
Bâtiment expérimental de l'IUT de Nîmes - Étude énergétique de la pompe à chaleur

ABBAS Abbas¹, CEVAER Franck², DUBÉ Jean-francois³

¹ LMGC - Laboratoire de Mécanique et Génie Civil, Université de Montpellier, abbas.abbas@umontpellier.fr

² LMGC - Laboratoire de Mécanique et Génie Civil, Université de Montpellier, franck.cevaer@umontpellier.fr

³ LMGC - Laboratoire de Mécanique et Génie Civil, Université de Montpellier jean-francois.dube@umontpellier.fr

RÉSUMÉ. Cet article présente des travaux effectués sur le bâtiment expérimental de l'IUT de Nîmes. L'objectif est d'analyser finement le comportement énergétique du bâtiment mais aussi des systèmes d'éclairage, de chauffage, de ventilation et d'ECS en fonction des sollicitations extérieures (météo) et du pilotage des systèmes du bâtiment qui simulent le comportement de l'occupant.

Le chauffage du bâtiment expérimental est assuré par un plancher chauffant alimenté par une pompe à chaleur monobloc air-eau de 6 kW. Cet article porte seulement sur l'étude énergétique de la pompe à chaleur, effectué sur 3 périodes hivernales de 5 jours avec 3 scénarios de fonctionnement différents : Chauffage + ECS avec volets ouverts, chauffage seul avec et sans volets ouverts.

Ce travail nous a permis de définir les outils d'instrumentation, de pilotage et d'acquisitions nécessaires à l'évaluation de l'impact de l'occupant sur le comportement énergétique du bâtiment à travers le chauffage, le rafraichissement, la ventilation, la consommation d'ECS et la gestion des ouvrants.

ABSTRACT. This paper presents the results obtained after the works on the experimental building of the University Institute of Technology of Nîmes. The goal is to analyze the building's energy behavior as well as the lighting, the heating, the ventilation and the DHW systems according to external requests (weather) and the building's systems operations simulating the user's behavior.

The heating of the experimental building is ensured by underfloor heating fed by a 6 kW air-water monobloc heat pump. This work concerns the energy audit of the heat pump over Three 5-day winter periods with three different operating scenarios: Heating + DHW with open shutters, heating alone with and without open shutters.

This work allowed us to define the tools for instrumentation, control and acquisition systems needed to assess the occupant's impact on the building's energy behavior through heating, cooling, ventilation, DHW consumption and opening adjustment.

MOTS-CLÉS : Énergétique du bâtiment, échange thermique, pompe à chaleur air/eau, mesures expérimentales.

KEY WORDS: Building energy efficiency, heat transfer, air/water heat pump, experimental measurements.

1. Introduction

Le secteur du bâtiment représente une consommation de 42% de l'énergie en France en 2017. La loi ELAN fixe à 2020 la mise en place de la nouvelle réglementation environnementale et la nouvelle réglementation énergétique du bâtiment (RE 2020). L'expérimentation E+C- (Énergie positive et réduction carbone) a été entreprise sur 500 bâtiments en 2018 et 200 bâtiments supplémentaires sont prévus en 2019 dans le cadre du programme Objectif Bâtiment Énergie Carbone (OBEC) de l'ADEME [ENE 19].

Des études expérimentales menées sur plusieurs bâtiments à titre de comparaison sont développées au sein de l'Institut National de l'Énergie Solaire [CEA 11] et sur des prototypes à vocation BEPOS [CYT 12].

Le bâtiment expérimental de l'IUT de Nîmes est un projet conçu en 2009 et réalisé par les étudiants en Génie Civil au fil des projets de fin d'étude. Ce bâtiment conçu dans l'idée de pouvoir être une référence pour l'équipe de recherche dans le domaine de l'énergie du bâtiment, et aussi un outil pédagogique afin de permettre aux étudiants d'appréhender de manière appliquée les enjeux énergétiques du bâtiment.

2. Bâtiment expérimental de l'IUT de Nîmes

2.1. Caractéristiques du bâtiment

Le bâtiment expérimental de l'IUT de Nîmes (Figure 1) est à ossature bois, accessible aux personnes à mobilité réduite, il a une surface totale de 20 m², répartie en deux pièces : une pièce de vie et un local technique qui accueille les équipements tels que la VMC double flux, le ballon d'eau chaude solaire...

