines plateforme formation et évaluation.

<sup>3</sup> La réglementation RT2012, prévue par le Grenelle Environnement, a pour objectif la mise en place d'une référence dans la construction neuve avec une valeur plafond pour la consommation des bâtiments de 50 kWhep/(m<sup>2</sup>.an), valeur moyenne du label « bâtiments basse consommation » (BBC).

- l'enveloppe du bâtiment (isolation thermique notamment) ;
- les cinq usages (chaleur, eau chaude sanitaire, ventilation, climatisation, éclairage) ;
- la gestion automatisée de l'énergie ;
- l'intégration des énergies renouvelables.

Cette recherche de performance et d'efficacité dans la consommation d'énergie du bâtiment ne doit pas faire perdre de vue l'objectif premier d'un logement : confort. L'isolation doit en effet être très efficace mais cela ne doit pas être fait au détriment de la qualité de l'air intérieur de l'habitation. En effet, la problématique du confort d'été a émergé avec l'évolution des performances du bâti. L'enjeu est d'assouvir le besoin en un minimum d'énergie.

Cette thématique est appréhendée par les équipes de l'Ines à travers des solutions passives qui jouent sur le couplage inertie et stratégie de ventilation naturelle, la gestion des protections solaires et des ouvrants ou qui mettent en œuvre des matériaux à changement de phase.

En complément des solutions actives sont développées comme la surventilation et le rafraîchissement adiabatique par humidification indirecte.

## Une plateforme de recherche à toute épreuve

A ce jour, une cinquantaine de chercheurs exploitent la plateforme expérimentale Incas constituée d'outils de tests de façades, de bancs de tests pour équipements de chauffage, de ventilation, de production d'eau chaude sanitaire, des toitures expérimentales, et même de quatre maisons instrumentées de 100 m<sup>2</sup> où la présence d'occupants est simulée par l'activation de scénarios : le chauffage, l'ouverture de fenêtres, le puisage d'eau...



*L'Ines et la plateforme Incas au Bourget du Lac © P.Avavian/CEA*

Les recherches menées grâce à ces équipements sont de trois natures :

- le développement de modèles numériques validés expérimentalement en conditions contrôlées ;
- la comparaison entre des sous-ensembles de bâtiment (façades, fenêtres, bardages, enduits, stratégie de ventilation, systèmes d'occultation, équipements de chauffage, de ventilation, etc.), voire des modes de construction différents (les quatre maisons étant différentes de ce point de vue) ;
- le développement, le test et la validation d'équipements innovants développés en relation avec des partenaires industriels.

La plateforme compte plus de 20 partenaires industriels, dont des groupes internationaux. La durée moyenne des projets s'étale de 2 à 3 ans. Ceux-ci visent un compromis optimal entre performance énergétique et objectifs de qualité des environnements intérieurs.

Cette plateforme est virtuellement étendue par le biais d'autres bâtiments expérimentaux ou démonstrateurs situés sur le territoire national, également équipés de capteurs de mesure.

Les équipes de l'Ines peuvent également compter sur le gisement d'innovations et de compétences des quelques 4 000 autres chercheurs de CEA Tech, pôle « recherche technologique » du CEA, dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, des matériaux, des semi-conducteurs, des réseaux électriques et thermiques, et de l'énergie en général.

## Des projets pour répondre aux futures normes de construction

### Conception et construction de maisons à énergie positive [Comepos]

Les nouvelles normes de construction de bâtiments à énergie positive (Bepos<sup>4</sup>), généralisées pour 2020, nécessitent que l'ensemble des acteurs de la chaîne se coordonnent. C'est l'un des objectifs du projet Comepos : Conception et construction de maisons optimisées à énergie positive.

Coordonné par le CEA, ce projet regroupe 22 partenaires, dont de nombreux industriels, pour développer un concept de maison individuelle à énergie positive et démontrer sa faisabilité sur 25 bâtiments habités et subissant différents climats dans toute la France : 10 à construire en 2016 avec des technologies existantes et 15 en 2018.

Le CEA, partenaire du projet, a pour objectif l'intégration des systèmes innovants. Il pilote :

- l'évaluation et les choix des composants technologiques innovants d'enveloppe, de systèmes à installer et leur modalité d'intégration ;
- la coordination des partenaires industriels impliqués.

Le CEA est également en charge d'assurer une circulation efficace des informations parmi les partenaires afin de faciliter la valorisation des résultats et de communiquer auprès des acteurs du marché.

