

LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES BÂTIMENTS TERTIAIRES

ENSEIGNEMENTS ET RETOURS D'EXPÉRIENCE
EN AUVERGNE-RHÔNE-ALPES



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION

Ce document est édité par l'ADEME

ADEME

DIRECTION RÉGIONALE AUVERGNE-RHÔNE-ALPES
10 rue des Émeraudes 69006 Lyon

Coordination technique et graphique :

Hakim HAMADOU, Brigitte LAUTERBACH (ADEME
Auvergne-Rhône-Alpes)

Rédacteurs : Jean-Baptiste Fleurent (Architecte),
David Corgier (Manaslu), Muriel Barbat (COSTIC),
Hakim HAMADOU (ADEME)

Crédits photo : Fleurent Architecte, Manaslu,
COSTIC, ADEME

Création graphique : Hawaii Communication

Brochure réf. 011015

ISBN : 979-10-297-1471-9 - mars 2020

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, mai 2020

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal.

Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par rephotographie.

SOMMAIRE

RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE : CONTEXTE GÉNÉRAL

➤ Enjeux énergétiques, environnementaux et patrimoniaux	6
➤ Obligations de travaux et réglementation thermique en vigueur	9
➤ Rénovation énergétique des bâtiments : une réalité à la portée de tous	14
➤ Rénovation énergétique et gestion du patrimoine	16
➤ Montages des opérations de rénovation	19

PRÉSENTATION D'OPÉRATIONS DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

➤ Méthologie	22
➤ Retours d'expérience sur douze bâtiments tertiaires	24

QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LES ACTEURS DE LA RÉNOVATION ?

➤ Pourquoi rénover ?	48
➤ Bien auditer pour bien rénover	49
➤ Privilégier une rénovation globale	50
➤ Incrire le processus de commissionnement dans un projet de rénovation	51
➤ Réussir la rénovation de son bâtiment : l'importance des phases de programmation et conception de l'opération	53
➤ Réaliser la phase chantier : quelques points clés	68
➤ Maintenir les performances de son bâtiment : le rôle de la phase d'exploitation	70





Les bâtiments tertiaires représentent plus d'un milliard de m² et environ 15 % des consommations d'énergie finale en France.

La rénovation énergétique de ce parc constitue ainsi un enjeu majeur, notamment celui des bâtiments publics.

Le présent document met à votre disposition **l'expérience acquise sur douze opérations de réhabilitation de bâtiment du secteur tertiaire en Auvergne-Rhône-Alpes**. Toutes ont bénéficié d'un accompagnement de l'ADEME.

Ces opérations de **rénovations énergétiques globales visent des niveaux de performances énergétiques ambitieux**, en phase avec les objectifs des différentes lois adoptées (loi pour la Transition énergétique et la croissance verte de 2015, loi ELAN de 2018). Elles embarquaient aussi des démarches globales de qualité environnementale, associant économies d'énergie, réduction des impacts environnementaux et amélioration des conditions de confort des usagers, notamment le confort d'été.

Sur la base du retour d'expériences des douze opérations, réalisées entre 2017 et 2019, ce document valorise et analyse **les bonnes pratiques**, en présentant des solutions mises en œuvre par les maîtres d'ouvrage et leurs maîtres d'œuvre, sans mettre de côté les **difficultés rencontrées**.

Cet ouvrage vous présente aussi des innovations tant technologiques que méthodologiques mises en œuvre dans les opérations. Enfin, les retours d'expérience de travaux d'efficacité énergétique avec **une garantie de résultats** tiendront une place particulière dans le document.

Il s'adresse à **tous les acteurs du bâtiment**, qu'ils soient maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises du bâtiment ou exploitants.

Il comprend une présentation du contexte et enjeux de la rénovation énergétique des bâtiments tertiaires, ainsi qu'une revue des douze projets de rénovation.

L'ADEME remercie tous les acteurs du bâtiment qui ont rendu possible la réalisation de cet ouvrage. **Les enseignements présentés sont les leurs et bénéficient à toute la filière :** étapes à bien appréhender pour réaliser un projet de rénovation efficace, phases de programmation, conception, réalisation des travaux et d'exploitation ou intégration de la gestion des usages et rôle des usagers.

Bons travaux pour des bâtiments qui apportent **adéquation aux usages, confort, gains énergétiques et performance environnementale !**

Jérôme d'Assigny
Directeur régional



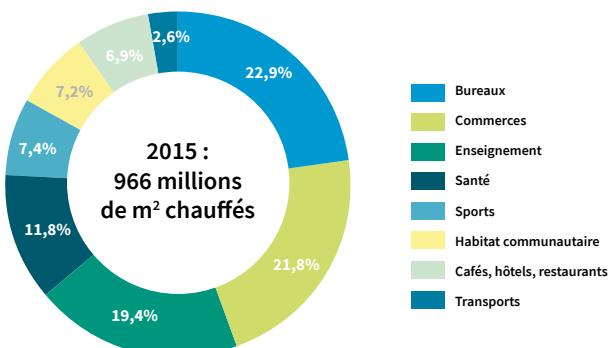
RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE : CONTEXTE GÉNÉRAL

Le parc tertiaire représente approximativement plus d'un milliard de m² et environ 15 % des consommations d'énergie finale en France¹. La part du secteur public dans le parc tertiaire est particulièrement importante.



► ENJEUX ÉNERGÉTIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Le patrimoine public, constitué en grande partie par le patrimoine des collectivités, représente près de 40 % des surfaces du parc national de bâtiment à usage tertiaire². Le graphique ci-après permet de voir la répartition des surfaces chauffées des locaux tertiaires par branche.



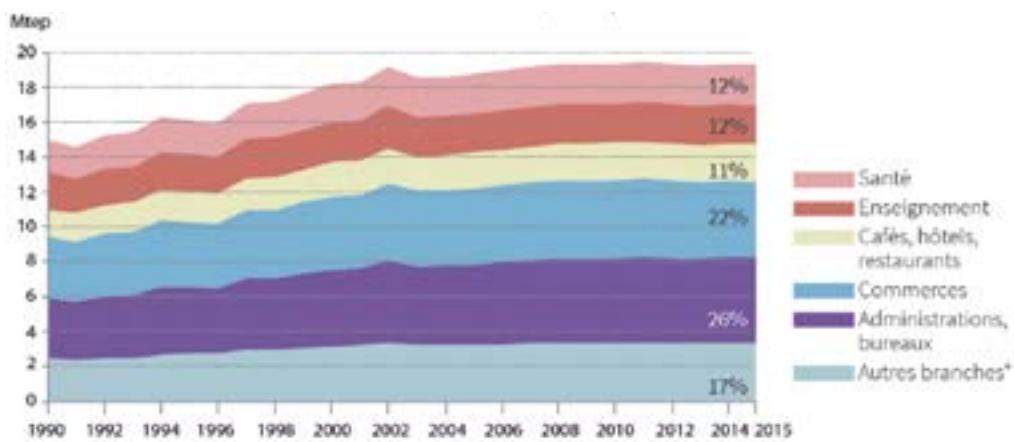
Source : CEREN - « Suivi du parc et des consommations d'énergie - secteur tertiaire » - avril 2017 - France métropolitaine

Bien que le secteur tertiaire soit responsable de 7,4 % des émissions françaises de CO₂ en 2016 (hors EnR dont biomasse) et occupe une place modeste dans le bilan énergétique français, il **constitue malgré tout un enjeu important des politiques de maîtrise de la demande d'énergie** puisqu'il affiche une augmentation moyenne de sa **consommation finale d'électricité de 2 % par an depuis 2000**, et de **0,8 % en moyenne par an pour l'ensemble des énergies**.

¹ Cette part de 15 % des consommations du secteur tertiaire dans la consommation totale d'énergie finale est également observée pour la région Auvergne-Rhône-Alpes.

² Source : Les chiffres clés, Climat, Air, Energie, 2018 - ADEME

Le graphique ci-après montre l'évolution des consommations d'énergie finale du secteur tertiaire par branche d'activité, de 1990 à 2015. Selon le CEREN, le tertiaire est composé de 8 branches. Les consommations de l'éclairage public, des armées, de l'artisanat et des grands établissements de recherche ne sont pas incluses.

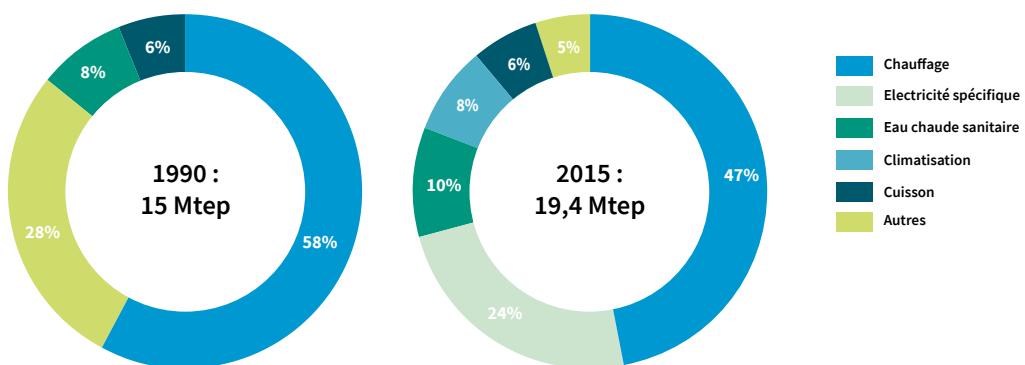


* Sports & loisirs, habitat communautaire, transports & télécommunications

Source CEREN - « Suivi du parc et des consommations d'énergie - secteur tertiaire » - avril 2017 - France métropolitaine (données corrigées du climat)

Le **chauffage est de loin le principal usage dans ce secteur**, bien qu'il ait diminué (de 58 % en 1990 à 47 % en 2015) par l'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage et des performances thermiques des bâtiments. Il est à noter en parallèle le **développement de nouveaux usages plus énergivores tels que les**

équipements bureautiques, de communication et de climatisation. En effet, la consommation d'électricité pour les usages spécifiques et de climatisation représentait 32 % de la consommation finale du secteur tertiaire en 2015 contre 25 % en 1990 (voir graphiques ci-après).



Source : CEREN - « Suivi du parc et des consommations d'énergie - secteur tertiaire » - avril 2017 - France métropolitaine (données corrigées du climat)



Quant aux consommations unitaires d'énergie finale (kWh/m².an), la moyenne du secteur en 2015 s'établit à 233 kWh/m².an. Le graphique ci-après présente les ratios de consommation par m² d'énergie finale établis par branche d'activité.

CONSOMMATION PAR M ² ET PAR AN EN 2015 (kWh/m ²)		
	Total	Chaudage
Moyenne du secteur	233	111
Administration, bureaux	260	120
Commerces	240	90
Cafés, hôtels, restaurants	370	138
Enseignement	140	95
Santé	239	119

Source : IN NUMERI, d'après les données CEREN « suivi des consommations d'énergie – secteur tertiaire, avril 2017 - France Métropolitaine (données corrigées du climat)

Enfin, les résultats 2017 de l'étude quinquennale sur les dépenses énergétiques des collectivités locales, publiés par l'ADEME en novembre 2019, montrent que sur la période 2012-2017, les consommations d'énergie ont augmenté de 4 %, même si la baisse du prix de l'énergie et l'augmentation de la concurrence ont permis une baisse des factures de 5 %. Cette consommation d'énergie des collectivités est réalisée pour 75 % dans les bâtiments.

L'ensemble de ces données montre que la réduction des consommations énergétiques du parc tertiaire et en particulier celui des collectivités territoriales, constitue ainsi un enjeu majeur en France et en Auvergne-Rhône-Alpes.

Le secteur tertiaire fait d'ailleurs l'objet depuis le mois de juillet 2019 d'une obligation de rénovation énergétique, posée par la loi ELAN qui oblige une réduction de 40 % de la consommation d'énergie à l'horizon 2030, puis 50 % à l'horizon 2030 et 60 % à l'horizon 2050 par rapport à 2010 (voir les détails dans le chapitre suivant). Plus généralement, la loi relative à la transition énergétique vise l'atteinte d'un niveau « Bâtiment basse consommation » ou équivalent pour le parc bâti à l'horizon 2050.

La rénovation énergétique de ces bâtiments est donc essentielle et répond ainsi à un **objectif à la fois environnemental** (réduction des émissions de gaz à effet de serre, qualité de l'air, qualité de vie, etc.), **économique** (économies d'exploitation) et **réglementaire**.

Enjeu de réalisation effective des économies d'énergie

La rénovation énergétique d'un bâtiment induira des économies substantielles sur les charges énergétiques. Mais le manque de continuité entre les différentes phases d'un projet, depuis la conception jusqu'aux phases de mise en œuvre et d'exploitation, le déficit d'attention porté notamment à la mise au point des équipements techniques (vérifications et réglages) peuvent dégrader fortement les performances énergétiques des bâtiments rénovés (et neufs également).

Il y a donc un **enjeu fort d'atteinte et de maintien de la performance énergétique** dans le cadre de la mise en œuvre de travaux d'efficacité énergétique.

C'est pourquoi l'ADEME encourage la mise en œuvre de démarche qualité de type « Commissionnement » de la conception à l'exploitation des installations techniques, ou mieux, lorsque les conditions sont favorables, **la réalisation de travaux d'efficacité énergétique avec une garantie de résultats** (Contrat de Performance Energétique). Dans ce guide, plusieurs retours d'expérience illustreront de manière concrète et opérationnelle la mise œuvre de telles démarches.

Enjeu patrimonial

Enfin, l'enjeu de la rénovation est également patrimonial, car le parc tertiaire existant peut souvent présenter **des problèmes de vétusté, d'inconfort ou encore d'inadaptation** aux nouveaux modes de vie et de travail. Sa rénovation participera ainsi au maintien et à l'évolution de ce patrimoine immobilier pour s'adapter aux nouveaux usages et offrir le confort attendu par les usagers.

Pour les gestionnaires de parc, une stratégie énergétique et patrimoniale s'avèrera nécessaire : elle permettra de fixer des objectifs d'évolution à court, moyen et long terme, et d'intégrer des

actions de maîtrise de l'énergie (investissements, optimisation, suivi, etc.).

La construction ou la réhabilitation d'un bâtiment nécessitant un budget important (tant en investissement qu'en fonctionnement), il conviendra d'optimiser l'économie globale du projet en recherchant diverses solutions comme la mutualisation des équipements ou la multiplication des usages au sein d'un même bâtiment.

➤ OBLIGATIONS DE TRAVAUX ET RÉGLEMENTATION THERMIQUE EN VIGUEUR

Depuis la dynamique du Grenelle de l'Environnement en 2009, le parc immobilier des bâtiments tertiaires fait l'objet de lois, décrets et arrêtés successifs obligeant à sa rénovation.

La loi N°2018-1021 du 23 novembre 2018 portant sur l'Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique (loi ELAN) fixe, dans son article 175, **des objectifs de réduction de la consommation d'énergie finale des bâtiments tertiaires**. Entré en vigueur le 1^{er} octobre 2019, **le décret N°2019-771 du 23 juillet 2019 relatif « aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire » (appelé décret tertiaire)**, vient préciser les modalités d'application de cette obligation.

Un premier arrêté datant du 10 avril 2020 (relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie final des bâtiments à usage tertiaire) précise certaines dispositions quant à l'application du décret.

Les propriétaires et occupants de bâtiments à usage tertiaire privés ou publics sont concernés par cette réglementation. L'objectif du décret tertiaire est de **réduire la consommation d'énergie finale** pour les bâtiments tertiaires :

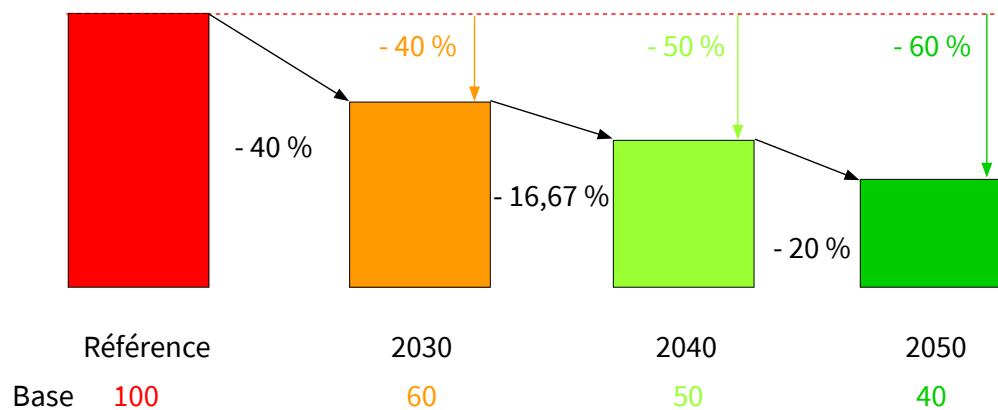
- destinés à des activités marchandes ou non et
- **de surface de plancher ≥ à 1000 m²** et répartie sur un ou plusieurs bâtiments ayant la même unité foncière.

Plus précisément, il s'agit de réduire les consommations d'énergie finale d'au moins :

- **40 % d'ici 2030,**
- **50 % d'ici 2040,**
- **60 % d'ici 2050,**

et ce, par rapport à la consommation d'une année de référence (pas nécessairement calendaire), **2010 ou postérieure à 2010**.

Dans l'absolu, par rapport à une base de 100 (année de référence), la figure suivante illustre les évolutions des seuils entre 2030 et 2050.



Ne sont pas soumis à ces obligations :

- les constructions ayant donné lieu à un permis de construire à titre précaire (selon l'article R.433-1 du Code de l'Urbanisme) ;
- les bâtiments ou parties de bâtiments destinés au culte ;
- les bâtiments ou parties de bâtiments dans lesquels est exercée une activité opérationnelle à des fins de défense, sécurité civile ou de sûreté intérieure du territoire.

Les actions à mener pour réduire les consommations énergétiques vont notamment porter sur :

- la performance énergétique du bâtiment ;
- l'installation d'équipements appropriés non énergivores, de dispositifs de contrôle et de gestion active de ces équipements ;
- les modalités d'exploitation des équipements ;
- l'adaptation des locaux à un usage économique en énergie et le comportement des occupants.

Mobiliser les occupants devient un critère important pour les faire agir en vue de réduire les consommations.

Lorsqu'une action de rénovation du bâtiment est décidée conformément au décret tertiaire, les travaux seront menés suivant les obligations réglementaires actuelles liées notamment à la réglementation thermique des bâtiments existants.

Ainsi, la réglementation thermique des bâtiments existants va s'appliquer dès lors que des travaux de rénovation sont prévus par le maître d'ouvrage.

L'objectif de ces travaux est d'améliorer la performance du bâtiment en mettant en œuvre de nouveaux produits et de nouveaux équipements plus performants. Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage.

La **rénovation thermique globale « RT globale »** est définie par l'arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de Surface Hors Œuvre Nette supérieure à 1 000 m². Elle s'applique aux bâtiments existants respectant simultanément les trois conditions suivantes :

- une Surface Hors Œuvre Nette (SHON) > à 1 000 m² ;
- une date d'achèvement postérieure au 1^{er} janvier 1948 ;

- un coût des travaux de rénovation thermique décidés par le maître d'ouvrage supérieur à 25 % de la valeur hors foncier du bâtiment.

Le coût des travaux portant sur l'enveloppe et les équipements techniques du bâtiment correspond au **coût des travaux prévus pour les deux années à venir**. Ce coût intègre notamment les coûts de dépose, pose, fourniture.

Quant à la valeur hors foncier du bâtiment, elle est actualisée au 1^{er} janvier de chaque année via les données de l'arrêté du 20 décembre 2007 (relatif au coût de la construction pris en compte pour déterminer la valeur du bâtiment mentionné à l'article R.131-26 du code de la construction et de l'habitation). **Au 1^{er} janvier 2020, la valeur à considérer était de 1405 €/m² SHON** pour les bâtiments autres que d'habitation. Cette valeur, mise à jour, est disponible sur le site internet www.rt-batiment.fr/batiments-existants/rt-existent-globale dans les documents d'application « calcul de la valeur d'un bâtiment ».

Lorsque le bâtiment est soumis à la RT globale, le maître d'ouvrage doit réaliser, avant le dépôt du permis de construire, une **étude de faisabilité technique et économique** des diverses solutions d'approvisionnement en énergie du bâtiment. Ceci doit permettre de favoriser le recours aux énergies renouvelables et aux systèmes les plus performants. **Des performances minimales sont requises pour différents composants** (isolation, ventilation, système de chauffage, etc.), lorsque ceux-ci sont modifiés par les travaux de rénovation.

Le **confort d'été** est également appréhendé lors de cette rénovation.

Les **exigences doivent être respectées et justifiées par un calcul réglementaire** via l'utilisation d'un logiciel intégrant le moteur de calcul Th-CE ex. In fine, les travaux doivent conduire à un gain de 30 % sur la consommation d'énergie primaire par rapport à l'état antérieur.

Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation thermique « élément par élément » définie par l'arrêté du 3 mai 2007 modifié (par l'arrêté du 22 mars 2017) s'applique. Lorsque le maître d'ouvrage décide de **remplacer ou installer un nouvel élément**, il doit choisir un produit dont la performance est supérieure ou égale aux

caractéristiques minimales définies dans l'arrêté.

Les éléments concernés par ces exigences sont :

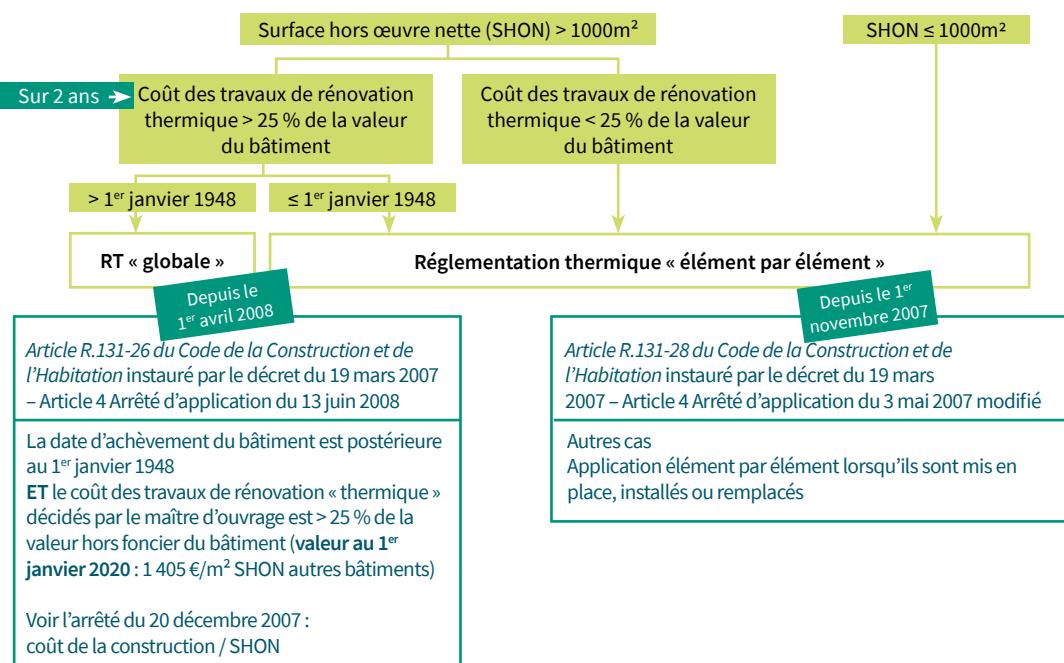
- les parois opaques (murs, toiture, planchers) et les parois vitrées ;
- le chauffage ;

- l'eau chaude sanitaire ;
- le refroidissement ;
- la ventilation ;
- l'éclairage ;
- les EnR.

Quelques caractéristiques minimales à saisir depuis le 1^{er} janvier 2018 avec un renforcement à compter du 1^{er} janvier 2023 sont données ci-après :

	Résistance thermique R minimale ($m^2.K/W$) en zone H1A, H1B, H1C	Résistance thermique R minimale ($m^2.K/W$) en zone H2A, H2B, H2C, H2D et H3 (altitude > 800 m)	Résistance thermique R minimale ($m^2.K/W$) en zone H3 (altitude < 800 m)			
	Depuis le 01/01/2018	A compter du 01/01/2023	Depuis le 01/01/2018	A compter du 01/01/2023	Depuis le 01/01/2018	A compter du 01/01/2023
Murs en contact avec extérieur	2,9	3,2	2,9	3,2	2,2	2,2
Murs en contact avec local non chauffé	2	2,5	2	2,5	2	2,5
Toitures terrasses	3,3	4,5	3,3	4,3	3,3	4
Planchers bas donnant sur local non chauffé ou extérieur	2,7	3	2,7	3	2,1	2,1

Pour les fenêtres de surface supérieure à $0,5 \text{ m}^2$, portes fenêtres, double fenêtre et façades rideaux, la performance thermique minimale doit être $\leq 1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$ (U_w). Le récapitulatif des bâtiments concernés par la réglementation thermique existante est illustré en figure suivante.



En complément de ces réglementations, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) a créé l'obligation de mise en œuvre d'une isolation thermique à l'occasion de travaux importants de rénovation du bâtiment tel qu'un ravalement de façade ou une réfection de toiture. Le décret d'application est le **décret n°2016-711 du 30 mai 2016** relatif « aux travaux d'isolation en cas de travaux de ravalement de façade, de réfection de toiture ou d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables ».

Cette mesure permet de **profiter d'un projet de travaux pour y ajouter des travaux d'amélioration énergétique, en mutualisant les coûts et les gênes** : installations de chantier, dossier administratif, gestion des déchets, etc. Cette application, entrée en vigueur depuis le 1er juillet 2017, s'applique aux bâtiments tertiaires de bureaux, d'enseignements ainsi qu'aux bâtiments commerciaux et hôtels. Les niveaux de performance à atteindre doivent être conformes à minima à la réglementation thermique « élément par élément ».

