LES BÂTIMENTS À BASSE ÉNERGIE

GUIDE TECHNIQUE



Retours d'expériences en Rhône-Alpes



Guide rédigé par le COSTIC sous la direction technique de Hakim HAMADOU (ADEME)

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement :

tous les maîtres d'ouvrages des opérations présentées, qui ont servi de socle à l'élaboration de ce document, leurs équipes de maîtrise d'œuvre (BET, architectes) qui ont participé à la relecture des fiches, fourni des illustrations et de nombreux témoignages,

les auteurs, Marie-Josèphe LAGOGUE et Christian SCHWARZBERG, pour leur professionnalisme, leur compréhension de ce projet et leur engagement.

Direction régionale ADEME Rhône-Alpes

LES BÂTIMENTS À BASSE ÉNERGIE

Retours d'expériences en Rhône-Alpes

Sommaire

Introduction	2
L'évolution du contexte réglementaire	3
• Les réglementations thermiques de 1974 à 2007	3
• De la RT2005 à la RT2012	
• Les référentiels QEB, HQE®, BBC Effinergie®, Minergie®, Passivhaus®,	
• La prochaine étape en 2020 : les bâtiments à « énergie positive »	
■ De nouvelles pratiques de conception	9
Evaluer le confort	9
L'architecture bioclimatique	16
• Une nouvelle répartition des postes consommateurs et des priorités de la conception	22
Evolution des métiers de l'architecte et de l'ingénieur	23
• Les spécificités de la rénovation	26
L'enveloppe performante	33
• Les parois opaques verticales	33
• Les parois vitrées	40
Les parois horizontales et inclinées	45
• L'étanchéité à l'air	47
Les postes consommateurs et les équipements associés	55
• Le chauffage	56
L'eau chaude sanitaire	63
La ventilation	67
Le rafraîchissement	71
Les auxiliaires	75
L'éclairage	79
• Les autres usages de l'électricité (la bureautique, l'électroménager)	83
Le rôle central de l'exploitation	86
• Le commissionnement	87
L'exploitation	92
Pour aller plus loin	94
Les fiches d'exemples d'opérations	97

Introduction

Cet ouvrage traite des bâtiments à « basse énergie » : bâtiments neufs ou rénovés, visant les niveaux de performances énergétiques BBC Effinergie®, Minergie®, « passifs » ou encore à « énergie positive », labélisés ou non, en habitat collectif ou en tertiaire (bureaux, hôtels, écoles), dans la plupart des cas en démarche de qualité environnementale.

Il s'agit de partager l'expérience acquise sur ces bâtiments à « basse énergie » à travers les opérations soutenues par l'ADEME en partenariat avec le Conseil Régional Rhône-Alpes.

Sans prétendre à l'exhaustivité ou à donner des « recettes », ce guide valorise les savoir-faire en présentant les choix et solutions retenues et réalisées par les maîtres d'ouvrage et leurs équipes (architectes, bureaux d'études, économistes, entreprises) sur près de 40 opérations :

- opérations de logements sociaux neufs « basse consommation » s'inscrivant dans le cadre du référentiel régional « Qualité Environnementale des Bâtiments » (QEB),
- opérations lauréates des appels à projets régionaux « Bâtiment démonstrateur basse consommation d'énergie » (Prébat),

• opérations précurseurs en démarche HQE®.

Les retours d'expérience sur les solutions mises en œuvre et les problèmes rencontrés sont d'autant plus riches que plusieurs de ces bâtiments ont fait l'objet de suivis instrumentés menés par l'ADEME.

Cet ouvrage s'adresse à tous les acteurs du bâtiment : maîtres d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, assistants à maitre d'ouvrage, entreprises du bâtiment, exploitants,...

Il comprend:

- Un guide technique qui présente les « points-clés » spécifiques aux bâtiments à « basse énergie », en matière de conception, réalisation, mise au point et exploitation, illustrés par des exemples concrets issus de projets en région.
- 20 fiches d'exemples d'opérations portant sur des thématiques ciblées qui viennent compléter le guide.
 Ces fiches de 2 à 4 pages présentent plus en détail les solutions mises en œuvre sur une opération.

LES PRINCIPALES QUESTIONS ABORDÉES AU FIL DU GUIDE :

> Sur le plan réglementaire, tout d'abord :

- Les dernières réglementations marquent-elles vraiment une rupture ?
- Les labels français, suisse et allemand sont-ils si différents ?

➤ En matière de conception :

- Comment évaluer le confort d'été ?
- Quels sont les principes d'architecture bioclimatique à appliquer ?
- · Quels sont les postes consommateurs les plus critiques ?
- Quelles modifications sur les pratiques de conception ?
- Quelles sont les spécificités d'un projet de rénovation ?

➤ Sur l'enveloppe du bâtiment :

- Quels changements par rapport à des constructions RT2005 ?
- · Quelles sont les principaux points sensibles ?
- Comment satisfaire les exigences d'étanchéité à l'air ?

> Sur les postes consommateurs, chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, rafraîchissement, éclairage et autres usages de l'électricité :

- Les solutions « classiques » sont elles toujours applicables ?
- Comment optimiser les consommations de ces postes ?

➤ Et enfin sur l'exploitation des bâtiments :

- Quelles sont les raisons qui expliquent les écarts entre consommations réelles et attendues ?
- Pourquoi le commissionnement est-il incontournable pour la maintenance des équipements ?

L'ÉVOLUTION DU CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

L'ÉVOLUTION DU CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

méliorer les performances énergétiques des bâtiments, tel est l'objectif, depuis 1974, des réglementations thermiques successives qui se sont d'abord intéressées à l'enveloppe puis également aux équipements des bâtiments neufs et, plus récemment, des bâtiments existants.

La RT2012, issue du Grenelle de l'Environnement, marque une rupture par rapport aux précédentes réglementations de par ses ambitions. Le label BBC 2005-Effinergie®, a servi de socle à cette réglementation.

Les derniers appels à projet sur les bâtiments « démonstrateurs » en Rhône-Alpes ont montré que de plus en plus d'opérations visent déjà, la réalisation de bâtiments à « énergie positive », la prochaine étape de cette évolution réglementaire prévue en 2020.

LES RÉGLEMENTATIONS THERMIQUES DE 1974 À 2007

DE L'OBLIGATION DE RÉDUIRE LES DÉPERDITIONS EN 1974 À LA RT2005

Depuis la première crise pétrolière de 1973, les réglementations thermiques (RT) successives n'ont eu de cesse de réduire les consommations des bâtiments neufs.

Les premières réglementations thermiques, de 1974 pour les logements et de 1976 pour les bâtiments tertiaires, obligent à isoler en imposant des valeurs limites de coefficients de déperditions (G en habitat et G1 en tertiaire).

La réglementation thermique de 1982, sur le résidentiel, prend également en compte les apports solaires et internes au travers d'un calcul de besoin (coefficient B).

La RT 1988 ne s'intéresse plus seulement à l'enveloppe (coefficients GV et BV) mais aussi aux performances des équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) par le bais d'un calcul de consommations conventionnelles d'énergie (coefficient C).

La RT2000 hisse les exigences de performance pour le tertiaire au même niveau que celles pour l'habitat, revues à la hausse. Elle prend également en compte les auxiliaires et, pour les bâtiments tertiaires, l'éclairage. Des exigences sur le confort d'été (Tic_{réf}) et sur les performances minimales des composants (garde-fous) sont imposées. Les coefficients GV et BV sont supprimés et le coefficient U_{bat} sur les performances du bâti apparaît. Les consommations sont exprimées en énergie primaire et non plus en énergie finale, en appliquant un coefficient de conversion de 2.58 pour l'électricité.

La RT2005 favorise le recours au solaire thermique pour la production d'ECS en habitat et limite l'utilisation de la climatisation de confort. En plus d'une valeur limite de consommation globale d'énergie (Cepréf) pour les 5 usages réglementés (chauffage, refroidissement, ECS, auxiliaires et éclairage), elle impose pour les logements une valeur de consommation maximale de chauffage, de refroidissement et de production d'ECS (Cepmax).

En une trentaine d'années, au fil de ces réglementations, de 1974 à 2005, les besoins de chauffage des logements neufs ont ainsi baissé de près de 50% (source : Les chiffres du bâtiment, ADEME, 2009).

LA PREMIÈRE RÉGLEMENTATION THERMIQUE SUR LA RÉNOVATION, EN 2007, SEULEMENT

Cette première réglementation thermique sur les bâtiments résidentiels et tertiaires existants a été impulsée par la loi Portant sur les Orientations de la Politique Energétique Française du 13 juillet 2005 (loi POPE), transcrivant en droit français la Directive Européenne Performance Energé-

des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 : engagement de la France confirmé par la loi Grenelle I

tique des Bâtiments 2002/91/CE (DPEB).

Si les coûts des travaux de rénovation des constructions d'après 1948, sur 2 ans, dépassent 25% de la valeur du bâtiment (calculée selon l'arrêté du 20 décembre 2007) et que la Surface Hors Œuvre Nette (SHON) est supérieure à 1000 m²,

une réglementation thermique sur la performance énergétique globale du bâtiment (RTex.), similaire à la RT 2005, s'applique (arrêté du 13 juin 2008).

Dans tous les autres cas, les éléments installés ou remplacés à l'occasion de travaux doivent présenter des performances énergétiques minimales définies par l'arrêté du 3 mai 2007.

Les derniers objectifs en matière de rénovation ont été fixés par la loi Grenelle I du 3 aout 2009.
L'ambition est de réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38% d'ici 2020 en procédant à une rénovation complète de 400 000 logements par an à compter de 2013.



DE LA RT 2005 À LA RT 2012

La RT2012 traduit une des exigences importantes de la loi Grenelle I : une consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs inférieure à 50 kWhep/ m².an, en moyenne.

Elle marque une rupture par rapport aux précédentes réglementations thermiques. Alors que jusqu'à présent, les besoins de chauffage étaient réduits de 15 à 25% à chaque nouvelle RT, la RT2012 vise une réduction de plus de 50% par rapport à la RT2005. Elle n'impose plus, par ailleurs, que quelques exigences de moyens.

Le cœur de la RT2012, ce sont trois exigences de résultats :

• Une exigence de performance thermique du bâti à travers une valeur maximale autorisée pour le besoin bioclimatique conventionnel en énergie du bâtiment, « Bbio_{max} ». La RT2012 réintroduit un coefficient sur les besoins de chauffage mais aussi d'éclairage et de refroidissement du bâtiment. L'objectif est de favoriser, dès l'esquisse, une conception bioclimatique.

Ce coefficient, exprimé en nombre de point, tient compte de l'isolation, l'inertie, l'orientation, les apports solaires, les apports internes (conventionnels), l'éclairage naturel et la compacité du bâtiment. Il est indépendant des équipements et de l'énergie utilisés.

Le seuil à respecter est modulé en fonction de la localisation géographique, de l'altitude, du type d'usage du bâtiment et, pour les maisons individuelles, de la surface habitable. Le coefficient Ubat est supprimé.

Une exigence de consommation conventionnelle d'énergie maximale, « Cep_{max} », pour les 5 usages réglementés (chauffage, ECS, refroidissement, auxiliaires et éclairage).
 La disparition du Cep_{réf} et des systèmes de référence

associés constitue une nouveauté importante vis-à-vis des pratiques de conception.

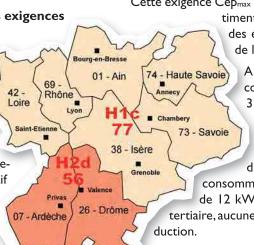
Le seuil de Cep_{max} de 50 kWhep/m²shon_{RT}.an imposé est modulé selon la zone géographique, l'altitude, le type bâtiment, les émissions de gaz à effet de serre (si le bois, la biomasse et des réseaux de chaleur ou de froid sont utilisés) et enfin pour l'habitat, en fonction de la surface pour ne pas pénaliser les petits logements.

Cette exigence Cep_{max} indépendante de la forme du bâtiment devrait impacter la compacité des édifices contrairement au Cep_{réf} de la RT2005.