Aujourd'hui la filière « construction de maisons » pèse 30 milliards d'euros par an, dont environ 15 milliards pour les industriels et partenaires fournisseurs. Un autre objectif du projet est de caler une



*Construction en région PACA d'une maison à énergie positive dans le cadre du programme COMEPOS © Mas Provence*

<sup>4</sup> Un bâtiment à énergie positive (Bepos) produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Cette différence de consommation est considérée sur une période d'un an.

réglementation à venir sur des capacités technologiques réelles, ainsi que sur des faisabilités opérationnelles testées.

Les caractéristiques d'une maison à énergie positive, basées sur l'utilisation de technologies déjà commercialisées, sont :

- une enveloppe de la maison particulièrement bien isolée pour diminuer la consommation d'énergie de chauffage ;
- une orientation et un agencement adéquats pour profiter au maximum des apports solaires en hiver ;
- des systèmes de chauffage, de ventilation et de production ECS (eau chaude sanitaire) performants afin de limiter au maximum leurs consommations énergétiques ;
- une production d'eau chaude sanitaire grâce à un chauffe-eau solaire ;
- une installation de panneaux solaires photovoltaïques et de petites éoliennes pour produire l'électricité utilisable en autoconsommation.



*Détail de la maison construite en région PACA d'une maison à énergie positive dans le cadre du programme COMEPOS © Mas Provence*

## Un nouvel outil pour tester l'innovation dans les façades [Fact]

Le principe des mesures expérimentales sur bâtiments tests répond à un double objectif : évaluer la performance énergétique de composants non traditionnels et faire le lien entre la recherche sur les éléments de façade et le monde réel de la construction. Un exemple type de tests concerne les façades adaptatives qui ont la capacité de modifier leurs propriétés thermo-physiques (comme la transmission de rayonnement et de la lumière) en temps réel en réponse à un changement des conditions climatiques ou aux besoins des occupants.

Dans ce contexte, Fact (FACade Tool), nouveau bâtiment expérimental en construction sur la plateforme Incas à l'Ines, va permettre d'évaluer des éléments de façade innovants exposés à des conditions climatiques réelles et à l'échelle un. Ce nouvel outil a été conçu pour être flexible : il propose une grande variété de mesures sur des composants transparents ou opaques, légers ou lourds. Des parois de différentes épaisseurs et hauteurs peuvent être testées en modifiant la géométrie interne de la structure. Les points forts de Fact sont la possibilité de réaliser des tests sur une façade de grande dimension représentative d'un grand nombre d'applications potentielles avec la possibilité de faire des mesures de performance énergétique, lumineuse et acoustique mais aussi de confort visuel, de qualité de l'air intérieur et de confort thermique.

Fact a une surface au sol de 7,8 x 9,8 m<sup>2</sup> et une hauteur de 8,3 m. L'intérieur est configurable à façon et l'outil peut accueillir jusqu'à 10 cellules de test indépendantes ou constituer un unique espace de test. Cette liberté d'action est rendue possible grâce à une ossature métallique mobile et démontable.



© CEA

## Des projets pour la rénovation des bâtiments existants

En France, une des priorités concernant le secteur du bâtiment porte sur la rénovation thermique du parc existant. Au rythme du renouvellement du parc immobilier, les bâtiments anciens (antérieurs à l'apparition des premières réglementations thermiques) seront encore présents dans les décennies à venir.

Si la réglementation est moindre sur les bâtis anciens, les enjeux sont au moins aussi importants que pour les constructions neuves. C'est pourquoi, les ingénieurs-chercheurs de l'Ines travaillent également à la mise au point de solutions adaptables aux maisons d'habitation ou bâtiments d'activité tertiaire dans le but d'éviter les déperditions de chaleur et ainsi limiter les consommations d'énergie tout en garantissant une bonne qualité de l'air et de vie en général.