Les murs et le plafond sont isolés par du Métisse[®], isolant biosourcé, conçu à partir de laine de coton recyclée. Le bâtiment est réalisé sur un média sable + chaux contenant un échangeur sol-air permettant la récupération des émissions basses du plancher du bâtiment. Le chauffage et le rafraîchissement s'effectuent exclusivement par le plancher.

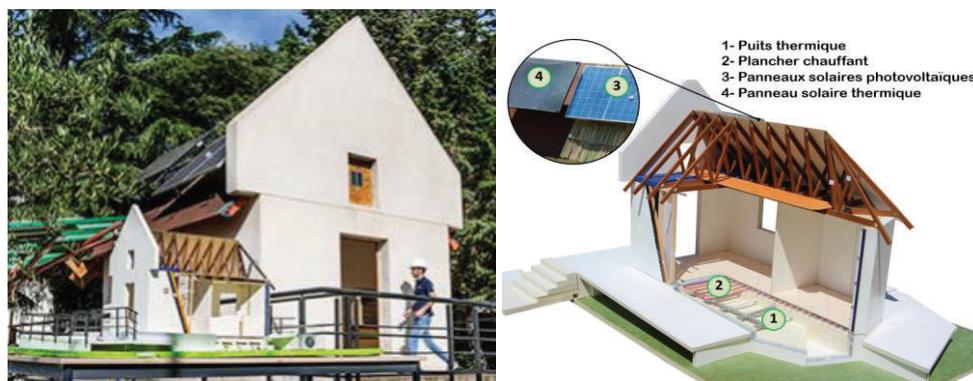


Figure 1. Le bâtiment expérimental de l'IUT de Nîmes, photo et maquette.

2.2. Systèmes

Le chauffage et le rafraîchissement du bâtiment expérimental sont assurés par une pompe à chaleur (PAC) air/eau monobloc réversible GENIA AIR 6 - SAUNIER DUVAL. Le système est composé des circuits suivants :

- le circuit frigorifique qui transfère la chaleur prise sur l'air extérieur au circuit de la pompe à chaleur,
- un départ de la PAC vers une bouteille de stockage de 50ℓ qui alimente le plancher chauffant/rafraichissant bi-zones contrôlé par un module hydraulique.

La production d'ECS est assurée par un ballon bivalent S-FE 250/3 SC de 250ℓ installé dans le local technique. Un échangeur est relié à un capteur solaire thermique et un deuxième échangeur est relié à la bouteille de stockage de 50ℓ alimentée par la PAC. Une installation photovoltaïque YL250P-29b de puissance crête 1,5 kWc est installée en toiture et sur une structure porteuse à proximité du bâtiment expérimental. L'énergie produite est mise aux normes du réseau par un onduleur SUNNY-BOY, puis auto-consommée ou reversée sur le réseau électrique de l'IUT. Le traitement de l'air extérieur est effectué par un puits thermique en sous-face du bâtiment couplé à une VMC double flux de modèle DOMEO DF.

Pour l'acquisition des données et le pilotage nous avons utilisé plusieurs techniques et protocoles afin d'offrir aux étudiants une formation complète. Nous avons utilisé les systèmes KNX, MBus et le branchement direct à une centrale d'acquisition. Le système KNX permet de piloter les différents composants tels que l'éclairage, les volets et les prises de courant, grâce à des capteurs (énergies électriques, humidité, taux de CO₂, températures et luminosités extérieures et intérieures). Une interface numérique (Node-Red – InfluxDB – Grafana) reliée au système KNX permet un affichage des données et leur stockage pour analyse. 120 thermocouples sont installés dans l'ensemble des parois, plancher et plafond du bâtiment pour permettre l'acquisition des températures et leurs fluctuations selon la journée et les saisons. Ils sont reliés directement à un système d'acquisition de marque Graphtec midi logger GL820 pour le traitement des données. Chacun des équipements (PAC, panneau solaire thermique, ballon ECS et la bouteille de stockage) est muni d'un compteur d'énergie hydraulique de type SHARKY dont les mesures peuvent être lues et transférés par le système MBus pour une analyse journalière, hebdomadaire, mensuelle ou annuelle.