A noter que pour les logements collectifs, transitoirement jusqu'au 31 décembre 2014, le Cep_{max} est augmenté de 7.5 kWhep/m²shon_{RT}.an. Par ailleurs, en habitat, la production locale d'électricité est déduite des consommations d'énergie jusqu'à hauteur de 12 kWhep/m²shon_{RT}.an. Par contre en tertiaire, aucune limite n'est fixée pour cette déction.

• Une exigence sur le confort d'été. En attendant que les nouveaux travaux entrepris sur ce sujet aboutissent, les exigences sur la température intérieure conventionnelle (Tic), fixées dans la RT2005, pour les bâtiments non climatisés, sont reconduites. Dans ces bâti-

ments très isolés, le confort d'été doit être un point d'attention systématique des concepteurs (voir chapitre « évaluer le confort » page 9).



Exemple de niveaux de performance exigés par la RT2012 (Cep_{max}) en kWhep/m²shon_{RT} .an pour un bâtiment de bureaux classé en catégorie CE1, à une altitude de moins de 400 m, n'ayant pas recours au bois, à la biomasse ou à un réseau de chaleur.

Parmi les nouvelles exigences minimales, on peut citer :

 Une perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa (Q_{4Pa-surf}) qui doit être inférieure ou égale à 0,6 m³/h.m² de parois déperditives, hors plancher bas, en maison et à 1 m³/h.m² en bâtiment collectif d'habitation (les mêmes valeurs que pour le label BBC 2005-Effinergie®).

Le respect de cette exigence doit être justifié soit par mesure soit en adoptant une démarche qualité (modalités définies à l'annexe VII de l'arrêté RT2012 du 26 octobre 2010). La démarche qualité, qui inclut des mesures sur une partie des bâtiments produits annuellement par le demandeur, ne sera une procédure valide, en habitat collectif, qu'à partir du le janvier 2015.

- Un ratio de transmission thermique linéique global maximal (Ψ) imposé pour limiter les ponts thermiques.
- L'obligation, en habitat individuel, de recourir aux énergies renouvelables. Plusieurs solutions sont possibles notamment la mise en œuvre d'une production d'ECS solaire thermique, ou encore l'utilisation d'un chauffeeau thermodynamique ou d'un micro-cogénérateur.
- Pour les bâtiments résidentiels, une surface de baies supérieures ou égale à 1/6 de la surface habitable de manière à garantir un certain niveau d'éclairage naturel.
- Des systèmes permettant de mesurer ou d'estimer les consommations énergétiques de chaque maison ou appartement afin d'informer les occupants au moins une fois par mois de leur consommation.

La RT2012 s'appliquera:

• le 28 octobre 2011 à tous les projets de construction de bâtiments d'habitation en zone prioritaire de rénovation urbaine (ANRU) ainsi qu'aux bâtiments de bureaux, d'enseignement, aux cités universitaires, aux foyers de jeunes travailleurs et aux crèches.



Les usages de l'électricité tels que l'électroménager, la bureautique, l'audiovisuel ne sont pas pris en compte dans le calcul de la consommation conventionnelle d'énergie.

Néanmoins, la RT2012 impose, en habitat, que les occupants puissent être informés au moins une fois par mois de la consommation d'énergie de leur réseau de prises électriques, de même que pour le chauffage, le refroidissement, la production d'ECS et autres usages.

• le 1^{er} janvier 2013, à tous les autres bâtiments résidentiels.

Des arrêtés complémentaires à l'arrêté du 26 octobre 2010 préciseront les obligations pour les autres catégories de bâtiments tertiaires.

Le bon usage du calcul réglementaire

Le calcul réglementaire n'est pas une prévision de consommation mais seulement une méthode conventionnelle de calcul des consommations. Il permet de vérifier la conformité à la réglementation d'un projet ou l'obtention d'un label « Haute performance » énergétique (BBC 2005,....). Ce calcul ne se substitue pas à un travail de conception et ne doit pas conduire à appliquer des « recettes ».

Pour les bâtiments très performants, il est recom-

mandé de réaliser des simulations thermiques dynamiques au stade de l'avant-projet. En effet, ce calcul par la maîtrise de tous les paramètres et hypothèses de calcul, permet de situer les performances du projet par rapport à un objectif ou de comparer des variantes de conception. Il est ainsi utilisé comme aide à la conception, pour valider les choix en matière de dimensionnement des surfaces de vitrages, de niveaux d'isolation ou d'inertie (façades, planchers, cloisons,...).

LES RÉFÉRENTIELS QEB, HQE®, BBC EFFINERGIE®, MINERGIE®, PASSIVHAUS®....

De l'initiative locale aux certifications sur une plus grande échelle, les approches sont multiples et complémentaires. Elles ont permis d'ouvrir de nouvelles voies et de prendre en compte des aspirations différentes et légitimes, en incitant à aller au delà des seules exigences énergétiques réglementaires.

Le référentiel « Qualité Environnementale des Bâtiments » (QEB) de la Région Rhône-Alpes pour les logements sociaux et les référentiels HQE® ont contribué à encourager le développement de la qualité environnementale. De nombreuses cibles sont prises en compte telles que le confort et la santé des occupants, la maîtrise des consommations

RT2012

Conso chauffage + ECS+
Refroidissement +
Auxiliaires + Eclairage
≤ 50
kWhep/m²shon_{RT}.an
en résidentiel et
tertiaire neuf (1)

Coefficient conversion énergie primaire/finale électricité : 2.58

Débit de fuite sous une dépression de 4 Pa :

 $\mathbf{Q}_{4Pa-surf} \leq 0.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2 \text{ de}$ surfaces déperditives hors planchers bas en maison

≤ I en habitat collectif

BBC-EFFINERGIE®

Conso chauffage + ECS+

Refroidissement +

Auxiliaires + Eclairage

BBC 2005

≤ 50 kWhep/m²shon.an en résidentiel neuf (2) ≤ Cep_{ref}-50% en tertiaire neuf **BBC rénovation 2009** ≤ 80 kWhep/m²shon.an en résidentiel existant(2) ≤ Cep_{ref}-40%

en tertiaire existant

2.58

Q_{4Pa-surf} ≤ 0.6 m³/h.m² en maison neuve ≤ I en habitat collectif neuf Mesure obligatoire en habitat existant

MINERGIE P®

Conso chauffage + ECS+
Refroidissement +
Auxiliaires ventilation
≤ 30 kWhep/m²surface
« chauffée ».an en
résidentiel neuf et
existant
≤ 15 à 45 en non
résidentiel neuf et
existant

Besoins de chauffage ≤ 15 kWhep/m² surface

« chauffée ».an pour tous les bâtiments

Besoins pour un chauffage aéraulique ≤ 10 W/m² pour tous les bâtiments

2

Débit de fuite à 50 Pa divisé par le volume chauffé : N50 ≤ 0.6 vol/h en neuf (3) ≤ 1.5 en existant

PASSIVHAUS®

Conso chauffage + ECS+
Refroidissement +
Auxiliaires + Eclairage +
Autres usages de
l'électricité
≤ 120 kWhep/m²surface
habitable.an en
résidentiel neuf et
existant

Conso de chauffage

≤ 35 kWhep/m²surface habitable.an en **tertiaire** neuf et existant

Besoins de chauffage

≤ 15 kWh/m²surface habitable.an pour tous les bâtiments

2.6

 $N50 \le 0.6 \text{ vol/h } (3)$

Les valeurs limites de consommation énergétique du bâtiment exigées pour ces différents labels ne sont pas comparables entre elles bien qu'elles soient toutes exprimées en énergie primaire par unité de surface et par an. De nombreux paramètres différent tels que les surfaces de référence considérées, les méthodes de calcul utilisées, les usages de l'énergie pris en compte, les coefficients de conversion entre l'énergie finale et primaire, comme le montre cette figure, à travers quelques uns de ces paramètres.

A noter par ailleurs, que le label BBC-Effinergie®, contrairement aux autres labels, tient compte des différences climatiques rencontrées en France.

⁽¹⁾ Valeurs modulées selon la zone géographique, l'altitude, les émissions de gaz à effet de serre, le type et la surface du bâtiment.

⁽²⁾ Valeurs modulées selon la zone géographique et l'altitude.

⁽³⁾ Par exemple, pour une maison de 200 m² au sol de 2 niveaux, d'un volume de 500 m³, ayant des surfaces dépérditives de 300 m² hors planchers bas, un débit de fuite N50 de 0.6 vol.h¹ correspondrait à un Q_{4Pa-surf} de 0.2 m³/h.m².

énergétiques à travers notamment une conception bioclimatique, l'insertion du projet dans son environnement.

D'autres labels ont été développés spécifiquement pour valoriser la construction et la rénovation de bâtiments résidentiels et tertiaires très performants sur le plan énergétique tels que le label allemand Passivhaus®, mis en place en 1995, le label suisse Minergie®, crée en 1996 et plus récemment, en 2007, le label BBC 2005-Effinergie®, applicable jusqu'à l'entrée en vigueur de la RT2012 et en 2009, le label BBC rénovation 2009 Effinergie®.

Nombreux sont les bâtiments neufs Rhône-Alpins, lauréats des appels à projets « Bâtiment démonstrateur basse-

consommation d'énergie » ou s'inscrivant dans les démarches de « Qualité Environnementale des Bâtiments » (QEB), labélisés BBC 2005-Effinergie[®]. Certains bâtiments neufs, conçus avant l'apparition de cette certification, sont labélisés Minergie-Standard[®] ou Minergie-P[®].

Le label Minergie-P® inspiré du label Passivhaus® correspond à une performance énergétique plus élevée que le label Minergie Standard®. Les labels Minergie-ECO® et Minergie P-ECO® reposent également sur une analyse du cycle de vie du bâtiment jusqu'à sa déconstruction. Tous prennent en compte des exigences en matière de surcoûts, une particularité de ces labels Minergie.

Le tableau ci-après, présente, à titre d'exemple, les performances de plusieurs opérations de logements Rhône-Alpines livrées entre 2006 et 2011.

Performances, labels des logements collectifs	RT2000 DémarcheHQE®	THPE 2005 Référentiel QEB - Qualitel	BBC 2005 Effinergie® Référentiel QEB	BBC 2005 Effinergie® Référentiel QEB	Minergie Standard®	Minergie-P® Référentiel QEB
Maître d'ouvrage	Halpades	Haute Savoie Habitat	OPAC 38	Aliade	Sogimm	Pluralis
Localisation	Annecy (74) HIc	Annecy Le Vieux (74) H I c	Revel (38) HIc	Lyon (69) HIc	Epagny (74) HIc	La Terrasse (38) H1c
U _{bât} en W/m².K	0.70	0.39	0.26	0.57	0.45 à 0.50	0.26
(U _{bât} -U _{bât ref}) / U _{bât ref}	21%	26%	59%	28%	25 à 31%	52%
C ou Cep en kWhep/m²shon.an	C : 102	Cep : 71	Cep : 65 (65 pour le label)	Cep : 59 (60 pour le label)	Cep : 59 à 65	Сер : 64
(C-C _{ref})/C _{ref} ou (Cep-Cep _{ref}) / Cep _{ref}	28%	35%	55%	44%	38 à 42%	38%

Ces exemples illustrent la variété des performances thermiques et énergétiques obtenues pour des bâtiments d'habitation collectifs Rhône-Alpins selon la date de construction, le label visé, la localisation et les solutions adoptées.

LA PROCHAINE ÉTAPE EN 2020 : LES BÂTIMENTS À « ÉNERGIE POSITIVE »

L'objectif fixé par la loi Grenelle I est que toutes les constructions neuves, faisant l'objet d'un permis de construire déposé à compter de la fin 2020, présentent une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite dans ces constructions. La loi Grenelle II du 12 juillet 2010 prévoit par ailleurs que toutes les constructions neuves à partir de 2020 soient évaluées par rapport à ses émissions de gaz à effet de serre.

La dernière Directive Européenne 2010/31/UE sur la Performance Energétique des Bâtiments de 2010, qui doit être transposée avant le 31 janvier 2012, impose quant à elle, que tous les bâtiments neufs soient des bâtiments à consommation d'énergie « quasi nulle », d'ici 2020 (et d'ici 2018 pour les bâtiments occupés par des administrations publiques).