Aller plus loin que la réglementation en vigueur

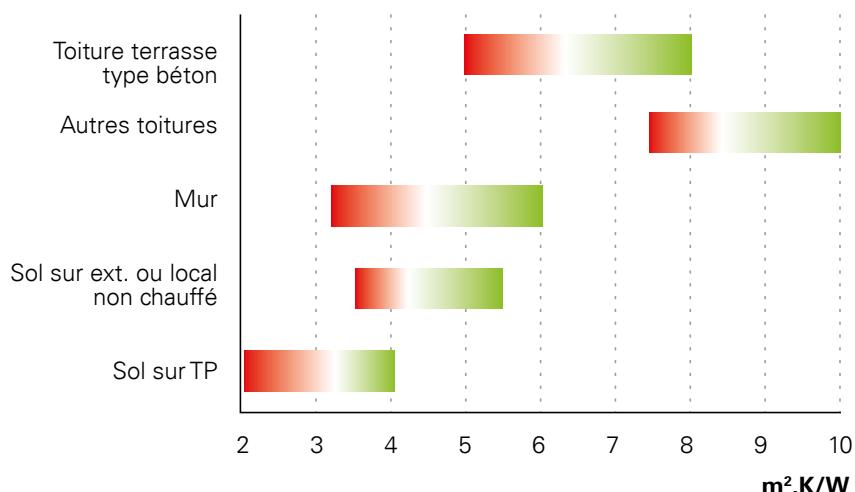
Quelle que soit la réglementation à laquelle est soumis le bâtiment à rénover, il est toujours conseillé de viser des niveaux de performance supérieurs aux exigences minimales requises.

Pour l'application de la réglementation thermique élément par élément, il sera privilégié le traitement performant d'un nombre limité d'éléments plutôt que le traitement d'un nombre important d'éléments avec un niveau de performance moindre.

Le label « Haute performance énergétique rénovation » résulte d'une démarche volontaire de maîtres d'ouvrage désireux de réaliser une opération de rénovation énergétiquement performante. Ce label s'applique uniquement aux bâtiments achevés après le 1er janvier 1948. Il atteste que celui-ci respecte un niveau de performance énergétique élevé ainsi qu'un niveau minimal de confort en été, vérifiés grâce à des modalités prédéfinies de contrôle.

Pour les bâtiments non résidentiels, le label comporte un unique niveau « bâtiment basse consommation

Exemples de résistance thermique à considérer pour les parois d'un bâtiment (selon Effinergie, 2011)



- Valeurs minimales réservées aux régions les plus chaudes
- Valeurs permettant d'obtenir plus facilement le label **BBC-effinergie Rénovation**

énergétique rénovation, BBC rénovation 2009 », qui correspond à une **consommation inférieure de 40 % à la consommation de référence de la réglementation thermique « globale » des bâtiments existants.**

Dans tous les cas, on cherchera à **intégrer l'isolation thermique du bâti dès la première phase de rénovation**. A titre d'exemple, l'association Effinergie définit quelques valeurs de résistance thermique pour atteindre plus facilement ce niveau BBC rénovation (voir graphique en page 12).

A noter : toutes les informations relatives aux différentes Réglementations Thermiques sont disponibles sur le site officiel : www.rt-batiment.fr

Sur ce site internet, les thématiques relatives à :

- la RT existant par élément ;
 - la RT existant globale ;
 - l'obligation d'isolation ;
 - le label HPE Réovation ;
 - les obligations des bâtiments tertiaires ;
- sont présentées avec les textes associés et les notes explicatives.

À RETENIR

Le décret tertiaire définit des obligations de résultat et des actions pour y parvenir.

Pour chacune des 3 échéances, 2030, 2040 et 2050, une **réduction de la consommation d'énergie finale du bâtiment** doit être réalisée et ce, quel que soit le phasage des opérations de rénovation (en 1 étape ou en plusieurs étapes jusqu'à l'échéance).

Lorsqu'il sera engagé des travaux d'amélioration énergétique, ceux-ci devront intégrer, conformément aux obligations de la réglementation thermique des bâtiments existants, des matériaux (vitraux, isolants, etc.) et/ou des équipements techniques (chauffage, ventilation, ECS, etc.) performants, c'est-à-dire respectant au moins des caractéristiques minimales.

Mais, dans la mesure du possible, il sera toujours conseillé de viser des niveaux de performance supérieurs à la réglementation en vigueur en visant par exemple des économies d'énergie conséquentes par rapport à l'état initial (> à 40 %) ou en visant ceux du label « BBC rénovation ».

Pour la rénovation des bâtiments tertiaire publics, la Banque des Territoires et ses partenaires ont développé un site internet « ressources » pour aider les collectivités locales à mettre en œuvre et financer leurs projets ainsi que les accompagner dans l'application du « décret tertiaire » : www.banquedesterritoires.fr/renovation-energetique-des-batiments-publics

Le schéma suivant synthétise l'articulation entre les différents « textes » principaux résumés précédemment.



► RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS : UNE RÉALITÉ À LA PORTÉE DE TOUS

A l'échelle nationale

Entre 2007 et 2016, l'ADEME et ses partenaires (Conseils régionaux essentiellement) ont multiplié les appels à projets dans le cadre du programme PREBAT (Programme d'expérimentations sur l'énergie dans les bâtiments). Ce programme a aidé les maîtres d'ouvrage à réaliser des opérations performantes en construction neuve et en rénovation. Les niveaux d'exigence « BBC », « BEPOS » (Bâtiments à Énergie Positive) ont ainsi pu être atteints sur un nombre significatif de projets.

Au niveau national, les appels à projets régionaux ont permis de soutenir la réalisation de plus de 1 000 bâtiments rénovés de manière exemplaire.

Le bilan national réalisé par l'ADEME sur la période 2007 – 2012 montre les enseignements suivants sur les opérations du secteur tertiaire :

- Les consommations conventionnelles avant et après réhabilitation : on observe que la réhabilitation vise en moyenne **à diviser ces consommations par trois** (échantillon de 40 bâtiments) ;
- Les performances de l'enveloppe : on observe des performances élevées ; la réhabilitation vise en moyenne **à diviser les déperditions par trois** (Ubât avant et après réhabilitation, échantillon de 32 bâtiments) ;
- Les **consommations moyennes de chauffage représentent 30 % à 40 %**, selon le type de bâtiment. La part de l'ECS est très faible dans ce secteur sauf pour les bâtiments d'hébergement pour lesquels cette part est d'un tiers (échantillon de 77 bâtiments) ;
- Les modes de chauffage : les **pompes à chaleur ont couvert 30 %** et les chaudières bois 25 % **de l'ensemble des bâtiments tertiaires**. Le photovoltaïque concerne un tiers des bâtiments de bureaux. Pour les bâtiments de bureaux, les pompes à chaleur sont les plus utilisées, suivies du chauffage par chaudière gaz (à condensation) et des réseaux de chaleur ;
- Le recours à la ventilation double flux est majoritaire dans le tertiaire avec 80 % des bâtiments renseignés (échantillon de 101 bâtiments).

Dans le cadre de ce programme PREBAT, plus de 200 constructions ou rénovations à basse consommation ont également été instrumentées pour mesurer leur performance énergétique et leur confort thermique.

Le CEREMA a capitalisé ces données de suivi au niveau national entre 2012 et 2017. Cela a permis de dégager des enseignements et des tendances sur les consommations énergétiques des bâtiments rénovés et construit en niveau « BBC ». Bien que les résultats se soient focalisés sur les 5 usages réglementés, des « clefs de compréhension » pour les autres usages, qu'ils soient mobiliers (bureautique, audiovisuel, etc.) ou immobiliers (ascenseurs, portes automatiques, etc.) sont également données pour un échantillon plus restreint.

Le rapport détaillé est téléchargeable à l'adresse suivante :

www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport-prebat.pdf

Une brève synthèse des résultats est accessible avec le lien suivant :

www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/synthese-prebat.pdf

Cerema

Bâtiments démonstrateurs
à basse consommation d'énergie

Enseignements opérationnels tirés de 141 constructions
et rénovations du programme PREBAT

2012 - 2017

Ministère de la Transition
écologique et solidaire

Collection | Connaissances

Un Observatoire BBC régional

Créé en 2015 par l'Association Effinergie, en partenariat avec la direction régionale de l'ADEME et la Région Auvergne-Rhône-Alpes, l'observatoire - www.observatoirebbc.org/auvergne-rhonealpes - référence 155 bâtiments avec un niveau BBC Effinergie rénovation, dont 92 sont lauréats d'un appel à projet régional et 63 ont obtenu un label dans le cadre d'une certification.

Un retour d'expérience sur les bâtiments rénovés à basse consommation a notamment été publié en 2019. Il en ressort les principaux éléments suivants (échantillon de 63 opérations) :

- La destination des bâtiments : les bâtiments de bureaux et les **bâtiments d'enseignements** représentent une proportion importante de bâtiments rénovés ; tout en ayant une grande diversité de bâtiments tertiaires représentés ;
- Les déperditions moyennes du bâtiment sont **réduites d'un facteur 3,3** en tertiaire (coefficient Ubât – environ 0,44 W/m².K) ;
- Le niveau de consommation énergétique conventionnel après travaux se situe autour de **75 kWhep/m².shon.an** sans prendre en compte la production locale d'électricité. Si la production locale est prise en compte, le niveau de consommation se situe autour de 68 kWhep/m².shon.an. Après rénovation, les consommations des bâtiments tertiaires **sont réduites d'un facteur 4,8 par rapport à l'état initial** ;
- La répartition des postes de consommations varie en fonction de la présence de systèmes de refroidissement et d'ECS. Cependant, en l'absence de systèmes de refroidissement, les principaux postes de consommations, suivant la présence d'ECS et l'énergie de chauffage, sont : **le chauffage (40 % à 44 %)** l'éclairage (26 % à 42 %) la ventilation (12 % à 20 %) ;
- Les choix techniques d'isolation : la quasi-totalité des projets (97 %) ont fait **le choix de rénover**

leurs murs extérieurs lors des travaux. Près d'une opération sur deux a mis en œuvre une isolation par l'extérieur (ITE : 47 %). En parallèle, une ITI a été proposée dans 31 % des cas. Enfin, 20 % des projets ont associé une ITE à une ITI déjà présente avant les travaux ;

■ Les équipements techniques :

- plus d'un tiers sont chauffés par une chaudière gaz, dont 78 % sont à condensation. En parallèle, 24 % des projets sont chauffés au bois et 21 % par une solution électrique (50 % effet joule - 50 % thermodynamique). Par ailleurs, 14 % des bâtiments sont raccordés à un réseau de chaleur urbain,
- 79 % des projets rénovés sont équipés d'une ventilation double flux,
- 19 % des opérations lauréates (12/63) ont installé des panneaux photovoltaïques.

Le retour d'expérience de l'Observatoire présente également des données économiques.

L'échantillon de données disponibles étant restreint et limité aux lauréats des appels à projets, il s'agit de donner seulement **un premier niveau d'information**, sans avoir la prétention d'établir de conclusions définitives. Les travaux pris en compte sont l'enveloppe (isolation, remplacement des baies, protections solaires) et les équipements (chauffage, ventilation, refroidissement, production d'ECS, émetteurs, éclairage, photovoltaïque).

Le tableau ci-après récapitule les montants des travaux de rénovation énergétique pour les bâtiments de bureaux et d'enseignements.

En complément, il est mentionné les coûts constatés sur les différents projets de rénovation énergétique suivants :

- 516 € HT/m² pour une salle des fêtes ;
- 423 € HT/m² pour un EHPAD ;
- 329 € HT/m² pour un gymnase ;
- 249 € HT/m² pour un hôtel ;
- 242 € HT/m² pour une salle polyvalente.

TRAVAUX ÉNERGÉTIQUES (€/m ² ShonRT)	NOMBRE DE PROJETS	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM
Bureaux	18	205 €	531 €	914 €
Ecole primaire	15	269 €	500 €	684 €





Un centre de ressources régional, Ville et Aménagement Durable (VAD)

Créé en 2001, avec le soutien de l'ADEME et du Conseil régional, le **centre de ressources régional Ville et Aménagement Durable** capitalise et mutualise de nombreuses données issues de retours d'expérience.

Ville et Aménagement Durable propose ainsi de nombreuses ressources techniques, comme des fiches d'opérations, des cahiers de chantiers, des comptes-rendus de visites et de nombreuses autres publications.

A retrouver sur
www.ville-amenagement-durable.org

► RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE ET GESTION DU PATRIMOINE

Le parc tertiaire existant peut souvent présenter des problèmes de vétusté, d'inconfort ou encore d'adaptation aux nouveaux modes de vie et de travail.

Or, la construction ou la réhabilitation d'un bâtiment nécessite un **budget important** (tant en investissement qu'en fonctionnement) **qu'il convient d'optimiser** en recherchant diverses solutions comme par exemple :

- **mutualiser les équipements** (utiliser un gymnase pour les activités sportives scolaires et extra scolaires d'une ou plusieurs communes) ;
- **multiplier les usages au sein d'un même bâtiment** (utiliser un bâtiment comme établissement scolaire puis centre de loisirs pendant les vacances scolaires).

Reconnaitre les potentiels d'adaptation et de transformation du bâtiment peut aboutir à identifier une revalorisation possible. En revanche, **pour que les bâtiments puissent évoluer dans leur usage, il est impératif de ne plus penser le cycle de vie du bâtiment de manière « mono fonctionnelle ».**

L'opération, réalisée sur un bâtiment, peut avantageusement être menée de façon plus globale sur l'ensemble du patrimoine immobilier d'une commune. Le recours à **un Schéma Directeur**

Immobilier (SDI) va permettre de construire l'inventaire complet du patrimoine de la collectivité.

Toutes les informations concernant le patrimoine sont compilées pour obtenir une photographie à jour des bâtiments.

Il s'agit de mieux connaître, **pour chaque bâtiment et chaque type de bâtiment**, des informations aussi variées que :

- la date de construction ;
- la surface ;
- l'état général du bâti, des installations techniques, du mobilier ;
- les différents contrats et leurs coûts ;
- la consommation d'énergie.

Grâce à la consolidation de ces données, les services publics et élus peuvent plus facilement **prendre connaissance et de manière globale, de la situation de leur parc pour ensuite mieux définir et prioriser les investissements nécessaires et les opérations à mener.**

4 ÉTAPES POUR AIDER À LA GESTION DYNAMIQUE DU PATRIMOINE

01

LANCEMENT



OBJECTIFS

- Construire un portage fort et partagé entre un élu et un technicien référent
- Impliquer l'ensemble des participants élus et agents
- S'assurer de la faisabilité

CONTENU

- Organiser une **gouvernance** transversale de projet, pilotée au sein de chaque collectivité par un binôme élu-technicien
- Définir les moyens et l'**organisation à mettre en place**
- Cadrer la **démarche** avec une méthodologie définie et un planning de réalisation
- Communiquer au sein de la collectivité sur les objectifs et le déroulement du projet

A SAVOIR

Vous pouvez vous faire accompagner par un cabinet conseil tout au long de la démarche. Il est néanmoins essentiel que la collectivité se l'approprie au mieux pour la maintenir dans la durée

02

DIAGNOSTIC



OBJECTIFS

- Disposer d'une connaissance globale et fiable des actifs immobiliers de la collectivité pour mettre en lumière les points forts et faibles
- Classifier le patrimoine
- Identifier les pistes d'actions envisageables
- Préparer et éclairer l'élaboration des scénarios

CONTENU

Aggrégation des données existantes et consolidation par des diagnostics sur site.



A noter : dans le temps, les coûts de fonctionnement sont nettement plus lourds que les coûts d'investissements.

A SAVOIR

Loutil patrimoine-public.fr a été utilisé par les 30 collectivités engagées dans les démarches collectives menées en Normandie en 2015 et 2017.

03

ÉLABORATION DES SCÉNARIOS



OBJECTIFS

- Fixer des priorités et inscrire les projets dans une approche de développement territorial durable
- Se doter d'une véritable politique patrimoniale, volontariste, dynamique et évolutive
- Concilier ambition et réalité en intégrant chaque projet dans une trajectoire budgétaire soutenable pour la collectivité, en lien avec ses capacités financières et les opérations déjà programmées

CONTENU

- Elaboration des scénarios prospectifs
 - Choix des montages juridiques et financiers liés aux opérations prévues
 - Simulation financière en coût global (dont énergie)
 - Comparaison multicritères des scénarios
 - Choix du scénario de référence
- ☞ Les scénarios peuvent concerner des ensembles d'opérations : restructurations, mutualisation, reconstruction, valorisation etc. Ils sont présentés sous forme simple, claire et synthétique, avec identification des tenants et aboutissants en termes financier, technique et fonctionnel.

A SAVOIR

Des retours d'expériences sont disponibles sur le site : normandie.ademe.fr

04

MISE EN ŒUVRE



OBJECTIFS

- Mettre en œuvre le scénario de gestion patrimoniale retenu par la collectivité
- Doter la collectivité d'un outil de gouvernance effective de suivi du schéma directeur immobilier
- Programmer les opérations
- Optimiser les surfaces dans un objectif de sobriété et de rationalisation avec un volet énergétique (efficacité et EnR) et confort d'été

CONTENU

Rédaction du Document Unique de Programmation comprenant :

- La **synthèse des résultats** de la démarche
- Le **programme prévisionnel** des opérations à conduire, phasées, budgétées en coût global

Source ADEME – Le Schéma Directeur Immobilier
Août 2019



Cette logique de connaissance de son patrimoine en vue de mutualiser des bâtiments de même usage et réutiliser un bâtiment inoccupé a été adoptée par la ville de Saint-Chamond : **deux crèches situées à proximité l'une de l'autre ont**

été regroupées dans les locaux d'une ancienne école maternelle (bâtiment inoccupé depuis 2 ans). Des aménagements (intérieurs et extérieurs) ont été prévus en conséquence.



Structure multi-accueil petite enfance à Saint-Chamond - Atelier d'Architecture RIVAT



Optimiser la gestion de leur patrimoine : l'exemple normand

En Normandie, trente communes ont travaillé, avec le soutien de l'ADEME et de la Région, pour se doter de Schémas Directeurs Immobiliers (SDI) afin d'optimiser la gestion de leur patrimoine et faire des économies.

Cette volonté d'action fait suite au constat suivant :

- évolution démographique ;
- évolution des besoins avec des bâtiments mal dimensionnés ;
- charges d'exploitation importantes.

Cette démarche collective de gestion dynamique du patrimoine s'inscrit dans une volonté commune de :

- mieux gérer les actifs immobiliers pour les garder en bon état ;
- améliorer la qualité d'usage ;
- renforcer la performance énergétique ;
- maîtriser les coûts.

Pour aider les villes à s'engager dans cette approche et dans le cadre de cette démarche collective normande, il a été mis à disposition des collectivités, une base de données patrimoniales permettant de compiler toutes les données issues de l'inventaire du patrimoine de ces communes.

Un travail conséquent qui a eu l'avantage de mobiliser les équipes des différents services.

Parmi les informations synthétisées, notons :

- les années de construction ;
- les surfaces de bâtiment et la surface totale par type de bâtiment ;
- l'état de vétusté ;
- le coût moyen de fonctionnement et d'investissement ;
- les aspects réglementaires (diagnostics amiante, électricité, etc.) ;
- les contrats de maintenance en cours ;
- la vacance d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment ;
- la consommation d'énergie ;
- le statut juridique du bâtiment (propriétaire / locataire).

A partir de toutes ces informations, les collectivités peuvent simuler des scénarios d'évolution de leurs actifs immobiliers et prendre des décisions sur l'évolution du patrimoine tout en réalisant des économies : **rationaliser les usages, les surfaces mais également valoriser les locaux vacants sont différentes options possibles de gestion du patrimoine. Cette expérience a été une réussite pour tous les acteurs en termes d'échanges et de gains potentiels.**

In fine, cette démarche permet de mettre en adéquation le patrimoine avec les besoins actuels et les projets de la commune.

L'utilité et le bénéfice de cette gestion réside dans une mise à jour régulière des données caractéristiques des bâtiments et du patrimoine. Compte tenu de ces enjeux liés à la gestion patrimoniale, l'Association des Maires de France permet à

ses adhérents d'utiliser un service en ligne dédié à l'inventaire, au diagnostic et au pilotage du patrimoine immobilier des collectivités locales (accès au service « www.patrimoine-public.fr/ »).

► MONTAGES DES OPÉRATIONS DE RÉNOVATION

Les objectifs actuels en matière énergétique sont très ambitieux pour le secteur du bâtiment. Cela implique, pour chaque maître d'ouvrage, de définir une stratégie et des plans d'action sur son bâtiment en engageant des travaux d'amélioration énergétique. Les aspects techniques, financiers mais aussi juridiques de ces travaux sont à étudier dès la phase de programmation de l'opération.

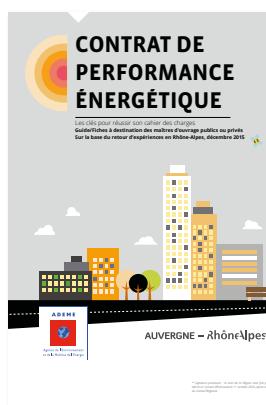
Les principaux marchés publics sont passés en lots séparés ; il s'agit de **marchés publics allotis**. Un marché découpé en plusieurs lots permet une concurrence large entre les entreprises et permet à celles-ci, indépendamment de leur taille, d'accéder à la commande. Il y a autant de marchés que de prestations (lots) : gros œuvre, électricité, etc.

Toutefois, d'autres types de marchés émergent : **les marchés publics globaux**.

A la différence des marchés publiques allotis, **ces marchés comportent des engagements de performance mesurables**. On parle alors de **Contrats de Performance Energétique (CPE)**. Le CPE est intéressant pour les maîtres d'ouvrage car il répond au besoin de sécurisation des investissements d'économie d'énergie. En effet, le CPE garantit, de manière contractuelle, une diminution des consommations énergétiques d'un bâtiment ou d'un parc (elle sera tout au long du contrat chiffrée, vérifiée et mesurée).

Le CPE, qui se traduit juridiquement par la **passation d'un marché global entre un maître d'ouvrage et un opérateur unique**, inclut alors tout ou partie les prestations de conception, de travaux, d'exploitation-maintenance et de financement. L'approche globale du CPE permet le portage de la garantie de résultats par l'opérateur.

La performance énergétique fait alors l'objet de mesures et de vérifications pendant la durée du contrat. Si l'objectif de performance énergétique n'est pas atteint, le titulaire paie une pénalité au maître d'ouvrage, basée sur l'écart entre les consommations réelles et les consommations prévues contractuellement. Si l'objectif est dépassé, le titulaire reçoit un intérressement aux économies d'énergie supplémentaires réalisées.



Guide technique :
les clés pour réussir
le montage d'un CPE



Plaquette qui présente l'offre de l'ADEME pour les collectivités territoriales sur les CPE : aides financières et cahiers des charges de missions d'AMO

Deux documents en téléchargement sur www.cpeauvergnerhonealpes.org/fr/contrats-de-performance-energetique-en-auvergne-rhone-alpes.html



Une synthèse des différents types de marchés est présentée dans le tableau ci-après.

MARCHÉS PUBLICS CONTRATS	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES
Marchés allotis	<ul style="list-style-type: none"> ■ Allotissement par nature de prestations (travaux, exploitation, etc.) et de lots ■ Définition précise des besoins ■ Adapté à des rénovations en plusieurs phases et à une démarche de commissionnement
Marchés de conception – réalisation (pour la commande publique : dérogation à la loi MOP)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conception et réalisation des travaux confiés à un même prestataire ■ Engagement contractuel sur un niveau théorique d'amélioration de l'efficacité énergétique ■ Possibilité d'avoir un historique de données énergétiques permettant de définir une situation de référence
Marchés globaux de performance (pour la commande publique : dérogation à la loi MOP, succède aux CREM et REM)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Exploitation (ou maintenance) associée à réalisation ou à la conception-réalisation ■ Engagement contractuel sur un niveau réel d'amélioration de l'efficacité énergétique ■ Nécessité d'avoir un historique de données énergétiques permettant de définir une situation de référence
Marchés de partenariat (pour la commande publique : dérogation à la loi MOP)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mission globale de conception, réalisation, exploitation et financement confiée à un même groupement (prestataire) ■ Rémunération définie en fonction d'objectifs de performance ■ Nécessité d'avoir un historique de données énergétiques permettant de définir une situation de référence ■ Procédure plus complexe (évaluation préalable, étude de soutenabilité budgétaire) ■ Marché plutôt réservé à des gros projets (> 2 M € HT, seuil de la commande publique)



CPE réalisé sous la forme d'un marché public global : Rénovation du groupe scolaire Baudin à Bourg-en-Bresse (01) par la SPL OSER

Le Marché Global de Performance Energétique (MGPE) succède aux marchés de Conception Réalisation Exploitation Maintenance (CREM) et de Réalisation Exploitation Maintenance (REM). Il permet d'associer l'exploitation ou la maintenance à la réalisation ou à la conception-réalisation de prestations dans le but de remplir des objectifs chiffrés de performance. Il est donc nécessaire de fixer, au sein du contrat, **des engagements de performance mesurables** (chiffrés). Le volet maintenance doit permettre de vérifier que les objectifs de performance inscrits dans le marché sont atteints.

Ce MGPE a été mené avec succès dans le cadre de la rénovation d'un groupe scolaire à Bourg en Bresse par la SPL OSER³, la Société Publique Locale d'Efficacité Energétique, qui est un opérateur de service énergétique régional.