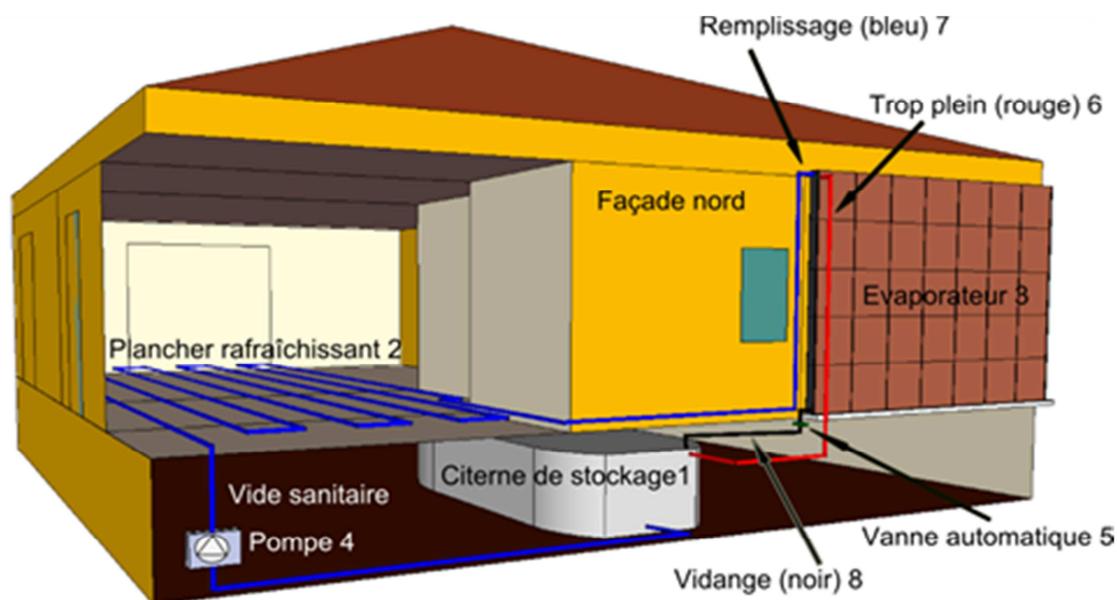


*Zone INCAS - Maison briques creuses isolées et enduit isolant aérogel © P. Avavian / CEA*

## Un système de rafraîchissement naturel pour l'habitat en alternative à une climatisation [Adiabrics]

Dans le cadre d'un partenariat avec un constructeur de maisons individuelles, le Liten a développé un système de rafraîchissement qui consomme le moins d'énergie possible. Ce système est constitué principalement par deux éléments :

- un réservoir poreux (l'évaporateur) réalisé à partir de grandes briques creuses en terre cuite positionnées à l'extérieur, en parallèle du mur nord de la maison ;
- un réservoir de stockage en plastique souple positionné dans le vide sanitaire de l'habitation.



Le système s'adapte et se relie aux échangeurs de chaleur déjà en place dans la maison (radiateur, plancher chauffant...). L'évaporateur (réservoir poreux), permet de refroidir l'eau qu'il contient lorsqu'il est rempli grâce à l'évaporation. En effet, une petite partie de l'eau du réservoir, traversant les pores de la terre cuite, va atteindre la surface extérieure et s'évaporer à l'air libre. Ce processus endothermique va refroidir le réservoir et l'eau qu'il contient. Le réservoir souple installé dans le vide sanitaire se refroidit simplement par contact direct avec le sol.

L'originalité de ce système réside dans :

- l'utilisation de sources de froid connues mais généralement très peu exploitées que sont l'évaporation et l'inertie du sol,
- son utilisation minimaliste d'énergie auxiliaire pour le faire fonctionner. En effet la seule consommation électrique réside ici dans l'utilisation de la pompe pendant les périodes de rafraîchissement.

Le système a été testé à échelle réelle et a montré de bonnes performances. Sur 45 jours de fonctionnement en maison individuelle, le système a évacué environ 300 kWh de chaleur permettant de maintenir une température intérieure toujours inférieure à 27,5°C avec un COP moyen de 24.



