

# 1 000 m<sup>2</sup> de panneaux hybrides pour le lycée de Carquefou

Le programme du nouveau lycée de Carquefou (Loire-Atlantique) a suivi une démarche HQE. L'obtention d'un label Bepos Effinergie 2013 est visée, en ayant recours à trois types différents de panneaux solaires.

Le lycée de Carquefou près de Nantes a ouvert ses portes à la rentrée 2017. «Lors du concours, l'obligation était d'être Bepos tous usages. Avec l'agence d'architecture forma<sup>6</sup>, nous avons fait une proposition de production d'énergie à 100 % renouvelable qui a été retenue par la maîtrise d'ouvrage, la Région des Pays-de-la-Loire. Au départ, l'idée était de chauffer l'eau avec des Pac et en appoint une chaudière à granulés de bois. Une surface de 1 500 m<sup>2</sup> de panneaux solaires



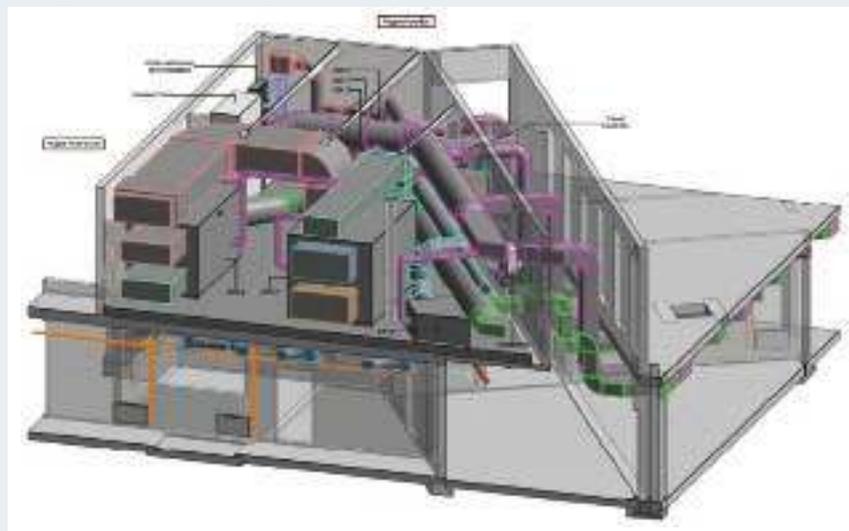
Maquette Bim fluides réalisée par Egis sur Revit - © forma<sup>6</sup>.

Trois types de panneaux solaires ont été utilisés en toitures-terrasses et en verrière.

photovoltaïques en toiture était prévue pour compenser les consommations électriques. Comme il fallait refroidir les cellules des panneaux afin d'améliorer leur rendement, nous sommes partis sur une

technologie de panneau hybride permettant de récupérer cette chaleur pour l'eau chaude», explique Jérôme Diot, directeur Développement Durable et Énergie chez Egis. Dès la phase APD en 2014, le bureau d'études a effectué un bilan avec des calculs Bepos Effinergie 2013. La consommation énergétique a été estimée à 53 kWhep/m<sup>2</sup>.an, à comparer au seuil de la RT 2012 à 66,7 kWhep/m<sup>2</sup>.an. En face, la production d'énergies renouvelables est estimée à 60,8 kWhep/m<sup>2</sup>.an avec pour le chauffage 80 % de la chaleur fournie par les Pac et 20 % par le bois énergie. La production d'ECS devrait être couverte entièrement par le solaire thermique des panneaux hybrides. La production solaire PV vient compenser les différents besoins en électricité des équipements, de l'éclairage, de l'informatique et bureautique, etc. Les panneaux hybrides retenus sont ceux du fabricant français DualSun, avec un refroidissement à eau. Ce produit innovant bénéficiait de retours de production réelle de chaleur sur des premières installations en maisons individuelles. Les travaux ont duré sur deux années avec comme entreprise générale Sogea (groupe Vinci) et comme installateur le chauffagiste Pineau.

## Maquette numérique Bim



Maquette Bim fluides réalisée par Egis sur Revit - © Egis.