Pour préparer cette nouvelle étape de 2020, qui fait encore l'objet de nombreux débats sur les énergies à prendre en compte, différents référentiels ou projets commencent à ouvrir la voie :

• Le référentiel du nouveau label Minergie-A®, reprend le concept de bâtiment à énergie « quasi-nulle ». Il comp-

tabilise les énergies nécessaires au fonctionnement du bâtiment (production de chaleur, ventilation, éclairage, appareils électrodomestiques) auxquelles viennent s'ajouter les énergies pour la production, l'utilisation et le recyclage des matériaux du bâtiment (autrement dit l'énergie grise), la production d'énergie locale étant déduite (photovoltaïque ou bois). Le seuil fixé est de 45 kWhep/m². an pour la grandeur ainsi définie.

- Le nouveau référentiel Effinergie, en cours d'élaboration, propose pour les BEPOS (bâtiment à « énergie positive ») que la production annuelle d'électricité du bâtiment soit supérieure à sa consommation totale d'énergie électrique (y compris pour les autres usages spécifiques de l'électricité) et que la consommation d'énergie pour les 5 usages réglementés (Cep_{max}) soit inférieure à un seuil plus bas que celui fixé par la RT2012 (par exemple, pour les logements 40 au lieu de 50 kWhep/m².an).
- En Rhône-Alpes de premiers bâtiments précurseurs « BEPOS » tels que le bâtiment de bureaux de Bonne-Energie® de LFI à Grenoble (38), répondant à un cahier des charges précis, prenant en compte tous les postes consommateurs en énergie primaire (y compris les autres usages non réglementés de l'électricité), sont déjà exploités.

Les exemples commencent à se multiplier. L'avenir s'écrit maintenant.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Concevoir un bâtiment à « énergie positive » : l'exemple de Bonne-Energie©, page 108

DE NOUVELLES
PRATIQUES
DE CONCEPTION

DE NOUVELLES PRATIQUES DE CONCEPTION

es exemples Rhône-Alpins montrent que la performance énergétique s'inscrit généralement dans une réflexion plus globale de développement durable associant maîtrise des coûts, intégration sociale et écologie. C'est vers de nouvelles pratiques de conception basées sur la collaboration d'équipes pluridisciplinaires que se dirige le bâtiment. L'architecte, en tant que chef d'orchestre, améliore ses compétences techniques. Les bureaux d'études, en particulier les thermiciens, se familiarisent avec les nouveaux outils et réinvestissent le chantier.

Le calcul scientifique, basé sur la modélisation physique des systèmes, remplace progressivement des règles empiriques qui ne sont, de toute façon, plus valables. De même, le calcul réglementaire laisse, en phase conception, sa place à la simulation thermique dynamique, pour ne plus constituer qu'une validation administrative finale.

Les priorités de la conception évoluent. Alors que les premières réglementations thermiques visaient exclusivement une réduction des consommations de chauffage, la difficulté principale en résidentiel pour l'obtention du label BBC est liée à l'eau chaude sanitaire. Encore en partie hors du périmètre de la RT2012 (pour l'électroménager et la bureautique), les consommations d'électricité spécifique représentent la principale dépense énergétique des bâtiments neufs et constituent une source importante de chaleur impactant sur le confort d'été.

Satisfaire les exigences de confort en été devient une priorité des concepteurs. En effet, suite au renforcement de l'isolation et de l'étanchéité à l'air, les bâtiments peuvent présenter des situations d'inconfort manifeste. Les projets déjà livrés et en exploitation montrent clairement qu'un confort très satisfaisant peut être atteint uniquement par des moyens passifs (sans recourir à un système de climatisation). Pour être pertinente, l'étude du confort d'été doit tenir compte de l'inertie ainsi que de la variation du rayonnement solaire et de la température extérieure sur la journée. Cela rend indispensable l'utilisation d'un logiciel de simulation dynamique.

La basse consommation est parfois associée à tort à une diminution du confort liée à une utilisation parcimonieuse du chauffage. Dans les faits, le confort est au cœur de la conception des bâtiments performants rhônalpins. A ce titre, il convient de l'évaluer sur la base de critères objectifs.

EVALUER LE CONFORT:

LE CONFORT THERMIQUE : UNE GRANDEUR SUBJECTIVE ET DIFFICILEMENT QUANTIFIABLE

Les premières études modernes sur le confort datent du début du XIXème siècle et se poursuivent encore aujourd'hui. Elles visent la prévision du taux de satisfaction pour une ambiance donnée et la mise au point d'indicateurs permettant de la qualifier précisément. Le protocole consiste à recueillir l'impression de centaines de personnes soumises à des conditions climatiques maîtrisées. Un traitement statistique permet alors d'aboutir à des lois mathématiques de prévision.

Malgré un nombre important d'études, il existe aujourd'hui deux approches du confort aboutissant à des résultats différents. La première base ses observations sur des mesures en laboratoire où les paramètres d'ambiance, de vêture et de métabolisme sont parfaitement contrôlés. La seconde part du postulat que le ressenti d'un sujet varie suivant le milieu dans lequel il évolue et que les mesures doivent se faire, par conséquent, sur le lieu de travail. Par ailleurs, le protocole étant allégé, il est possible d'accroitre facilement

l'échantillon étudié pour aboutir à des corrélations plus précises. L'inconvénient principal réside dans la difficulté à maîtriser l'ensemble des paramètres influant sur le confort.

Bien que les travaux de recherche fondamentale ne soient pas achevés, deux normes permettent au concepteur d'évaluer la pertinence de ses choix :

- NF EN ISO 7730 : « Ergonomie des ambiances thermiques Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local», mars 2006
- NF EN 15251: « Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique », août 2007.

Pour les aborder, il est nécessaire au préalable de maîtriser les connaissances de base sur les indicateurs du confort.

Les principaux indicateurs du confort

La température opérative

En air calme, la température ressentie par le corps humain est fonction de la température d'air (Tair) mais aussi de celle des parois (T moy parois). En hiver, la proximité d'une fenêtre en simple vitrage est source d'inconfort à cause du rayonnement froid de la vitre.

La température opérative, appelée également température résultante, traduit le ressenti d'une personne située au centre de la pièce en dehors de perturbations localisées. Elle s'exprime, en première approche par la relation

suivante:

A température de consigne de

chauffage égale, le confort

ressenti dans un bâtiment performant

est très supérieur à un bâtiment non isolé

car l'effet de « paroi froide » ainsi que les

courants d'air froid sont supprimés.

Topérative = (Tmoyenne parois + Tair) /2

De la relation précédente, il est possible de conclure qu'un bâtiment basse consommation, bien isolé avec des

fenêtres performantes, qui bénéficie en outre d'une bonne étanchéité à l'air supprimant les courants d'air froid, est beaucoup plus confortable en hiver qu'un bâtiment existant.

Une température d'air de 19°C, limite supérieure de la température de chauffage

imposée par l'article de R131-20 du code de la construction durant les heures d'occupation des locaux, correspond pour ce type de bâtiment à une température opérative généralement supérieure à 18°C.

Dans un bâtiment ancien, la température moyenne des parois extérieures (murs non isolés et fenêtres simples vitrages) passe fréquemment sous les 13°C, ce qui conduit, pour la même température d'air de 19°C à des températures opératives de moins de 16°C incitant les usagers à rehausser la température de consigne de leur thermostat d'ambiance à 22-23°C.

Pour que le gain en confort se traduise en économies d'énergie, il apparaît donc nécessaire que l'occupant change ses habitudes en abaissant sa consigne de chauffage.

Il faut rappeler que dans un bâtiment basse consommation, les simulations réalisées pour les exemples Rhône-Alpins montrent que la surconsommation induite par 1°C supplémentaire est de l'ordre de 15%.



La thermographie infrarouge montre l'impact du rayonnement sur le transfert de chaleur et la température ressentie. lci, le corps chaud de l'occupant est refroidi par la paroi froide (teinte plus sombre du côté orienté vers la vitre).

Le couple température/hygrométrie

Les études montrent que le corps humain est beaucoup moins sensible à l'hygrométrie qu'à la température et celle-ci peut être comprise sans gène entre 40% et 60%. Ainsi, sauf exigences spécifiques et/ou dégagements d'humidité importants (par exemple salles de spectacles, musées, hôpitaux), l'hygrométrie est rarement contrôlée avec précision en climatisation de confort.

Le climaticien estime le confort à l'aide du couple température sèche de l'air et hygrométrie qu'il place sur le diagramme de l'air humide. Il peut alors rapidement évaluer la qualité de l'ambiance en se basant sur les polygones de confort. Ceux-ci sont établis sur la base des études statistiques menées en laboratoire évoquées précédemment. Ils varient suivant la source (ASHRAE, Costic, Porcher...) mais aussi suivant la vêture et l'activité des occupants.

L'utilisation des polygones de confort nécessite de connaître précisément l'humidité. Cette approche est destinée aux bâtiments climatisés ou chauffés dans lesquels l'hygrométrie et la température sont régulées pour être maintenues dans ces zones de confort.

Cette démarche a été appliquée sur certains projets Rhône-Alpins, notamment sur les bâtiments de bureaux de l'INEED pour comparer les conditions de confort obtenues l'été dans des bureaux climatisés ou non (voir encadré ci-après). Contrairement à l'approche normative décrite ci-après, l'utilisation des polygones de confort ne permet pas d'évaluer le confort sur l'ensemble d'une période. A partir de quand les points se situant hors de la zone de confort représentent un confort inacceptable ?

A

Exemple d'application des polygones de confort

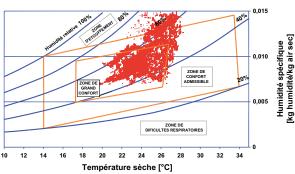
Les polygones de confort de Porcher ont été utilisés pour comparer les conditions hygrothermiques mesurées dans les bureaux non climatisés de l'INEED (représentées sur le graphique) à celles relevées dans des bureaux climatisés d'un autre bâtiment.

Les bureaux de l'INEED, de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Drôme à Alixan (26), sont plus souvent dans la zone de grand confort. Par contre les conditions exceptionnelles, avec des taux d'humidité élevés (par exemple, les jours d'orage) sont observées plus fréquemment.

En dehors de la saison de chauffe, 62% des mesures dans le bureau sud se trouvent dans la zone de grand confort et 13% dans la zone «d'étouffement ».

Pour pouvoir apprécier si ces conditions sont dans l'ensemble acceptables ou non, une démarche fondée sur les mêmes principes que l'approche normative explicitée ci-après a été appliquée.

Températures et hygrométries moyennes mesurées durant les heures ouvrées en dehors de la saison de chauffe dans le bureau sud



D'après doc. Enertech, étude ADEME

Evaluer le confort par une approche normative : Les préconisations de la norme NF EN 1525 l

Avant de pouvoir évaluer l'intérêt de solutions constructives, il s'agit de définir la limite de température acceptable et la durée de dépassement admissible. Paradoxalement, malgré des études généralement poussées sur le confort, le choix de ces valeurs à ne pas

dépasser est variable voire dis30 heures à 29°C ont-elles le même impact

Certains optent pour la simple validation réglementaire Tic/Ticref. En plus d'être inutilisable en amont du projet, ce critère est beaucoup trop imprécis et opaque pour constituer un outil de conception garantissant le confort. La limite fixe ne permet pas non plus de mesurer l'intensité du dépassement de température. Les courbes de fréquences cumulées, souvent rencontrées, fournissent très rapidement l'ensemble des informations importantes.

(voir figure ci-dessous).

sur le confort que 30 heures à 35°C ?

La température intérieure de 26°C

procure-t-elle le même ressenti aux

températures extérieures de 22°C et 34°C ? Depuis août 2007, la norme NF EN 15251 établit un cadre pour l'évaluation du confort. Elle renvoie à la norme NF EN ISO 7730 pour le chauffage et les bâtiments climatisés fixant ainsi des limites de températures opératives constantes pour un niveau de confort, une activité et une vêture donnés.