Le marché global de rénovation intègre ainsi une garantie de résultats sur les consommations

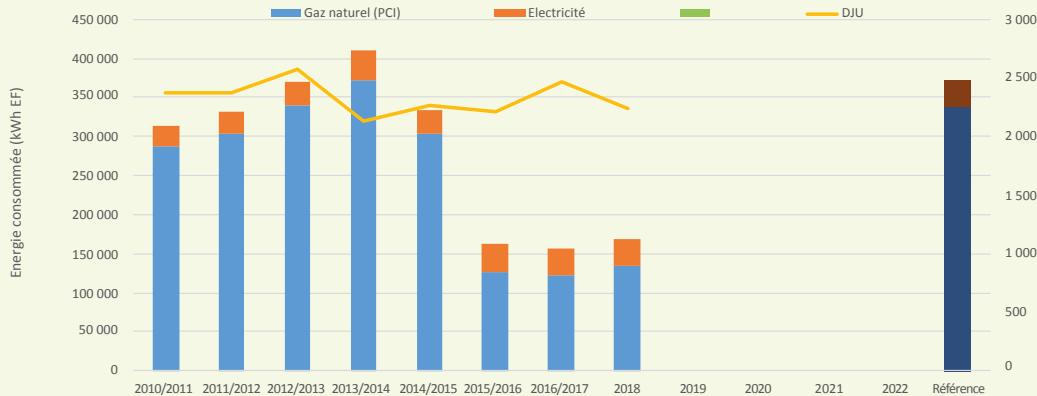
d'énergie après travaux. Il a été signé entre la SPL OSER et un groupement d'entreprises pour une durée de 8 ans. Le titulaire est chargé de concevoir et réaliser une rénovation énergétique de bâtiment puis de l'exploiter et en assurer la maintenance. Les objectifs de performance énergétique sont de réduire d'au moins 52 % les consommations totales d'énergie finale du bâtiment.

Les résultats pour l'année 2018 montrent que l'objectif de 52 % est quasiment atteint : 49 % d'économie d'énergie ont été réalisées sur l'année complète pour l'ensemble des usages du bâtiment (usages thermiques et électricité spécifique).

Le graphique ci-après présente l'historique des consommations depuis 2011 et la baisse significative des consommations à partir de 2015/2016, date de démarrage des travaux de rénovation énergétique. L'économie observée sur le gaz utilisé pour le chauffage est conforme aux prévisions.

En revanche, la consommation électrique est restée à un niveau équivalent après travaux ce qui peut s'expliquer par la mise en place de ventilations mécaniques dans le restaurant et dans l'extension et par l'utilisation de convecteurs électriques dans les dortoirs pour assurer le confort du fait de diffi-

cultés d'exploitation des installations de chauffage. Outre la garantie de performance énergétique, notons également les niveaux de performances techniques attendus pendant la phase d'exploitation. Le tableau ci-dessous liste les niveaux de service et les seuils définissant des défaillances.



Exemple d'un suivi de performance énergétique (Groupe scolaire – Bertrand FEINTE Architecte – 01053 Bourg-en-Bresse)

³ Crée en 2012 à l'initiative de plusieurs communes, du Syndicat Intercommunal d'Electricité du département de la Loire et du Conseil Régional Auvergne-Rhône-Alpes, la SPL OSER réalise la rénovation énergétique de bâtiments publics pour le compte de ses membres.

DONNÉE	CONSIGNE	DÉFAUT
Chauffage : température intérieure	Consigne par typologie de local selon programme horaire ci-dessous	T° mesurée < T° consigne pour une : ■ durée > 6h consécutives ou ■ durée cumulée > 12h sur une période de 30 jours
Eau chaude sanitaire : température	Au départ du réseau : entre 55 et 60 °C Au puisage : entre 50 et 55 °C Au niveau des retours de boucle ECS : > 50 °C	T° mesurée < T° consigne -5 °C pour une durée : ■ > 6h consécutives ■ cumulée > 24h sur une période de 30 jours ■ T° mesurée > T° consigne + 5°C au puisage
Eau chaude sanitaire : qualité	Respect des limites fixées pour la qualité des eaux destinées à la consommation humaine	■ pH < 6,5 ou pH > 9 ■ TH < 15 degrés français
Renouvellement d'air : débit	Renouvellement d'air effectif en cas de ventilation mécanique	Absence de ventilation ou niveau de bruit > 33 dB(A) en permanent ou 38 dB(A) en intermittent ■ durée > 2 jours consécutifs ou ■ durée cumulée > 5 jours sur une période de 30 jours
Renouvellement d'air : qualité d'air	Concentration en CO2 des salles de classes < 1000ppm en horaires d'occupation	[CO2] mesurée > 1000 ppm pour une durée supérieure à 1h consécutive en occupation. Une ou plusieurs valeurs sont supérieures aux valeurs limites. Le prestataire met en œuvre les investigations complémentaires et réalise la nouvelle campagne de mesure réglementaire

Le site relatif aux Contrats de Performance Energétique (CPE) en Auvergne-Rhône-Alpes intègre de nombreux autres retours d'expérience en rénovation globale :

www.cpeauvergnerhonealpes.org/fr/contrats-de-performance-energetique-en-auvergne-rhone-alpes.html



PRÉSENTATION D'OPÉRATIONS DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

Douze projets de rénovation ont été sélectionnés pour établir des retours d'expérience sur la rénovation énergétique de bâtiments tertiaires. Le choix de ces bâtiments se caractérise par leur diversité :

- d'usage ;
- de travaux planifiés ;
- de contraintes éventuelles associées.

➤ MÉTHODOLOGIE

La réalisation de ces fiches est basée sur des entretiens couplés à une visite sur site.

Entre 2017 et 2019, les maîtrises d'ouvrage et maîtrises d'œuvre ont été interviewées sur le déroulement de l'opération et les motivations de leur démarche. La perception des usagers et des exploitants a également été recueillie.

En complément, chaque bâtiment rénové a fait l'objet d'une visite en présence de la maîtrise d'ouvrage voire de l'exploitant et/ou de la maîtrise d'œuvre. En croisant les témoignages de tous ces acteurs, il a été possible de mettre en avant les succès, les difficultés ou les contraintes rencontrés à chaque étape du projet.

Malgré la diversité des bâtiments, l'analyse de ces projets a mis en exergue **une interdépendance**

entre **3 critères essentiels** : le **bâti**, les **équipements techniques** et **l'usage du bâtiment**.

L'influence d'un critère sur les deux autres sera régulièrement mise en avant au cours de l'analyse de ces projets.

Des contraintes supplémentaires se sont ajoutées sur plusieurs projets de rénovation comme par exemple :

- la rénovation en **site occupé** ;
- le **changement d'usage du bâtiment** à la suite de sa rénovation (changement de public et/ou changement d'activités) ;
- le bâtiment « classé ».

L'importance de ces contraintes, leurs gestions ainsi que les réponses concrètes apportées par les acteurs sont développées dans la partie suivante de l'ouvrage « C – Quels enseignements pour les acteurs de la rénovation ? ».

➤ RETOURS D'EXPÉRIENCE SUR 12 BÂTIMENTS TERTIAIRES

Les fiches détaillées des projets sont données par la suite.

Chacune de ces fiches s'articule autour des points suivants :

- le diagnostic du bâtiment ;
- l'objectif de la rénovation ;
- l'analyse des étapes de la rénovation : analyse technique, analyse organisationnelle, analyse programmatique ;

■ le bilan de cette opération par rapport aux attentes initiales.

Le tableau ci-après récapitule, pour chaque bâtiment :

- les objectifs principaux ayant amené à la décision de rénover ;
- les principaux postes soumis à rénovation ;
- les points spécifiques nécessitant une attention particulière.

DESTINATION DU BÂTIMENT RÉNOVÉ	MAÎTRISE D'OUVRAGE ARCHITECTE	OBJECTIFS PRINCIPAUX DE L'OPÉRATION DE RÉNOVATION	ACTIONS PRINCIPALES DE RÉNOVATION	QUELQUES SPÉCIFICITÉS
Bâtiment de bureaux	• CAF de Haute-Savoie • DE JONG Architectes	Améliorer la performance thermique	Etanchéité du bâtiment	• Présence d'une gestion technique centralisée (GTC) sans historisation des données • Opération de commissionnement
Bâtiment de bureaux	• ZF Bouthéon SAS • Durnerin Co Architecture	Améliorer le confort	Approche bioclimatique : chauffage / climatisation / éclairage	• Rénovation globale plutôt que partielle • Traitement de l'éclairage (naturel et artificiel)
Bâtiment de bureaux	• Loire Habitat • Atelier des Vergers et Agence SARM	Améliorer le confort thermique (surchauffe ou courants d'air) et les performances énergétiques	Etanchéité du bâtiment	• Rénovation en site occupé • Suivi énergétique du site et mission de commissionnement
Bâtiment de bureaux	• SCI 53 Fauriel • Atelier d'Architecture RIVAT	• Améliorer le confort et les performances énergétiques • Bâtiment passif	Etanchéité du bâtiment	• Rénovation d'un bâtiment classé • Evolution d'usage (augmentation d'effectif)
Bâtiment de bureaux	• SCI Espace BTP • SORHA	Etre un bâtiment exemplaire : rénovation à énergie positive	Solutions techniques autour du bâtiment	• Rénovation en site occupé • Traitement de l'étanchéité à l'air
Structure petite enfance	• Ville de Saint-Chamond • Atelier Architecture RIVAT	Améliorer le confort	• Etanchéité du bâtiment, ITE • Equipements	• Rénovation avec changement d'usage : regroupement de deux crèches dans un bâtiment non utilisé
Groupe scolaire	• Commune d'Echirolles • ACOBAT Architectes	• Réduire les consommations • Améliorer le confort (thermique, visuel, acoustique)	Bâti et équipements	• Gestion de l'éclairage (naturel et artificiel) • Amélioration du confort d'été
Centre de surdité	• Fondation OVE • MODULO Architectes	• Réduire les consommations • Traiter le confort visuel	• Etanchéité du bâti • Eclairage artificiel/naturel	• Rénovation avec changement d'usage
Bâtiments de bureaux	• SCI Porte Toit • ECLORE	• Améliorer le confort thermique • Réduire les consommations énergétiques	Bâti (ITE)	• Rénovation en site occupé • Contraintes économiques et solutions techniques
Crèche	• CC du pays de Cruseilles • DE JONG Architectes	Améliorer les performances thermiques	Bâti	• Rénovation avec changement d'usage (école réorganisée en crèche)
Groupe scolaire	• Ville de Bourg-en-Bresse et SPL OSER • Bertrand Feinte Architecte	• Améliorer le confort • Réduire les consommations avec une garantie de résultats énergétiques (-52% tous usages)	Suivi des consommations énergétiques	• CPE avec un marché global de type CREM*(maîtrise ouvrage et entreprises) • Retours d'exploitations
Bâtiment de bureaux	• CIRIMAD Grand Sud • Face A	• Réduire les consommations énergétiques • Améliorer le confort	Etanchéité du bâtiment	• Rénovation avec faible hauteur sous plafond

* le marché CREM (Conception Réalisation Exploitation Maintenance) a été remplacé par le marché MGP (Marché Global de Performance) en 2015.



RÉHABILITATION DE L'ANCIEN SIÈGE DE L'URSSAF

Annecy (74)



AMÉLIORER LA PERFORMANCE THERMIQUE DU BÂTIMENT
ET LE CONFORT GLOBAL

OPTIMISER LES RÉGLAGES GRÂCE À LA PHASE DE PRÉ-EXPLOITATION

➤ **Maître d'Ouvrage**
CAF HAUTE-SAVOIE

➤ **Maîtrise d'Œuvre**
DE JONG Architectes
CETRAL
BET Enertech

➤ **Surface**
1 670 m² (SHON)

➤ **Typologie**
Bureaux, R+5

➤ **Zone climatique**
H1c

➤ **Altitude**
453 m

➤ **Consommations avant travaux
(indicateur RT)**
284 kWhep/m².an

➤ **Consommations après travaux
(indicateur RT)**
75 kWhep/m².an

➤ **Ubat final**
0.626 W/m².K

➤ **Montant total des travaux (HT)**
2 400 200 €

➤ **Date de réalisation des travaux**
2014



Le bâtiment se situe à proximité du centre-ville, sur l'avenue de Genève, lieu de grand passage et axe majeur d'Annecy. Il bénéficie d'une bonne visibilité pour accueillir le public et le personnel.

Ce bâtiment, qui n'avait jamais fait l'objet de travaux de rénovation, était dans un état vétuste et n'était plus occupé depuis plusieurs années. L'objectif pour la maîtrise d'ouvrage était d'optimiser le ratio « amélioration énergétique du bâtiment / coût des travaux ».

La silhouette du bâtiment a été conservée et traitée de manière à renforcer son aspect monolithique. Il a été proposé de conserver un maximum de lumière naturelle par l'agrandissement des surfaces vitrées des fenêtres. Le relief de la façade disparait sous une nouvelle peau de cassettes zinc pré-patiné.



► ANALYSE

Assurer une bonne étanchéité à l'air du bâti

Des dispositifs spécifiques ont été mis en place pour traiter efficacement l'étanchéité à l'air du bâti : **formation obligatoire sur chantier, encadrement des entreprises, tests intermédiaires et final et vérification** avec correction éventuelle des défauts.

Optimiser les installations en post-réception

L'implication des entreprises dans le projet et l'intégration d'une mission de commissionnement (BE Enertech) ont permis de traiter correctement les difficultés : problèmes d'équilibrage, d'étanchéité des réseaux. En complément, **la phase de post-réception, avec proposition de réglage des radiateurs, d'arrêt des pompes et d'actions d'optimisation sur les programmations des équipements**, a permis de réduire encore la consommation énergétique tout en maintenant le niveau de confort global.

Capitaliser les retours d'expérience pour enrichir les cahiers des charges des futurs projets

Grace à l'accès à la GTC (par le web et en chaufferie), il est possible **de suivre au quotidien les installations et leur bon fonctionnement**. La maîtrise d'ouvrage est satisfaite de cette gestion

et l'utilise régulièrement. En revanche, l'absence d'historisation des données présente un intérêt limité pour l'exploitant.

Des réunions ont régulièrement eu lieu avec l'équipe de maîtrise d'œuvre et l'AMO HQE pour valider les orientations. La bonne synergie entre maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre et entreprises a permis d'obtenir de bons résultats finaux. La CAF a bénéficié du soutien d'un BET interne à la Caisse de Sécurité Sociale qui oriente les choix en fonction des retours d'expérience obtenus sur des bâtiments en exploitation.

Des bonnes performances énergétiques après travaux

Menée dans la durée, l'étude programmatique préalable a permis d'aborder avec une certaine exhaustivité la conception du projet. En effet, au sein de l'équipe de maîtrise d'ouvrage de la Caisse de Sécurité Sociale, un référentiel produit par le BET interne a été utilisé, analysant les retours d'expérience obtenus sur un parc de bâtiments similaires. Cette démarche a donné lieu à une réponse conceptuelle cohérente et acceptable pour les usagers. Le bon traitement de l'enveloppe et des équipements permet d'atteindre des performances satisfaisantes. L'atteinte des objectifs est confortée par la stabilité des usages (horaires fixes, mode de fonctionnement constant, équipe immuable). Les suivis énergétiques réalisés attestent une consommation totale en énergie finale de 60 kWh/m².an après travaux. A noter les très bons résultats obtenus sur la consommation d'électricité spécifique qui s'établit après travaux à environ 30 kWh/m².an en énergie finale.



RÉHABILITATION DES BUREAUX DE ZFBOUTHÉON

Andrézieux-Bouthéon (42)



AMÉLIORER LE CONFORT

TRAVAILLER SUR UNE APPROCHE CHAUFFAGE/CLIMATISATION/ÉCLAIRAGE



➤ Maître d’Ouvrage

ZF BOUTHEON SAS

➤ Maîtrise d’Œuvre

Durnerin-Co

BET Fluides : Heliasol + Cogifluides

BET Structure : Gaplan + As Structure

➤ Surface

2 050 m² (SHON)

➤ Typologie

Tertiaire, R+1

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

497 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

150 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

52 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0.372 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

1 128 400 €

➤ Date de réalisation des travaux

2016

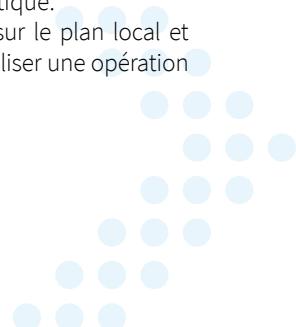
Le bâtiment se situe en bordure de l'aéroport de Saint Etienne. Il correspond aux bâtiments de grande surface construits dans les années 1970.

L’ambition du groupe est d’améliorer le confort, la productivité de ses salariés et d’investir dans une solution durable permettant de réelles économies sur le long terme.

Initialement, l'éclairage était le principal poste de consommation énergétique. A cela s'ajoutaient une consommation de chauffage importante et un inconfort été (surchauffe) comme hiver.

Une approche bioclimatique intégrant les aspects « chauffage / rafraîchissement et éclairage » a été menée pour répondre aux enjeux de confort et de performance énergétique.

In fine, le bâtiment devient une « vitrine » sur le plan local et régional pour toute entreprise souhaitant réaliser une opération de rénovation globale.





ANALYSE

Accorder de l'importance à l'éclairage naturel

L'orientation principale du bâtiment (orientation sud) a permis de privilégier l'éclairage naturel. Une double occultation a été mise en œuvre pour traiter efficacement le confort et limiter les consommations d'éclairage : stores intérieurs et protections solaires extérieures fixes.

L'éclairage naturel est préservé grâce aux brise-soleil : l'éblouissement est réduit et donc la fermeture des stores intérieurs limitée.

Atteindre les objectifs grâce à une rénovation globale

L'installation unique d'une ventilation mécanique double flux n'avait pas permis d'améliorer le confort ni de réduire les charges. Le parti pris a été d'améliorer fortement l'isolation des murs et le plafond avec un travail spécifique sur la façade. L'approche globale et la recherche du meilleur compromis « chauffage/climatisation/éclairage » a été réalisée grâce à une simulation thermique dynamique.

La baisse des apports solaires liée aux brise-soleil est compensée par une isolation thermique renforcée. L'éclairage artificiel performant limite les apports internes et donc réduit les consommations de climatisation.

Privilégier la bonne coopération entre les entreprises

Les entreprises ont été choisies localement sur la base de relations de confiance entre acteurs d'un même territoire engagés sur l'atteinte des objectifs. La coopération a été très satisfaisante, les entreprises ont été force de proposition avec, à la clé, un travail de qualité. Un ingénieur de la cellule efficacité énergétique de ZF est en charge du suivi des consommations en énergie dans le cadre de la certification ISO50001. Le suivi et les communications internes sont réguliers.

Grâce à l'expérience d'un groupe industriel de taille mondiale, le référentiel développé en interne a pu être suivi scrupuleusement. Cette approche méthodologique rigoureuse a garanti la fiabilité et la robustesse des choix techniques adaptés aux usages.

La gestion des systèmes (réglages et facilité de maintenance en exploitation) a fait l'objet d'un soin particulier : par exemple, pour des raisons de maintenance et de durabilité, **les protections solaires extérieures ont été choisies fixes et non pas orientables.**

Le bâtiment se comporte bien avec une nette amélioration des conditions de confort et une réduction globale des consommations énergétiques.

RÉHABILITATION DU SIÈGE DE LOIRE HABITAT

Saint-Etienne (42)



AMÉLIORER LE CONFORT THERMIQUE ÉTÉ ET HIVER
ET LES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES

RÉHABILITER EN SITE OCCUPÉ

➤ Maître d’Ouvrage

LOIRE HABITAT

➤ Maîtrise d’Œuvre

Atelier des Vergers + Agence SARM

BET : ITF

➤ Surface

2 970 m² (SHON)

➤ Typologie

Bureaux ERP, R+3

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

550 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

284 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

91 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0.396 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

1 074 300 €

➤ Date de réalisation des travaux

2016



Ce bâtiment construit en 1977 a fait l'objet d'une première campagne de rénovation en 1991, avec une surélévation. Ces dernières années, Loire Habitat a multiplié les opérations de rénovation thermique visant à la rationalisation des consommations énergétiques et des émissions de GES sur son parc de logements sociaux. Certaines rénovations ont été réalisées en site occupé. Il convenait donc d'appliquer à ses propres locaux le même type de travaux d'autant que les conditions de confort n'étaient pas satisfaisantes. En été, l'inconfort était lié à l'absence de protection solaire dans les locaux orientés Sud, Sud-Ouest et Sud-Est. En hiver, l'inconfort résultait de courants d'air associés à un effet de paroi froide (mauvaise qualité de la menuiserie, baie coulissante en aluminium et faible voire inexistante isolation thermique des façades).

Par ailleurs, la ventilation mécanique (simple flux) n'était plus adaptée à l'occupation des locaux avec des débits sous dimensionnés. Egalement, le système de gestion du chauffage datait de 1977 avec, à terme, un problème d'indisponibilité des pièces de rechange. Pour les locaux de l'extension réalisée en 1991, les seuls radiateurs électriques ne permettaient pas d'assurer un confort thermique suffisant.





► ANALYSE

Concilier les actions sur le bâti pour assurer le confort

Le volet consommation énergétique / confort était prioritaire. Un traitement des façades par l'extérieur (ITE et bardage bois) couplé à la pose de menuiseries mixtes bois-alu ont permis de limiter les déperditions thermiques et l'effet de paroi froide. Pour éviter toute surchauffe en été, des protections solaires à commande manuelle ont été installées.

La recherche du confort intérieur et des économies d'énergie a permis de privilégier la ventilation double flux avec récupération de chaleur. **Une réflexion a été menée sur le tracé et la mise en continuité des réseaux aérauliques avec les diffuseurs terminaux.**

Etre vigilant à la gestion des travaux en site occupé

La maîtrise d'ouvrage est satisfaite du projet. Mais le fait de travailler en site occupé induit des contraintes de fonctionnement rendant le quotidien difficile à gérer pour toutes les parties impliquées. Des campagnes d'informations menées auprès des salariés sont nécessaires mais pas tou-

jours suffisantes. Même si les salariés sont demandeurs des travaux, l'acceptation **des nuisances dans la durée a ses limites**. Pour réduire au maximum la durée du chantier et des nuisances tout en travaillant sur la gestion des déchets, il a été opté pour **une isolation thermique par l'extérieur et un recours à des éléments de façades préfabriqués**.

Ce projet met en exergue les limites d'une réhabilitation en site occupé. En effet, la présence des salariés mais aussi l'accueil du public pendant les travaux a complexifié les choix d'interventions. L'importance de la gestion et de la communication avec les usagers du site s'est traduite par des **campagnes d'informations régulières** et une **adaptation constante des plannings**. Cette nécessaire pédagogie a induit une bonne connaissance du bâti (enveloppe et systèmes techniques) par les usagers et laisse espérer une bonne gestion future du bâtiment.



RÉHABILITATION D'UN BÂTIMENT CLASSÉ

Saint-Etienne (42)



AMÉLIORER LE CONFORT ET LES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES
RÉHABILITER UN BÂTIMENT CLASSÉ

➤ Maître d'Ouvrage

SCI 53 FAURIEL

➤ Maîtrise d'Œuvre

Atelier RIVAT

BET : ILTEC + HELIASOL

➤ Surface

610 m² (SHON)

➤ Typologie

Bureaux, R+1

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

550 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

21 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

3,8 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0,386 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

640 634 €

➤ Date de réalisation des travaux

2012



Le projet vise à la réhabilitation d'une partie d'immeuble dans laquelle sont installés les bureaux de l'Atelier d'Architecture RIVAT. Le bâtiment, situé Cours Fauriel à Saint-Etienne, fait partie de l'ancien site de MANUFRANCE, édifié en 1902 et conçu par l'architecte Léon LAMAIZIERE.

Ce bâtiment est inscrit à l'Inventaire Supplémentaire des Monuments Historiques (ISMH). Initialement, il abritait la salle des machines de MANUFRANCE avec 2 chaudières à vapeur fonctionnant au charbon. Il fut ensuite rénové dans les années 1990 pour accueillir un local commercial et de services, avant d'être acquis par la Métropole de Saint-Etienne. Les équipements énergivores et obsolètes du local commercial n'ont pas été conservés. A cela, s'ajoutaient de nombreux défauts d'isolation thermique et une étanchéité à l'air très imparfaite. La présence à proximité de végétaux à feuilles caduques (platanes) est un point positif pour le confort d'été.



► ANALYSE

Améliorer l'enveloppe d'un bâtiment classé

Les contraintes patrimoniales du bâtiment ont imposé diverses actions sur l'enveloppe : **pas d'isolation par l'extérieur** afin de conserver les ornements de 1902 et **la mise en œuvre de menuiseries en aluminium**. L'équipe a fait le choix du concept de « la boîte dans la boîte » en passant par une isolation par l'intérieur soignée. Grâce à l'implication des entreprises sur l'étanchéité à l'air du bâti, la valeur cible de 0,6 vol/h (sous une dépression de 50 Pa) a été atteinte.

A l'exception de la défaillance d'une carte électronique sur la pompe à chaleur, la mise au point de la PAC eau/eau ou encore de la ventilation mécanique double flux n'a pas posé de problème particulier. Par la suite, il n'y a pas eu de difficulté majeure rencontrée durant les 5 années d'exploitation. L'exploitation du bâtiment est en partie effectuée par l'agence RIVAT ; seul l'entretien des machines est sous-traité à un tiers pour changer annuellement les filtres de la CTA, le 2^{ème} changement étant assuré par le personnel de l'agence.

Impliquer les usagers dans le suivi des consommations

La labellisation PassivHaus a été recherchée avec comme outil de conception, l'outil PHPP pour l'évaluation des performances énergétiques. **A raison d'une heure/semaine, une personne interne à l'agence assure le suivi et la cohérence des consommations enregistrées.** Les résultats sont globalement satisfaisants.

Etre vigilant à l'évolution des usages sur le confort d'été du bâtiment

Cette opération est considérée comme une réussite, avec l'atteinte de plusieurs cibles initialement visées (labellisation PassivHaus en rénovation) pour un bâtiment inscrit à l'Inventaire des Monuments Historiques. Toutefois, sur ce bâtiment, l'accent a été particulièrement mis sur des **équipements techniques performants et précisément dimensionnés**.

