

Evaluation des performances énergétiques et du confort d'un bâtiment tertiaire rénové

Virginie Renzi¹, Françoise Burgun¹

¹ INES RDI / CEA – Institut National de l'Energie Solaire
Savoie Technolac, BP 332, 50 avenue du Lac Léman, 73377 Le Bourget du Lac
virginie.renzi@cea.fr
francoise.burgun@cea.fr

RESUME. De nombreux exemples de bâtiments neufs à haute efficacité énergétique existent mais les cas de rénovation sont plus rares. INES développe une méthodologie visant à orienter les choix des maîtres d'ouvrage très en amont des opérations et à généraliser le processus de réhabilitation. La première étude de cas est la rénovation d'un bâtiment tertiaire situé à Lyon. En phase conception, les outils de simulation dynamique couplés à une analyse économique ont permis d'orienter les choix techniques. Une fois la rénovation terminée, un monitoring complet du bâtiment et de ses systèmes sur une année permettra d'évaluer les performances réelles de la rénovation et de valider le modèle. Une étude poussée du confort (thermique, visuel et qualité de l'air intérieur) sera réalisée in situ et les mesures seront comparées aux résultats de simulation permettant d'évaluer la pertinence des outils numériques en termes de prédiction du confort.

MOTS-CLÉS : rénovation, confort, performance énergétique.

ABSTRACT. Examples of high energy efficiency demonstration buildings are available but still uncommon for refurbishment. Trying to address this problem, the methodology developed at INES aims to help decisions-makers during the conception phase of building retrofit operation and to generalize the process. The first case study is the refurbishment of an office building in Lyon. During conception phase, dynamic simulation tools combined with an economical approach permitted to drive technical choices. After the renovation, a complete monitoring of the building and its systems will allow to estimate real performances and to validate the model. A detailed comfort study (thermal, visual and indoor air quality) will be conducted in situ and the data will be compared to the simulation results allowing to evaluate the simulation tools' accuracy for predicting comfort.

KEYWORDS: refurbishment, comfort, energy efficiency.

1. INTRODUCTION

En France, 42.5 % de nos consommations d'énergie sont dédiées au secteur du bâtiment (données Ademe), plus que pour le transport ou l'industrie. Ce secteur présente un fort potentiel d'évolution et d'innovation en termes d'économies d'énergie et de réduction de gaz à effet de serre. Si les efforts se multiplient dans le domaine de la construction neuve, la rénovation des bâtiments anciens reste encore marginale et le plus souvent incomplète, alors qu'ils représentent la majorité du parc immobilier actuel. Ainsi la rénovation représente un moyen économiquement viable d'atteindre les objectifs fixés par l'Europe pour la réduction des consommations énergétiques et les émissions de CO₂ (le fameux facteur 4).

La démarche élaborée à l'INES (Institut National de l'Energie Solaire) à Chambéry, dans le cadre du projet GENHEPI (Gestion de l'Energie pour Habitat Econome Promoteur d'Innovations), vise à

appréhender méthodiquement les opérations de réhabilitation pour assurer une rénovation efficace du parc de bâtiments existants. Une première phase consiste à approfondir l'élaboration du projet de travaux par une approche énergétique globale via un travail de modélisation dynamique et d'étude d'efficacité des différentes solutions techniques. Une fois les opérations terminées, commence une phase de retour d'expérience, passant par l'acquisition et l'interprétation des données obtenues par un monitoring complet du bâtiment et de ses systèmes CVC (chauffage, ventilation, climatisation). Elle permet d'évaluer les performances énergétiques réelles de la rénovation et ainsi de valider le modèle de simulation.

Mais si dans le contexte économique actuel, l'énergie représente le principal objectif lors de la rénovation d'un bâtiment tertiaire, une réhabilitation efficace doit aussi prendre en compte le confort global des occupants. La comparaison entre les mesures in situ et les résultats de simulations permettra d'évaluer la capacité du modèle à prédire un niveau de confort résultant.