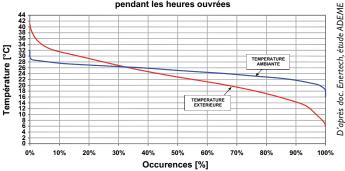
Par exemple, les plages de températures opératives de confort recommandées par la norme NF EN ISO 7730

Une solution fréquente consiste à se fixer une limite haute de température fixe, par exemple 26°C ou 28°C et un nombre d'heures de dépassement. Cette évaluation du confort est critiquable sous plusieurs aspects.

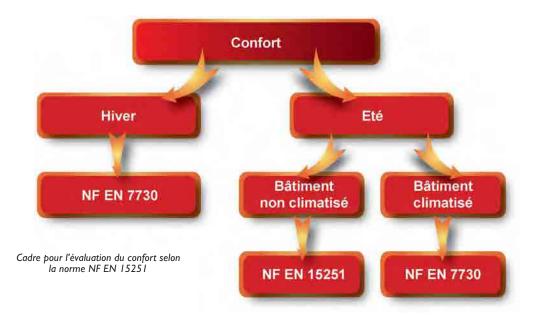
Premièrement, la limite fixe de 26°C provient de recherches menées en laboratoire (NF EN ISO 7730) et, par conséquent, plutôt considérée aujourd'hui comme destinée à des locaux climatisés. D'ailleurs, le décret du 19 mars 2007 modifiant le code de la construction et de l'habitation fixe à 26°C la température minimale de refroidissement. La source des 28°C est moins évidente. Cette valeur semble provenir d'une étude sur des bâtiments non climatisés mais elle a été réalisée dans des climats très différents du climat français.

Pour finir, il ne semble pas exister de travaux conséquents permettant de fixer une durée de dépassement.

Courbes de fréquences cumulées des températures extérieures et de l'ensemble des bureaux en dehors de la saison de chauffe pendant les heures ouvrées



Exemples de courbe de fréquences cumulées des températures extérieures et ambiantes enregistrées à l'INEED.



pour les bâtiments neufs ou rénovés sont :

- de 20°C à 24°C en hiver,
- de 23°C à 26°C en été pour des bâtiments climatisés de bureaux ou d'habitation.

Bien que la norme NF EN 15251 indique qu'il est possible d'utiliser les valeurs de la NF EN ISO 7730, elle recom-

mande, pour les bâtiments non climatisés, d'utiliser une limite variable en fonction de la température extérieure. Celle-ci est acceptable car les attentes dans un bâtiment non climatisé sont moins sévères et l'occupant peut adapter sa vêture ainsi que son environnement (ouverture des fenêtres, occultations solaires...) pour atteindre le confort. On parle d'approche adaptative du confort thermique. Cette approche n'est pas adaptée si la tenue vestimentaire est imposée ou en « open-space » car l'occupant n'a que peu de marge d'adaptation.

L'exemple de la maison de St Priest montre que la limite de température constante surévalue l'inconfort et qu'il faut lui préférer la limite variable de la norme NF EN 15251.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

« Comment évaluer le confort d'été ? L'exemple d'une maison à St Priest. » page 100

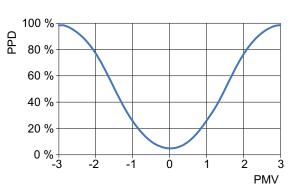
La norme NF EN ISO 7730 : évaluer objectivement un phénomène par essence subjectif, le confort thermique

Issue des travaux en laboratoire du professeur Fanger sur des centaines de personnes, l'ISO 7730 lie les paramètres mesurables d'ambiance, d'activité et de vêture à un pourcentage prévisible d'insatisfaits par des lois mathématiques.

Le protocole expérimental a consisté à faire noter par des sujets la qualité d'une ambiance donnée sur une échelle allant de -3 (très froid) à +3 (très chaud) en faisant varier la tenue vestimentaire et le métabolisme. Un travail statistique sur les réponses obtenues permet d'aboutir à l'indice PMV (predicted mean vote) correspondant à la note moyenne déterminée pour une ambiance donnée.

Le PMV est ensuite lié au PPD (predicted percentage of dissatisfied) correspondant au pourcentage prévisible d'insatisfaits par la courbe ci-contre. Le confort est donc mesurable, prévisible et contractualisable!

Ces indices sont une des sorties disponibles de certains outils de simulation tel que TRNSYS qui offre la possibilité de les calculer.



NF EN ISO 7730

Evolution du pourcentage prévisible d'insatisfait (PPD)
en fonction du vote prévisible moyen (PMV).
A noter que le PPD passe par un minimum à 5%
traduisant l'impossibilité de contenter l'ensemble
d'une population.

LE CONFORT VISUEL: UNE ÉVALUATION PAR LA SIMULATION

Pour éviter que la performance énergétique ne soit obtenue au détriment du confort visuel des occupants, son évaluation est indispensable.

Les choix architecturaux sur l'implantation et la forme du bâtiment, les vitrages et les protections solaires impactent à la fois sur l'éclairage naturel et sur les performances thermiques du bâtiment. Ainsi, augmenter les surfaces vitrées maximise la quantité de lumière du jour dans les locaux. A contrario, les exigences thermiques tendent à limiter les surfaces vitrées et à privilégier l'implantation des baies au sud.

Un optimum tenant compte de l'ensemble des contraintes est donc à trouver pour les bâtiments à basse énergie. Il est d'autant plus difficile à atteindre dans les bâtiments qui requièrent un éclairage naturel important tels que les écoles et les crèches.

Cette recherche d'optimum amène les concepteurs à recourir à des simulations d'éclairage naturel et d'ensoleillement, en complément des simulations thermiques dynamiques, comme le montrent les exemples Rhône-Alpins.

Les « cartographies » des facteurs de lumière du jour (FLJ) établies par simulation permettent d'apprécier la quantité et la répartition de la lumière au sein des locaux. Le facteur de lumière du jour représente le rapport entre l'éclairement intérieur naturel reçu en un point du local et l'éclairement extérieur disponible par ciel couvert.

Il dépend de la surface des baies, de leur localisation au niveau des parois, de leur facteur de transmission lumineuse, des masques ainsi que du coefficient de réflexion du sol et

des murs. Il est par contre indépendant de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure.

Le facteur moyen de lumière du jour est le critère généralement retenu par les référentiels et les maîtres d'ouvrage pour évaluer le niveau d'éclairage naturel des locaux vis-àvis du confort visuel. Les valeurs limites fixées, par exemple, dans le référentiel régional QEB pour la construction des logements sociaux, sont de :

• pour les chambres : 1.5%,

• pour les séjours : 2%.

Ainsi, un facteur de lumière du jour de 2% correspond, pour un éclairement extérieur de 10 000 lux, à un éclairement intérieur de 200 lux.

D'autres simulations sont également effectuées pour vérifier que les protections solaires choisies permettent d'éviter l'éblouissement tout en laissant passer suffisamment de lumière. Des logiciels tels que SOLENE offrent la possibilité de traiter en même temps les questions liées à l'ensoleillement (tracés d'ombres, calculs du rayonnement thermique,...) et à l'éclairage naturel (calculs des facteurs de lumière du jour,...).

Quant à l'éclairage artificiel, l'évaluation du confort visuel par rapport aux exigences imposées dans les normes et recommandations est faite par les logiciels de dimensionnement qui calculent les éclairements, les indices de rendu de couleur, les températures de couleur, les coefficients d'uniformité et les taux d'éblouissement (UGR).

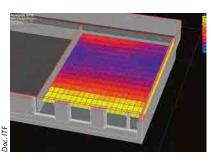
Enfin, il est à noter que le confort visuel dépend aussi de facteurs physiologiques tels que l'âge et l'acuité visuelle.

Exemples de résultats de simulations

Lors de la conception de l'école communale de Montrottier (69), des simulations ont été menées afin d'optimiser l'éclairement naturel et vérifier l'efficacité des protections solaires envisagées.

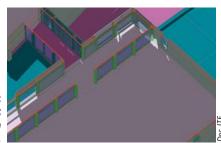
La première figure à gauche montre un exemple de « cartographie » des facteurs de lumière du jour obtenue pour une salle de classe par des simulations d'éclairage naturel. Cette représentation graphique permet de visualiser la répartition de la lumière naturelle dans la salle. Le facteur moyen de lumière du jour estimé par le logiciel pour cette salle est de 2.96%. Ces simulations ont été menées afin de valider les choix architecturaux adoptés, notamment en matière de baies.

La deuxième figure à droite présente un exemple de résultats de simulations d'ensoleillement. Ces simulations ont été réalisées sur plusieurs mois pour vérifier l'efficacité des brise-soleil.



Exemple de « cartographie » des facteurs de lumière du jour (école de Montrottier).

Exemple de résultat de simulation d'ensoleillement obtenu au mois de juin (école de Montrottier).



LE CONFORT ACOUSTIQUE : DES INTERACTIONS FORTES À PRENDRE EN COMPTE

Le bruit est une des préoccupations premières des français. Assurer le confort acoustique, c'est protéger les occupants contre les bruits aériens extérieurs et intérieurs, les bruits d'équipements et de choc.

Si le renforcement de l'étanchéité à l'air dans les bâtiments basse consommation conduit à une amélioration de l'isolement acoustique vis-à-vis des bruits aériens extérieurs, certaines solutions constructives peuvent être performantes sur le plan énergétique au détriment du confort acoustique. Par exemple, un doublage de polystyrène expansé (non élastifié) d'un mur béton va dégrader son indice d'affaiblissement acoustique (RA).

Une collaboration le plus en amont possible, entre tous les acteurs notamment l'architecte, l'ingénieur thermicien et acousticien est indispensable, surtout dans des zones très exposées au bruit, de manière à ce que les choix adoptés sur un plan thermique soit également évalués par rapport au confort acoustique.

L'exemple du lycée HQE® de Roanne (42), dans un envi-

ronnement très contraint, illustre les interactions fortes qui peuvent être rencontrées lors de la conception. Sur ce site, afin de profiter au maximum de l'éclairage naturel, on a opté pour de grandes surfaces vitrées, solution défavorable sur le plan acoustique puisque ce sont des surfaces réverbérantes.

Le bureau d'études acousticien a donc proposé de recourir à l'utilisation d'un faux-plafond absorbant dans les salles de classes ainsi que d'un revêtement sur une grande partie des cloisons. Les simulations menées par le bureau d'études thermiques ont montré que cette solution n'était pas valide vis-à-vis du confort d'été compte-tenu de la forte réduction de l'inertie de ce bâtiment qu'elle engendrait.

Une nouvelle solution a due être trouvée en s'appuyant sur les calculs acoustiques et thermiques. Au final, des faux-plafonds acoustiques décollés des cloisons sur 2 ou 3 côtés dans chaque salle ont été choisis.

La qualité de mise en œuvre est également gage de l'obtention des performances acoustiques.



L'évaluation en amont du confort acoustique : exemple

Dans le cadre de la réhabilitation lourde de l'immeuble de bureaux de SOFILO au centre de Lyon (69), à proximité du réseau ferré, une étude a été menée en amont afin de définir les performances acoustiques visées et les solutions à mettre en œuvre au niveau de l'isolation et des équipements, pour les atteindre.

Pour les façades, par exemple, de la laine minérale ou des isolants fibreux ont été préconisés.

L'objectif était d'atteindre le niveau très performant du référentiel HQE® bâtiment tertiaire.



LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR : UNE PRÉOCCUPATION GRANDISSANTE

Dans les bâtiments BBC, le renforcement de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe conduit à un accroissement du risque sanitaire lié à la pollution de l'air intérieur.

Si la qualité de l'air intérieur est en partie liée à l'environnement extérieur, elle dépend aussi et surtout de sources internes :

- des produits de construction et d'aménagement intérieur,
- des occupants et de leurs activités (bricolage, ménage,...),
- des équipements techniques (appareils de combustion...).

Ces sources nombreuses donnent naissance à une multitude de polluants en quantités diverses (Composés Organiques Volatils COV, particules de matière, monoxyde de carbone CO...).