Or, par rapport aux hypothèses de conception initiales, **l'évolution des usages et usagers** (multiplication du nombre d'occupants et du nombre de postes informatiques), **a légèrement dégradé les conditions de confort d'été et de qualité de l'air**, tout en restant dans des plages de confort acceptable (27° maximum lors de canicules et pics de concentration de CO₂ à 950 ppm). Le juste dimensionnement des systèmes ne permet pas « d'absorber » intégralement ces nouveaux apports internes liés à la modification d'usage. Cette opération illustre l'importance de **prendre en compte, dès la programmation, une certaine adaptabilité des équipements afin de faire face à des évolutions d'usage plus ou moins prévisibles selon la nature du bâtiment**.



RÉHABILITATION DE L'ESPACE BTP DRÔME-ARDÈCHE

Valence (26)



ALLIER PERFORMANCE ET EXEMPLARITÉ RÉHABILITER EN SITE OCCUPÉ

➤ Maître d'Ouvrage

SCI ESPACE BTP

➤ Maîtrise d'Œuvre

SORHA

BET Fluides : ENERTECH

BET : Structure BETEBAT

➤ Surface

1 740 m² (SHON)

➤ Typologie

Bureaux, R+1 sur sous-sol

➤ Zone climatique

H2d

➤ Altitude

190 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

258 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

26 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0.424 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

1 469 000 €

➤ Date de réalisation des travaux

2011



La Fédération du BTP est propriétaire (via la SCI ESPACE BTP) d'un bâtiment tertiaire abritant son siège social. Ce bâtiment a été construit en 1995 et représente 1 741 m². Par son architecture et les manifestations professionnelles qui s'y déroulent, il est au carrefour des actions de la filière du BTP et est identifié par les acteurs de la construction et élus comme le pôle construction de la Drôme et de l'Ardèche. Par sa fonction, ce bâtiment est un « démonstrateur » pour la filière BTP. Il s'agit du premier bâtiment non résidentiel à faire l'objet d'une rénovation thermique. Dans un souci d'exemplarité, le président de la Fédération, Frédéric REYNIER alors en fonction, a souhaité faire de l'Espace BTP un bâtiment basse consommation avec l'objectif de bâtiment à énergie positive.



► ANALYSE

Améliorer les baies vitrées mais ne pas les réduire

Le bâtiment dispose de grandes largeurs de fenêtres, sources potentielles de déperditions énergétiques. Toutefois, afin de ne pas dégrader la qualité architecturale du bâtiment et de ne pas déprécier sa qualité, il a été choisi de ne pas les réduire mais de les traiter efficacement. La solution de la double-fenêtre a été retenue. Dans les salles de réunion orientées au Nord, du triple vitrage a été choisi.

En complément, des protections solaires, résistantes au vent, ont été mises en œuvre pour les fenêtres et l'atrium vitré afin de ne pas dégrader le confort d'été.

Ajuster les installations en phase de pré-exploitation

18 mois (2 saisons de chauffe) ont été nécessaires pour effectuer un ajustement des réglages de la pompe à chaleur eau/eau sur nappe aquifère. En raison de la consommation électrique de la pompe (circulateur), il était important que celle-ci soit arrêtée en même temps que la pompe à chaleur. En complément du chauffage, ce système est réutilisé avec succès pour assurer le rafraîchissement passif du bâtiment (géocooling). La mise au point des systèmes de ventilation asservis à la détection de présence ou de CO₂ est également un point crucial.

La gestion des équipements techniques en interne implique le recrutement de techniciens qualifiés.

Impliquer les usagers pour réduire les consommations

Les entreprises ont été retenues par cooptation par branche (procédure datant de 2010). Cette solution est innovante et a bien fonctionné. Elles ont été proactives tout au long du chantier.

Ce projet a été non seulement technique mais aussi éthique et politique pour les participants. A noter que les gains de performance étaient un vrai challenge car le bâti était déjà isolé.

En interne, les occupants ont été sensibilisés. **Un compromis a été trouvé entre l'idéal préconisé par l'ingénierie énergétique du BET ENER-TECH et les exigences de confort des occupants.** Cela a permis de faire évoluer les mentalités sur les consignes de chauffage et de climatisation en rapport avec l'ambition énergétique.

Des bonnes performances énergétiques

Les mesures réalisées les 2 années suivant les travaux attestent que les consommations annuelles d'énergie liées au chauffage ont été ramenées, à 18,51 kWhef/m².an (PAC, pompe de forage, pompes primaires), soit à 47,7 kWhep/m².an dès la deuxième année (coefficient conventionnel de 2,58). Comptabilisés en énergie utile (sortie PAC), les besoins énergétiques du bâtiment se sont établis à 53,4 kWh/m².an, soit une réduction de 70 % par rapport aux besoins antérieurs.

Concernant les pompes à chaleur (sans auxiliaire), le coefficient de performance (COP) a été de 4,65 en moyenne annuelle, ce qui constitue une très bonne performance. Quant à la consommation annuelle totale du bâtiment en énergie finale, tous usages confondus, elle a été de 68,5 kWh/m².an. L'installation photovoltaïque ayant produit 60,8 kWh/m².an, le bâtiment a produit légèrement moins d'énergie qu'il n'en a consommé : l'objectif de devenir un bâtiment à énergie positive a presque été atteint.

Même si un travail plus ambitieux sur l'enveloppe aurait pu être mené, la performance du bâtiment permettra d'atteindre le niveau de performance d'un bâtiment à énergie positive. Outre le fait que cette opération soit une démonstration technologique (cible BEPOS en rénovation de bâtiment tertiaire), elle illustre l'implication conjointe des entreprises et des usagers pour atteindre les performances visées. **La gestion manuelle du chauffage et de la climatisation par les usagers** est une réussite et les consommations énergétiques continuent de décroître. Grace à la rénovation de ce bâtiment, les occupants ont modifié certaines de leurs habitudes, en acceptant des consignes de chauffage et de climatisation adaptées à la performance énergétique, démontrant un véritable changement de mentalité. Cet exemple montre que les usagers, suffisamment informés en amont et accompagnés lors de la mise en exploitation, sont en capacité d'être des acteurs du changement. Autre point notable : **la cooptation des entreprises** par la Fédération BTP 26/07, qui a permis de sélectionner des entreprises locales motivées par l'objectif performanciel et de qualité. Ce projet est une illustration que les entreprises et les usagers peuvent être impliqués, à condition de mettre en œuvre des méthodes et processus d'accompagnement spécifiques.



RÉHABILITATION D'UNE STRUCTURE MULTI-ENFANCE

Saint-Chamond (42)



AMÉLIORER LE CONFORT GLOBAL
MODIFIER L'USAGE DU BÂTIMENT RÉNOVÉ



➤ Maître d'Ouvrage

Ville de SAINT CHAMOND

➤ Maîtrise d'Œuvre

Atelier RIVAT
BET : ILTEC + ENGIBAT

➤ Surface

753 m² (SHON)

➤ Typologie

Equipement scolaire, RdC

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

450 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

non connue

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

62 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0.479 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

1 170 569 €

➤ Date de réalisation des travaux

2010

L'objectif fonctionnel de cette réhabilitation était de regrouper 2 crèches dans les locaux d'une ancienne école maternelle. Le choix de matériaux avec un faible impact sur l'énergie grise faisait partie des souhaits initiaux. L'avantage principal du bâtiment est sa compacité : sa forme presque carrée limite la surface en contact avec l'extérieur. La principale contrainte de ce bâtiment est une faible hauteur sous plafond ce qui a limité toute mise en place d'équipements techniques en faux plafond. Cette contrainte a également eu des répercussions sur le confort visuel recherché.





► ANALYSE

Modifier la destination des locaux selon l'orientation

Une isolation thermique par l'extérieur a été mise en place afin d'améliorer la qualité thermique du bâtiment. En complément, certains locaux exposés au nord ont été réutilisés en tant que « locaux techniques » avec une réduction de leur surface vitrée en vue de diminuer la déperdition énergétique. Enfin, la configuration du terrain a permis de créer des masques naturels qui participent au confort d'été en complément de brise-soleil installés sur la façade.

Etre vigilant au changement d'activités du bâtiment à rénover

La production de chauffage est assurée par une pompe à chaleur eau glycolée/eau avec sondes géothermiques verticales qui alimente des batteries réversibles. La ventilation double flux est raccordée à ces batteries. **Le chauffage par vecteur air peut être une source d'inconfort** pour les usagers avec sensation de courants froids et nuisances sonores au niveau des diffuseurs. **Ceci est accentué par la faible hauteur sous plafond et le public concerné, des enfants.**

Indépendamment des équipements techniques, **le confort thermique estival a été fortement impacté par l'augmentation des apports sen-**

sibles liée à des équipements spécifiques (buvanderie, cuisine), équipements non identifiés en phase de programmation et non « maîtrisables » avec les installations techniques existantes. Enfin, l'éclairage est parfois jugé trop intense par les occupants. Afin de garantir le confort visuel, certains luminaires sont déconnectés.

Le bâtiment n'était pas occupé pendant les travaux ; un désamiantage nécessaire a été réalisé. Le choix des entreprises a été un enjeu important sur ce projet, avec des lots ayant démontré leur niveau de qualité.

Le mandataire RIVAT Architectes a assuré la coordination complète des études sans surcoût ni délai supplémentaire pour assurer un niveau de performance « passif » du bâtiment. En phase de conception, le suivi du projet par la maîtrise d'ouvrage a consisté essentiellement en un contrôle strict du respect de la programmation. La conception énergétique a été réalisée à l'aide du logiciel PHPP maîtrisé par l'Atelier d'Architecture RIVAT, mais sans labellisation PassivHaus.

L'objectif de performance énergétique (passif en rénovation) et la conception d'une enveloppe très performante ont engendré une mise au point délicate et un réglage fin des systèmes techniques. Face aux changements d'usage, l'ajustement précis des systèmes techniques n'a pas permis de mieux intégrer la mise en place de nouveaux équipements non connus en phase de programmation. **Une vigilance particulière est nécessaire lors d'une rénovation avec un changement d'activités.**



RÉHABILITATION ET EXTENSION D'UNE ÉCOLE

Echirolles (38)



RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES AMÉLIORER LE CONFORT GLOBAL

➤ Maître d'Ouvrage

Commune d'Echirolles

➤ Maîtrise d'Œuvre

ACOBAT Architectes

BET Fluides et HQE : ETF + SE&ME

BET Structure : CTG

➤ Surface

1 305 + 281 m² (SHON)

➤ Typologie

Equipement scolaire, R+1

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

215 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

414 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

60 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0.577 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

2 228 694 €

➤ Date de réalisation des travaux

2011



Cette école, construite dans les années 1960, est représentative des constructions de l'époque : construction béton banché non isolé, menuiseries acier simple vitrage, absence de dalle haute, toiture bac acier à faible pente, ventilation naturelle par ouverture des fenêtres, chauffage par radiateur en fonte bitube. Les objectifs de sa rénovation étaient multiples : réduire les consommations énergétiques (réduire d'un facteur 5 les consommations sur les postes réglementaires), mettre en conformité réglementaire l'accessibilité et l'incendie et améliorer le confort des occupants.

Un suivi en exploitation était prévu par le raccordement à une GTB des installations de chauffage, ventilation et des compages énergétiques. Les travaux de rénovation ont consisté, en priorité, à améliorer l'enveloppe du bâtiment. La toiture, rénovée en 2007, n'a pas été modifiée dans le cadre de cette rénovation.





l'opération a fait l'objet d'un suivi, par monitoring énergétique assuré par l'ADEME avec le BET ENERTECH, qui a validé l'atteinte en exploitation des cibles de consommation, de confort et de qualité de l'air.

► ANALYSE

Soigner le traitement de l'enveloppe

Les études se sont déroulées avec un souci prononcé pour l'amélioration des performances de l'enveloppe. Par exemple, le traitement de l'étanchéité à l'air a été pris en compte par la maîtrise d'œuvre qui a produit des plans de détails spécifiques pour le DCE (approche novatrice en 2010). Le résultat du test final ($n50 = 1.05 \text{ vol/h}$) est une valeur remarquable pour un chantier de 2011. Les menuiseries existantes à simple vitrage ont été remplacées par des menuiseries en PVC à double vitrage. Ces nouvelles fenêtres intègrent des brise-soleil orientables grâce à une commande électrique manuelle. Cette amélioration de l'enveloppe a eu un impact direct sur la réduction des consommations liées au chauffage.

En termes d'équipement, le bâtiment est raccordé au réseau de chaleur urbain. La sous-station a été rénovée en intégrant le redimensionnement des pompes et l'ajout d'une régulation. Par ailleurs, le renouvellement de l'air est assuré par une ventilation double flux dont le fonctionnement est asservi à l'occupation de la salle (boîte à débit variable et détecteur de présence dans chaque salle). 12 mois ont été nécessaires pour assurer le réglage et le bon fonctionnement du système. Une supervision via la GTB SIEMENS permet d'affiner les réglages et d'assurer le suivi d'exploitation par la maîtrise d'ouvrage (Ville d'Echirolles) et par l'exploitant. A partir de 2012,

Travailler à une bonne coopération entre les différents acteurs et services de la maîtrise d'ouvrage

Un travail transversal a été mené positivement entre les services de la ville (éducation, service patrimoine bâti, service finance, service développement durable) et l'ADEME en tant qu'expert des questions énergétiques. Ceci a amené les équipes à privilégier deux aspects qui ont guidé la conception : la haute performance de l'enveloppe (isolation thermique et étanchéité à l'air) et la performance des équipements consommateurs d'énergie. En complément, un AMO a été désigné pour assurer le suivi des études et du chantier afin de respecter les cibles visées sur des sujets comme le confort d'été.

L'approche globale et rigoureuse de cette réhabilitation a permis d'atteindre les objectifs de confort d'usage et frugalité énergétique. Afin d'anticiper les futures modifications d'usage et notamment l'évolution du nombre d'élèves dans les prochaines années, les systèmes techniques ont été légèrement surdimensionnés. Leur réglage reste encore à optimiser mais les résultats sont déjà très satisfaisants avec une réduction notable sur les consommations liées au chauffage : un facteur 9 a été atteint et ce, sur les 6 premières années d'exploitation. Par exemple, la consommation totale, tous usages confondus, s'est établie, en moyenne, à 70 kWhep/m^2 (dont $37,5 \text{ kWhep/m}^2$ pour le chauffage), selon la campagne de mesure qui a été réalisée par l'ADEME de 2012 à 2014.



RÉHABILITATION D'UN CENTRE DE SURDITÉ

Lyon (69)



RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES RÉNOVER AVEC UN CHANGEMENT D'USAGE

➤ Maître d'Ouvrage

FONDATION OVE

➤ Maîtrise d'Œuvre

MODULO Architectes

BET Fluides et HQE : SE&ME

+ AICO Fluides + ENERTECH
(Commissionnement)



➤ Surface

1 128 m² (SHON)

➤ Typologie

Bureaux, R+2

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

234 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

297 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

43 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0.737 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

2 681 000 €

➤ Date de réalisation des travaux

2015

Le projet consistait en la mise en place d'un centre de surdité dans les locaux d'un groupe scolaire existant avec ajout d'une extension. L'école a été construite en 1961, dans le 9^{ème} arrondissement de Lyon. Il n'y avait peu, voire pas d'isolation initiale au niveau des façades, du plafond et du plancher (plancher de type hourdis brique). La structure du bâtiment existant est de type poteaux – poutres béton. Le bâtiment est composé de 3 niveaux sur un vide sanitaire, dans lequel circulent les réseaux de chauffage, d'alimentation en eau et d'évacuation des eaux usées. Les travaux de rénovation visaient à une amélioration thermique de l'enveloppe et à la mise en oeuvre d'équipements techniques performants.





► ANALYSE

Effectuer un suivi rigoureux pour une enveloppe performante

La volonté de l'architecte de conserver la trame initiale de la façade sur cour a orienté vers une solution d'isolation thermique par l'intérieur. Les autres façades ont été isolées thermiquement par l'extérieur. En complément de l'isolation, des menuiseries extérieures en aluminium avec double vitrage et lame d'argon ont été mises en œuvre. Les travaux se sont déroulés dans des conditions conformes aux attentes de la maîtrise d'œuvre et de la maîtrise d'ouvrage avec beaucoup de rigueur dans les phases conception puis chantier (étanchéité à l'air, ponts thermiques). Les défauts d'étanchéité générés lors du chantier ont été traités sur la base d'un test intermédiaire avant réception.

Garantir et optimiser la performance des systèmes : importance des phases « réalisation et pré-exploitation »

Dans le cadre d'une mission de commissionnement financée par l'ADEME, le BE ENERTECH a accompagné les entreprises des lots techniques pour mettre en œuvre l'ensemble des optimisations sur le fonctionnement du chauffage et de la ventilation.

Des sondes de CO₂ ont été ajoutées dans les salles pour assurer le pilotage de la ventilation. C'est l'entreprise d'exploitation-maintenance qui a finalisé la mise au point de la centrale de traitement d'air double flux.

La production de chauffage est en partie assurée par une chaudière bois (granulés). Un défaut dans la gestion du stock de granulés a été détecté du fait de l'absence de trappe de visite et de capteur permettant de contrôler le niveau de stockage. Ces défauts ont été corrigés par l'entreprise de

CVC avec en plus, la mise au point d'un système d'aide au pilotage des installations. Un contrat d'approvisionnement a été mis en place. Et un outil de suivi (tableur excel) a été livré dans le cadre de la mission de commissionnement qui permet au maître d'ouvrage de suivre en détail les performances énergétiques du bâtiment.

Tenir compte de l'usager pour assurer un réel compromis « confort / économies d'énergie »

Le confort visuel a été traité de façon performancielle avec un système de gradation de l'éclairage artificiel. Cette solution a été choisie afin d'optimiser les consommations spécifiques d'électricité. Cependant, à l'usage, il a été détecté que les variations rapides de luminosité engendrées par les gradateurs, perturbaient les enfants malentendants, très sensibles au confort visuel. **En accord avec les équipes pédagogiques, le système de gradation a été neutralisé au profit d'un éclairage manuel plus adapté au public du bâtiment.**

Cette opération de rénovation (et extension) est fortement appréciée par la maîtrise d'ouvrage grâce à ses bons résultats correspondant aux attentes initiales (conformité de l'enveloppe et des consommations énergétiques). Sur une base programmatique complète et solide, les phases diagnostic, conception puis exécution ont permis de disposer, dans les délais, d'un ensemble immobilier répondant aux attentes des usagers et conforme au plan budgétaire. Toutefois, **il faut être très vigilant lorsque l'opération de rénovation s'accompagne d'un changement d'usage**. Cette opération illustre bien l'importance à considérer, dès le cahier des charges, les spécificités d'usage et le public associé avant d'opter pour des systèmes techniquement et énergétiquement performants.



RÉHABILITATION D'UN BÂTIMENT DE BUREAUX

Chambéry (73)



AMÉLIORER LE CONFORT THERMIQUE
RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES



➤ Maître d'Ouvrage

SCI PORTE TOIT

➤ Maîtrise d'Œuvre

ECLORE

BET Fluides et HQE : INDDIGO

➤ Surface

1 030 m² (SHON)

➤ Typologie

Bureaux, R+1 sur sous-sol

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

259 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

123 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

71 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0.393 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

380 510 €

➤ Date de réalisation des travaux

2014

Ce projet de rénovation thermique et d'amélioration énergétique concerne le siège social du bureau d'études INDDIGO situé dans la zone d'activité de BISSY à Chambéry (73). Ce bâtiment de 3 niveaux, mitoyen d'un hangar de stockage (ouest), a connu une succession de travaux de rénovation engagés entre 1997 et 2003.

En 2010, le BET a réalisé un audit énergétique avec une thermographie infrarouge mettant en évidence les ponts thermiques induits par les travaux de 1997 ; travaux qui ont principalement consisté à isoler par l'intérieur les façades (8 cm), à améliorer les menuiseries bois avec un double vitrage collé en survitrage et à ajouter des protections solaires (volets roulants, stores intérieurs et casquettes). A l'origine, le système de chauffage au sol par eau était alimenté par une chaudière gaz. En 1999, une chaudière bois à plaquettes l'a remplacée. Courant 2003, une centrale solaire de 22 kWc (220m²) a été installée en toiture. Malgré les travaux réalisés dans une logique de développement durable, le bâtiment, même équipé de panneaux solaires photovoltaïques et isolé par l'intérieur, restait très consommateur d'énergie et assez peu confortable.





► ANALYSE

Améliorer fortement la façade et sa durabilité

L'isolation par l'extérieur des façades, qui a permis d'améliorer la performance thermique de l'enveloppe, a finalement été réalisée en PSE (initialement prévue en laine de bois). L'isolation du plancher bas et des faux-plafonds complètent l'isolation du bâtiment. Des menuiseries en bois ont été installées et équipées de protections solaires extérieures (BSO).

La mise au point a été aisée du fait de la simplicité des solutions mises en œuvre

Le système de ventilation a été revu avec l'installation d'une VMC double flux dans les salles de réunions et simple flux dans les bureaux. Aucune difficulté majeure n'a été rencontrée durant la phase d'exécution, que ce soit pour la façade ou pour le CVC. Suite à la réception des travaux, **l'équilibrage hydraulique a été ajusté par le BET afin de répartir au mieux les puissances distribuées** du fait de l'amélioration de la performance thermique des locaux par rapport à d'autres zones.

Impliquer les usagers pour faciliter la gestion des systèmes et du bâtiment

Les études ont été gérées en interne, ce qui présentait des avantages. En effet, les approches pro-

grammatiques et d'amélioration du confort des occupants ont facilement été établies avec l'implémentation des acteurs du projet comme intervenants directs. **Des groupes de travail ont été organisés sur le confort et la qualité d'usage.** Ceci a permis d'avoir l'adhésion des occupants avant la rénovation, mais aussi de confronter les solutions imaginées avec les contraintes économiques. **L'intervention d'entreprises locales reconnues a facilité le pilotage du chantier.** Les travaux se sont déroulés en site occupé avec un suivi des travaux au plus près par les occupants eux-mêmes. Les résultats sont tout à fait satisfaisants avec une amélioration sensible du confort ressenti par les occupants. Il n'y a plus de sensation de courant d'air ni de paroi froide pour les usagers des zones de bureau. La gestion du pilotage des brise-soleil par les occupants est également très facile.

Un diagnostic préalablement à la phase de réhabilitation est nécessaire pour optimiser les performances.

Cette opération en est un bon exemple. Un renforcement de l'isolation thermique du bâti couplé à l'indispensable installation d'un système de ventilation adapté aux besoins des usagers, ont permis de corriger les défauts d'un patrimoine ancien avec des problèmes d'inconfort thermique, d'acoustique et de qualité d'air. Ces améliorations successives n'ont été possibles que grâce au temps accordé aux études (programmation, conception, etc.) et aux travaux. Au fil du temps, certains postes ont pu être anticipés et adaptés (chauffage au sol, chaudière bois, etc.). Cette réhabilitation, qui s'inscrit dans la durée, illustre une opération fondée sur la patience et le pragmatisme.



RÉHABILITATION D'UN GROUPE SCOLAIRE EN CRÈCHE

Cruseilles (74)



AMÉLIORER LES PERFORMANCES THERMIQUES
RÉHABILITER UN BÂTIMENT EN CHANGEANT SON USAGE

➤ **Maître d'Ouvrage**
CC du pays de Cruseilles

➤ **Maîtrise d’Œuvre**
DE JONG Architectes
BET : BETER CACHAT

➤ **Surface**
704 m² (SHON)

➤ **Typologie**
Equipement scolaire, RdC

➤ **Zone climatique**
H1c

➤ **Altitude**
780 m

➤ **Consommations avant travaux (indicateur RT)**
143 kWhep/m².an

➤ **Consommations après travaux (indicateur RT)**
81 kWhep/m².an

➤ **Ubat final**
0.328 W/m².K

➤ **Montant total des travaux (HT)**
1 002 573 €

➤ **Date de réalisation des travaux**
2014



Initialement, le bâtiment était utilisé pour un usage de type scolaire avec 4 classes de maternelle. L'objectif de cette opération est de réutiliser ce bâtiment pour un usage différent : une structure petite enfance. La réhabilitation de ce bâtiment doit également permettre d'améliorer la performance thermique de l'enveloppe et la qualité de l'air intérieur, tout en profitant au maximum des apports en lumière naturelle. Le bâtiment était initialement construit avec des murs en béton armé et une isolation par l'intérieur. Le plancher sur RdC est composé d'un dallage et la toiture est en bac acier isolé. La réhabilitation a pour objectif de respecter l'aspect du bâtiment initial et de favoriser une utilisation optimale des surfaces. Ainsi, des ouvertures dans les murs ont été créées et des poteaux supprimés afin de garantir une meilleure fonctionnalité des espaces.

NB : une extension a été construite en mur à ossature bois avec une toiture en zinc isolée.



► ANALYSE

L'isolation thermique du bâtiment a été renforcée et un soin particulier a été porté à l'étanchéité à l'air du bâti. Des entreprises expérimentées ont été choisies : le charpentier portait la responsabilité de l'étanchéité à l'air et les résultats obtenus ont été satisfaisants (test d'étanchéité à l'air conforme après réception). En complément des protections solaires classiques (stores), il avait été prévu, dès la phase de conception, une végétalisation de la parcelle pouvant faire office de masques solaires. Cette solution a été abandonnée en cours de chantier contribuant en partie à un inconfort d'été.

Planifier une maintenance et un suivi réguliers

Un contrat de suivi de l'exploitation a été mis en place avec un nouvel opérateur. La maintenance des installations a gagné en qualité avec la réalisation régulière d'opérations d'entretien, longtemps négligées par le passé : accès et changement des filtres, vérification de l'état des composants. Néanmoins, le suivi des consommations d'énergie doit être renforcé pour pouvoir atteindre les objectifs du projet ; des dérives de consommations ayant été observées lors des premières années d'exploitation.