2. PRESENTATION DU BATIMENT

Le premier bâtiment démonstrateur du programme GENHEPI est un bâtiment tertiaire abritant l'ALLP (Association Lyonnaise de Logistique Post-hospitalière). Ce bâtiment situé dans le 8^{ème} arrondissement de Lyon (climat continental) date de 1974 et compte aujourd'hui 70 employés. Le corps principal est en R+2 sur sous-sol et la surface total de planchers est de 2850m². Le bâtiment était constitué d'une structure béton avec panneaux préfabriqués, fenêtres simple vitrage (6mm), et comptait de nombreux ponts thermiques. Aucun système de ventilation n'était en place et le renouvellement d'air était assuré par infiltrations et ouvertures manuelles des fenêtres. En plus d'être très énergivore (140kWh/m² en chauffage), le bâtiment présentait des surchauffes en période estivale et un manque de confort global entraînant une baisse de productivité des employés. Le besoin d'un système de rafraîchissement était devenu évident. Un audit énergétique du bâtiment (Etamine, 2005) avait montré l'intérêt d'effectuer une rénovation globale.



Figure 1 : Photos du bâtiment de l'ALLP : à gauche avant rénovation; à droite en cours de rénovation

Pendant la phase de conception, le bâtiment ALLP a été modélisé sous le logiciel de simulation dynamique TRNSYS et des études paramétriques ont permis d'orienter les choix techniques. Le bâtiment a été considéré depuis une échelle macro (enveloppe) jusqu'à une échelle micro (régulation des systèmes énergétiques) et d'importantes économies d'énergie ont été identifiées à chaque niveau. L'analyse a été couplée à une étude économique afin d'orienter le maître d'œuvre dans ses choix, mais aussi avec un objectif de reproductivité de l'opération.

Les simulations du bâtiment montraient que les systèmes passifs (isolation de l'enveloppe par l'extérieur, double vitrage, protections solaires extérieures, surventilation nocturne) ne suffiraient pas à respecter des conditions thermiques confortables en été. Le choix du système de refroidissement s'est alors orienté vers une pompe à chaleur. Le système a été choisi réversible malgré l'existence d'une chaudière gaz performante (350kW) installée en 2004. Une étude technico-économique a démontré la rentabilité d'une solution pompe à chaleur (amortissement du surinvestissement en moins de 15 ans) et son intérêt environnemental. Plusieurs systèmes réversibles ont été envisagés et le choix définitif s'est porté sur une pompe à chaleur air-eau de 100 kW. La distribution se fait par ventilo-convecteurs intégrés dans le plenum des circulations et chaque bureau dispose d'une commande de réglage.

La rénovation s'est terminée fin 2007. Un parc photovoltaïque de 90 m² (puissance 10kWc, production estimée à 11MWh par an) complète l'installation.

3. MONITORING

Dès le début de l'opération, un système de Gestion Technique du Bâtiment (GTB) avait été prévu. Le but étant de récolter les informations nécessaires au retour d'expérience, mais également d'automatiser et de contrôler les systèmes aussi efficacement que possible. La GTB intègre un protocole internet permettant ainsi un accès à distance et plus de liberté dans l'acquisition des données.

Deux niveaux de monitoring ont été définis. Un monitoring global permettant de suivre le comportement général du bâtiment et les consommations énergétiques. Ce premier niveau comprend des capteurs météo (vent, température, humidité et irradiation), le suivi des températures de soufflage dans chaque pièce, le suivi des performances des systèmes (pompe à chaleur, chaudière, parc photovoltaïque) et le suivi des consommations énergétiques globales (électricité et gaz). La fréquence d'acquisition dépend des données mesurées ; généralement dix minutes. Ce niveau de monitoring global permet d'obtenir un fonctionnement optimal du bâtiment et de ses systèmes. Une période d'une année d'acquisition est nécessaire pour valider le modèle et les résultats de simulations.