Assurer la qualité d'air passe en premier lieu par une limitation des sources de polluants. Au stade la conception des bâtiments, cette préoccupation est prise en compte à travers le choix des matériaux. Ainsi, dans le référentiel régional QEB, il est préconisé l'utilisation :

• de bois ne nécessitant pas de traitement ou traités avec des produits bénéficiant de la certification CTB-P+,

- de bois agglomérés classés El garantissant une faible teneur en formaldéhyde,
- de peintures en phase aqueuse pour les murs et plafonds avec un taux de COV < 1 g/l,
- de colles de revêtement de sol avec le label EMICODE ECI,
- de colles, peintures, vernis et lasures éco-labellisés.

Dans ce même référentiel, l'usage de peintures contenant des éthers de glycol est proscrit.

On peut aussi citer l'exemple du bâtiment de bureaux Bonne-Energie® de LFI à Grenoble (38). Pour cette construction, la maîtrise d'œuvre s'est engagée :

- à choisir des peintures, colles et bois labellisés,
- à demander aux fabricants, en phase APD, les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) ou à minima les

fiches de données de sécurité afin de pouvoir retenir les matériaux ayant les plus faibles impacts environnementaux et sanitaires.

A noter qu'à partir du ler janvier 2012 ou du ler septembre 2013 pour les produits déjà sur le marché, un étiquetage des produits de construction et de décoration (revêtement de mur, de sol, peintures et vernis) sur leurs émissions de polluants volatils sera obligatoire (décret du 23 mars 2011).



La qualité d'air dans les bâtiments basse consommation est une préoccupation qui alerte le monde médical.

La pollution de l'air intérieur peut être à l'origine de différentes pathologies : allergies, affections des voies respiratoires, cancers,...

Les risques sanitaires sont encore plus importants pour des personnes fragiles (enfants, personnes âgées, malades,...).

La présence de polluants dans l'air intérieur est cependant inéluctable. En plus de limiter les sources intérieures de pollution, il est primordial d'assurer un renouvellement d'air performant pour évacuer la pollution créée (voir chapitre « La ventilation » page 67).

Dans les années à venir, cette exigence de qualité de l'air intérieur va être renforcée sous l'impulsion du Plan National Santé et Environnement. Une surveillance périodique des polluants de l'air intérieur va, notamment, être imposée dans des lieux accueillant des populations sen-

sibles (crèches, écoles,...). Des valeurs-guides pour les polluants les plus nocifs et les plus présents (formaldéhyde, benzène) vont être fixées.

L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

Un projet ne peut exploiter pleinement son potentiel que s'il est en parfaite harmonie avec son environnement. Aussi, une analyse environnementale complète du site, telle que le

prévoit le référentiel régio-Ainsi l'architecte disposera de tous les éléments ayant, de façon directe ou indirecte, un impact sur la conception du bâtiment. Dès lors, en adaptant le projet aux contraintes du site et en tirant parti de ses avantages, il aboutira à une construction intrinsèquement performante.

Elle doit tenir compte de nombreuses contraintes et potentialités du site pour aboutir à une synthèse efficace. "

l'ADEME Rhône-Alpes

nal QEB, doit constituer la La conception bioclimatique du bâtiment doit être le fruit d'une réflexion globale.

Hakim Hamadou, spécialiste bâtiment à

ples relatives à l'implantation et à la conception bioclimatique d'un projet à travers des exemples Rhône-Alpins. Il faut toutefois toujours garder à

l'esprit que chaque site de par ses caractéristiques environnementales est unique et par suite non reproductible. Il convient par conséquent de choisir des solutions architecturales au cas par cas en s'inspirant de la démarche globale décrite plus loin.

Dans cette perspective d'optimisation de la structure, la simulation dynamique n'est plus

une option. Elle est indispensable dans une phase de validation des choix architecturaux sur la base de calculs de consommations et d'études du confort.

Ce chapitre, sans être exhaustif, fournit quelques règles sim-

Prévoir pour mieux concevoir, tel est le principe fondamental de la conception bioclimatique.

LE BÂTIMENT ET SON ENVIRONNEMENT

L'analyse environnementale évoquée précédemment constitue le point de départ de toute conception bioclimatique. L'influence sur le projet de cette phase cruciale ne doit en aucun cas être minimisée.

En effet, l'emplacement, l'orientation, l'architecture d'un bâtiment sont immuables. Aussi, afin de ne pas compenser des faiblesses conceptuelles par des solutions techniques onéreuses, ces points doivent faire l'objet d'une attention particulière.

L'aboutissement de ce travail de maturation conduira à une minimisation des impacts présents et futurs du projet sur l'environnement au moindre coût énergétique.

L'implantation

Le choix de l'implantation oblige à une étude urbanistique

du site. Ses objectifs sont l'identification des différents moyens de transport en commun, des zones de bruit ainsi que des espaces dédiés à la circulation. La prise en compte de l'ensemble de ces paramètres mènera à une délimitation de zones potentiellement intéressantes. Cette analyse offrira, de plus, la possibilité au maître d'œuvre de limiter les effets des occupants sur l'environnement. Ceci s'obtient notamment par une restriction des déplacements motorisés au profit des modes « doux ».

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Intégrer les exigences énergétiques et de confort dès l'esquisse par une architecture bioclimatique: l'exemple de l'immeuble de Vénissieux, page 102.

Cependant, cette analyse ne suffit pas à déterminer un emplacement définitif pour la structure. En effet, deux autres facteurs directement préjudiciables aux performances du bâtiment doivent être examinés en même temps que l'orientation évoquée dans le chapitre suivant :

- · masques proches et lointains,
- · exposition aux vents dominants.

Les ombres portées générées par les masques vont impacter sur les apports solaires ainsi que sur le confort visuel dont il faudra tout particulièrement tenir compte dans certains bâtiments tels que les écoles et les crèches. Il convient ici de différencier les sites construits en milieu urbain et plus rural. Tandis que le second cas engendrera des masques qui seront plutôt d'ordre naturel (montagnes, végétation, etc.), le premier cas fera apparaître des composantes dues au parc de bâtiments environnants. Il faudra donc tenir compte des ombres associées à la fois aux constructions contigües et au projet, le but de cette seconde analyse étant de ne pas pénaliser les performances du parc existant.

La prise en considération des vents dominants est également importante. Si en hiver, le bâtiment doit être à l'abri du vent, en été, son exposition doit être telle qu'elle favorise la ventilation naturelle nocturne. Attention toutefois à la composante acoustique (proximité du trafic aérien ou urbain) qui peut remettre en cause le recours à la ventilation naturelle.

Afin de protéger des vents dominants en hiver la maternelle du groupe scolaire de Monnetier Mornex (74), sans pour autant nuire à la vue sur la vallée depuis les salles de classe, l'architecte de ce site a trouvé une solution originale (voir encadré ci-après).



L'exemple de l'école de Monnetier Mornex



En se positionnant en coupe-vent, l'école élémentaire de Monnetier Mornex vient protéger la maternelle qui lui est accolée. En outre, grâce à la création d'une zone tampon, les pertes au niveau de ce premier bâtiment sont limitées. Il s'agit là d'une solution constructive parmi tant d'autres pour réduire les consommations et l'inconfort.



Exemple de disposition constructive vis-à-vis du vent.

L'orientation

De nombreux ouvrages sur la conception bioclimatique recommandent une orientation principale nord-sud du bâtiment. En effet, l'un des objectifs d'une construction bioclimatique consiste à maximiser les apports solaires en hiver et à les minimiser en été.

Dans cette perspective, un vitrage orienté plein sud aura toujours un bilan positif. Ce constat résulte du comportement du vitrage suivant cette exposition : valorisation optimale des apports solaires en hiver et « autoprotection » du vitrage en été, compte-tenu de l'orbite zénithale ou quasi-zénithale du soleil.

Il convient, en revanche, de limiter au maximum la surface exposée au nord, où les vitrages ne seront que des surfaces déperditives.

De plus, il est indispensable de limiter les surfaces vitrées vers l'est et vers l'ouest. En effet, les vitrages exposés de la sorte transmettent plus d'apports en été qu'en hiver. Dès lors, ils seront, en l'absence de dispositifs de protection solaire dédiés, la source d'inconforts en période estivale.

Cependant, l'orientation théorique nord-sud du bâtiment ne doit pas constituer un postulat dans tous les cas. Ainsi,

il faut tendre vers un optimum incluant différentes contraintes, pour la plupart déjà évoquées :

- exposition limitée aux nuisances sonores,
- · masques proches et lointains faibles,
- prise en compte des circulations existantes,
- exposition aux vents favorables (protection des vents d'hiver éventuellement par l'implantation de barrières végétales et ouverture aux vents d'été),
- unité architecturale à préserver au niveau du site,
- géométrie du terrain (caractéristiques naturelles du site, espace disponible suivant les différentes orientations),
- confort visuel (plus particulièrement pour les structures destinées à accueillir du public telles que les écoles).

Ces dernières, difficilement conciliables, déboucheront sur un compromis. Dès lors, il n'est pas rare que l'orientation principale théorique nord-sud ne soit pas la plus avantageuse.

C'est ce qu'illustre l'exemple de l'hôtel du lac de S.C.S.P. à St Priest (69) ci-après.



L'exemple de l'hôtel du lac

Pour l'hôtel du lac, dans un souci d'intégration urbaine, de réponse aux obligations géométriques du terrain et de cohérence du projet avec des prestations résolument haut de gamme, une orientation principale nord/est-sud/ouest des façades a été choisie. Non optimale en été du fait d'un risque de surchauffe, elle a due être compensée.

Ainsi, des dispositifs efficaces de protection solaire ont été installés suivant ces orientations.

D'autre part, les surfaces vitrées comportent des vitrages de contrôle solaire et sont limitées, en particulier dans les chambres généralement inoccupées la journée. Pour ces chambres, un rapport surface vitrée/surface habitable de 15% a été adopté.

Tous ces choix ont été validés par des simulations thermiques dynamiques.



L'orientation principale de l'hôtel est nord/est-sud/ouest.

L'architecture

La composante architecturale d'un projet est conditionnée par sa destination, le confort visuel jouant un rôle majeur dans tous les locaux destinés à l'accueil de personnes.

D'autres contraintes sont également à considérer, à commencer par la compacité. Elle se définit comme le rapport entre la surface de l'enveloppe et son volume.

Ainsi, en évitant les formes complexes, les surfaces déperditives d'un bâtiment sont minimisées. Toutefois, cette structure performante ne doit pas être obtenue au détriment de l'architecture. Si une certaine sobriété architecturale doit être maintenue, cela ne conduit pas à construire des « boîtes à chaussures », expression souvent associée à l'architecture des bâtiments performants.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

La performance énergétique constitue-t-elle un frein à la création architecturale? Réponse à travers trois exemples, page 1/2.

D'autre part, il est essentiel que la forme retenue s'intègre parfaitement au paysage urbain ou périurbain environnant.

Ainsi, un compromis architecture/performances est à trou-

ver et ne peut être établi que sur la base d'un dialogue entre bureau d'études et architecte. C'est ce qu'illustre l'exemple du bâtiment d'habitation de la Petite Chartreuse de Pluralis à la Terrasse (38) présenté ci-après.

L'exemple de La Petite Chartreuse

Pour optimiser la compacité du bâtiment de la Terrasse, le projet de départ comportait un seul bloc de 6 logements. Finalement, dans un souci d'intégration au site et pour des raisons liées au choix du mode de chauffage (individualisé au lieu de collectif), il a été décidé de scinder le projet en deux blocs accueillant 2 et 4 logements. Cependant, ce choix n'a pas dégradé de façon significative la compacité qui reste correcte.



L'intégration paysagère a conditionné le nombre de bâtiment.

LA CONCEPTION DU BÂTIMENT

L'implantation et la forme du bâtiment étant esquissées, il reste à définir l'aménagement des espaces et les modes constructifs.

■ Gestion de l'espace et solutions architecturales à vocation passive

Gérer l'espace, c'est répartir les pièces en fonction de leur usage. Ainsi :

- le séjour et les pièces de vie sont généralement orientées plein sud,
- · les chambres à l'est,
- la cuisine, l'entrée, les pièces de services au nord et à l'ouest.