Anticiper le changement d'usage dès le cahier des charges

Ce bâtiment bien isolé et étanche à l'air se révèle particulièrement sensible aux modifications d'usage. En exploitation, des apports internes supérieurs aux prévisions ont largement contribué à diminuer le confort.

La modification des usages a rendu les équipements techniques inadaptés pour assurer le confort thermique. La complexité du **pilotage des installations techniques dans un bâtiment dont l'enveloppe est très performante nécessite également une implication très forte des acteurs**, notamment de la part des usagers (enjeu de l'information et de la sensibilisation).



RÉHABILITATION D'UN GROUPE SCOLAIRE

Bourg en Bresse (01)



AMÉLIORER LE CONFORT

INTÉGRER UNE EXIGENCE DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE



> Maître d'Ouvrage

Ville + SPL OSER

> Mandataire CREM

CLIMSANIT

> Maîtrise d’Œuvre

Bertrand Feinte Architecte

BET : BELEM + TRANSENERGIE

> Surface

1 580 m² (SHON)

> Typologie

Equipement scolaire, R+1

> Zone climatique

H1c

> Altitude

230 m

> Consommations avant travaux (indicateur RT)

102 kWhep/m².an

> Consommations après travaux (indicateur RT)

50 kWhep/m².an

> Ubat final

0.440 W/m².K

> Montant total des travaux (HT)

1 614 370 €

> Date de réalisation des travaux

2015

Le groupe scolaire Baudin, d'une surface de 1 580 m², regroupe une école maternelle, une école primaire et une salle de restauration. Un préau a été aménagé mais n'est pas chauffé. Les bâtiments anciens datent des années 1900 et l'extension de la maternelle a été mise en service en 1984. Certaines menuiseries ont déjà été remplacées entre 2007 et 2009 pour améliorer le confort des occupants et réduire les consommations d'énergie. Les travaux planifiés sur le bâtiment avaient pour objectif l'amélioration de l'efficacité énergétique globale et une mise en conformité de l'accessibilité. La création d'une extension et le déplacement d'un préau faisaient également partie du projet de réhabilitation.

Le projet intégrait une garantie de résultats sous la forme d'un Contrat de Performance Energétique (type marché Conception Réalisation Exploitation Maintenance - CREM aujourd'hui remplacé par un Marché Global de Performance - MGP).

Ce contrat a été signé entre une Société Publique Locale SPL OSER et un groupement d'entreprises, pour une durée de 8 ans. Les objectifs de performance sont de réduire de 55 % les consommations d'énergie finale et d'atteindre le niveau BBC rénovation.





► ANALYSE

L'amélioration énergétique du bâti passe principalement par l'isolation thermique des façades et le choix de menuiseries en aluminium avec double vitrage à faible émissivité. En complément, ont été mis en œuvre des brise-soleil ou des volets roulants pour occulter les parois vitrées et participer au confort.

Assurer un suivi pour optimiser les performances et le confort

Dans le cadre du marché global CREM, le suivi des consommations est assuré par la SPL OSER. **Ce suivi a permis de détecter très rapidement toute anomalie dans le pilotage des équipements.** L'absence d'arrêt de la ventilation des locaux durant les vacances de fin d'année a pu être identifiée, signalée et évaluée sur le plan énergétique.

De plus, la GTB permet d'enregistrer les taux de CO₂ dans les salles et d'évaluer l'efficacité de la solution adoptée vis-à-vis de la consigne. La qualité d'air dans chaque classe est définie à partir d'une valeur cible fixée à 1000 ppm de CO₂.

Impliquer tous les acteurs pour la réussite du projet

La SPL OSER a travaillé avec les services de la ville pour optimiser le programme de travaux en

fonction des cibles énergétiques et des budgets. Le personnel technique de la Ville de Bourg-en-Bresse a participé au suivi de conception lors d'une réunion avec la SPL OSER.

Le volet de préparation du chantier avec les différents acteurs a joué un rôle décisif dans la réussite et l'acceptation du projet. Le portage politique a été nécessaire, voire crucial à ce stade, et le soutien aux équipes techniques indéfectible. Des réunions préalables avec les enseignants, la direction de l'école, les délégués des parents, et même une AG des parents ont été organisées.

Le contrat CREM comporte un engagement sur 6 à 8 ans d'exploitation. Cet engagement démarre 18 mois après la livraison / fin des travaux. Ces 18 mois sont une période probatoire sans pénalité sur les consommations.

Le montage du marché global CREM a permis de sécuriser les performances énergétiques. Les objectifs de performance ont été atteints. **Un recalage des consommations par DJU (Degré Jour Unifié) est effectué après chaque saison de chauffe** et permet d'analyser la conformité ou non par rapport à l'engagement du CREM. **Contrairement au critère énergétique, le suivi de la qualité d'air est à ce jour purement informatif.** Ce critère n'est pas intégré dans les objectifs de performance et n'est pas utilisé pour des pénalités éventuelles. Des analyses ont néanmoins été menées et ont mis en exergue la nécessité de poursuivre la communication auprès des usagers en vue d'améliorer le confort.

RÉHABILITATION D'UN BÂTIMENT DE BUREAUX

Lyon (69)

➤ RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES DU BÂTIMENT
ASSURER UN CONFORT THERMIQUE ET VISUEL



➤ Maître d'Ouvrage

CIRMAC GRAND SUD

➤ Maîtrise d'Ouvre

Face A

BET : NERCO + ETAMINE

➤ Surface

11 232 m² (SHON)

➤ Typologie

Bureaux, R+7

➤ Zone climatique

H1c

➤ Altitude

202 m

➤ Consommations avant travaux (indicateur RT)

318 kWhep/m².an

➤ Consommations après travaux (indicateur RT)

54,4 kWhep/m².an

➤ Ubat final

0,575 W/m².K

➤ Montant total des travaux (HT)

15 136 054 €

➤ Date de réalisation des travaux

2015

Anciennement dénommé « BBC » pour « Building de Bureaux Climatisés », ce bâtiment de bureaux se situe à proximité d'axes routier et ferroviaire importants. Construit dans les années 60, le bâtiment était assez novateur pour l'époque : façade rideau en aluminium et bureaux climatisés. Toutefois, l'absence d'isolation thermique et le simple vitrage en façade engendraient des consommations énergétiques excessives et un confort thermique notable. Egalement, les faibles hauteurs sous plafond cumulées à la profondeur des plateaux de bureaux dégradaient le confort visuel.

Les travaux de rénovation visaient à réduire d'un facteur 3,5 les consommations énergétiques sur les postes réglementaires tout en assurant un confort optimal pour les occupants.



► ANALYSE

Traiter l'enveloppe du bâtiment

L'enveloppe a été traitée par une solution de type Mur Ossature Bois rapporté sur la façade. La performance thermique a été particulièrement soignée avec une limitation des ponts thermiques et un travail sur les détails d'exécution pour renforcer l'étanchéité à l'air du bâti. La valeur finale du test d'étanchéité est très satisfaisante : $0,42 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ sous 4 Pa. En complément, les menuiseries extérieures en aluminium avec simple vitrage ont été remplacées par des menuiseries en bois avec double vitrage performant. Des brise-soleil ont été installés sur la façade « est » du bâtiment afin de réduire l'éblouissement ainsi que les consommations de froid en été. En termes d'éclairage artificiel, la mise en place de dalles LED et de luminaires LED, préférés aux spots, pour limiter tout effet d'éblouissement, ont recueilli un avis favorable chez les usagers.

Etre vigilant à la hauteur sous plafond disponible pour choisir les équipements techniques

Un système de ventilation double flux et un système de plafond rayonnant associé à une PAC air/eau ont été retenus pour équiper les sept premiers étages dont la hauteur sous plafond n'excède pas 2,6 m. Avec une hauteur sous plafond

réduite ponctuellement à 2,1 m, le dernier étage a été traité indépendamment : un système DRV a été mis en place avec des ventilo-convection en allège. Des zones de régulation de chauffe ont été définies pour assurer une modularité des plateaux de bureaux.

La phase d'auto-contrôle et le bon équilibrage des réseaux aérauliques a permis d'obtenir une installation satisfaisante sans nuisance sonore ni courant d'air parasite.

Assurer régulièrement la maintenance courante

En raison d'une pollution extérieure avérée, le remplacement du pré filtre des CTA est effectué tous les mois. Cette fréquence de maintenance courante est indispensable et permet de planifier un dépoussiérage du réseau aéraulique tous les 8 ans.

Pour garantir une continuité de service et le bon fonctionnement des équipements et de leur régulation, un contrat de maintenance est sous-traité à l'intégrateur de GTB.

Le désir de rendre ce bâtiment énergétiquement performant et confortable pouvait être considéré comme ambitieux en raison des contraintes du site et de la proximité d'axes importants de circulation. Cependant, l'approche rigoureuse développée par l'Entreprise Générale qui a piloté l'opération a permis d'atteindre les objectifs énergétiques et un bon niveau de confort auprès des occupants. Enfin, la qualité des systèmes et leurs réglages ont permis de s'adapter à la complexité des usages (possibilité de louer indépendamment les plateaux de bureaux).



QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LES ACTEURS DE LA RÉNOVATION ?

Les enseignements définis dans ce chapitre sont issus des observations, des enquêtes menées auprès des différents acteurs (professionnels, maîtrise d'ouvrage, usagers, etc.) et ce, pour les 12 opérations présentées. L'objectif n'est pas de dresser une liste exhaustive des procédés, techniques et méthodes permettant de réaliser une « rénovation idéale ». **Il s'agit de promouvoir des bonnes pratiques visant à concilier réhabilitation, performance énergétique et confort d'usage.**

En conséquence, **certains thèmes sont privilégiés du fait de leur occurrence élevée sur l'échantillon de bâtiments visités** et de leur impact notable sur la performance globale, une fois le bâtiment en exploitation.



➤ POURQUOI RÉNOVER ?

Selon le bâtiment et la maîtrise d'ouvrage, la décision de rénover va répondre à différents objectifs ou préoccupations :

- améliorer le **confort thermique** en cherchant à limiter les surchauffes en été et/ou les courants d'air en hiver ;
- améliorer le **confort de façon plus globale**, intégrant ainsi les critères « thermique », « visuel », « acoustique » voire sanitaire ;
- réduire les **consommations énergétiques** globales ;
- favoriser la productivité des salariés ;
- maintenir l'attractivité de son bâtiment.

La priorisation de ces critères est différente selon que la maîtrise d'ouvrage occupe ou non le bâtiment ou encore selon que le bâtiment soit d'usage public ou privé.

La position stratégique du bâtiment et sa bonne visibilité ne sont pas les premiers critères déclenchant une opération de rénovation. En revanche, il s'agit d'un **atout supplémentaire** qui peut **aider voire accélérer la décision de rénover un bâtiment**. C'est ainsi le cas du bâtiment de bureaux du groupe ZF Bouthéon où la bonne visibilité du site, couplée à l'opération de rénovation, lui permet de servir « de vitrine » à d'autres projets de rénovation.

Indépendamment de l'objectif d'amélioration du confort thermique, les travaux engagés limiteront les déperditions énergétiques grâce notamment à des actions sur les parois opaques et vitrées du bâtiment.

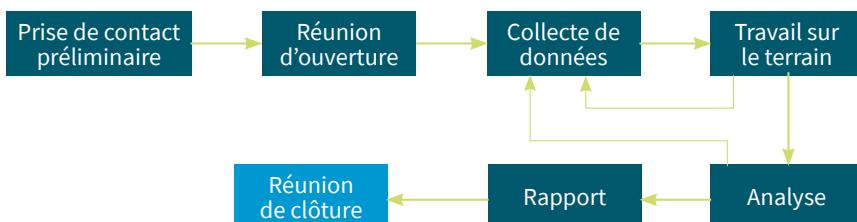
► BIEN AUDITER POUR BIEN RÉNOVER

L'audit du bâtiment à rénover est une première étape indispensable. Il s'agit d'une condition nécessaire pour bien appréhender une opération de rénovation.

L'audit doit être le plus complet possible et **intégrer les aspects énergétiques, techniques et architecturaux**. Il doit permettre d'identifier les faiblesses du bâtiment existant (enveloppe, caractéristiques

dimensionnelles, etc.) mais aussi ses atouts naturels (éclairage naturel important, présence de masque végétatif, orientation, etc.). Une étude approfondie du bâti et de son système constructif, des différents équipements techniques et de leur fonctionnement ainsi que des conditions de confort perçues sont autant d'éléments à synthétiser pour élaborer un audit complet du bâtiment.

Le processus d'audit se déroule selon différentes étapes.



Un rapport type « Audit énergétique bâtiment », à destination des maîtres d'ouvrage et bureaux d'études, est téléchargeable sur le site internet suivant : www.diagademe.fr

ETAPES	ACTIONS PRINCIPALES DE L'ÉTAPE	EXEMPLES D'ACTIONS (VOLET ÉNERGÉTIQUE)
Prise de contact – pré visite	<ul style="list-style-type: none">■ Définir les objectifs de la rénovation■ Evaluer les cibles choisies (températures...)■ Préciser les systèmes existants, équipements spécifiques	<ul style="list-style-type: none">■ Système de chauffage, ventilation■ Système de rafraîchissement■ Système de production d'ECS■ Présence d'équipements spécifiques : laverie, cuisine, etc.
Collecte des données	<ul style="list-style-type: none">■ Définir les caractéristiques du bâtiment (mode constructif, vitrages, forme)■ Définir les équipements techniques (systèmes, performances)■ Récupérer les factures et autres éléments de consommation (kWh, €)	<ul style="list-style-type: none">■ Plans, coupes du bâtiment■ Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)■ Mesures température, humidité relative■ Débits de ventilation (soufflage, extraction)■ Schéma occupation des locaux
Travail sur le terrain	<ul style="list-style-type: none">■ Relever sur site les éléments extérieurs au bâtiment : dimensions, orientations, présence de masques, zones dégradées■ Relever sur site les éléments intérieurs au bâtiment : hauteur sous plafond, équipements présents, état des installations (calorifuges, vétusté)	<ul style="list-style-type: none">■ Nature des équipements du génie climatique : émetteurs, régulation, distribution■ Présence de calorifuges
Analyse	<ul style="list-style-type: none">■ Comprendre la répartition des consommations énergétiques par postes et par type d'énergie■ Proposer des actions ou bouquets d'actions cohérentes vis-à-vis des objectifs et cibles du maître d'ouvrage	<ul style="list-style-type: none">■ Calculs énergétiques (énergie finale et/ou primaire en kWh/m².an)■ Calculs environnementaux (économies sur les émissions de gaz à effet de serre : kg CO₂ évité)■ Calculs économiques : €/m².an
Rapport – réunion de clôture	<ul style="list-style-type: none">■ Synthétiser l'état des lieux du bâtiment actuel■ Proposer axes d'amélioration selon les contraintes et objectifs initiaux■ Evaluer les économies d'énergie et baisses d'émissions de gaz à effet de serre réalisables■ Apporter des éléments économiques (investissements, baisse des coûts d'exploitation, financement possible, etc.)	<ul style="list-style-type: none">■ Travaux à mener en une ou plusieurs étapes■ Travaux à engager en priorité sur le bâti (si possible)■ Réduction de « x % » des consommations

Détail de quelques actions pour chaque étape d'un audit



À RETENIR

L'audit renseigne le maître d'ouvrage sur l'état du bâtiment et sur la faisabilité de l'opération. Plus précisément, il s'agit de fournir une analyse fonctionnelle, urbanistique, architecturale et technique du bâtiment existant et d'établir un programme d'utilisation, une estimation financière et ainsi en déduire la faisabilité de l'opération.

PRIVILÉGIER UNE RÉNOVATION GLOBALE

La rénovation d'un bâtiment peut se programmer de façon partielle ou globale. Selon cette considération, des points de vigilance vont se poser.

QUEL TYPE DE RÉNOVATION ?	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	POINTS DE VIGILANCE
Rénovation partielle	<ul style="list-style-type: none">■ Investissement limité■ Contraintes limitées (planification, organisation)	<ul style="list-style-type: none">■ Absence de vision sur le comportement global du bâtiment et sur l'impact de l'action■ Intérêt limité : peu de résultats sur le confort ou la consommation
Rénovation globale en 1 étape	<ul style="list-style-type: none">■ Réflexion globale avec étude d'impact d'une action sur une autre■ Considération sur l'enveloppe et les équipements techniques	<ul style="list-style-type: none">■ Investissement important■ Contrainte dans l'organisation des travaux
Rénovation globale en plusieurs étapes	<ul style="list-style-type: none">■ Réflexion globale avec étude d'impact d'une action sur une autre■ Investissement étalé en plusieurs phases (avec un nombre limité d'étapes, établir un plan de financement)■ Considération sur l'enveloppe et les équipements techniques	<ul style="list-style-type: none">■ Plus complexe dans la planification et l'organisation des travaux■ Coût d'investissement global important

Les **limites de la rénovation partielle sont nombreuses autant sur le plan énergétique que sur le plan du confort**. Plusieurs bâtiments de bureaux étudiés ont été confrontés à cette problématique de la rénovation partielle.

Par exemple, dans un bâtiment de bureaux (Chambéry), des rénovations partielles sur le système de chauffage se sont succédé sur plusieurs années passant d'une chaudière gaz à un système de bois déchiqueté puis à une chaudière à plaquettes. Le recours **au combustible « bois » et l'engagement pris vers une logique de développement durable ont été insuffisants** pour garantir un bâtiment confortable et peu consommateur. Un inconfort thermique (effet de paroi froide, courants d'air) a été régulièrement constaté et a amené la maîtrise d'ouvrage à effectuer une rénovation plus complète intégrant l'enveloppe et quelques équipements techniques (systèmes de ventilation, systèmes d'éclairage) et ce, pour un résultat satisfaisant.

L'absence d'analyse globale a également été rencontrée dans le bâtiment de bureaux du groupe

ZF Bouthéon. L'inconfort thermique ressenti et les charges énergétiques élevées ont conduit, dans un premier temps, à l'**installation d'un système de ventilation mécanique double flux et ce, sans considération aucune des autres critères du bâtiment**. Cette action isolée n'a pas permis d'améliorer notablement le confort et les consommations énergétiques. La maîtrise d'ouvrage a ainsi décidé d'entreprendre une **rénovation globale incluant l'enveloppe et une approche bioclimatique** « chauffage / rafraîchissement / éclairage ». Une nette amélioration du confort des occupants et une réduction des consommations énergétiques ont ainsi été observées.

Ces configurations illustrent bien l'importance d'avoir une **vision globale** afin de pouvoir agir autant sur le bâti que sur les équipements.

Dans tous les cas, il est **à privilégier la rénovation globale**. Selon l'investissement nécessaire à cette rénovation, celle-ci sera effectuée en une ou plusieurs étapes. En pratique, avec l'entrée en vigueur du décret tertiaire N°2019-771 relatif « aux obligations d'actions de réduction de la consom-

mation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire », la rénovation globale en plusieurs étapes pourrait se développer. En effet, la maîtrise d'ouvrage va disposer d'une période de plusieurs années pour échelonner et effectuer les travaux permettant d'atteindre les objectifs lors des différentes échéances réglementaires, entre 2030 et 2050.

Même si le budget disponible pour la rénovation est limité, il est indispensable d'avoir la **vision globale des travaux à mener**. Connaitre l'ensemble des interventions à effectuer peut conduire à un échelonnement correct des travaux.

Dans les cas de rénovation en plusieurs étapes, il est souhaitable de privilégier un montage en lots allotis. L'enjeu des études de maîtrise d'œuvre (APS, APD, PRO, EXE) sera de définir un périmètre de travaux compatible avec l'enveloppe financière du maître d'ouvrage, d'évaluer les principales problématiques posées aux équipements et de prévoir le parcours possible de rénovation en une ou plusieurs étapes. Le tableau suivant présente en détail les principaux objectifs qui se posent à chacune des phases de maîtrise d'œuvre.

PHASES DE MAÎTRISE D'ŒUVRE	OBJECTIFS DE CHAQUE PHASE
Étude d'esquisse (ESQ)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Proposer une ou plusieurs solutions d'ensemble sur la base du diagnostic et sur la base du nombre d'étapes envisagés pour effectuer la rénovation globale ■ Vérifier la faisabilité du projet au regard des différentes contraintes
Études d'avant-projet sommaire (APS)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Proposer les solutions avec dispositions techniques envisagées et adaptées au type de rénovation (1 ou plusieurs étapes). ■ Indiquer la durée prévisionnelle de réalisation des travaux (en 1 ou plusieurs étapes) ■ Indiquer une estimation du coût prévisionnel
Études d'avant-projet définitif (APD)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valider définitivement le programme et certains choix d'équipements en fonction de contraintes de coût, de maintenance ■ Etablir une estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposée en lots séparés voire en nombre d'étapes de rénovation ■ Etablir les dossiers et les consultations
Études de projet (PRO) : à décliner autant de fois qu'il est prévu d'étapes dans l'opération de rénovation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Définir précisément les éléments relatifs aux travaux d'une étape (systèmes, matériaux, encombrement, tracé, coût, délai) en intégrant les contraintes spécifiques de l'usage du bâtiment et sans compromettre les étapes suivantes éventuelles
Études d'exécution (EXE)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Réaliser l'opération de rénovation en veillant à bien coordonner les différents acteurs et leur calendrier prévisionnel de travaux ■ S'assurer du bon déroulement du chantier et de la réalisation des différents tests prévus en cours de chantier
Assistance apportée à la maîtrise d'ouvrage lors des opérations de réception (AOR)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Organiser des opérations de formation, sensibilisation auprès des usagers du bâtiment, des services d'exploitation ■ Etablir les dossiers nécessaires à l'exploitation du bâtiment ■ Avoir une traçabilité sur le retour d'expérience du bâtiment au cours des premières années d'exploitation

Differentes phases d'un processus de rénovation

➤ INScrire le processus de commissionnement dans un projet de rénovation

Un projet de rénovation classique (tel que le marché allot) est organisé selon une succession de séquences distinctes avec des transitions contractuelles. A chaque séquence, un transfert de responsabilité entre acteurs est nécessaire avec le risque d'une perte d'information, de compétences, d'implication voire de moyens. De plus, en raison de la durée d'une opération de rénovation, il est fréquent que les acteurs à l'initiative du projet ne

soient plus présents lors de la phase d'exploitation du bâtiment pour s'assurer de la bonne adéquation avec l'objectif initial.

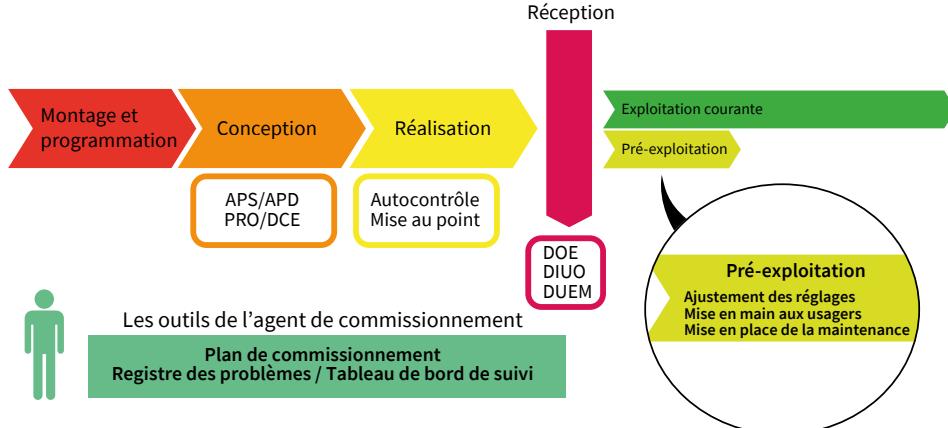
Prendre en compte l'exploitation du bâtiment dès le début du projet permet de limiter les insuffisances ou erreurs mises en exergue après la réception des travaux. C'est le rôle fondamental du commissionnement.



Le commissionnement se définit comme « **un ensemble de tâches pour mener à terme une installation neuve afin qu'elle atteigne le niveau de performance contractuelles et créer les conditions pour les maintenir** ».

Le commissionnement implique une démarche transverse, depuis le montage du dossier et la pro-

grammation jusqu'à la phase de pré-exploitation puis exploitation « courante » comme illustré sur le schéma ci-après. Cela doit permettre d'assurer tout au long du projet une cohérence entre les différentes étapes et une cohésion entre les intervenants.



Les phases concernées par le commissionnement

Le professionnel qui assure le commissionnement peut être externe au projet ou être intégré à la maîtrise d'œuvre avec une mission complémentaire.

Le contenu de la mission de commissionnement varie selon la taille des opérations et les objectifs. Le référentiel peut être propre à l'entreprise. Par exemple, la réhabilitation du bâtiment de bureaux du groupe ZF Bouthéon a été effectuée selon un référentiel interne développé et enrichi par l'expérience du groupe.

A noter : une boîte à outils permettant la mise en œuvre de cette démarche a été développée par l'ADEME et est téléchargeable à l'adresse suivante : www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-laction/outils-services/commissionnement

Les quatre piliers d'un plan de commissionnement sont illustrés ci-dessous.



➤ RÉUSSIR LA RÉNOVATION DE SON BÂTIMENT : L'IMPORTANCE DES PHASES DE PROGRAMMATION ET CONCEPTION DE L'OPÉRATION

Dans le cadre d'une étude de faisabilité technique et programmatique, il est indispensable de **fixer et prioriser les objectifs de la réhabilitation**. Pour la maîtrise d'ouvrage, l'enjeu premier n'est pas forcément d'atteindre un niveau de « haute performance » énergétique mais peut être plutôt d'assurer un confort intérieur satisfaisant, une maintenance limitée, etc.

Chaque objectif est à considérer puis à hiérarchiser afin de concilier cohérence et acceptation du projet par les usagers.