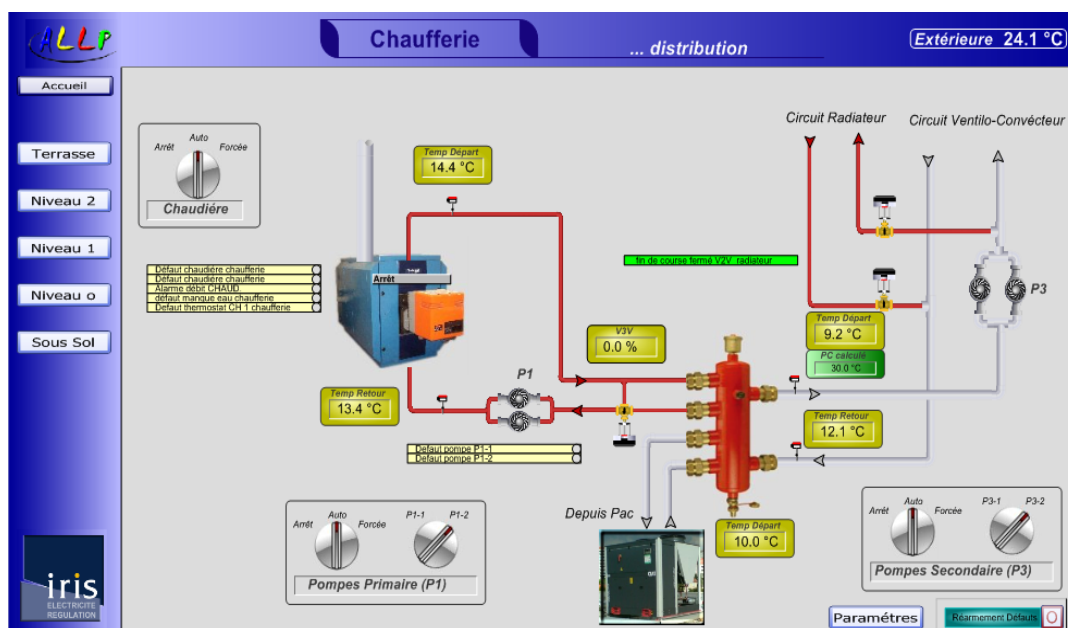


Figure 2 : Monitoring de la chaufferie

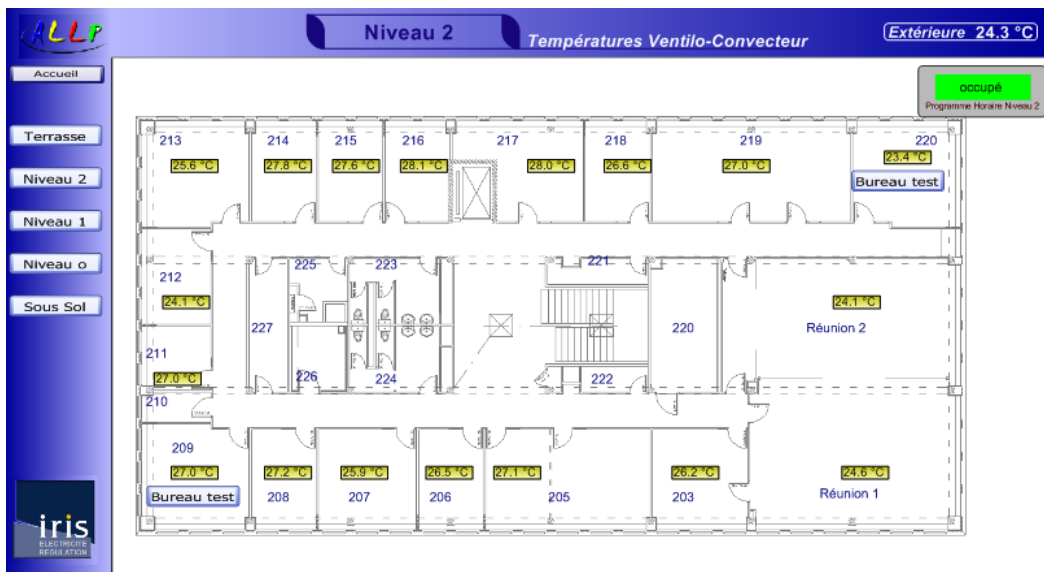


Figure 3 : Monitoring global des températures du bâtiment (ici 2^{ème} étage)

Le deuxième niveau est un monitoring local, permettant de suivre le degré de confort dans 4 bureaux tests. Ces bureaux ont été choisis comme zones critiques de part leur orientation (Nord et Sud) et/ou une densité d'occupation importante avec beaucoup de gains internes. Ce monitoring est important pour valider les choix techniques de distribution CVC et vérifier les conditions confortables de travail pour les employés, aussi bien en été qu'en hiver.