La démarche Bim, non demandée au stade du concours par la maîtrise d'ouvrage, a fait l'objet d'une proposition de la maîtrise d'œuvre pour être développée à compter de la phase APS. En effet, le bureau d'études Egis était déjà équipé avec Revit et opérationnel en Bim. La maquette numérique est particulièrement précieuse pour concevoir et visualiser en 3D les locaux techniques avec leurs réseaux. Son usage permet d'éviter les problèmes sur chantier et sa lecture immédiate des formes aide à expliquer au maître d'ouvrage et aux architectes la nécessité de laisser de la superficie aux locaux techniques, de la hauteur aux faux-plafonds, etc. Si les architectes travaillent avec ArchiCad, l'entreprise générale Sogea a aussi utilisé Bim Revit. Egis a réalisé la maquette numérique pour la consultation et Sogea a pris en charge la maquette livrée à la Région pour l'exploitation du bâtiment.

## Trois types de panneaux PV

Sur le projet cohabitent plusieurs types de panneaux photovoltaïques. Outre le champ de 1 037 m<sup>2</sup> de panneaux hybrides DualSun, le hall d'entrée est coiffé d'une verrière photovoltaïque et la toiture-terrasse de l'internat porte environ 500 m<sup>2</sup>



1



2

© forma6 - Photos : Patrick Miara



3

- 1 Le lycée a ouvert ses portes à la rentrée 2017. Il accueille 900 élèves (avec une capacité extensible à 1 000 élèves).
- 2 Les façades à structure béton sont isolées par l'extérieur avec bardage métallique ou bois.
- 3 Le grand hall d'entrée est protégé par une verrière photovoltaïque de 150 m<sup>2</sup> sous ATEEx.

de panneaux PV classiques. «*Nous avons deux craintes concernant la technologie hybride de DualSun, la surchauffe en été et le rendement thermique réel. Concernant le risque de surchauffe, il existe une autorégulation du panneau hybride à 80 °C. Comme le panneau est peu isolé sur sa face arrière, il rayonne et ne surchauffe pas. Concernant le rendement thermique, DualSun a pu établir à partir de ses premières réalisations en maisons individuelles des courbes de températures en fonction de l'ensoleillement. Ces données nous ont permis de modéliser le fonctionnement de l'installation et de savoir estimer son rendement à partir des données météo*», confie Jérôme Diot.

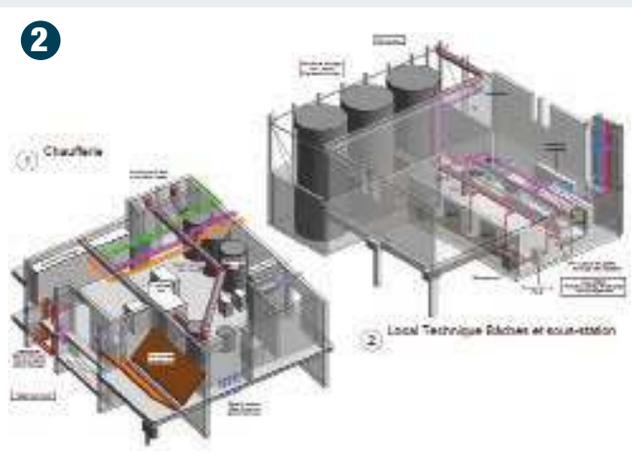
Les calories du solaire thermique sont envoyées à l'évaporateur des Pac. Deux Aquaciat de puissance 100 kW chauffent les bâtiments. Comme l'ensoleillement est en journée et le chauffage plutôt la nuit, trois bâches verticales (3 x 60 m<sup>3</sup>, soit 3 x 60 000 l) en vide sanitaire servent au stockage. L'une est sur le circuit froid et les deux autres stockent à basse température des calories sur le circuit d'eau chaude durant la journée afin de les restituer la nuit. Ce système permet au lycée d'être autonome en chauffage en plein

hiver au moins pendant une semaine. Au départ, le bureau d'études Egis envisageait d'envoyer directement l'eau chauffée au solaire dans les bâches de stockage mais finalement la température de l'eau préchauffée, qui ne dépasse pas 35 à 40 °C, est relevée avec les Pac vers 45 à 50 °C. Même en plein hiver, la température moyenne de l'eau préchauffée demeure entre 10 et 15 °C, ce qui garantit un très bon rendement aux Pac. La

chaudière bois de 300 kW vient en appoint de chaleur avec deux ballons tampons de 2 000 litres qui optimisent les cycles de la chaudière. Pour l'ECS nécessaire aux douches de l'internat, aux lavabos et au restaurant, le même principe est appliqué avec les calories des capteurs hybrides qui sont envoyées à l'évaporateur des deux Heliopac à haute température eau/eau, d'une puissance de 11 kW chacune.