Pour engager la rénovation de l'ancien siège de l'URSSAF (Annecy), l'élaboration du cahier des charges avec **le choix des équipements a été basée sur les retours d'expérience d'autres opérations similaires**. Cela a apporté une cohérence dans les choix. Le résultat obtenu a été satisfaisant avec une très bonne coordination entre professionnels et notamment maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre.

Une **base de données** alimentée progressivement par des opérations similaires (avec les retours autant positifs que négatifs) peut permettre de **mutualiser ces retours** en vue de favoriser une massification des opérations.

Les principales contraintes à la rénovation d'un bâti rencontrées sur plus de la moitié des bâtiments étudiés sont :

- l'opération de rénovation effectuée en site occupé,
- la rénovation du bâtiment incluant un changement d'usage de celui-ci.

La rénovation en site occupé est une **contrainte forte** pour les occupants (salariés, public) et pour la maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre. Les contraintes de fonctionnement peuvent rendre le quotidien difficile à gérer pour toutes les parties impliquées. Elles doivent impérativement être traitées dès la phase de programmation de l'opération.

Dans ce contexte, **la clé de la réussite** est tout d'abord **d'informer les salariés** et de **les associer** le plus en amont possible aux travaux à entreprendre. Par exemple, sur le site du siège social de Loire Habitat, la gestion des occupants pendant les travaux de rénovation s'est traduite par **des**



campagnes d'informations régulières et une **adaptation constante des plannings (déplacement des salariés)**. Cette pédagogie a été nécessaire et a eu l'avantage d'offrir aux usagers une bonne connaissance du bâti, des équipements techniques et de son fonctionnement global. Ainsi, **de leur implication pendant les travaux jusqu'à leur comportement en phase d'exploitation, les usagers peuvent devenir des acteurs du succès de l'opération de rénovation**.

Également, lors de la rénovation en site occupé du bâtiment de bureaux de la fédération du BTP (Valence), il a été **communiqué aux occupants le planning des travaux pour les informer des phases de nuisance spécifique** (par exemple, les opérations de carottage). **Aucun retour négatif n'a été enregistré sur cette opération d'autant que le calendrier des travaux a été respecté**.

Toutefois, l'implication des salariés peut décroître au cours du temps. En effet, il va s'agir d'une condition nécessaire mais pas toujours suffisante pour garantir le bon déroulement des opérations en site occupé. Même lorsque **la rénovation est demandée par les salariés** en raison d'un inconfort important, **leur degré d'acceptation des travaux au quotidien** a ses limites. L'acceptation des nuisances (en termes de durée, d'intensité) peut se réduire et la seule information ne suffit plus. Il appartient alors à la maîtrise d'œuvre de **proposer des solutions techniques pour limiter les nuisances**. La maîtrise d'ouvrage de Loire Habitat a été confrontée à cette problématique et a œuvré pour des solutions techniques limitant les temps de pose : isolation thermique par extérieur « obligatoire », utilisation de panneaux de façade préfabriqués.



La deuxième contrainte importante à considérer dès la phase de programmation des travaux est le **changement d'usage du bâtiment lors de sa rénovation**. Ce changement d'usage peut prendre différentes formes :

- changement d'activités,
- changement de public,
- évolution de l'usage (par exemple, augmentation de l'effectif).

Le **changement d'usage du bâtiment** doit être considéré le plus en amont possible pour éviter toute solution de dernier recours non budgétée et l'apparition d'inconfort thermique. Par exemple, dans le cadre d'une rénovation, deux crèches ont été regroupées dans un ancien bâtiment non utilisé depuis plusieurs années. Malgré des travaux de rénovation et notamment la **mise en place de brise-soleil**, le **confort thermique d'été** a été jugé **insatisfaisant avec une surchauffe dans certaines pièces**. Cet inconfort résulte de l'**augmentation des apports internes provenant du dégagement de chaleur important des nouveaux équipements installés** en cuisine et en buanderie pour le nouvel usage du bâtiment. Ces **équipements n'ont pas été identifiés en phase de programmation et cette dissipation de chaleur supplémentaire n'est pas maîtrisable avec les installations techniques existantes**. Pour remédier à cette situation, il a été envisagé l'installation, non prévue et non budgétée initialement, d'un système de climatisation dans la cuisine.

En fonction des nouvelles spécificités d'usage du bâtiment, il pourra être mis l'accent sur un ou plus critères particuliers. **Dans le cadre de la mise en place d'un centre de surdité dans les locaux d'un bâtiment scolaire**, un travail important a été mené sur les aspects sensoriels et notamment le **confort visuel**. Cette optimisation du confort visuel s'est accompagnée d'une optimisation de la consommation électrique de l'éclairage avec une gradation de celui-ci. Or, la brusque variation de luminosité artificielle a perturbé les enfants. En relation avec l'équipe pédagogique, le système de gradation de l'éclairage artificiel a ainsi été neutralisé pour assurer le confort des enfants. Ceci aurait pu être acté **dès la phase de programmation si les usagers du nouveau bâtiment rénové avaient été consultés**.

Une **évolution de l'usage** du bâtiment comme par exemple une augmentation de l'effectif peut

également engendrer des « désordres ». Ainsi, les bureaux de l'Atelier d'Architecture (Saint-Etienne) ont fait l'objet d'une rénovation performante sur le bâti et les équipements techniques de sorte d'atteindre les objectifs initiaux (recherche de la labellisation PassivHaus). Dans ce cadre-là, les systèmes ont été précisément dimensionnés. Malheureusement, une **augmentation du nombre des usagers et des équipements** (par rapport aux hypothèses initiales) a contribué à **dégrader sensiblement les conditions de confort thermique entraînant des surchauffes**. Le « juste » dimensionnement des équipements n'a pas permis « d'absorber » cette surchauffe supplémentaire.

Lorsque la **stabilité des usages est actée, cela facilite le maintien des performances optimales pour peu que les conditions sur le bâti et les équipements soient étudiées**. Cette configuration a été rencontrée dans les bureaux de la CAF de Haute-Savoie où les conditions d'usage sont immuables en termes d'horaires, de mode de fonctionnement ou encore d'équipe.

Selon le patrimoine immobilier disponible, il est important de ne pas avoir nécessairement une approche mono fonctionnelle du bâtiment (d'autant que son cycle de vie est supérieur aux équipements) mais bien de **considérer l'approche « bâti – équipements techniques – usage »**. **Compte tenu de la durée de vie d'un bâtiment, son adaptabilité mériterait d'être prise en compte dès la programmation de l'opération afin de pouvoir anticiper une évolution d'usage**. Ceci est en accord avec l'optimisation de la gestion du patrimoine.

Cette anticipation a été prise en compte lors de la réhabilitation d'une école située à Echirolles. Pour atteindre les objectifs de réduction des consommations énergétiques et amélioration du confort, les travaux de rénovation ont autant concerné l'enveloppe que les équipements.

L'usage du bâtiment est identique avant et après rénovation. Toutefois, **dans le cadre d'une école, l'évolution de l'usage (évolution du nombre d'élèves) peut très rapidement devenir une réalité**.

Dans ces conditions, il a été décidé de « surdimensionner » légèrement les équipements techniques afin de pouvoir s'adapter à une possible évolution de l'usage. Ceci n'a pas eu d'impact négatif sur les



Groupe scolaire à Echirolles – ACOBAT Architectes

performances globales très satisfaisantes obtenues à la réception et en phase d'exploitation.

Depuis l'apparition des bâtiments à basse consommation ou bâtiments passifs, il est constaté qu'une amélioration des performances thermiques et énergétiques rend les bâtiments très sensibles à toute modification d'usage.

Recommandations sur l'enveloppe

L'enveloppe des bâtiments du parc tertiaire existant est généralement caractérisée par les problèmes suivants :

- conditions de confort hygrothermiques médiocres (sensation de paroi froide, perception de filets d'air, ressenti de l'humidité, etc.) ;
- factures énergétiques élevées (parfois 1/3 du budget de fonctionnement du bâtiment) ;
- valeur immobilière souvent en baisse par rapport au parc de bâtiments neufs.

En fonction de la localisation du bâtiment, d'autres symptômes de dégradation des conditions de confort peuvent être identifiés, comme l'inconfort aéraulique (qualité de l'air en zone polluée) ou l'inconfort acoustique (proximité avec une voie ferrée ou une voie de circulation routière fréquentée). Tous ces désagréments entraînent, à terme, une

baisse de l'efficacité des usagers et des plaintes à répétition. L'enjeu est de préserver au mieux la valeur immobilière du bien tout en satisfaisant les besoins de ces occupants et en optimisant le coût énergétique.

Le traitement de l'enveloppe offre l'opportunité de préserver une valeur patrimoniale tout en corrigéant les défauts (thermique, visuel, acoustique, aéraulique).

La performance thermique d'un bâtiment va se traduire par un traitement rigoureux de l'enveloppe intégrant plusieurs aspects :

- une **isolation thermique renforcée des parois** ;
- un soin particulier apporté à **l'étanchéité à l'air** ;
- une réflexion sur la mise en œuvre des **protections solaires**.

L'isolation des parois opaques et le remplacement des menuiseries sont des solutions adaptées et communément mises en œuvre pour améliorer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe. Lorsque cela est possible, une isolation thermique par l'extérieur (ITE) est privilégiée. Dans le cas de **rénovation en site occupé**, la solution d'une **isolation par l'extérieur** est généralement la mieux adaptée car elle limite les nuisances de chantier pour les occupants. En présence de contraintes architecturales spécifiques ou encore d'un bâtiment classé, l'isolation thermique des parois verticales par l'intérieur (ITI) devient généralement la seule solution.

Les nouvelles menuiseries mises en œuvre sont généralement équipées de **double vitrage basse émissivité avec une lame d'argon permettant de disposer d'un bon compromis entre l'isolation thermique et la transmission lumineuse**.

Selon le type de bâtiments, les actions sur l'enveloppe sont plus ou moins réduites et adaptées aux contraintes. En effet, dans le cadre de la réhabilitation d'un bâtiment classé (bureaux de l'Atelier d'Architecture RIVAT - ancien site de MANUFRANCE, inscrit sur l'inventaire supplémentaire des monuments historiques – Saint-Etienne), **la rénovation de l'enveloppe a été adaptée** mais a bien été réalisée (étanchéité à l'air poussée, la valeur cible de 0,6 vol/h sous une dépression de 50 Pa a été atteinte) **avec l'installation d'équipements techniques performants et précisément dimensionnés** et ce, pour arriver aux objectifs initiaux. **Un bâtiment classé n'est pas un obstacle à une opération de rénovation.**





L'étanchéité à l'air

L'isolation thermique doit être complétée par un **traitement rigoureux de l'étanchéité à l'air du bâti** dont l'efficacité repose essentiellement sur des **exigences claires et précises**, sur une **bonne mise en œuvre** et un développement particulier des **points singuliers : liaisons menuiseries-maçonnerie, réservations de passage de câbles, canalisations**. Dès la phase de conception, il est essentiel de mettre l'accent sur le traitement de ces points singuliers.

Les acteurs des projets analysés ont opté pour une méthodologie et un référentiel propre qui dépendent du planning de l'opération, de l'expérience des entreprises et du contrôle de la maîtrise d'œuvre. L'aspect de la performance, à travers un objectif quantifié, n'est pas systématiquement pris en compte lors des opérations de rénovation de bâtiments tertiaires et nécessite d'informer et de former toute la chaîne d'acteurs du secteur.

Pour certains bâtiments, où la maîtrise d'ouvrage est particulièrement impliquée, cet **objectif chiffré** a été défini **dès la phase de programmation avec exigences de plusieurs tests d'étanchéité en cours de chantier et en phase de réception**. L'extrait du CCTP établi avec la maîtrise d'ouvrage de la ville de Saint-Chamond illustre parfaitement ce point :

« Une formation sur l'étanchéité à l'air sera organisée avant le démarrage des travaux : toutes les entreprises intervenantes seront obligatoirement tenues d'y assister. Une parfaite étanchéité à l'air de l'ensemble des ouvrages sera exigée : un test d'étanchéité à l'air sera réalisé à la fin des travaux hors d'eau – hors d'air pour action corrective et un en fin de travaux afin d'obtenir un résultat < 0,6 vol/heure sous une dépression de 50 Pascals. Dans le cas où les tests seraient insatisfaisants, l'entreprise s'engage à reprendre ses malfaçons afin d'obtenir le résultat demandé ».

Dans le cas de la rénovation du bâtiment de bureaux de la fédération du BTP Drôme – Ardèche, la démarche a été encore plus approfondie. En effet, un **premier test d'étanchéité à l'air a été réalisé en amont de la phase de conception** afin de :

- caractériser le bâtiment et identifier ses faiblesses ;
- cibler les efforts d'intervention et les spécifier dans les marchés des entreprises.

De ce test, il a notamment été mis en exergue des points faibles au niveau :

- des menuiseries (fenêtres, portes) ;
- de la verrière ;
- des portes palières de l'ascenseur ;
- des éléments traversant le plancher pour le courant faible.

À RETENIR

L'étanchéité à l'air du bâti est un poste de performance à part entière qui ne nécessite pas d'équipement technologique spécifique, mais qui est le résultat d'un processus de qualité de conception et d'exécution. Il implique le respect d'un protocole spécifié dans le cadre d'un référentiel, partagé et connu de tous les acteurs, de la maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise d'œuvre et des entreprises. Les échanges entre entreprises et concepteur sont indispensables pour le bon traitement de ce poste.



La fenêtre : à la recherche d'un compromis lumière naturelle / performance énergétique / confort

La fenêtre est un élément majeur dans un bâtiment et est souvent considérée comme un acquis social que l'on ne peut pas systématiquement réduire au profit de l'amélioration énergétique du bâtiment. **De plus, cet élément s'inscrit souvent dans l'écriture architecturale du bâtiment et contribue à la qualité de ce dernier.**

Quel que soit le bâtiment rénové, il a été mis en exergue dans les projets présentés, **l'importance à conserver voire augmenter l'éclairage naturel.** Ainsi, des puits de lumière ou des verrières ont été créées ou conservées, des ouvertures ont été agrandies.

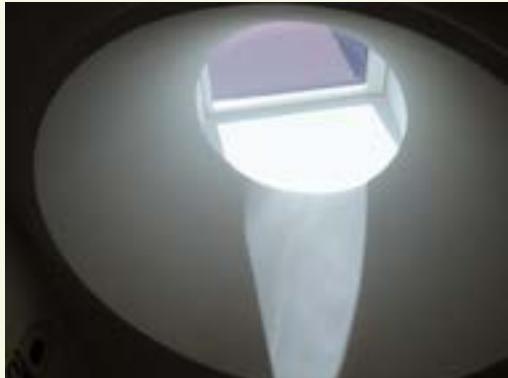
L'éclairage naturel est important à considérer pour optimiser le confort visuel tout en améliorant les consommations énergétiques. **Correctement conçu, ce poste doit permettre de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage artificiel.**



Bâtiment de bureaux à Saint-Etienne (Atelier d'Architecture RIVAT)



Conservation de la verrière dans un bâtiment de bureaux à Saint-Etienne (Atelier d'Architecture RIVAT)



Réalisation d'un puits de lumière dans un centre multi-accueil petite enfance à Cruseilles (DE JONG Architectes)

La performance thermique d'une fenêtre est directement liée à la menuiserie et au vitrage.

Les **menuiseries mixtes bois-alu à rupture de pont thermique** et les **menuiseries en aluminium à rupture de pont thermique** ont été largement mises en œuvre dans les projets étudiés.

La **menuiserie aluminium a pu être préférée en raison d'une faible maintenance et d'une bonne durabilité dans le temps.** Pour la réhabilitation du bâtiment de bureaux dans un ancien bâtiment classé à l'Inventaire Supplémentaire des Monuments Historiques, la menuiserie aluminium a été imposée par les Architectes des Bâtiments de France (ABF).

En termes de vitrage, il a généralement été choisi **un double vitrage traité (peu émissif) et rempli à l'argon.** En présence de bureaux exposés au nord, le triple vitrage a pu être privilégié.

Les déperditions thermiques en toiture sont particulièrement importantes en comparaison aux parois verticales et plancher. Une vigilance particulière est donc à apporter sur le type de vitrage et les menuiseries à choisir pour limiter ces déperditions.

Les apports solaires contribuent à réduire les besoins de chauffage. En ce sens, le facteur solaire du vitrage est important. Si cela est bénéfique en hiver, cela peut, à contrario, être source d'inconfort et de surchauffe en été.

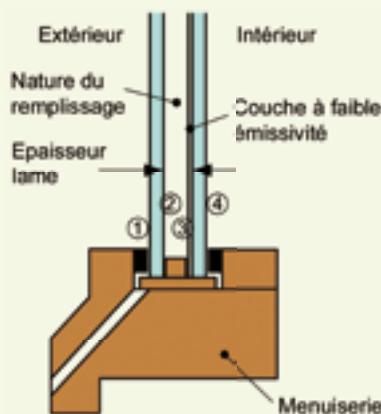


La gestion de ces apports est différente selon que soit privilégié le confort d'été ou le confort d'hiver. Différents types de vitrage permettent de répondre à ces problématiques :

- Le Vitrage à Isolation Thermique Renforcée est adapté au confort d'hiver. La chaleur est conservée à l'intérieur grâce au traitement de la face 3 du vitrage (réduction des pertes par rayonnement).
- Le Vitrage à contrôle solaire est adapté au confort d'été mais insuffisant (voir focus ci-dessous). Le rayonnement solaire est réfléchi vers l'extérieur grâce au traitement de la face 2 (ou 1) du vitrage.

L'éclairage naturel doit être privilégié en recherchant toujours à **minimiser le risque d'éblouissement** afin de ne pas pénaliser le confort visuel et de ne pas favoriser la fermeture de stores intérieurs (ce qui pourrait entraîner une réduction des apports solaires et une augmentation de la consommation d'éclairage artificiel). Cette

recherche de compromis impose également une **approche conjointe entre les surfaces vitrées et les protections solaires associées**.



Positionnement de la couche basse émissivité sur le double vitrage selon l'objectif recherché : confort d'hiver ou confort d'été



Les protections solaires

Indépendamment du type de bâtiment, **l'inconfort thermique et l'inconfort visuel** sont régulièrement identifiés comme source majeure d'inconfort et de plaintes. **L'inconfort thermique, à travers notamment les surchauffes dans le bâtiment, est la cause des apports solaires directs et des apports internes plus ou moins bien maîtrisés.**

Associées à l'enveloppe du bâtiment, les **protections solaires ont donc un rôle essentiel à jouer pour limiter ces inconforts.**

Face aux apports solaires directs, les **protections solaires extérieures** sont à privilégier par rapport aux protections solaires intérieures. Différents types de protections solaires (ou brise-soleil) existent selon l'orientation du bâtiment, du vitrage mais également en fonction des contraintes d'usage ou de maintenance.

Lors de la rénovation du bâtiment de bureaux de la CAF de Haute-Savoie, il a été mis en place des ventelles verticales fixes en verre coloré qui font notamment office de brise-soleil.



Ventelles verticales fixées sur les façades Est et Ouest du bâtiment de la CAF 74 à Annecy - DE JONG Architectes

Dans le cas d'autres rénovations, des **brise-soleil orientables asservis ou non** ont été installés. Dans les bâtiments de bureaux de la Fédération du BTP (26), le choix s'est porté sur des **brise-soleil orientables non asservis** et ce, **pour des questions d'usage et de maintenance**.



Brise-soleil au niveau de la verrière du bâtiment de l'espace BTP à Valence - SOHRA

Dans le cas des verrières, la protection solaire et son asservissement sont importants. Ainsi, pour ce même bâtiment, il a été décidé la mise en place de **brise-soleil orientables dont la motorisation est asservie à un capteur de luminosité intérieure.** Une vigilance supplémentaire est à considérer par rapport à leur résistance au vent.

Pour d'autres bâtiments, **des protections solaires fixes** ont été optimisées sur les façades exposées sud afin de limiter les apports directs.

Un **complément de protection solaire intérieure** est généralement nécessaire pour garantir le confort visuel notamment en hiver lorsque la position du soleil est basse.

Le double dispositif de protection (extérieure et intérieure) peut devenir onéreux et être écarté dès les arbitrages financiers initiaux. Ceci reste dommageable car ces **protections sont complémentaires.** De plus, dans un bâtiment où la maîtrise d'ouvrage est soucieuse de l'intérêt de ses occupants, la mise en œuvre de ces protections, extérieures mais surtout intérieures, va permettre à l'utilisateur de s'approprier au mieux son environnement intérieur.



Brise-soleil horizontal, bâtiment de ZF Bouthéon à Andrézieux-Bouthéon – DURNERIN-CO



À RETENIR

On cherchera dans tous les cas à privilégier la double protection solaire, une protection extérieure (brise-soleil) et une protection intérieure (store). En effet, la protection extérieure, intrinsèque à l'enveloppe, va servir de « barrière principale » alors que la protection intérieure est un complément à la convenance de l'utilisateur. Cette protection intérieure permet à l'utilisateur d'être acteur de son confort visuel. Ceci peut d'ailleurs contribuer à renforcer son acceptabilité par rapport au bâtiment global.



Un complément aux équipements spécifiques de protection solaire des bâtiments est la végétalisation des parcelles. Par exemple, les arbres à feuilles caduques plantés côté façade sud permettent une protection solaire naturelle en été et un dégagement de la façade en hiver. Une telle solution est fortement appréciée pour améliorer le confort thermique d'été et peut réduire le coût de construction.

Dans le cas de la structure de petite enfance à Saint-Chamond, la configuration du terrain a permis de créer des masques au niveau de l'orientation sud avec la végétation déjà présente.

Toutefois, il faut rester vigilant tout au long de l'opération de rénovation, entre la phase de programmation et la réalisation des travaux. Ainsi, un problème d'implication dans la continuité du projet, un programme initialement sommaire avec un manque « d'ambition » affiché peut aboutir, in fine, à l'abandon de solutions dédiées aux aménagements des espaces verts. Cette problématique s'est notamment rencontrée dans la rénovation d'une école en une structure petite enfance.

Recommandations sur les équipements techniques

La rénovation des équipements techniques (ventilation, chauffage, éclairage, rafraîchissement) **devrait obligatoirement venir compléter le travail sur l'enveloppe du bâtiment.**

En effet, la conservation de ces équipements se révèle souvent imprudente une fois l'enveloppe performante mise en place :

- Les équipements de production deviennent surdimensionnés car les besoins ont été réduits.
- La ventilation existante devient très souvent inadaptée ou obsolète dans des bâtiments de plus en plus étanches.

Attention, **il est encore très souvent observé que le fait de remplacer un seul équipement technique ne soit pas la réponse pour pallier les problèmes inhérents d'un bâtiment inconfortable et énergivore.** Très rapidement, les limites observées sont nombreuses :

- objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre non atteint ;



Présence naturelle de masques grâce à la végétation environnante de la structure multi-accueil petite enfance à Saint-Chamond – Atelier d'Architecture RIVAT

- difficulté voire impossibilité à améliorer durablement les conditions de confort ;
- dimensionnement des équipements inadapté en vue d'une future rénovation de l'enveloppe.

Le bâtiment illustrant au mieux ces propos est le bâtiment de bureaux du groupe ZF Bouthéon.

Les problèmes énergétiques et de confort ont pu être véritablement traités grâce à une approche bioclimatique « chauffage / rafraîchissement / éclairage (naturel et artificiel) » et non pas par la seule mise en œuvre d'un système de ventilation mécanique double flux.

Comme pour l'enveloppe, **la rénovation des équipements techniques doit être pensée de façon globale**, en intégrant le bâti et les usages du bâtiment. Les points suivants mettent en exergue cette nécessité :

■ Approche intégrant les systèmes, l'isolation et l'usage

Les apports internes du bâtiment de bureaux du groupe ZF Bouthéon sont importants et inévitables. Pour assurer le confort intérieur, il a été décidé de généraliser la climatisation. En contrepartie, les parois verticales (murs et vitrages) et le plafond ont été fortement isolés afin de réduire la consommation de chauffage et avoir ainsi, une consommation « globale » à l'année maîtrisée.

■ Approche intégrant les systèmes et l'usage

Selon la nature du bâtiment, la demande en eau chaude sanitaire (ECS) peut être faible. Dans le cas d'un établissement scolaire, il a été considéré que les besoins étaient trop faibles pour justifier d'un bouclage d'eau chaude où les pertes de distribution peuvent être importantes. Il a ainsi été opté pour une production d'ECS avec des préparateurs électriques.



La ventilation

La ventilation est essentielle et est indissociable de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe. Les fonctions premières d'un **système de ventilation sont de garantir le renouvellement de l'air intérieur et d'assurer la conservation du bâti.** En complément, un système pouvant concilier confort et économies d'énergie va être recherché.

En termes de considération énergétique, **le système de ventilation double flux sans récupérateur de chaleur est à éviter.** Des problèmes d'inconfort peuvent être observés et nécessiter la mise en place de résistance électrique.

Les systèmes de ventilation double flux **avec récupérateur de chaleur** sont intéressants car ils permettent de récupérer les calories de l'air extrait pour les transférer à l'air qui sera insufflé dans le bâtiment. Ce système permet de réduire les consommations de chauffage. En contrepartie, ce système, plus encombrant (double réseau aéraulique, récupérateur de chaleur) doit être soigneusement étudié dès la phase de conception. La maîtrise d'ouvrage « Loire Habitat » a été confrontée à cette problématique pour réhabiliter son bâtiment de bureaux. Les gaines verticales



Passage de réseau aéraulique entre couloir et bureaux



Diffuseur plafonnier pour assurer le soufflage dans les bureaux

existantes ont été réutilisées pour limiter l'impact des travaux. Egalement, un travail de mise en continuité des plenums a été effectué entre les bureaux et les couloirs pour mettre en œuvre les nouveaux réseaux et diffuseurs dans les bureaux.