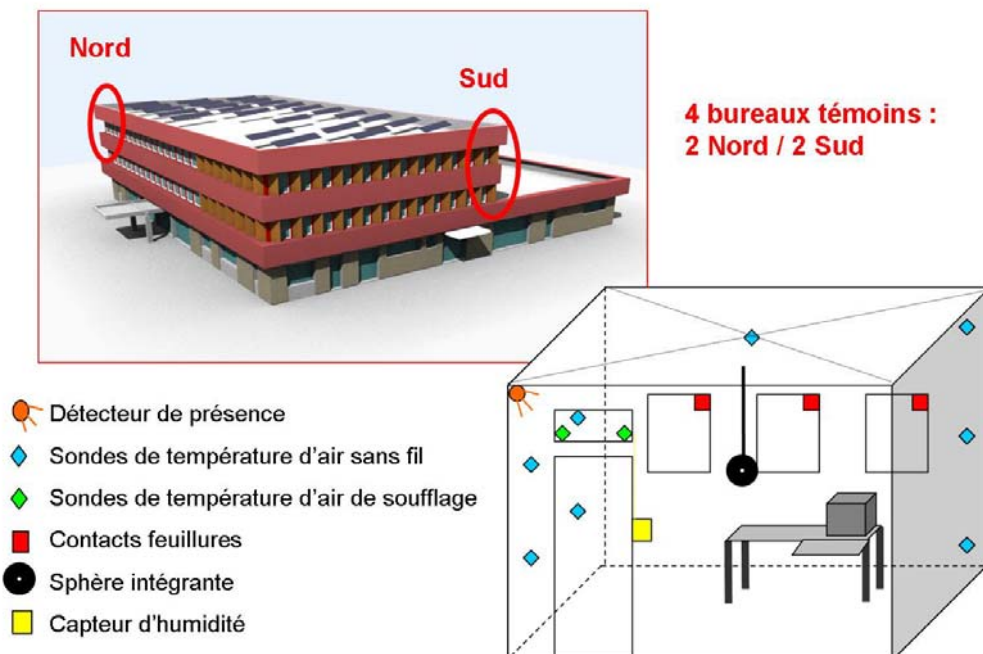


Figure 4 : Détail de l'instrumentation d'un bureau test

Le système permettra de suivre une grande variété d'informations en temps réel. L'instrumentation des 4 bureaux tests est composée des capteurs sans-fil suivants :

- 1 globe noir (température opérative)
- 8 capteurs de température ambiante (pour vérifier l'homogénéité)
- 2 capteurs de température d'air (flux d'air)
- 1 capteur de présence
- 1 capteur magnétique de contact par fenêtre (pour détecter les ouvertures)
- 1 capteur d'humidité relative

4. PREMIERS RESULTATS

4.1. EFFICACITE DES SYSTEMES

Les premiers résultats montrent globalement un bon fonctionnement des systèmes CVC. Toutefois quelques problèmes ont été rencontrés dans le mode de fonctionnement du chauffage notamment lors du basculement entre la PAC et la chaudière ; la chaudière étant programmée pour prendre la relève de la PAC lorsque les conditions extérieures ne permettent plus d'atteindre un COP intéressant (< 2,5). La loi d'eau non conventionnelle définie pendant l'étude en 10/15°C au lieu de 7/12°C a demandé une attention particulière ; en effet ce réglage ne faisant pas parti des usages, a nécessité une adaptation de la part des intervenants.