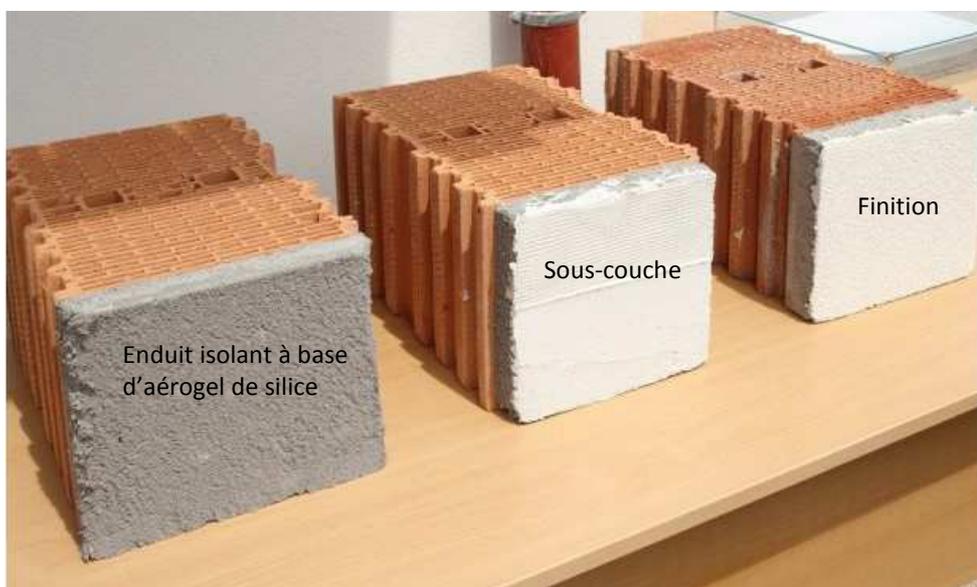
© CEA

## Un enduit isolant à base d'aérogels de silice 2 fois plus performant et tout aussi facile de mise en œuvre [Parex.IT]

Parmi les solutions étudiées pour limiter la déperdition de chaleur dans l'habitat, les équipes de l'Ines travaillent à la mise au point d'un enduit isolant innovant basé sur les aérogels de silice. La mise en œuvre repose sur l'application de l'enduit sur la surface extérieure du bâtiment afin de réaliser un revêtement isolant thermiquement. Il peut être utilisé pour isoler aussi bien les bâtiments anciens que nouveaux.

Cet enduit à base d'aérogel de silice a une conductivité thermique de  $0,027 \text{ W/(m.K)}$  ce qui le rend au moins deux fois plus performant que les autres enduits isolants actuellement sur le marché. En outre, avec une densité d'environ  $120 \text{ kg/m}^3$ , il constitue un isolant très léger. Il est appliqué par projection sur la surface extérieure du bâtiment (de la même manière que pour appliquer les enduits classiques). Cette méthode d'application, simple et efficace, est très importante pour faciliter la réhabilitation thermique du bâtiment.

La consommation énergétique due au chauffage pourrait être diminuée jusqu'à 50 % en appliquant juste quelques centimètres d'épaisseur de ce revêtement sur la surface du mur extérieur des bâtiments anciens. En outre, le confort thermique des occupants (en hiver) pourra être considérablement amélioré en raison de températures de parois plus élevées au niveau de la surface interne.



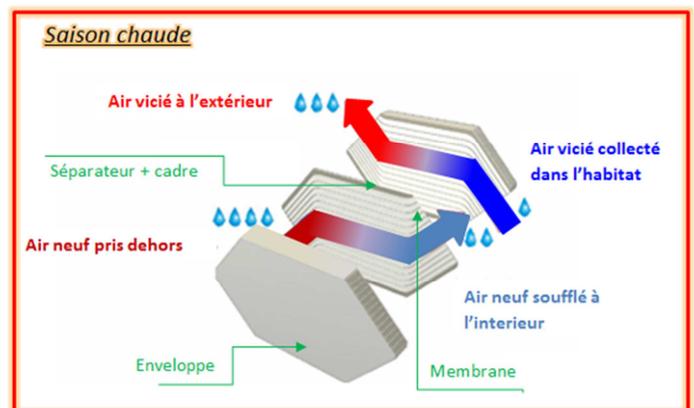
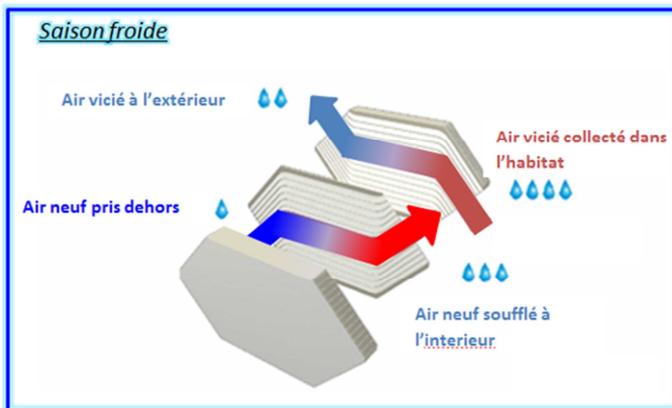
© CEA

## Un nouveau système de ventilation capable de contrôler température et humidité [Reipta]

Un système d'échangeur-récupérateur enthalpique, installé au niveau de la ventilation (VMC double flux), permet de récupérer de l'énergie sous forme de chaleur entre l'air vicié après son passage dans l'habitat et l'air neuf récupéré à l'extérieur de l'habitat.