### Panneaux hybrides à refroidissement par eau

Créée fin 2010 à Marseille par le duo d'ingénieurs Jérôme Mouterde et Laetitia Brottier, la société DualSun s'est spécialisée dans le développement de panneaux solaires hybrides. L'approche générale est de préchauffer l'eau et au passage de refroidir les cellules photovoltaïques afin d'améliorer le rendement de la production électrique. «*Si l'isolation des panneaux thermiques classiques est poussée, les panneaux hybrides sont moins isolés sur leur face arrière. Il faut en effet refroidir les cellules photovoltaïques et donc trouver un compromis entre la nécessité de refroidir le panneau PV et celle de chauffer l'eau, donc d'isoler. Mais l'avantage de cette approche est que le solaire thermique du panneau hybride bénéficie d'une température de stagnation de 80 °C, évitant ainsi le risque de surchauffe*», assure Jérôme Mouterde, président de DualSun. L'installation solaire sert donc à un préchauffage de l'eau à basse température qui est stockée dans un tampon vers 30 à 40 °C. À production thermique équivalente, le fabricant estime que la solution hybride doit être dimensionnée avec une moitié de surface additionnelle par rapport au solaire thermique classique.



- 1 Chaudière d'appoint à granulés de bois Herz de 300 kW.
- 2 Maquette numérique de la chaufferie et des trois bâches de stockage.
- 3 Les trois bâches de stockage de 60 000 litres chacune, l'une pour l'eau froide et les deux autres pour l'eau chaude.
- 4 Deux Pac Aquaciat de 100 kW remontent la température de l'eau préchauffée en solaire pour chauffer les bâtiments.

Docs : © Egis.

## Les acteurs du chantier

**Maîtrise d'ouvrage** : conseil régional des Pays-de-la-Loire.

**AMO HQE** : Inddigo.

**Architecte mandataire** : forma<sup>6</sup> (Nantes).

**Paysagiste, économiste lots architecturaux, Bim manager** : forma<sup>6</sup>.

**BET structure et fluides, HQE, économie lots techniques** : Egis.

**BET cuisine** : Begc.

**BET acoustique** : Acoustibel.

**Design résidentiel** : Fichtre.

**Entreprise générale** : Sogea.

**Année de livraison** : 2017.

**Coût travaux** : 22,3 M€ (coût total de l'opération 38,5 millions).

**Octobre 2015 à juin 2017** : réalisation des travaux.

**Surface** : 11 549 m<sup>2</sup>.

## Chauffage par air pulsé

Une régulation Sauter gère la production d'énergie (solaire et bois) et le stockage. La supervision est interrogeable à distance par la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et l'exploitant, ce qui permet d'optimiser l'installation après la livraison du bâtiment. La régulation tient compte en particulier des températures des bâches de stockage. Le régime d'eau en sortie des deux bâches chaudes est de 55 °C. Les émetteurs basse température pour le chauffage ont un régime d'eau entre 40 à 45 °C. Le choix s'est porté sur un plancher chauffant dans le hall, des batteries chaudes sur les émetteurs terminaux de la ventilation pour les salles de classe et des radiateurs (panneaux rayonnants) pour les autres locaux. «*La demande était d'être performant sur la qualité de l'air avec 24 m<sup>3</sup>/h de renouvellement par élève, soit un renouvellement de six volumes par heure dans les salles de classe. Il était donc justifié d'installer des batteries à eau chaude terminales sur air*», défend Jérôme Diot. Par ailleurs, le bâtiment qui développe une surface de 11 549 m<sup>2</sup> a été conçu avec une enveloppe très bien isolée et de

l'inertie due aux dalles et murs de refend en béton. La STD (Simulation thermique dynamique) réalisée par le bureau d'études Egis a montré que, lorsque la ventilation des salles de classe ne descend pas en dessous de 16 °C. Un chauffage d'appoint n'est pas nécessaire dans les salles de classe. Même après une semaine de vacances scolaires, la température demeure au-dessus de 14 °C. La consigne de température est de 20 °C en occupation et de 16 °C en non occupation.