4.2. CONFORT DES ZONES CRITIQUES ET ACCEPTATION DES OCCUPANTS

Un premier bilan indique que la rénovation a été bien perçue, aussi bien sur l'aspect et les finitions qu'au niveau de la fonctionnalité. Sur les quatre bureaux tests, un seul semble poser problème ; les occupants ont déclaré ressentir de l'inconfort thermique dans certaines situations. Une enquête in situ a révélé que le ventilo-convecteur présentait un dysfonctionnement. Les employés de ce bureau test trouvent également les mouvements d'air trop importants (sensation de courants d'air) même en vitesse minimale.

Une étude qualité des environnements intérieurs (QEI) plus globale permettra de quantifier le confort. Les ressentis des occupants seront ainsi appréhendés par une instrumentation plus précise : la mesure de l'asymétrie de rayonnement et des courants d'air viendront en complément de l'installation existante. La qualité d'air sera aussi évaluée : teneur en CO₂ et CO, radon, particules, composés organiques volatils (COV). Enfin le confort visuel sera apprécié afin de mettre en évidence la qualité globale de l'éclairage au sein des bureaux, les éventuelles sources de gêne pour les occupants, et les limites de la régulation de l'éclairage artificiel.



Figure 5 : Monitoring actuel d'un bureau test

Une visite du bâtiment cet hiver a souligné des comportements incohérents : fenêtre ouverte et consigne de chauffage élevée. Un autre aspect soulevé concerne le confort lumineux. Lors de la rénovation un système d'éclairage performant a été mis en place mais certains employés refusent d'abandonner leur éclairage individuel (de type halogène). Il apparaît d'ores et déjà que les occupants n'ont pas été suffisamment informés sur les changements de comportement à adopter en cohérence avec la rénovation du bâtiment. Il sera important d'associer plus tôt les occupants dans le processus pour les opérations à venir.

4.3 MODELISATION DU CONFORT

Le modèle réalisé sous TRNSYS sera validé et optimisé à l'aide des données de monitoring, et la simulation permettra de calculer les indices de confort. La comparaison entre mesures in situ et résultats de simulation évaluera la pertinence de l'outil de simulation en termes de prédiction du confort.

Le recours à d'autres logiciels est envisagé afin de modéliser les mouvements d'air et la répartition des flux thermiques, et ainsi le confort associé de façon plus locale. Un logiciel type TRNFlow permettant un couplage aisé avec TRNSYS, donnerait un aperçu de la qualité de l'air intérieur (âge moyen de l'air) alors que des logiciels CFD (Airpack ou Flovent) peuvent suivre jusqu'à cinq polluants.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Une étude détaillée du confort des occupants avait été réalisée pendant la troisième semaine de Juin 2007 (COSTIC / INES) afin de mettre en évidence l'inconfort dû aux surchauffes estivales. Une telle étude sera menée prochainement, permettant d'estimer l'amélioration globale apportée par la rénovation et d'évaluer la perception des occupants.

Le monitoring va permettre de réunir les données nécessaires à l'évaluation des performances énergétiques de la rénovation du bâtiment et également de valider les modes de régulation choisis pour les systèmes. Un retour d'expérience long (une année minimum) permettra de valider le modèle de simulation et de comprendre les différences entre modélisation et cas réel. Le modèle ajusté permettra ensuite de vérifier la cohérence entre logiciel et mesures in situ pour les prédictions de confort.

Afin d'estimer le confort dans sa globalité, les mesures hygrothermiques seront complétées par une étude sur la qualité de l'air, sur les mouvements aérauliques et sur le confort lumineux. D'autres logiciels de simulation plus spécialisés seront utilisés.

6. BIBLIOGRAPHIE

Barbat M., Gallois C. (2007). Mesure du confort thermique dans le bâtiment ALLP avant rénovation, Lyon, Rapport COSTIC

Etamine - Audit énergétique ALLP - Rapport final (2006)

Sarrade L, Manificat A and Corgier D (2006). Rapport d'activité GENHEPI. CEA - INES RDI