Ces règles peuvent être aussi déclinées aux bâtiments tertiaires, le siège social de la SOREA à St Julien-Montdenis (73) en est un exemple. Dans ce bâtiment de bureaux, les locaux peu ou non occupés (garages, chaufferie,...) ont été placés au nord et les bureaux au sud.

A l'instar de l'orientation du bâtiment, l'organisation de l'espace s'éloigne parfois, pour des raisons pratiques, des préconisations théoriques. Cependant, cela ne doit pas constituer un frein au projet. Il est en effet toujours possible de s'accommoder des contraintes du site.

Si celles-ci s'avéraient néanmoins trop importantes deux

solutions palliatives existent : le zonage ou la création d'un espace tampon. Ces deux concepts partagent le même objectif : le découplage thermique du bâtiment vis-à-vis des sollicitations externes, par déphasage, permettant la création d'ambiances aux spécificités marquées. La seule différence réside dans la mise en pratique de ce précepte.

Tandis que le zonage, basé sur un principe de cloisonnement des ambiances, utilise des pièces à occupation passagère (salle de bains, WC, débarras, etc.) pour déphaser les apports solaires, un espace tampon quant à lui est, en général, une pièce à part entière spécialement conçue à cet effet. Il s'agit la plupart du temps d'une véranda directement intégrée au volume habitable, en opposition à une implantation en extension de façade. Celle-ci capte, grâce à sa large surface vitrée, l'énergie solaire pendant la journée et la restitue la nuit du fait d'un déphasage induit par des parois lourdes. Cependant, d'autres solutions, à la finalité similaire, existent, comme par exemple, celle mise en œuvre à la Terrasse (voir encadré ci-dessous).

L'exemple de La Petite Chartreuse

Sur le site de la Terrasse, un espace tampon a été créé au niveau de la toiture. Le dispositif mis en place, appelé « toiture froide », est simple. Il s'agit d'un espace sous toiture non isolé au niveau des pans et dont le plancher est recouvert par 40 cm de fibre de bois faible densité.

En n'emmagasinant pas la chaleur estivale et en évitant sa transmission vers les étages inférieurs, un volume tampon est créé.

Cet espace est aussi utile en hiver puisqu'il permet de minimiser les déperditions, la température sous toiture étant plus élevée que la température extérieure.



Exemple avec un volume tampon au dessus des logements.

Choix du mode constructif

Le choix d'un mode constructif, pour minimiser l'impact énergétique, doit prendre en compte :

- les impératifs de confort d'été,
- la proximité d'approvisionnement des matériaux.

Le choix d'une inertie légère, de type ossature bois, peut s'avérer pénalisante en période estivale. La répercussion

des apports étant immédiate et non amortie, des températures élevées peuvent être atteintes au cours de la journée. De ce fait, bien que la répartition prime sur la localisation de l'inertie au niveau des parois, les maisons à ossature bois disposent d'ordinaire de planchers ou de refends lourds propices au stockage. C'est ce qu'illustre parfaitement la structure adoptée pour la création du siège social de SOREA (voir encadré ci-après).

Disposer d'une inertie importante est nécessaire mais non suffisant vis-à-vis du confort d'été. Sans protections so-laires efficaces et en l'absence de ventilation nocturne, le bâtiment sera soumis à des surchauffes importantes. En effet, il ne pourra pas absorber les apports au cours de séquences caniculaires, ces derniers n'ayant pas été évacués préalablement.

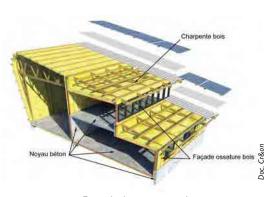
La zone de bruit sera, dans un tel contexte, à étudier de près, cette dernière étant susceptible de limiter, voire de condamner la ventilation par les ouvrants.

Enfin, il convient d'ajouter une composante environnementale à l'ensemble des choix faits. Ainsi, dans un souci de

cohérence du projet, il est essentiel de sélectionner des matériaux à faible impact environnemental souvent à forte spécificité régionale, afin de limiter les consommations

L'exemple du siège social de la SOREA

L'inertie légère de la façade en ossature bois du bâtiment de bureaux de la SOREA est compensée par un noyau en béton (planchers, plafonds et murs de refend) permettant un stockage important des apports solaires.



Exemple de construction bois

d'énergie liées à la construction du bâti.

Penser globalement pour agir localement, c'est aussi cela l'architecture bioclimatique.

Quelques règles de conception bioclimatique, pour satisfaire les exigences de confort et de réduction des besoins énergétiques

Une construction performante thermiquement doit être agréable à vivre quelles que soient les saisons. Ainsi, quelques règles simples de conception bioclimatique, visant à garantir un confort des occupants tout au long de l'année, tout en minimisant les consommations énergétiques, sont récapitulées ci-après :

Limiter le rapport surface vitrée sur surface utile :

- Valeur de 1/6 à 20 % pour l'habitat et les bâtiments tertiaires.
- Trouver un compromis entre confort visuel et confort thermique notamment pour les crèches, les écoles,...

Maximiser les apports solaires en hiver et les minimiser en été :

- Privilégier une orientation sud des vitrages.
- Réduire la part de surface vitrée au nord.
- Limiter les vitrages à l'ouest et à l'est en privilégiant cette dernière orientation moins pénalisante pour le confort estival.

> Choisir des protections solaires adaptées aux orientations des façades du bâtiment :

- Casquettes au sud.
- Brise-soleil à lames orientables ou dispositifs de fermeture extérieure à l'ouest et à l'est.
- Autre possibilité, recourir à l'est ou à l'ouest à la végétation (arbres à feuilles caduques).
- L'inertie du bâtiment doit être à minima moyenne et répartie sur l'ensemble des parois réceptrices du rayonnement solaire. Elle est impérativement à coupler à une sur-ventilation nocturne pour garantir une évacuation efficace de la chaleur la nuit.

Veiller à l'exposition aux vents :

- Protéger le bâtiment contre les vents d'hiver (implantation de barrières végétales ou structurelles,...).
- Favoriser une exposition aux vents dominants d'été.

Suite page suivante

- > Privilégier une forme compacte des bâtiments en évitant les décrochements pour limiter les déperditions.
- > Isoler fortement le bâtiment.
- > Réduire les apports internes :
 - Eviter la mise en place d'appareils fortement consommateurs tels que sèche-linge ou distributeurs de boissons froides.
 - Choisir des appareils électroménagers économes (catégorie A+++...).
 - Réduire les consommations liées à l'éclairage et à la bureautique.
 - Supprimer les veilles inutiles.

Cette liste non exhaustive présente des solutions à appliquer au cas par cas, toutes n'étant pas toujours conciliables. Ainsi, chacun des choix effectués est à valider par le biais de simulations.

UNE NOUVELLE RÉPARTITION DES POSTES CONSOMMATEURS ET DES PRIORITÉS DE LA CONCEPTION

Parmi les 5 usages pris en compte dans la réglementation thermique, le chauffage ne constitue plus systématiquement le premier poste de consommation énergétique des bâtiments basse consommation résidentiels, comme l'illustre l'opération Rhône-Alpine de Vénissieux de la SACOVIV (69) présentée ci-après. Dans ces bâtiments, c'est l'eau chaude sanitaire (ECS) qui devient un poste tout particulièrement critique vis-à-vis des seuils de performances énergétiques visés. Son poids est d'autant plus sensible que la taille des logements est réduite. Pour la production d'ECS, le recours à des solutions traditionnelles telles que les ballons électriques n'est pratiquement plus possible. Une optimisation des consommations d'ECS est indispensable.

Dans les bâtiments non résidentiels performants, la diminution des besoins de chauffage donne plus d'importance, dans le calcul de la consommation conventionnelle, aux autres usages : éclairage, auxiliaires, ECS et refroidissement éventuels (voir encadré ci-après).

Là aussi, cela amène à une évolution des pratiques en matière de conception. Un des enjeux important est d'éviter ou de limiter le plus possible le recours à la climatisation tout en assurant le confort d'été même dans les zones métropolitaines les plus chaudes. Les consommations d'électricité liées aux auxiliaires et à l'éclairage requièrent également une attention particulière pour atteindre les objectifs visés.



Exemples de répartition des consommations conventionnelles d'énergie primaire de deux bâtiments Rhône-Alpins à basse-énergie

BATIMENT BBC DE 30 LOGEMENTS DE LA SACOVIV (69)



Dans l'immeuble de 30 logements BBC 2005 - Effinergie® à Vénissieux (69), l'ECS est le premier poste de consommation d'énergie primaire conventionnelle même si une solution de production d'ECS solaire thermique a été choisie.

La consommation conventionnelle de ce bâtiment qui a fait l'objet d'une importante optimisation est de 43.3 kWhep/m²shon.an.

BATIMENT DE BUREAUX A « ENERGIE POSITIVE » DE LA SOREA (73)



Dans l'immeuble de bureaux « à énergie positive » à St Julien-Montdenis (73), les consommations d'électricité dues aux auxiliaires et à l'éclairage prédominent. Elles représentaient 59% des consommations conventionnelles d'énergie primaire au stade de l'avant projet.

Ce bâtiment a été conçu pour éviter le recours à la climatisation. Hors photovoltaïque, sa consommation conventionnelle est de 55.9 kWhep/m²shon.an.

Dans le bilan global énergétique, quel que soit le type de bâtiment, les usages de l'électricité non pris en compte dans le calcul de la consommation conventionnelle tels que la bureautique, l'électroménager, impactent également de manière importante (voir chapitre « les postes consommateurs et les équipements associés », page 55).

Jusqu'à présent, en France, la réduction de ces consommations était très souvent considérée comme étant du ressort des utilisateurs. Les enjeux énergétiques importants à relever font évoluer les pratiques en la matière comme le montrent les exemples Rhône-Alpins. A l'instar du label

Passivhaus®, de plus en plus de concepteurs commencent à se préoccuper de ces usages. Ainsi, le cahier des charges des appels à projets Rhône-Alpins « Bâtiment démonstrateur à énergie positive » les comptabilise.

De plus, les contraintes liées au confort d'été dans ces bâtiments très isolés amènent également les concepteurs à réduire ces consommations pour limiter les apports internes.

Minimiser leur impact énergétique constitue un nouveau défi à relever.

EVOLUTION DES MÉTIERS DE L'ARCHITECTE ET DE L'INGÉNIEUR:

DE NOUVELLES PRATIQUES

Toutes les expériences de réalisation de bâtiments à faibles besoins énergétiques en Rhône-Alpes montrent qu'il n'est plus possible de concevoir comme il y a 20 ans, de manière

séquentielle, l'architecte puis les bureaux d'études.

Les exigences de développement durable et notamment de performances énergétiques doivent être prises en compte dès l'esquisse par l'architecte, de même que les contraintes économiques. Cela nécessite une collaboration étroite entre les différents acteurs et tout particulièrement entre l'architecte

et l'équipe d'ingénierie dès le début du projet.

**On sort de la répétition

Dominique Céna, Président de la CICF Construction (Chambre de l'Ingénierie et du Conseil de France), colloque du 10 décembre 2009 sur les bâtiments durables en Rhône-Alpes

de solutions comme cela

s'est fait depuis des années."

crucial dans le cas d'un bâtiment à énergie positive comme le montre l'exemple de l'immeuble de bureaux Bonne-Energie© de LFI à Grenoble (38). La première réunion de

> travail entre les équipes de ce projet a suscité de nombreux échanges allant de la vision technique la plus fine, jusqu'aux idées les plus étonnantes, pour pousser toujours plus loin la performance thermique et l'optimisation du concept. L'ensemble du concept technique, organisationnel et architectural a ainsi été posé dès cette première réunion.

Cette appropriation indispensable par l'architecte de ces différentes exigences ne l'empêche pas cepen-

dant de laisser libre cours à sa créativité, comme le montrent les exemples Rhône-Alpins.

Créer une véritable synergie, dès le départ, entre les différents acteurs est encore plus

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

La performance énergétique constitue-t-elle un frein à la création architecturale ?
Réponse à travers trois exemples, page 112.



Les opérations « bâtiment démonstrateur basse consommation » Rhône-Alpines montrent qu'une collaboration étroite entre tous les acteurs est nécessaire, dès le début du projet.