D'un point de vue énergétique mais également sur un plan de l'optimisation de la qualité de l'air intérieur, la ventilation peut être pilotée à partir de capteurs de dioxyde de carbone (CO₂). Ce système est particulièrement intéressant dans les locaux où l'occupation est variable (salle de réunion par exemple).

En complément, d'autres aspects techniques sont à définir avec soin lors de la conception et à appliquer en phase de réalisation. Il s'agit notamment des points clés suivants :

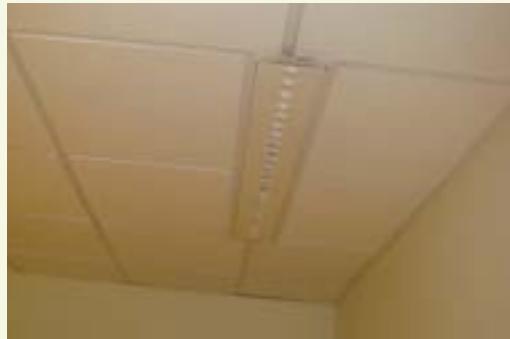
- l'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques,
- la circulation de l'air dans le bâtiment.

La problématique de **l'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques** doit être traitée le plus en amont possible, dans les marchés. Il sera notamment spécifié les tests à réaliser (en cours de chantier, à réception) et la classe d'étanchéité visée. Il est recommandé de spécifier a minima une classe B d'étanchéité.

La **circulation de l'air neuf** doit être adaptée à l'usage du bâtiment et au public concerné afin de ne pas générer de nuisance acoustique ni d'inconfort thermique lié à des problèmes de soufflage. **Un soufflage d'air vertical dans des locaux de faible hauteur avec présence d'enfants en bas âge peut très rapidement devenir source d'inconfort.** C'est notamment le cas rencontré par la Ville de Saint-Chamond lors de la réhabilitation d'une ancienne école en structure multi-accueil petite enfance. Malgré une diffusion d'air via des buses orientables à haute induction, un inconfort thermique a été relevé. Un soufflage horizontal pourra être privilégié.

Le balayage d'une zone ou d'une pièce est assuré par le bon positionnement des bouches de soufflage (ou diffuseurs) et des bouches de reprise.

Pour assurer le **renouvellement d'air d'une pièce**, indépendamment des autres zones, le soufflage et l'extraction d'air doivent se situer dans la même pièce. A défaut, une sous ventilation avec des conséquences diverses pourra être observée. Par exemple, des problèmes d'odeur ont été notés dans quelques dortoirs d'une structure de la petite enfance (ville de Saint-Chamond) : les dortoirs sont uniquement équipés d'une bouche de soufflage. Aucune bouche de reprise d'air n'est



Diffuseur plafonnier avec buses orientables



CIRMAP - Centrale de Traitement d'Air

présente dans le dortoir et aucune circulation d'air n'est possible entre le dortoir et la salle attenante : pour des contraintes acoustiques, la porte du dortoir est étanche.

Attention au couplage entre la ventilation et le chauffage : pour des raisons énergétiques et conformément aux exigences réglementaires, **la ventilation doit pouvoir être arrêtée hors période d'occupation des locaux.** Lorsque les systèmes de chauffage et de ventilation sont couplés, cette exigence est difficile à satisfaire. Il s'agit notamment des équipements de type CTA (centrale de traitement d'air) où l'air véhiculé pour assurer le renouvellement d'air hygiénique est également préchauffé ou rafraîchi. Dans certains types de locaux tels que les bureaux, salles de réunion, salles de classe, etc., il peut être énergétiquement intéressant de dissocier les deux fonctions « ventilation » et « chauffage » afin de pouvoir arrêter la ventilation hors période d'occupation sans pour autant arrêter le chauffage. La problématique existe également en période plutôt estivale où le rafraîchissement est assuré par la ventilation voire par une sur-ventilation nocturne.

Le chauffage et le rafraîchissement

Les systèmes de production voire de distribution pour le chauffage et le rafraîchissement peuvent offrir un potentiel d'économie important sur un plan énergétique mais aussi sur un plan environnemental. **La rénovation de ces systèmes doit permettre d'allier confort, économies d'énergie et réduction des émissions de gaz à effet de serre.**

Pour ce faire, quelques recommandations sont à considérer pour optimiser les performances des systèmes :

■ Adapter les puissances installées au besoin réel tout en prévoyant une marge selon la nature du bâtiment.

L'augmentation des effectifs dans une école, une crèche voire un bureau mais également la multiplication des équipements de bureautique, peuvent être relativement fréquentes, facilement prévisibles et doivent être anticipées a minima pour le choix des équipements.

■ Intégrer des systèmes de régulation performants

pour optimiser le fonctionnement des équipements et l'adapter à la situation des locaux. Par exemple, un système de ventilation asservi à une mesure de dioxyde de carbone (CO_2) va permettre de gérer les variations d'occupation des locaux.

■ Privilégier les équipements techniques intégrant des énergies renouvelables,

dont l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre est réduit. De plus, le recours aux énergies renouvelables est un atout supplémentaire vis-à-vis de l'attractivité du bâtiment et de sa valeur patrimoniale.

Les chaudières, les pompes à chaleur, les centrales de traitement d'air avec batteries froide/chaude ou encore les multi-splits ont été rencontrés plus ou moins fréquemment dans ces bâtiments.

Le recours à la pompe à chaleur géothermique pour assurer le chauffage et le rafraîchissement passif a été rencontré avec succès dans plusieurs des bâtiments étudiés.

Selon la ressource géothermique en sous-sol (son potentiel énergétique, sa disponibilité et son accessibilité), le contexte (contraintes réglementaires, etc.) et l'environnement du projet (notamment la surface de terrain disponible, l'implantation de sondes) ; autant de paramètres à considérer le plus en amont possible du projet ; **la pompe à chaleur géothermique est une solution de chauffage et**

de rafraîchissement qui peut être adaptée à la rénovation des bâtiments existants.

Parmi les technologies possibles (PAC sur sondes ou sur nappe), il n'y a pas de solution meilleure qu'une autre. Les sondes verticales peuvent être une solution en l'absence d'aquifères. Le système sur nappe est performant en termes de puissances et de besoin à couvrir. Grâce à une température de source froide (nappe, sol, etc.) relativement constante et supérieure à la température extérieure, la pompe à chaleur eau/eau a de bonnes performances énergétiques.

Côté émission, ce système peut être utilisé avec différents types d'émetteurs qu'ils soient nouvellement installés ou d'origine (à partir du moment où ils peuvent fonctionner en basse température⁴, ce qui est possible dans le cadre d'une rénovation globale du bâtiment) :

- Émetteurs à eau : plancher chauffant/rafraîchissant ; plafonds rayonnants, radiateurs basse température (attention solution non réversible),
- Émetteurs à air : ventilo-convector, CTA, poutres froides actives.

En plus du chauffage, **ce système peut être réutilisé pour assurer un rafraîchissement passif du bâtiment (ou geocooling).** Le principe du « geocooling » consiste, via un échangeur thermique, à assurer un échange entre le fluide caloporteur, qui provient du système géothermique, et le fluide issu du réseau de distribution du bâtiment. Dans ces conditions, la pompe à chaleur est bypassée. Le froid récupéré est « gratuit » hormis la consommation électrique des pompes (forage, distribution).

Le système de geocooling peut permettre de s'affranchir d'un système de climatisation.

Attention, dans le cas du rafraîchissement, une vigilance supplémentaire est à considérer au niveau des émetteurs. Des risques de condensation peuvent survenir en présence d'émetteur type « plancher » ou « poutre ». Certaines précautions sont à prendre en compte, comme le bon réglage de la température d'eau froide, pour éviter l'apparition de condensation due à l'effet de paroi froide avec l'humidité importante d'une pièce.

⁴ L'utilisation en chauffage d'un régime d'eau basse température a des conséquences non négligeables sur la sélection des émetteurs car ils seront de taille supérieure ou en plus grand nombre.



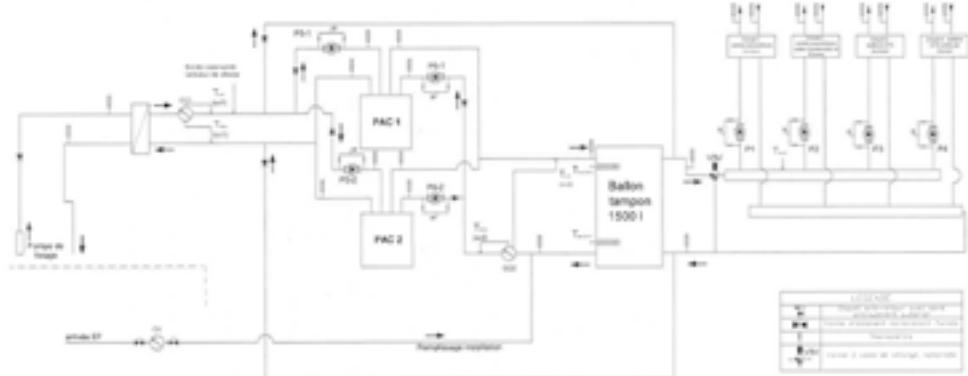


Schéma de principe d'une installation de chauffage et de rafraîchissement passif avec pompe à chaleur eau/eau (cas d'un bâtiment de bureaux). Pour le geocooling, les PAC et le ballon tampon sont bypassés.



Le Fonds Chaleur

L'ADEME propose des financements pour la réalisation des études de faisabilité et pour la réalisation des investissements via le **Fonds Chaleur**.

Promesse de l'État sur les énergies renouvelables (EnR), le **Fonds Chaleur**, géré par l'ADEME depuis 2009, participe au développement de la production renouvelable de chaleur. Il est destiné à l'habitat collectif, aux **collectivités et aux entreprises**.

L'ADEME soutient notamment la récupération de chaleur fatale, le solaire thermique très basse température (production ECS), la création d'un chauffe-eau biomasse et/ou création ou extension d'un réseau de chaleur ainsi que la filière de la géothermie assistée par Pompe à chaleur (PAC) sur nappe, sur sondes, sur pieux, sur eaux de surface.

Les règles générales du Fonds Chaleur pour les aides à l'investissement (critères d'éligibilité par filière, modalités des aides financières) sont téléchargeables sur : www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-laction/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref

L'ADEME finance également **les études d'aide à la décision**, comme les études de potentiels, les études de faisabilité des installations solaires,

bois-énergie, chaleur fatale ou PAC. Les dossiers de demande d'aide sont à télécharger sur : www.auvergne-rhone-alpes.ademe.fr/lade-me-en-region/financer-votre-projet



Accès Nourrice Installation geothermie sur sondes



Chausserie PAC géothermale sur nappe



Le dimensionnement du système de chauffage

Le dimensionnement d'un système de chauffage s'effectue en fonction des déperditions thermiques du bâti qui sont d'autant plus importantes que le bâtiment est peu isolé.

Dans l'idéal, il sera toujours privilégié les travaux sur l'amélioration thermique du bâti afin de réduire au maximum les déperditions, avant d'engager des travaux sur le système de chauffage.

En pratique, la vétusté d'une installation de chauffage peut contraindre à intervenir en priorité sur cet équipement avant toute autre intervention.

Ainsi, **lorsque l'échelonnement des travaux doit aboutir au changement du système de chauffage avant les travaux d'isolation thermique du bâti, il faudra opter pour un système de chauffage adapté à la situation présente tout en anticipant les futurs travaux d'isolation du bâti.**

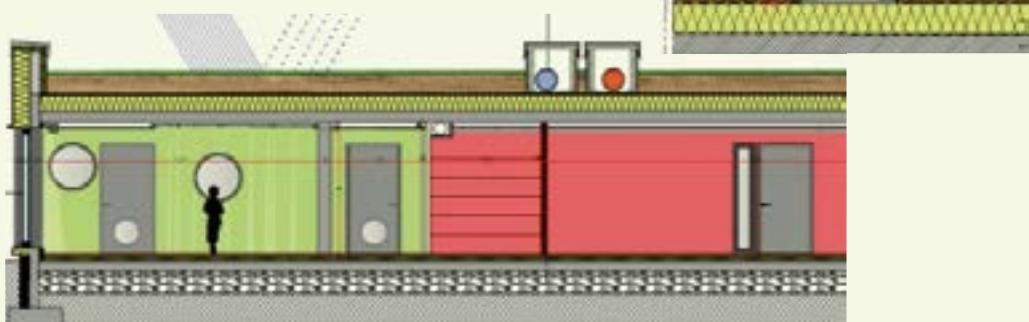
Pour répondre à ces contraintes, il est important de considérer plusieurs points :

- **À charge partielle, les performances des systèmes tendent à se dégrader.**
- Le **choix du brûleur** doit permettre d'assurer une modulation sur de faibles puissances.
- La **mise en place d'un ballon tampon** sur une installation de chauffage est importante à considérer pour permettre de stocker l'énergie produite par le système et limiter ainsi au maximum les cycles courts de fonctionnement qui

dégradent la performance du système et contribuent à l'usure accélérée de celui-ci.

- Le **fractionnement de la puissance** entre plusieurs générateurs est une solution à envisager pour s'adapter au mieux aux évolutions du bâti et ce, en limitant le fonctionnement à faible taux de charge des systèmes.
- En présence d'une pompe à chaleur, un appoint (qui peut être électrique ou gaz) est généralement intégré pour couvrir les besoins supplémentaires. Selon le planning des travaux relatifs à l'isolation thermique, il peut être envisagé un **appoint plus conséquent et une pompe à chaleur légèrement sous-dimensionnée** par rapport à la situation présente.

Dès la phase de conception, il est impératif d'être vigilant au **choix d'emplacement des systèmes de chauffage, ventilation afin de ne pas pénaliser la maintenance de ces équipements**. Ainsi, lors de la création d'une structure multi accueil petite enfance dans les locaux d'une ancienne école, une solution de « capotage en toiture » des systèmes de chauffage et ventilation a été choisie compte tenu de la faible hauteur sous plafond disponible. Dans ces conditions, **toute action sur les systèmes nécessite une intervention sur le clos couvert ce qui pénalise fortement leur accessibilité.**



Capot isolant en toiture pour mise en place des réseaux (ventilation et chauffage) (coupe du projet et détail de la gaine en toiture) de la structure multi accueil à Saint-Chamond- Atelier d'Architecture RIVAT



L'éclairage

L'éclairage (naturel et artificiel) est un poste très important dans la majorité des opérations de rénovation étudiées. Un travail conséquent est réalisé dès la phase de conception pour étudier des solutions performantes d'éclairage.

L'éclairage artificiel bénéficie aujourd'hui d'avancées technologiques importantes. Les solutions d'éclairage à base de LED (diode électroluminescente) ou encore de tubes fluorescents T5 (\varnothing 16 mm) à ballast électronique ont été largement utilisés pour ces différentes rénovations. Associés à ces systèmes d'éclairage, les systèmes de commande sont également de plus en plus performants. **Les systèmes de gradation de l'éclairage artificiel en fonction de la lumière naturelle apportée procurent un confort visuel satisfaisant et ont généralement été bien perçus.** Ces solutions ont été appliquées avec succès pour différents types de bâtiments : bâtiment de bureaux et bâtiment d'enseignement.

Néanmoins une attention particulière doit être consacrée à la définition du système de commande et de pilotage de l'éclairage. En effet, dans deux configurations précises, la solution d'éclai-



Déconnexion de tubes fluorescents pour réduire le niveau d'intensité de l'éclairage artificiel

rage définie lors de la conception a dû être corrigée par la suite en raison de solutions peu adaptées à l'usage et au public. Dans le cas du centre de petite enfance de la ville de Saint-Chamond, l'éclairage artificiel direct a été jugé trop intense pour des enfants en bas âge régulièrement allongés sur le dos. Certains luminaires ont ainsi été déconnectés.

Dans le centre de surdité, l'éclairage artificiel est piloté par un système de gradation (en fonction de l'éclairage naturel). La brusque variation de l'éclairage a perturbé les enfants malentendants. Pour remédier à cela, le système de gradation a été « neutralisé ».

À RETENIR

Les solutions techniques d'éclairage artificiel et les systèmes de commande associés doivent être soigneusement étudiés en concertation avec les usagers du bâtiment pour s'adapter au mieux à leurs exigences et leur assurer un confort visuel satisfaisant, à moindre coût énergétique.





Le confort d'été

Dans quelques cas, des systèmes « actifs » de climatisation ont été installés pour assurer, de façon satisfaisante, le confort d'été : split system, CTA avec batterie froide ou encore pompes à chaleur. Mais pour plusieurs bâtiments, le confort d'été a été traité sans système « actif » de climatisation. Il est garanti grâce à une combinaison de plusieurs facteurs :

- des protections solaires ;
- une inertie du bâtiment plus importante, obtenue grâce à un renforcement de son isolation ;
- un éclairage artificiel plus performant afin de réduire les apports internes ;
- une ventilation naturelle traversante ;
- un système de ventilation double flux avec une vitesse accélérée en période nocturne.

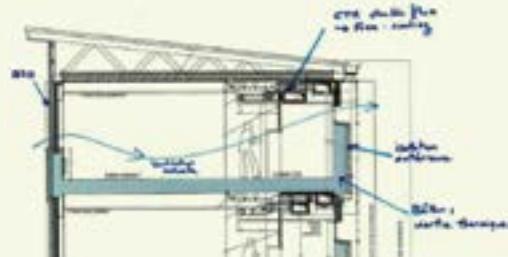


Schéma de principe avec quelques actions mises en œuvre dans un groupe scolaire pour garantir un confort d'été satisfaisant.

Ouverture de fenêtres côté couloir (exposition nord) pour favoriser la ventilation traversante.
Groupe scolaire à Echirolles - ACOBAT Architectes



Groupe scolaire à Echirolles - ACOBAT Architectes



Bureau avec stores extérieurs - CAF de Haute-Savoie

En complément de ces actions, les résultats obtenus en termes de confort d'été sont satisfaisants car les occupants sont impliqués et adoptent un bon usage des équipements : gestion des protections solaires, ventilation naturelle par ouverture des fenêtres.

Ces actions ont été menées avec succès dans un bâtiment de bureaux (CAF de Haute-Savoie) et dans un groupe scolaire (commune de Echirolles). A noter que le groupe scolaire ne présente aucun ouvrant orienté à l'est et à l'ouest. La ventilation traversante « nord-sud » est jugée plus efficace pour assurer un confort d'été.

Des relevés de température ont été réalisés dans le cadre d'une étude de l'ADEME avec le BE ENERTECH sur la période du 1/06 au 30/09 de l'année 2013. L'étude du confort d'été a montré que celui-ci a été bien maîtrisé (en période d'occupation du bâtiment) puisque le nombre d'heures pendant lesquelles la température est supérieure à 28°C a été limité à seulement quelques heures dans certains locaux, représentant 2 % du temps. La température moyenne relevée sur cette période était de 24,8°C.



► RÉALISER LA PHASE CHANTIER : QUELQUES POINTS CLÉS

La phase chantier concerne autant la mise en œuvre des systèmes et produits retenus dès la phase de conception que l'organisation sur site entre les différents corps d'état mais également entre professionnels et usagers.

Lors de cette phase, quelques actions méritent une attention particulière :

- la gestion du chantier en site occupé ;
- la gestion des déchets ;
- la réalisation de l'étanchéité du bâti ;
- la mise en place des capteurs et compteurs nécessaires au suivi des performances du bâtiment.

La réhabilitation en **site occupé** est une particularité (et une contrainte) forte en tertiaire. La plupart du temps, le bâtiment ne peut pas être « vidé » de ses occupants (salariés, public) ni de son mobilier. Après une planification très précise de l'opération dès la phase de conception, il doit s'ensuivre une phase de réalisation tout aussi rigoureuse. Cet impératif tend à compresser les délais de réalisation accordés aux entreprises, à contrôler le niveau de nuisance perçu et implique une **médiation constante entre la maîtrise d'œuvre, les entreprises et les occupants**.

A côté de ces contraintes, des opportunités peuvent apparaître pour les acteurs du projet. La proximité des entreprises avec l'usager final peut demander une attention particulière lors du déroulement du chantier et une recherche continue de réduction des nuisances.

Face à cette contrainte d'occupation, il peut être privilégié des efforts particuliers sur la réalisation d'un « chantier propre ». **Une gestion systématique des déchets et notamment l'utilisation de procédés préfabriqués permettent de minimiser le volume des déchets.** C'est cette option qui a été menée lors de la rénovation du bâtiment de bureaux du siège social de Loire Habitat.

Le recyclage des déchets du second œuvre du bâtiment est un véritable enjeu défini dans la loi sur la transition énergétique du 17 août 2015. Les déchets du second œuvre du bâtiment concernent tous les éléments non constitutifs de la structure du bâtiment. Aujourd'hui, selon l'ADEME* seuls 35 % des déchets du second œuvre sont valorisés.

Or, la loi sur la transition énergétique prévoyait un objectif de 70 %. Ces déchets, qui représentent plus de 10 millions de tonnes chaque année, disposent pourtant de filières de valorisation dans la majorité des cas. On cherchera à profiter de la phase chantier pour mener des opérations en matière de tri et de recyclage de ces déchets. L'objectif de la plateforme collaborative Démoclès mise en place par l'ADEME (www.democles.org) est de mettre en lumière ces filières de valorisation afin d'aider les différents acteurs à mieux les connaître et à trouver celles qui leurs sont nécessaires.

Les recommandations issues de cette plateforme peuvent avantageusement être suivies : **dès le cahier des charges, le volume et la nature des matériaux à valoriser ainsi que la filière de traitement pourront être précisés.** Il s'agira



Selon le site www.democles.org

par la suite de prévoir des **aires suffisantes de stockage sur le chantier** pour garantir la séparation des différents types de déchets en fonction notamment de leur mode de traitement : recyclage, valorisation autre, etc.

Leur valorisation nécessite de prendre en compte une grande diversité de matériaux et équipements. Différentes catégories de déchets sont identifiées ci-contre via le site internet de DEMOCLES.

Dans le cas des installations techniques, les premiers réglages vont être réalisés en cours de chantier. Lorsque les travaux se déroulent en site occupé, ces réglages peuvent être faits voire ajustés suite aux retours des utilisateurs.

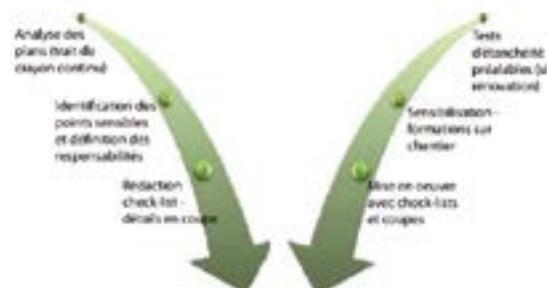
L'étanchéité du bâti revêt une importance toute particulière lors de la phase de chantier. Une mise en œuvre irréprochable doit être assurée afin de satisfaire les objectifs initiaux et à fortiori réduire l'impact énergétique du bâtiment. **Des échanges récurrents entre maîtrise d'œuvre et entreprises, une formation des entreprises à partir d'une check-list des points singuliers notés dès la conception du projet sont des éléments clés** à satisfaire lors de cette phase.

Outre les liaisons menuiseries-maçonnerie qui sont au centre de la problématique d'étanchéité à l'air, il faut également être vigilant aux différents travaux de maçonnerie (calfeutrement au niveau des réservations). En complément des travaux d'étanchéité du bâti, il est important de mettre en œuvre les actions visant à l'étanchéité des réseaux aérauliques.

La démarche « Construire étanche à l'air » définie par la FFB Rhône-Alpes dans le cadre de la réno-

vation du bâtiment de bureaux de l'espace BTP de la Drôme va en ce sens.

De cette expérience, il a notamment été **soullevé l'importance d'une bonne coordination sur le chantier entre les différents corps de métiers** et notamment dans ce cas, entre les lots menuiseries extérieures et isolation bardage par l'extérieur. Également, l'intervention d'un expert unique auprès de tous ces acteurs a été largement bénéfique car il a assuré l'ensemble des parties formation, assistance, mesures, etc.



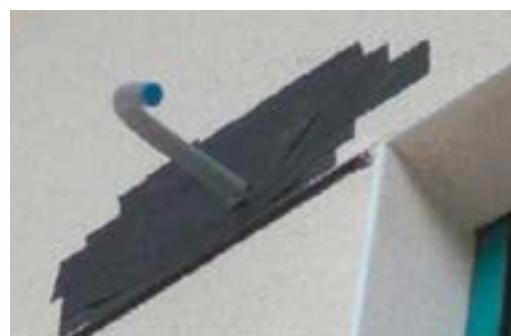
Principe de la démarche « Construire étanche à l'air »
de la FFB Rhône-Alpes

C'est lors de la phase chantier que l'ensemble des points de mesure que sont les capteurs et les compteurs sont mis en place conformément au cahier des charges.

Même si l'emplacement est défini en amont, une **attention particulière doit être menée lors de la mise en œuvre des différents points de mesure**. En effet, l'emplacement des capteurs doit permettre d'assurer la représentativité de la grandeur mesurée.



Etanchéité à l'air des réseaux aérauliques



Traitement de l'étanchéité à l'air entre la maçonnerie et le câble électrique pour l'alimentation des brise soleil



► MAINTENIR LES PERFORMANCES DE SON BÂTIMENT : LE RÔLE DE LA PHASE D'EXPLOITATION

Après réception d'un bâtiment, s'ensuit la phase d'exploitation. **Cette phase est essentielle pour atteindre et maintenir les performances fixées initialement.**

La phase d'exploitation « courante » est précédée d'une phase de « pré exploitation » qui peut être plus ou moins longue selon le type de bâtiment et d'installation :

- 12 mois d'exploitation ont été nécessaires pour effectuer le réglage de la CTA double flux au groupe scolaire d'Echirolles.
- 18 mois (avec deux saisons de chauffe) ont été nécessaires pour effectuer la mise au point du système de PAC eau/eau qui dessert le bâtiment de bureaux de la Fédération du BTP 26. Parmi les réglages demandés, il y avait l'arrêt de la pompe de puisage lorsque la PAC ne fonctionne pas.