## Supervision connectée

Egis accompagne la première année d'exploitation grâce au portail ethernet Sauter relié à la GTB. Le portail en ligne remonte du terrain les informations nécessaires au suivi, comme les valeurs des sondes (températures de stockage par exemple) et de consommation, mais ne permet pas d'intervenir sur les commandes. «*Il est ainsi possible en cas de dysfonctionnement d'alerter l'entreprise d'exploitation qui est la Région. Nous avons par exemple pu constater que la chaudière bois était en fonctionnement alors que les bâches chaudes de stockage n'étaient*

pas déchargées. L'exploitant a été alerté et a remis en fonctionnement le circulateur. Avec la chaudière au bois en appoint et en secours, l'eau chaude demeure disponible mais cela ne certifie pas que l'installation solaire fonctionne au mieux», note Jérôme Diot. Contractuellement, la labellisation Bepos est en cours. L'AMO HQE Inddigo vérifie la consommation énergétique pendant deux ans mais Egis assure le commissionnement durant l'année de parfait achèvement. «Pour l'instant, nous sommes quasi à 100 % en production EnR sur l'ECS et nous sommes très confiants sur la suite. En particulier, le mariage Heliopac et panneaux hybrides s'avère très performant. Néanmoins, l'installation, très technique, demande un apprentissage de la part de l'exploitant», conclut Jérôme Diot. ■



Les toitures sont couvertes d'un champ de 1 037 m<sup>2</sup> de panneaux hybrides.

LA LIBRAIRIE  
TECHNIQUE  
du bâtiment  
PERFORMANT

# LE GUIDE ABC

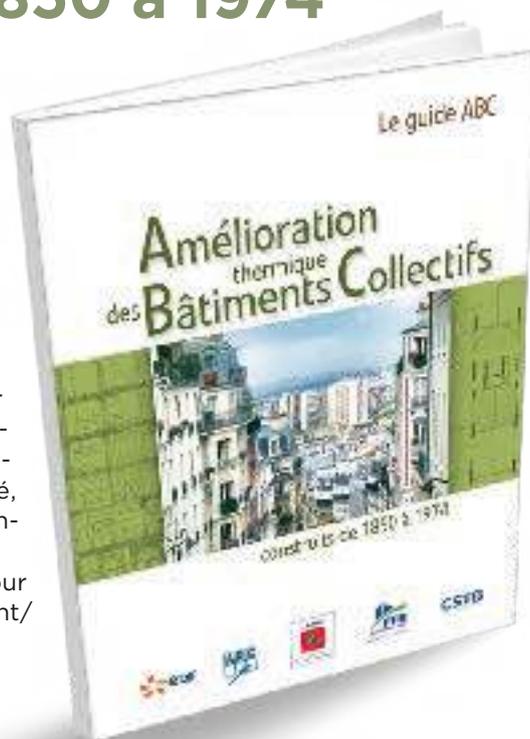
## Amélioration thermique des bâtiments collectifs construits de 1850 à 1974

CSTB - P. DE JEAN - EBOK - J. MARIN -  
POUGET-CONSULTANTS - TRANSSOLAR - EDIPA

Cet ouvrage, fruit d'un travail commun entre architectes et thermiciens, a pour objectif "d'embarquer la réhabilitation énergétique" avec la (re)valorisation ou (re)qualification globale du bâtiment. Une classification des typologies de bâtiments selon les grandes époques de construction est présentée. La connaissance des bâtis existants permet en effet de mieux comprendre les bâtiments à traiter pour bien prescrire les solutions techniques adaptées.

Ce guide est conçu comme un outil d'aide à la réflexion, pour une approche globale de l'amélioration des bâtis. Il met en évidence comment la réhabilitation énergétique interfère inévitablement avec d'autres considérations comme le confort d'été, l'humidité dans les parois, l'aération, l'acoustique, la sécurité incendie, l'accessibilité aux personnes handicapées, etc.

À noter : les coefficients pré-calculés des ponts thermiques pour de nombreuses situations, principalement en bâtis anciens, avant/après isolation intérieure ou extérieure.



Frais de livraison France métropolitaine*	
1 ouvrage	+ 5 €
2 ouvrages	+ 9 €
3 ouvrages	0,01 €

\* Autres pays nous consulter

**54 € TTC**  
Hors frais de livraison

Commandez directement sur notre site ou adressez-nous votre règlement

Les Éditions Parisiennes - 6, passage Tenaille - 75014 Paris - [www.librairietechnique.com](http://www.librairietechnique.com)