Ce qui change également, c'est, dans tous les projets, l'utilisation d'outils de simulation, dès le stade de l'APS pour valider et optimiser les choix de conception (orientation du bâtiment, taux de vitrage, protection solaire,...).

Vis-à-vis des solutions techniques, de nombreux exemples Rhône-Alpins montrent que les entreprises sont force de proposition, lorsqu'elles sont associées à la conception :

- Pour les logements basse consommation de Revel de l'OPAC 38, c'est le menuisier qui a suggéré l'utilisation d'un pré-cadre bois pour la pose des fenêtres en applique extérieure afin de limiter les ponts thermiques et faciliter le traitement de l'étanchéité à l'air.
- Pour le bâtiment de bureaux à « énergie positive » de la SOREA à Saint Julien-Montdenis (73), l'entreprise générale, l'architecte et le bureau d'études ont conçu le projet ensemble afin d'optimiser sur un plan environnemental, technique et économique les solutions proposées. Il s'agit d'une opération en conception-construction.

"En mettant tout le monde autour de la table, les uns et les autres se sont compris, les coûts ont été diminués."

> Roland Fauconnier, Fédération Française du Bâtiment, colloque du 10 décembre 2009 sur les bâtiments durables en Rhône-Alpes

 Pour la copropriété « le soleil » à Pierre-Bénite (69), c'est l'entreprise qui a été contactée au départ et s'est fortement impliquée dans le processus de rénovation de ces bâtiments d'habitation.

Tous soulignent le fait que la structure pyramidale ne fonctionne plus. Cela requiert néanmoins une vision plus globale de la part de l'ensemble des acteurs, à la fois de la maîtrise d'œuvre, des entreprises et de la maîtrise d'œuvrage.

Ce qui change également, c'est l'importance à accorder, dès la phase de conception, aux détails sur le choix des équipements et de mise en œuvre vis à vis notamment de l'étanchéité à l'air et des ponts thermiques. Cela se traduit

par des croquis de détails réalisés par l'architecte et par la nécessité de CCTP plus précis.

Le test d'étanchéité à l'air a profondément modifié l'organisation des prestations et les pratiques en matière de conception et de réalisation (plus de coordination entre les différents corps d'état, un suivi renforcé, etc., voir chapitre « Perméabilité à l'air », page 15).

Face à tous ces changements, la sensibilisation et la formation de tous les intervenants apparaissent comme un passage obligé. Les bénéfices qui en ressortent sont importants comme le montrent les nombreuses expériences en Rhône-Alpes : des équipes plus motivées, plus de dialogue, une solidarité renforcée,

EVOLUTION DES OUTILS DE CONCEPTION

La validation réglementaire de la RT2005 qui consistait à comparer les consommations du projet à celles du bâtiment de référence ne valorisait pas la conception bioclimatique. En effet, les efforts sur la forme, l'orientation, la disposition des baies vitrées ainsi que l'agencement intérieur étaient gommés par la comparaison.

La suppression du bâtiment de référence ainsi que l'adoption d'une cible fixe modulée (au-

tour de 50 kWhep/ m^2 shonRT.an) sont deux nouveautés fortes de la réglementation thermique RT2012. Dans la pratique, les bureaux d'études ne disposent plus de valeurs par défaut liées aux règles de calculs et doivent les « réinventer ».

La problématique nouvelle d'économie d'énergie ainsi que le comportement différent des projets performants rendent obsolètes les règles empiriques encore utilisées. Ils imposent une approche scientifique basée sur la physique et la thermique des bâtiments.

Face à la diversification des phénomènes étudiés (notamment l'éclairage naturel et artificiel ainsi que l'acoustique) et la multiplicité des cas de figure pouvant être rencontrés, l'ingénieur doit maîtriser un grand nombre d'outils informatiques et plus comme simple opérateur.

En effet, il doit connaître les modèles sous-jacents aux calculs de manière à pouvoir critiquer les résultats, adapter un logiciel à un usage différent, voire développer une approche simplifiée. Peut-être verra-t-on alors disparaître les présentations de résultats de consommations avec plusieurs chiffres derrière la virgule!

Un exemple de limites d'un modèle physique est fourni par le logiciel de simulation TRNSYS, un outil très performant. Le flux solaire pénétrant dans une zone (une pièce par

"J'entends souvent que l'évaluation énergétique des solutions que j'ai adoptées est impossible car le logiciel réglementaire ne le permet pas.

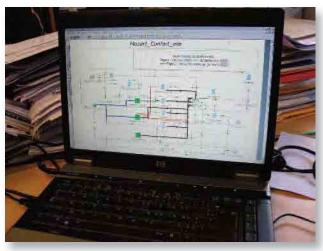
Cette réponse n'est pas satisfaisante dans le cadre d'un bâtiment très performant où l'on sort forcément de la répétition des solutions techniques!"

Brigitte de Jong, architecte chargée de la rénovation de la mairie de Gaillard (74) exemple) est réparti au prorata des surfaces indépendamment de l'exposition de la paroi. Par conséquent la part de flux solaire considérée pour les murs extérieurs est plus importante que la réalité car le rayonnement reçu par ces murs n'est normalement qu'indirect. L'impact de l'isolation intérieure au niveau du confort d'été est ainsi surévalué.

La connaissance de ces imprécisions nécessite une formation

des bureaux d'études aux techniques de la simulation.

L'utilisation maîtrisée des nombreux outils nécessaires et la montée en compétences qui s'impose nécessitent bien entendu une revalorisation de la mission de bureau d'étude thermique. Il faut aussi lui donner les moyens de collaborer sereinement avec l'architecte qui ne peut dès le premier jet aboutir à une forme de bâtiment définitive.



Tous les projets « bâtiment démonstrateur basse consommation » Rhône-Alpins ont recours à la simulation, dès le stade de l'APS, pour valider et optimiser les choix de conception.



Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Quels outils pour la conception ? L'exemple de la Cité de l'environnement, page 116.



La simulation thermique dynamique comme outil de la conception bioclimatique

La simulation thermique dynamique permet de traduire sous une forme chiffrée les choix qualitatifs de l'architecte. Les bureaux d'études pour les exemples Rhône-Alpins utilisent principalement TRNSYS et Pléiades-Comfie (Energy+ a également été employé pour la réhabilitation lourde d'un immeuble de bureaux).

Les imprécisions liées aux approximations des logiciels sont très inférieures à l'incertitude sur les paramètres d'entrée. En effet, il est impossible de connaître à

l'avance les horaires et la densité d'occupation, la bureautique et l'électroménager effectivement installés, le comportement énergétique des occupants...Comment procéder alors pour aboutir à des résultats fiables ?

Pour déterminer les charges internes, on peut se baser sur les résultats des campagnes de mesures. Un outil Excel permettant de déterminer les dégagements de chaleur internes et les consommations électriques à partir du nombre d'occupants (source : Enertech) est disponible.

					Genre	Nombre	Nuit (sommeil)	Jour (actif)	
	Nombre personnes	7			homme	1	41	61	
	Surface de référence	372.6	m²		femme	4	33	50	
	Densité	0.01878	pers/m²		enfant	2	25	37	
					Chaleur sensible moyenne (W)	7	32	48	
ports int	ernes logement :								
Heure	Services généraux W/m²	Cuisson W/m²	Distrib, ECS W/m²	Usage ECS W/m²	Taux d'occupation	Apports humains W/m²	conso élect. W/m²	TOTAL G_LOG W/m²	TOTAL G_LOG
1	0.38	0	0.25	0.17	1.00	0.60	2.40	2.10	7.55
2	0.38	0	0.25	0.10	1.00	0.60	2.20	1.94	6.99
3	0.38	0	0.25	0.05	1.00	0.60	2.10	1.85	6.64
4	0.38	0	0.25	0.02	1.00	0.60	1.90	1.73	6.22
5	0.38	0	0.25	0.05	1,00	0.60	1.80	1.71	6.16
6	0.38	0	0.25	0.05	1,00	0.60	2.00	1.80	6.49
7	0.38	0	0.25	0.24	1.00	0.60	2.20	2.08	7.47
8	0.38	0	0.25	0.59	1.00	0.90	2.60	2.91	10.48
9	0.38	0	0.25	0.55	0,15	0.13	3.00	2.29	8.24
10	0.38	0	0.25	0.54	0.15	0.13	3.20	2.37	8.52
11	0.38	0	0.25	0.56	0.15	0.13	3.40	2.47	8.89
12	0.38	0	0.25	0,60	0,15	0.13	3.60	2.60	9.37
13	0.38	8.2	0.25	0.72	0.50	0.45	3:50	11.20	40.31
14	0.38	0	0.25	0.69	0.50	0.45	3.30	2.88	10.35
15	0.38	0	0.25	0.53	0.15	0.13	3.20	2,36	8.49
16	0.38	0	0.25	0.45	0,15	0.13	3.10	2.23	8.03
17	0.38	0	0.25	0.43	0.15	0.13	3.20	2.25	8.12
18	0.38	0	0.25	0.53	0.15	0.13	3.20	2.35	8.47
19	0.38	0	0.25	0.57	1.00	0.90	3.50	3.29	11.85
20	0.38	8.2	0.25	0.60	1.00	0.90	3.80	11.65	41.95
21	0.38	8.2	0.25	0.67	1.00	0.90	3.90	11.77	42.39
22	0.38	0	0.25	0.54	1.00	0.90	3.90	3.45	12.41
23	0.38	0	0.25	0.37	1,00	0.60	3.60	2.84	10.21
24	0.38	0	0.25	0,22	1,00	0.60	2.90	2.38	8.56

Tableau des apports internes établi par Enertech. Il est basé sur des campagnes de suivis instrumentés.

Il convient de procéder, pour les hypothèses sur le bâti, avec une cohérence et une progression dans le niveau de précision. Autant, il est inutile de détailler précisément les ponts thermiques à l'esquisse, autant leur prise en compte précise s'impose lorsque les principaux choix d'enveloppe ont été réalisés. De même, il ne sert à rien de diviser le bâtiment en un nombre important de zones thermiques alors que la forme générale n'est pas arrêtée.

Bien qu'elle soit très chronophage, la saisie des masques proches (des bâtiments environnants sur le bâtiment étudié ainsi que le bâtiment sur lui même) est, au même titre que les ponts thermiques, indispensable à partir d'un certain niveau d'avancement.

Pour les hypothèses liées à l'étanchéité à l'air, les travaux réalisés par le CETE de Lyon constituent une base intéressante.

LES SPÉCIFICITÉS DE LA RÉNOVATION

Les opérations « Bâtiment démonstrateur basse-consommation d'énergie » dans l'existant, en Rhône-Alpes, portent sur des rénovations importantes voire des réhabilitations lourdes. Même si, dès lors, elles présentent de nombreuses similitudes avec la construction de bâtiments neufs à faibles besoins énergétiques, des spécificités existent.

La rénovation d'un bâtiment nécessite en préalable l'élaboration d'un programme de travaux d'amélioration, décrit en détail dans le guide de l'ADEME Rhône-Alpes intitulé « Elaborer un programme de rénovation énergétique dans les bâtiments : Guide d'aide au montage, conception, réalisation et suivi d'opérations à destination des professionnels du bâtiment ». Sont présentés ici les points essentiels.

Comme le montre l'exemple du bâtiment de bureaux de l'A.L.L.P. à Lyon (69), une rénovation basse consommation ne nécessite pas de rupture technologique mais seulement une optimisation des solutions mises en œuvre.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Aboutir à un bâtiment basse consommation en rénovation sans rupture technologique : l'exemple du bâtiment de l'A.L.L.P. à Lyon, page 118.

LE DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE, TECHNIQUE ET ARCHITECTURAL : UN PRÉALABLE INDISPENSABLE

Le diagnostic du bâtiment existant est la première étape incontournable d'une opération de rénovation. Pour le bâtiment de l'A.L.L.P., par exemple, un audit énergétique mais aussi un diagnostic technique et architectural approfondis ont été réalisés afin d'élaborer le programme de rénovation. Ils ont permis notamment d'identifier les faiblesses du bâtiment existant (sur l'enveloppe,...) mais aussi ses atouts (éclairage naturel important,....).