3. Bilan des échanges énergétiques

Les différents systèmes d'instrumentation et d'acquisition permettent de caractériser énergétiquement le bâtiment dans sa globalité mais aussi au niveau de chaque équipement. Une première étude a été effectuée du 26/11/2018 au 03/12/2018 avec un scénario d'usage :

- la PAC a pour consigne de fournir de l'énergie au plancher chauffant et de maintenir le ballon ECS solaire à 52°C au minimum,
- une consommation d'eau chaude à 50°C de 90ℓ par jour est programmée à midi par électrovanne,
- la VMC couplée au puits thermiques assure un débit d'air de 30 m³/h,
- l'éclairage est automatisé par détection de mouvement selon l'occupation,
- les volets roulants sont maintenus ouverts,
- les panneaux solaires photovoltaïques et thermique produisent leurs énergies selon l'ensoleillement.

La figure 2 présente la consommation et la production d'énergie électrique sur cette période. La consommation électrique de la PAC est de 50kWh. Elle a fourni à la bouteille de mélange 56 kWh d'énergie thermique. Celle-ci a transféré 17 kWh au ballon d'ECS, 3 kWh au plancher chauffant et dissipé 10 kWh par convection naturelle. De plus 27 kWh sont perdus par le simple passage du circuit vers l'unité extérieure de la PAC. Par ailleurs les panneaux solaires photovoltaïques ont produit 11 kWh. Le panneau solaire thermique a produit 8 kWh des 19 kWh de l'énergie consommée par l'ECS.

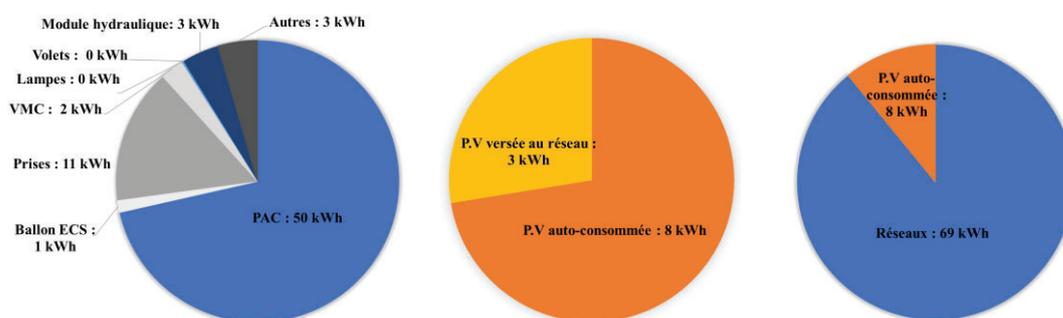


Figure 2. Energies électriques : consommées par les équipements(a), fournies par les P.V (b), sources (c).

4. Caractérisation énergétique de la PAC

Une étude énergétique sur la PAC, élaborée selon 3 modes de fonctionnement est représentée par la figure 4. Le principe de la méthode dans un premier temps est d'évaluer le coefficient de performance de la pompe à chaleur installée dans le bâtiment et dans un second temps de pouvoir caractériser le bilan énergétique de cet équipement sur des durées définies. Les données climatiques des trois semaines étudiées sont à prendre en compte quant aux performances de la pompe à chaleur. Les degrés-heures (base 20°C) sont respectivement de 1327 K.h, 1640 K.h et 1689 K.h pour chaque période considérée (Figure 4).

Le rapport entre la quantité d'énergie fournie par la PAC et celle qu'elle consomme définit le Coefficient de Performance (COP) de la PAC. D'après les mesures obtenues (Figure 4), le COP calculé est respectivement 1,1, 1,7 et 2,6, relativement aux trois périodes et modes de fonctionnement de la PAC. La faible valeur de la performance de la PAC obtenue la période 1 s'explique par un fonctionnement permanent de son circulateur

permettant le contrôle de la température de l'eau de retour, nécessaire avec cette PAC pour produire une énergie dédiée à la production de l'ECS.