Les systèmes enthalpiques agissent sur les deux composantes majeures du confort thermique dans l'habitat, à savoir, la température et l'humidité. En hiver, l'air neuf prélevé à l'extérieur est préchauffé et humidifié avant d'être injecté à l'intérieur. En été, il est rafraîchi et déshumidifié. Mettant en œuvre des membranes perméables à la vapeur d'eau et imperméables à l'air et à l'eau liquide, cette technologie rend possible simultanément :

- le transfert d'énergie sensible, si un gradient de température existe entre les deux flux d'air : l'air chaud va céder de l'énergie pour réchauffer l'air froid ;
- le transfert de vapeur d'eau, si un gradient de concentration de vapeur d'eau existe entre les deux flux d'air : l'énergie contenue dans la vapeur d'eau est récupérée par la ventilation afin de réhumidifier l'air sec.



Cet échangeur enthalpique, configuré pour un écoulement de l'air à contre-courant, est un empilement de membranes et de séparateurs de membrane. Ces dernières années, plusieurs projets ont été menés et sont en cours dans cette thématique, autant d'un point de vue numérique qu'expérimental et plusieurs brevets ont été déposés sur ces technologies d'échangeur. Les résultats obtenus montrent toute la pertinence de cette technologie pour la ventilation des bâtiments, la récupération d'énergie et l'amélioration du confort thermique. Une des technologies brevetées a permis notamment de réduire le volume de l'échangeur par trois, par rapport à un appareil conventionnel, à performance et perte de charge équivalente. Dans le cas, où le volume reste constant, les puissances mises en jeu sont améliorées de 40 %, tout en gardant des pertes de charge dans un ordre de grandeur acceptable.



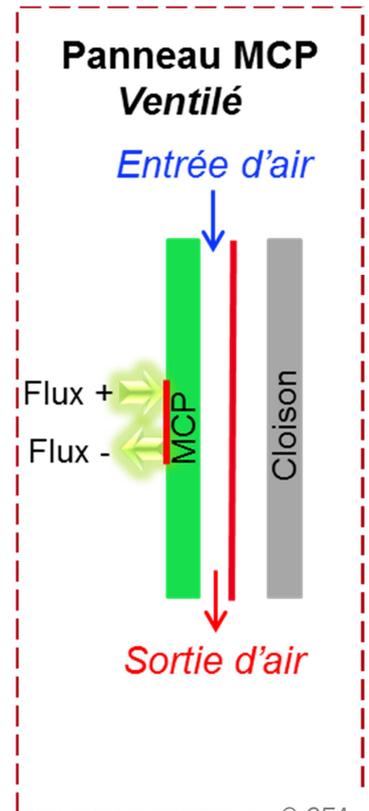
## Rénovation industrielle et modulaire pour l'amélioration du confort et la réduction des consommations énergétiques des bâtiments tertiaires [Rénov'Indus]

Le projet Rénov'Indus consiste à proposer une solution de réhabilitation par l'intérieur, industrialisée, modulaire et réversible, appliquée au domaine tertiaire et permettant de viser des objectifs énergétiques équivalents au niveau réglementaire exigé pour les bâtiments neufs.

Il s'agit d'appliquer le principe de « la boîte dans la boîte », c'est-à-dire de proposer une solution, sans interaction avec le bâti existant, permettant par exemple la rénovation d'un bureau, qui soit totalement réalisé en usine et monté sur site dans un temps très court. Cette solution permet de s'affranchir de :

- la nécessité de prévoir une solution de relogement provisoire,
- la nécessité de traiter le désamiantage,
- la mise en place d'une ventilation centralisée tout en garantissant des conditions de confort optimales et en minimisant les consommations énergétiques.

L'isolation est réalisée en disposant une double fenêtre et un panneau constitué d'un isolant sous vide sous la fenêtre. Les conditions de confort sont obtenues en installant au niveau des cloisons intérieures des panneaux incorporant de matériaux à changement de phase, activées avec un système de ventilation optimisé. L'intégration de matériaux à changement de phase<sup>5</sup> (MCP) permet de réguler les températures de parois qui influent sur la température ressentie par l'occupant au même titre que la température de l'air. Ainsi, en été, grâce à la ventilation nocturne de la paroi, les températures de surface sont plus fraîches la journée. En hiver, les MCP n'ont pas d'influence. Enfin, il s'agit de piloter le fonctionnement de l'ensemble, incluant notamment un store capable de gérer les problèmes de surchauffe et d'éblouissement tout en optimisant le confort d'été.