C'est dès la conception du projet que la phase d'exploitation prend toute son importance. En effet, il est crucial d'identifier en amont les contraintes d'exploitation à considérer.

Gestion des usages/usagers

Une fois le bâtiment réceptionné, la phase d'exploitation de celui-ci implique **deux acteurs majeurs : l'exploitant et l'occupant**. L'occupant, usager du bâtiment, joue un rôle fondamental dans la réussite ou non de l'opération de rénovation. C'est pour cette raison que, dans beaucoup de projets étudiés, des campagnes d'information et de sensibilisation ont été menées auprès des occupants. Il s'agit de favoriser leur acceptabilité



Mauvaises pratiques observées : « obturation » des équipements techniques

vis-à-vis des nouvelles caractéristiques du bâtiment rénové.

L'implication des futurs usagers est à privilégier le plus en amont possible de l'opération. Il est encore fréquemment observé de mauvaises pratiques telles que l'obturation de bouches de ventilation, l'entassement d'objets sur les émetteurs de chaleur. Ceci est le résultat d'une mauvaise information des usagers.

Dans le bâtiment de bureaux de la Fédération du BTP (26), la sensibilisation des occupants, dès le début du projet, a permis de trouver un équilibre entre les préconisations de l'ingénierie énergétique et le besoin de confort des occupants : la consigne de chauffage a pu être réduite en accord avec l'ambition énergétique de l'opération.

L'action de sensibilisation des occupants est d'autant plus facile que ces derniers sont déjà formés au secteur du bâtiment comme c'est le cas, par exemple, pour le cabinet d'Architecture RIVAT qui assure la maîtrise d'œuvre de ses futurs locaux (réhabilitation des bureaux de l'Atelier d'Architecture RIVAT, ancien site de MANUFRANCE à Saint-Etienne).

Le livret d'information remis à l'occupant peut être complété par un affichage. Par exemple, lors de la réhabilitation d'un groupe scolaire à Bourg-en-Bresse, il a été mis en place, dans chaque classe, une fiche pédagogique relative à la mission d'aération de la classe. Cette fiche illustre la mise en place d'un capteur

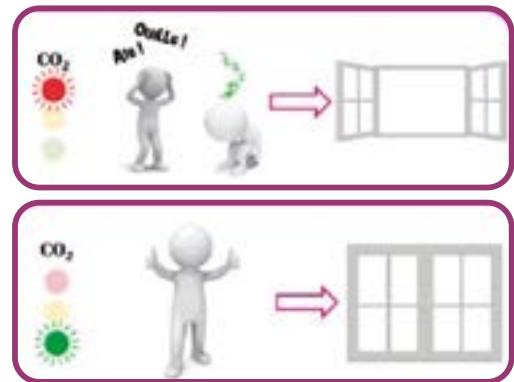


de CO₂ dans la classe avec les leds témoins pour avertir les occupants de la pollution ambiante. La ventilation choisie pour les salles de classe repose sur une ventilation naturelle avec ouverture des fenêtres par les usagers en fonction du témoin lumineux.

L'amélioration de la qualité d'air repose ici sur une gestion manuelle des ouvrants et donc nécessite une bonne implication des usagers. Les premiers résultats obtenus en termes de concentration de CO₂ pourront être améliorés avec une communication spécifique auprès des usagers.

Lorsque les usagers n'ont pas été impliqués dès la phase de conception du bâtiment, il s'ensuit généralement des problèmes divers. Ainsi, une solution performante d'éclairage artificiel a été mise en place dans un centre et ce, sans avoir été préalablement validée par l'équipe pédagogique. Par rapport à l'usage du bâtiment et à son public, cette solution s'est rapidement révélée inadaptée et source d'inconfort pour les usagers.

Enfin, la relation entre maîtrise d'ouvrage et usagers est primordiale. La rénovation d'une école en maison de la petite enfance dans le pays de



Cruseilles a mis en exergue **les limites de la réhabilitation d'un bâtiment lorsque les usagers ne sont pas clairement identifiés dès le début du programme**. Le bâtiment achevé a ainsi été livré à une association avec refacturation des charges par la commune. Aucune communication ou explication sur les enjeux énergétiques du bâtiment n'a été échangée entre le locataire et le propriétaire. Les habitudes des usagers ont rapidement repris le dessus sur une démarche plus vertueuse avec comme conséquence, un inconfort thermique lié à de nouveaux équipements électroménagers et une dérive de la consommation de gaz.

À RETENIR

Le comportement des usagers est primordial pour atteindre les performances visées. La maîtrise d'ouvrage a un rôle essentiel à jouer auprès des usagers pour les sensibiliser et les informer quant aux nouvelles spécificités du bâtiment et de ses équipements.

L'information ne doit pas être moralisatrice ; il s'agit d'expliquer les enjeux et les bons réflexes à adopter en termes de gestion des protections solaires, gestion des ouvrants, etc.



Espace BTP 26/07, implication conjointe des entreprises et des usagers pour atteindre les performances visées - SORHA



Maintenance des équipements

Au-delà des comportements, la qualité d'exploitation du bâti est la clé de voûte d'une rénovation globale réussie. Dans la durée, chaque détail, chaque réglage, prend toute son importance afin de ne pas dégrader les performances énergétiques mais également le confort global intérieur.

La maintenance des équipements peut se décliner sous deux formes :

- **maintenance corrective** destinée à corriger de façon provisoire ou pérenne les défaillances ou les pannes ;
- **maintenance préventive** destinée à prévenir les défaillances grâce à une maintenance systématique basée selon un échéancier déterminé lors de la mise en service du système ou encore grâce à une **maintenance conditionnelle** subordonnée notamment à une surveillance des paramètres.

Cette maintenance pourra s'appuyer sur les recommandations des industriels afin de préciser la nature des opérations et leur fréquence.

Quelques dysfonctionnements récurrents liés à une absence de maintenance ont pu être observés au travers des différents projets. Il s'agit notamment de problèmes d'encrassement ou de détérioration d'éléments.

Indépendamment du bâtiment, **l'encrassement des diffuseurs aérauliques est fréquemment observé**. L'intervention est d'autant plus facile à effectuer que l'encrassement est visible. Dans certains cas, les services de maintenance sont directement alertés par les occupants.



Etat d'encrassement d'une bouche de ventilation

L'encrassement des filtres a également été ponctuellement rencontré. Ceci peut être le résultat d'une difficulté d'accès au composant ou plus généralement d'une négligence de l'exploitant.

En règle générale, la majorité des bâtiments étudiés mettent en avant une bonne gestion des filtres en termes de changement régulier et de stockage à proximité directe de l'installation.

Outre les problèmes d'encrassement, sont également observés les problèmes de détérioration des équipements. Des **dégрадations de calorifuges** sur les réseaux d'eau et les réseaux d'air ont été observées sur quelques bâtiments. Le calorifuge permet de limiter les déperditions calorifiques et les risques d'inconfort liés entre autres à des températures de soufflage différentes des consignes. Des actions correctives simples peuvent rapidement être mises en œuvre par l'exploitant à condition de bien les mentionner dans le contrat. Attention, en extérieur, la dégradation du calorifuge peut être le fait des oiseaux.



Dans certains cas, les difficultés d'accès aux installations pénalisent réellement les interventions de maintenance.

Pour rappel, le système aéraulique de la structure multi-enfance de Saint-Chamond est capoté en toiture terrasse : la pose d'une étanchéité multicouche en toiture et contre les gaines techniques de protection des réseaux aérauliques limite fortement l'accès à ces installations.



Dégénération du calorifuge sur les réseaux

À RETENIR

L'implication du professionnel en charge de l'exploitation du bâtiment a un rôle direct sur la qualité d'usage et le confort global. Dès lors, le choix de l'exploitant et son intégration dans le processus du projet sont de première importance. Il est souvent constaté que plus l'exploitant arrive tôt dans le projet et mieux se déroule son action et les interactions avec les autres intervenants (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises, usagers). Ce transfert de responsabilités entre acteurs est souvent réussi grâce à un suivi transversal du projet et une formalisation contractuelle.

Gestion Technique du Bâtiment et Gestion Technique Centralisée

Les systèmes de GTB-GTC assurent des fonctions à différents niveaux (régulation, pilotage, supervision, etc.) et ne se limitent donc pas nécessairement à l'exploitation d'un bâtiment.

Mais le recours à **un système de gestion technique peut favoriser une maintenance efficace et réactive.**

Ce système peut pallier le constat récurrent selon lequel les consommations énergétiques augmentent au même titre que l'inconfort ressenti.

La gestion technique comprend l'ensemble des services qui consiste à :

- surveiller le fonctionnement du système à des fins de maintenance ;
- superviser c'est-à-dire observer et enregistrer les paramètres significatifs du fonctionnement des systèmes en vue de mener des actions précises (pour les services d'exploitation) ;
- suivre les consommations, à savoir assurer un suivi énergétique en vue d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment.

La **Gestion Technique Centralisée** permet de contrôler l'ensemble des installations d'un seul domaine technique : ventilation ou chauffage ou éclairage, etc. provenant d'un même site et utilisant généralement un **protocole de communication propre au fabricant**. Quelques paramétrages sont possibles mais il s'agit tout d'abord d'une solution prédéfinie par le constructeur.

La **Gestion Technique du Bâtiment** permet de contrôler l'ensemble des installations techniques de plusieurs domaines. **Bien conçu, ce système de gestion peut être très performant car il prend en compte l'ensemble des usages** : éclairage, chauffage, protections solaires, ventilation, etc. **mais également les possibles interactions**

entre tous ces systèmes. Des actions de programmation, paramétrage sont à effectuer pour assurer la communication entre tous ces équipements.

L'installation de GTB ou GTC dans plusieurs bâtiments a globalement été bien perçue par la maîtrise d'ouvrage et l'exploitant.

Le bâtiment de bureaux de la CAF (Haute-Savoie) dispose d'un système de GTC pour assurer un suivi des installations de chauffage. La maîtrise d'ouvrage est totalement satisfaite de cette gestion et l'utilise quotidiennement pour suivre les installations et vérifier leur bon fonctionnement. Elle souhaite renouveler cette expérience sur ses prochaines opérations. A noter, toutefois, qu'en l'état, **le système ne permet pas une historisation des données ce qui limite fortement son utilisation et son intérêt pour l'exploitant. Ce système aurait pu être optimisé en intégrant l'enregistrement des consommations dans un historique.**

Un suivi en exploitation a également été mis en place dans le groupe scolaire de la commune d'Echirolles grâce au raccordement à la GTB des installations de chauffage, ventilation et comptages énergétiques. La maîtrise d'ouvrage et l'exploitant l'utilisent pour assurer le suivi voire effectuer des réglages.



Armoire GTB

Le suivi des consommations énergétiques

Après les travaux de rénovation, il est fortement recommandé d'effectuer un suivi des consommations et ce, pour diverses raisons :

- effectuer un suivi dans le temps avec recherche d'une optimisation ;
- calculer les économies réalisées à la suite de l'opération et les caractériser par rapport à des objectifs.

Dans ce dernier cas, le référentiel IPMVP, Protocole de Mesure et de Vérification de l'efficacité énergétique, pourra être avantageusement utilisé. Ce référentiel propose une **méthodologie répondant au besoin de mesure et vérification de la performance**.

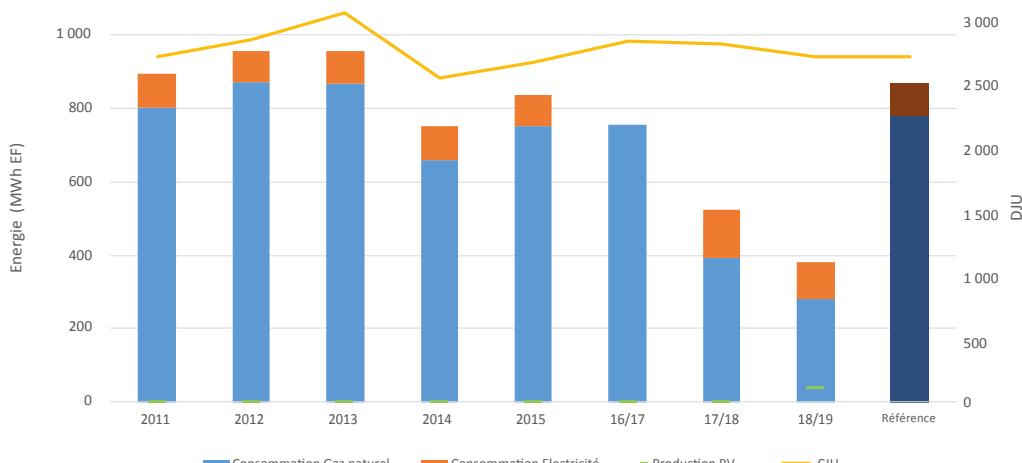
Dans le cadre d'un marché CREM (Conception Réalisation Exploitation Maintenance), un suivi des consommations est obligatoirement réalisé. Sur le groupe scolaire Baudin (Bourg-en-Bresse), ce suivi permet de détecter les dérives, les anomalies dans le pilotage des équipements mais également d'analyser la conformité ou non des consommations par rapport aux engagements du marché. Par exemple, le « nonarrêt » de la ventilation des locaux durant les vacances a pu être identifié, signalé et évalué sur le plan énergétique. En plus des données énergétiques, la concentration

en CO₂ dans les salles de classe est suivie et permet d'évaluer l'efficacité de la solution adoptée.

A noter : le suivi des consommations énergétiques est fortement encadré par un Contrat de Performance Energétique (CPE) signé entre le maître d'ouvrage et le prestataire. Ce contrat permet d'apporter une garantie de performance énergétique assurant au propriétaire du bâtiment un niveau de consommation réelle après travaux qui ne dépassera pas une certaine valeur.

Afin d'illustrer l'intérêt de mettre en place un suivi énergétique rigoureux et régulier, citons également l'exemple du Groupe scolaire « Les Romains » à Annecy réalisé par la SPL OSER. Ce groupe scolaire, construit en 1963, a fait l'objet d'une rénovation globale en 2018, dont 70 % des coûts de l'opération ont relevé de l'efficacité énergétique, dans le cadre d'un CPE.

Les résultats sont présentés dans le graphique ci-après, qui montre des consommations d'énergie en très forte baisse. Selon Philippe TRUCHY, directeur de la SPL, « les premiers retours d'exploitation sont très bons : les consommations d'énergie de début juillet 2018 à fin juin 2019 font apparaître un résultat supérieur à l'objectif (niveau contractuel fixé à 52 % d'économie) alors que la première année est une période probatoire. En effet, sur la première année d'exploitation, il est



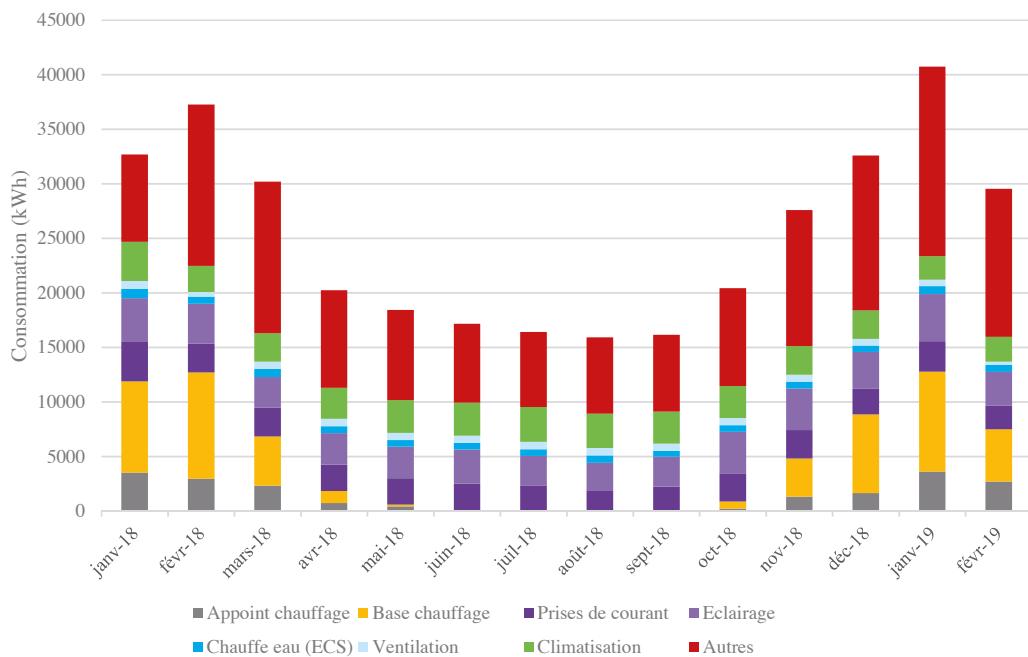
Suivi des consommations d'énergie finale dans un groupe scolaire - Source SPL OSER

enregistré une baisse des consommations d'énergie finale de 56 % et ce, sans prise en compte de la production photovoltaïque sur site. En considérant cette production photovoltaïque qui est de 39 MWh, la baisse de consommation d'énergie finale s'élève à 60,7 %.

Dans la même logique, un suivi énergétique et technique a été assuré par le BE ITF, sur le bâtiment de bureaux de Loire Habitat. Ce suivi a permis de faire un état des lieux de la situation actuelle et d'avancer les voies de progrès envisagées. En ventilation, les performances obtenues sont conformes aux attentes initiales autant en termes de débits d'air véhiculés, de rendements des échangeurs ou encore de consommation

des ventilateurs. Sur ce poste, le suivi d'exploitation met en avant le fonctionnement correct du système. Toutefois, il est apparu la nécessité de mettre en place des seuils d'alarme pour les opérations de maintenance en termes de changement de filtres par exemple.

Le suivi des consommations comme illustré ci-après met en évidence la répartition des consommations selon quelques usages avec notamment une proportion non négligeable (40 %) de consommation mal identifiée en termes d'usages. Ces usages non définis à ce jour (ascenseurs, cuisine, etc.) feront l'objet d'une analyse approfondie afin de les identifier pour pouvoir les réduire.



Répartition mensuelle des consommations selon les usages (bâtiment de bureaux) - Source BE ITF

À RETENIR

Un suivi énergétique doit permettre d'analyser les consommations en termes d'évolution, en termes d'usage et d'apporter des éléments explicatifs aux variations de celles-ci. L'analyse est d'autant plus affinée que, en complément des mesures physiques, l'on puisse disposer d'un inventaire des usagers (taux d'occupation, planning) et des équipements présents (par exemple, un inventaire du parc informatique en termes de nombre, puissance, pourcentage d'usage).





Le commissionnement en phase d'exploitation

Lors de la réhabilitation du bâtiment de bureaux de la CAF (Haute-Savoie), une mission de commissionnement sur les deux premières années d'exploitation a été confiée à un BET. L'objectif de cette mission était de s'assurer que le bâtiment rénové fonctionnait comme prévu et que tous les éléments nécessaires à la maintenance étaient correctement installés.

La mission a permis de détecter des défauts de mise au point et d'optimiser l'installation. Tous les équipements techniques sont passés en revue avec mise en évidence de **quelques points de vigilance à considérer** parmi lesquels :

- Arrêter les pompes de circulation des réseaux de chauffage quand la température extérieure est suffisante ;

- Changer régulièrement les filtres, une préconisation est donnée à savoir tous les 4 mois ;
- Optimiser le fonctionnement du système de chauffage pour gérer l'occupation intermittente ;
- Veiller à la bonne localisation (orientation) de la sonde de température extérieure qui va assurer la régulation du chauffage ;
- Veiller au bon équilibrage hydraulique et aéraulique des installations.

Il est à noter que les différents points de vigilance mis en exergue dans le cadre de cette mission sont des points récurrents rencontrés sur beaucoup d'installations.

Un extrait du tableau de synthèse est présenté ci-dessous.

Actions	Préconisations	Date/action menée	A retenir / impact
Réglage des radiateurs	Position tête thermostatique sur : <ul style="list-style-type: none">■ 3 pour les bureaux occupés■ Hors gel pour les bureaux inoccupés, les escaliers, archives	02/03/2016	Gain de 23 %
Programmation des équipements	Diminution de la température de soufflage CTA bureaux à 18°C	28/04/16 puis ré-augmentée en 11/16	Baisse de la consommation non chiffrée car période d'observation trop courte Consigne ré-augmentée car inconfort
	Programmation horaire CTA bureaux : avoir un « arrêt » entre 20h00 et 6h00 au lieu d'un « réduit »	24/05/16	Economie d'électricité de 42 %
	Programmation horaire CTA sanitaires	Non réalisé	Fonctionnement uniquement en grand débit et débit réduit. Pas de programmation « arrêt »
Eclairage	Ajout d'un interrupteur temporisé dans les archives	Effectué	Non évalué
	Réglage de la temporisation du détecteur parking sous-sol	Non renseigné	Comparaison sur 5 mois : diminution par 2,8 de la consommation (1 500 kWh ou lieu de 4 200 kWh)
Pompes chauffage	Arrêt de la chufferie au-delà d'une température extérieure de 15°C	28/04/16	Les pompes ne sont pas arrêtées. Seules les vannes 3 voies se ferment. La chaudière est coupée mais pas sa pompe.

Exemple de dysfonctionnements repérés et actions correctives à mettre en œuvre (CAF de Haute-Savoie)

NOTES



BIBLIOGRAPHIE

Ci-après une liste de quelques textes, ouvrages et sites internet utilisés dans ce guide.



Les textes réglementaires :

- Loi N°2018-1021 du 23 novembre 2018 portant Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique (loi ELAN)
- Décret N°2019-771 du 23 juillet 2019 relatif « aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire »
- Décret N°2016-711 du 30 mai 2016 relatif « aux travaux d'isolation en cas de travaux de ravalement de façade, de réfection de toiture ou d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables »
- Arrêté du 13 juin 2008 relatif « à la performance énergétique des bâtiments existants de Surface Hors Œuvre Nette supérieure à 1000 m² »
- Arrêté du 3 mai 2007 modifié relatif « aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants »
- Arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire



Les ouvrages :

- CEREN, Suivi du parc et des consommations d'énergie – secteur tertiaire – avril 2017
- Effinergie, Réussir un projet BBC en rénovation, mars 2011, 68p.
- ADEME, Le Schéma Directeur Immobilier : un outil dédié à la gestion dynamique du patrimoine des collectivités, Collection « Clés pour agir », août 2019, 3p.
- ADEME, Chauffer et rafraîchir avec une énergie renouvelable, Géothermie très basse température, mars 2017, 104p.
- ADEME, L'instrumentation des bâtiments pour un suivi des consommations énergétiques – Guide technique, janvier 2015, 97p.
- ALEC Plaine Commune (Agence Locale de l'Energie et du Climat), Stratégies et actions pour dynamiser et masifier les économies d'énergie dans les bâtiments tertiaires privés et publics – Cahier Technique, 2019, 43p.
- ATEE (Association Technique Energie Environnement), Guide des logiciels de gestion énergétique, mars 2016, 29p.



Les sites internet :

- www.rt-batiment.fr
- www.banquedesterritoires.fr/renovation-energetique-des-batiments-publics
- www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport-prebat.pdf
- www.observatoirebbc.org/auvergnehonealpes
- www.cpeauvergnehonealpes.org/fr/contrats-de-performance-energetique-en-auvergne-rhone-alpes.html
- www.diagademe.fr
- www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-laction/outils-services/commissionnement
- www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-laction/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref
- www.democles.org
- www.ville-amenagement-durable.org/

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de cet ouvrage et en premier lieu les maîtres d'ouvrage de l'ensemble des bâtiments présentés ici qui nous ont permis de visiter les bâtiments, de rencontrer tous les acteurs des projets et de partager leur retour d'expérience.

Merci à tous leurs prestataires de leurs projets qui ont largement contribué à la constitution des retours d'expériences présentés : architectes, Bureaux d'études, AMO, entreprises, etc.

Merci enfin à Jean-Baptiste Fleurent Architecte, David Corgier (Manaslu), Cédric Beaumont et Muriel Barbat du COSTIC, Delphine Bled de l'Agence Hawaii Communication, pour leur investissement conséquent et l'expertise apportée pour la réalisation de ce guide.

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse. Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, gaspillage alimentaire, déchets, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES BÂTIMENTS TERTIAIRES

Le présent document met à disposition du lecteur l'expérience acquise sur douze opérations de réhabilitation de bâtiment du secteur tertiaire en Auvergne-Rhône-Alpes. Toutes ont bénéficié d'un accompagnement de l'ADEME. Ces opérations de rénovations énergétiques globales visent des niveaux de performances énergétiques ambitieux, en phase avec les objectifs des différentes lois adoptées (loi pour la Transition énergétique et la croissance verte de 2015, loi ELAN de 2018). Elles embarquaient aussi des démarches globales de qualité environnementale, associant économies d'énergie, réduction des impacts environnementaux et amélioration des conditions de confort des usagers, notamment le confort d'été.

Sur la base du retour d'expériences des douze opérations, réalisées entre 2017 et 2019, ce document valorise et analyse les bonnes pratiques, en présentant des solutions mises en œuvre par les maîtres d'ouvrage et leurs maîtres d'œuvre, sans mettre de côté les difficultés rencontrées.

Cet ouvrage présente aussi des innovations tant technologiques que méthodologiques mise en œuvre dans les opérations. Enfin, les retours d'expérience de travaux d'efficacité énergétique avec une garantie de résultats tiendront une place particulière dans le document.

Il s'adresse à tous les acteurs du bâtiment, qu'ils soient maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises du bâtiment ou exploitants.



Le COSTIC est une association œuvrant dans le domaine du génie climatique et de l'énergétique du bâtiment, au service des professionnels de cette filière.

Ces principales activités sont la formation professionnelle, les études et les audits techniques d'installations.

www.costic.com



www.ademe.fr



Réf. : 011015