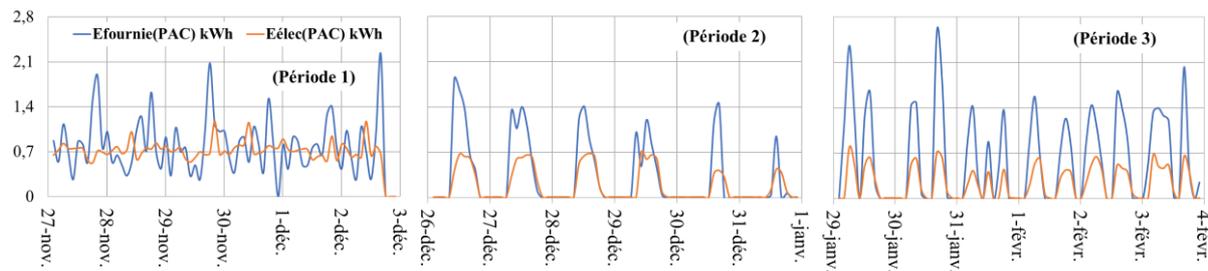


Figure 4. Evolution (par pas de 2 heures) des énergies fournies et consommées de la PAC en mode chauffage + ECS avec volets ouverts, fonctionnement selon la consigne de 52°C sur l'eau (1) ; en mode chauffage seul avec volets ouverts, fonctionnement selon loi d'eau (2) ; en mode chauffage seul avec volets fermés, fonctionnement selon loi d'eau (3).

Pour les périodes 2 et 3, l'énergie fournie par la PAC en mode chauffage seul est moindre avec volets ouverts (23 kWh) que celle avec volets fermés (43 kWh), du fait de la contribution des apports solaires au chauffage mais également d'une météo moins rigoureuse. L'écart d'énergie fournie avec ces deux derniers scénarios est de 20 kWh, correspondant très sensiblement aux bénéfices des apports solaires théoriques évalués par le logiciel Calsol développé par l'INES. La simulation de l'irradiation solaire traversant la surface vitrée du bâtiment est d'environ 18 kWh pour une durée de 140 heures avec les scénarios météo définis par Calsol. Cette énergie gratuite montre l'intérêt des bénéfices gratuits des 2 fenêtres du bâtiment orientées sud.

5. Conclusion

L'évaluation du COP de la PAC sur 3 périodes de 140 heures met en évidence des performances accrues pour des régimes de fonctionnement en basse température de sortie d'eau chaude, mais également pour des météos clémentes. Ces résultats menés sur de très courtes durées en saison hivernale, vont dans le sens des études menées spécifiquement sur les pompes à chaleur [GUO 11], [GUO 18] ; il est clair que l'analyse de la pompe à chaleur doit s'effectuer sur une année complète pour un scénario donné, tant climatique que comportemental de l'occupant imposant les consignes de températures intérieures.

Des actions sont envisagées sur ce bâtiment expérimental pour qualifier les 2 échangeurs sur l'air neuf, mais également sur la production d'ECS. Un puits thermique, échangeur géothermique à très basse énergie, utilisé pour rafraîchir ou réchauffer l'air neuf du bâtiment, a été mis en place en sous-face du plancher chauffant. La caractérisation de l'échangeur par la mesure des gains énergétiques sur l'air permettra la confrontation avec les modèles de puits thermiques existants. La production d'ECS par le capteur thermique seul n'est pas suffisante selon les besoins scénarisés. Un appoint électrique est envisagé à court terme favorisant ainsi l'autoconsommation de l'énergie produite par les panneaux solaires photovoltaïques installés.

Les travaux sur ce bâtiment expérimental s'inscrivent dans le cadre du projet Optimisation Énergétique de l'Habitat Méditerranéen (OEHM) qui a pour buts d'accompagner les entreprises dans l'utilisation des nouvelles règles de conception et de fabrication liées à l'habitat méditerranéen, et tendre vers une optimisation des coûts énergétiques.

6. Bibliographie

- [CEA 11] CEA, Bâtiments intelligents et efficacité énergétique : Plates-formes technologiques et programmes de Recherches & Développement du CEA, Dossier de presse, 2011.
- [CYT 12] CYTHELIA, La Petite Maison ZEN, Dossier de présentation, 2012.
- [ENE 19] Le manifeste, Enerj meeting, 2019.
- [GUO 11] J.J. Guo, J.Y. Wu, R.Z. Wang, S. Li., « Experimental research and operation optimization of an air-source heat pump water heater », *Appl. Energy*, vol. 88, n° 11, p. 4128- 4138, nov. 2011.
- [GUO 18] Xiaofeng Guo, Alain Pascal Goumba, Air source heat pump for domestic hot water supply: Performance comparison between individual and building scale installations, *Energy*, vol. 164, p. 794- 802, déc. 2018.