© CEA



© CEA

<sup>5</sup> Matériau capable de changer d'état physique dans une plage de température restreinte.

## Un système de ventilation mécanique par insufflation (VMI) chauffé au solaire [Invention]

Les ingénieurs-chercheurs de l'Ines travaillent depuis quelques années avec Ventilairsec, entreprise Nantaise, concepteur de la Ventilation Mécanique par Insufflation (VMI®). Contrairement à la Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC), qui renouvelle l'air des bâtiments par extraction, la VMI® insuffle de l'air neuf en un ou plusieurs points du bâtiment. L'un des avantages de ce principe est de pouvoir traiter globalement l'air neuf entrant, à la fois d'un point de vue de la qualité de l'air intérieur (en filtrant les pollutions extérieures), que d'un point de vue thermique (en préchauffant l'air entrant). Jusqu'à présent, ce préchauffage d'air se faisait à l'aide de résistances électriques. Aujourd'hui, l'Ines et Ventilairsec tentent de substituer cette source d'énergie électrique par des sources potentiellement renouvelables. Par exemple, pour le climat de Nantes, la part d'énergie solaire serait de 40 à 55% dans le préchauffage de l'air sur l'année, selon le type et le nombre de capteurs à air, utilisés en direct.

Des actions de recherche et développement, sur différents composants et leur intégration, sont structurées autour de deux voies de chauffage possibles :

- Par voie aéraulique, en couplant directement la VMI® à des capteurs solaires à air ;
- Par voie hydraulique, en couplant la VMI® à un échangeur air/eau. Cet échangeur peut ainsi être alimenté par un circuit de chauffage classique ou par un système solaire thermique par exemple.



© CEA



## Développement de modules photovoltaïques innovants [BIPP et OPERASOL]

En plus de l'importance du rendement énergétique et de la fiabilité des modules photovoltaïques, tout en favorisant une baisse des coûts de fabrication, les ingénieurs chercheurs de l'Ines tentent de répondre à des enjeux liés au développement des modules innovants « à façon » pour des applications spécifiques.

Deux projets d'intégrations différentes sont actuellement à l'étude :

- des modules bifaces pour améliorer les performances et envisager des applications multiples pour le bâtiment : à la verticale pour les façades et les balcons, à l'horizontale ou en orientation inclinée pour les toitures et verrières. Le caractère biface permet d'augmenter le rendement du module en tirant profit de l'éclairage en face arrière issu des réflexions provenant de l'environnement ou de surfaces diffusantes

En particulier, le projet BIPPP vise au développement d'une technologie de modules photovoltaïques biface à un coût équivalent à celui des modules monoface.

Les premiers modules installés et monitorés en continu depuis avril 2015 au CEA ont démontré un gain moyen en rendement de plus de 25 % par rapport à des modules monoface. La maîtrise du coût est obtenue grâce aux optimisations réalisées sur l'intégralité de la chaîne matériau/cellule/module/système.

- des modules légers pour couvrir les toitures de bâtiments qui n'acceptent pas le poids surfacique des modules standards (12 kg/m<sup>2</sup>), tels que les bâtiments logistiques et de grandes surfaces commerciales, ou encore les tentes.

En particulier, dans le cadre du projet OPERASOL, les chercheurs ont développé un module photovoltaïque rigide, robuste et de poids surfacique inférieur à 4 kg/m<sup>2</sup> (contre 10 à 12 kg/m<sup>2</sup> pour un module classique) grâce à l'introduction de matériaux composites préimprégnés en lieu et place du verre. Les premiers démonstrateurs ont été installés en mars 2016 sur une tente du camp militaire de Canjuers.



© CEA



© DGA



[www.cea.fr/presse](http://www.cea.fr/presse)

**Contact presse**

Tuline Laeser | [tuline.laeser@cea.fr](mailto:tuline.laeser@cea.fr) | 01 64 50 20 97

**Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**

**Direction de la communication | Service Information Média**

91191 Gif-sur-Yvette | 01 64 50 20 11 | fax : 01 64 50 28 92