En effet, les solutions d'amélioration adoptées à l'issue du diagnostic doivent tenir compte de nombreux aspects, outre la réduction des consommations énergétiques :

- La préservation du bâti (notamment les risques de condensation interstitielle,...).
- Les exigences en matière d'urbanisme (PLU, gestion des

eaux pluviales, voiries) et de respect du patrimoine architectural (modénatures, garde-corps, fenêtres,...).

- Le confort des usagers (confort thermique d'été et d'hiver, confort acoustique, confort visuel, qualité d'air, confort d'usage, déplacements).
- La mise aux normes (incendie, électricité, gaz, eau, accessibilité, ascenseur,...).

Pour que le maître d'ouvrage puisse définir les objectifs et le programme de rénovation, il est indispensable qu'il ait une vision globale de l'ensemble des travaux qui seraient à réaliser. Même si le budget disponible pour la rénovation est limité, il demeure primordial de déterminer l'ensemble des interventions à effectuer pour rendre possible un échelonnement des travaux dans le temps et éviter des non-sens.

A

Une réhabilitation qui tient compte de l'ensemble des contraintes

Un des objectifs de la réhabilitation de l'immeuble de bureaux de SOFILO à Lyon (69) était de montrer qu'il est possible de rénover un bâtiment tertiaire ancien, à l'architecture complexe, en milieu urbain très dense, en prenant en compte l'ensemble des contraintes auxquelles il est soumis (acoustiques, visuelles, géométriques, pollution de l'air, proximité d'un site classé,...) pour en faire un bâtiment performant énergétiquement, plus respectueux de son environnement et plus confortable pour ses occupants.

Tous ces aspects ont été traduits dans le cadre d'une démarche de certification HQE® « NF Bâtiment tertiaire » 2008.

L'obtention d'un label BBC Effinergie® est également visée.



DES SOLUTIONS QUI RÉPONDENT AUX CONTRAINTES SPÉCIFIQUES DU BÂTIMENT À RÉNOVER

Les solutions d'amélioration ne peuvent être définies qu'au cas par cas, en fonction des contraintes spécifiques du site, ce qui requière donc une connaissance approfondie du bâtiment. Au cours du diagnostic, une étude de faisabilité de mise en œuvre des solutions sur le site à rénover à la fois sur le plan technique et économique est indispensable.

La pertinence du diagnostic réalisé conditionne fortement la qualité finale de la rénovation. Les contraintes techniques qui peuvent être rencontrées sont multiples. Ci-après, sont cités quelques exemples de difficultés techniques récurrentes constatées, dans le cadre d'opérations soutenues en Rhône-Alpes et les solutions spécifiques adoptées.

Une contrainte omise initialement qui conduit pratiquement à l'arrêt du chantier

Sur une copropriété, les travaux ont été pratiquement arrêtés car une VMC avait été prévue à la place de la ventilation naturelle existante ce qui ne permettait pas de respecter les débits d'amenée d'air réglementaires exigés pour les chauffe-eau gaz individuels existants dans les logements. Pour sortir de cette impasse, l'installation d'une

production d'eau chaude sanitaire collective a alors été décidée.

Il fut cependant difficile de convaincre certains copropriétaires qui trouvaient que leur chauffe-eau gaz fonctionnait bien ou qui l'avaient déjà remplacé par un chauffe-eau électrique.

L'isolation par l'extérieur, une solution très souvent adoptée pour maintenir l'occupation du bâtiment, une exigence sur de nombreux projets

Comme sur de nombreuses opérations, l'isolation par l'extérieur (ITE) est la solution qui a été choisie pour la réhabilitation de l'immeuble Maréchal Leclerc datant de 1953, de l'OPAC 38, situé en plein centre de Bourgoin-Jallieu. Cette solution a été retenue pour ces 25 logements sociaux car elle permettait de satisfaire un des objectifs prioritaires qui était de maintenir l'occupation pendant les travaux.

Exemples de contraintes rencontrées en ITE

L'isolation par l'extérieur, par rapport à une isolation intérieure, permet d'éviter de nombreux ponts thermiques (planchers, refends, acrotères) mais pas tous cependant, comme le montre l'exemple de l'immeuble Maréchal Leclerc. Avant d'isoler les murs de cet immeuble, par 17 cm de laine de verre sous bardage en panneaux plans de fibrociment, les encadrements béton des fenêtres ont été supprimés, de même que les moulures en béton des acrotères. Les auvents au niveau des entrées ont été remplacés (voir première photo ci-dessous).



Sur ce site, les auvents ont été refaits par contre les balcons constituent un pont thermique.

Par contre les balcons engendrent des ponts thermiques. En effet, les dalles ainsi que les tranches verticales des balcons existants n'ont pas été isolées compte-tenu de la complexité de mise en œuvre.

D'autres contraintes spécifiques peuvent être également rencontrées. Ainsi, sur l'immeuble d'habitation, Le Soleil à Pierre-Bénite (69), l'épaisseur d'isolant mise en allège au niveau du balcon, a été réduite pour permettre l'ouverture de la porte-fenêtre contigüe (à gauche sur la deuxième photo ci-contre). Comme pour de nombreux autres immeubles, l'isolation par l'extérieur a été choisie par les copropriétaires pour réduire le plus possible les interventions à l'intérieur des logements qui ont continués à être habités pendant les travalix



Exemple de configuration spécifique rencontrée sur un balcon limitant l'épaisseur d'isolant en allège.

Isolation par l'extérieur et exigences architecturales ne sont pas forcément contradictoires

L'exemple de la rénovation du groupe scolaire Grégoire Parsonge à Dardilly (69) des années 1970 et, de manière encore plus notable, l'exemple de la réhabilitation de l'immeuble rue Vendôme, de Grand Lyon Habitat à Lyon (69), montrent qu'illest tout à fait possible dans l'existant d'allier

d'une part les exigences architecturales et d'autre part la mise en œuvre d'une isolation par l'extérieur et de nouvelles baies. Le caractère lyonnais traditionnel de l'immeuble mitoyen de 8 logements rue Vendôme, dans un secteur Architecte Bâtiment de France, a été réinterprété par l'architecte en charge de cette réhabilitation, en particulier au niveau des fenêtres.

Des solutions ont été également trouvées vis-à-vis du problème de surépaisseur engendré par l'isolation et du respect des contraintes d'alignement des façades.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

La performance énergétique constitue-t-elle un frein à la création architecturale ? Réponse à travers trois exemples, page 112.

L'intégration de nouveaux équipements est à prévoir dès le départ

Dans le cadre d'une rénovation, un autre problème qui se pose fréquemment, pour la mise en œuvre de nouveaux équipements, est celui du passage de conduits.

C'est le cas, en particulier, pour l'installation d'une VMC simple-flux et, de manière en encore plus notable, pour une VMC double-flux. Les solutions adoptées varient selon les spécificités du projet.

Dans la résidence Le Gai-Soleil à St Chamond (42) des années 60, des conduits shunt existants de la ventilation naturelle ont été réutilisés pour la VMC hygro B, après un chemisage.

Dans l'immeuble Maréchal Leclerc, des gaines oblongues pour une ventilation double-flux ont été intégrées dans l'isolant extérieur afin de limiter les temps d'intervention à l'intérieur des logements (voir encadré ci-après).

Sur d'autres sites, un système de ventilation naturelle assistée (ou ventilation hybride) a été mis en œuvre. Ce système permet d'optimiser l'exploitation des forces motrices naturelles en les associant à une assistance mécanique basse pression. L'extracteur a un fonctionnement dit « basse pression » c'est-à-dire inférieur à 30 Pa. Ces faibles pres-

sions de fonctionnement permettent généralement une réutilisation en l'état des conduits existants (conduits shunt, conduits individuels). L'optimisation entre les fonctionnements naturel et mécanique est assurée par un système de régulation permettant de basculer automatiquement entre ces deux modes selon les conditions météorologiques (température, vitesse du vent) et/ou les conditions intérieures du logement.



Exemple de réutilisation de conduits existants de ventilation naturelle pour la mise en place d'extracteurs stato-mécaniques en débouchés de conduits. Le système de ventilation naturelle assistée de VTI, mis en œuvre sur ce site, fait l'objet d'un Avis Technique « VENTILECO OAI ». Son fonctionnement est couplé à une sonde de température extérieure et une sonde de vitesse de vent (à droite sur la photo).

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Choisir la ventilation naturelle assistée en rénovation : l'exemple d'une résidence à Bellegarde, page 122.

Passage de gaines de ventilation à l'extérieur : exemple

Dans l'immeuble Maréchal Leclerc de 1953, la ventilation était réalisée par ouverture des fenêtres. Un système de ventilation double-flux a été implanté lors de la rénovation. Afin de limiter les temps d'intervention dans les logements, il a été décidé de faire circuler les gaines verticales de ventilation à l'extérieur.

Pour pouvoir intégrer les conduits dans l'isolant extérieur, des conduits oblongs plus onéreux que les conduits cylindriques mais moins épais ont été utilisés. Cette présence de conduits à l'extérieur a nécessité des temps de pose de l'isolant plus longs que ceux estimés initialement par les entreprises.

Les gaines rejoignent le local technique créé en terrasse dans lequel a été implanté la centrale double-flux.



Photo prise avant l'isolation par l'extérieur du bâtiment montrant l'implantation des gaines de ventilation.

Le traitement de la perméabilité à l'air, une des difficultés importantes en rénovation

Les incidences de l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment en termes d'acoustique, de transfert d'humidité et de qualité de l'air sont complexes.

Lors de la réhabilitation de l'immeuble rue Vendôme, l'attention a été portée tout particulièrement sur l'étanchéité entre l'isolant extérieur et les nouvelles baies. Des mesures similaires à celles décrites pour les bâtiments neufs ont été adoptées (croquis de détails, etc., voir chapitre « L'étanchéité à l'air » page 15).

Les tests d'étanchéité à l'air menés sur un logement de cet immeuble étaient non probants car la perméabilité entre logement, peu impactante sur le plan énergétique, n'a pas été traitée. Par contre, l'utilisation de la caméra infrarouge a donné des résultats intéressants.

Les bâtiments anciens construits avant 1948 méritent une attention toute particulière vis-à-vis des problèmes d'humidité

L'enveloppe de ces bâtiments permet la migration de la vapeur d'eau de l'intérieur et du sol vers l'extérieur. Les interventions sur ce type de bâti avec des matériaux et des procédés inadaptés vont modifier le comportement des parois vis-à-vis des transferts hygrothermiques, d'où des risques importants de dégradations.

Dans ces bâtiments anciens avec des planchers en bois, l'isolation par l'intérieur des murs renforce les ponts thermiques au niveau des abouts de poutres de plancher encastrées dans la maçonnerie. Cela peut créer un point de rosée en abouts des poutres en bois et entrainer leur pourrissement. L'isolation par l'intérieur conduit également à une diminution de l'inertie thermique du bâtiment et impacte donc sur le confort d'été.

Quant à l'isolation par l'extérieur, elle rend plus difficile la surveillance des fissures. Dans le cas de murs mitoyens non isolés, des risques de condensation existent au niveau des ponts thermiques dans les angles.

La rénovation des bâtiments anciens construits avant 1948 mérite une attention importante vis-à-vis de la préservation architecturale mais aussi vis-à-vis des problèmes de transfert d'humidité au sein des parois. Il est essentiel pour la bonne conservation de l'ouvrage que les matériaux constitutifs du bâti, notamment les bois, restent sains.



Les risques de condensation interstitielle et le confort thermique d'été requièrent des études plus approfondies

Par exemple, pour la réhabilitation des bâtiments de bureaux de l'A.L.L.P. de 1974, des simulations thermiques dy-

namiques ont été menées pour étudier le confort d'été, comme dans le cas de bâtiments neufs basse consommation. Pour la réhabilitation du groupe scolaire Grégoire Parsonge, aussi des années 1970, les moyens de protections solaires passifs, notamment, ont été définis grâce à des simulations thermiques dynamiques et d'ensoleillement.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Obtenir le confort d'été par des moyens passifs en réhabilitation : l'exemple du groupe scolaire Grégoire Parsonge, page 148.

UN BOUQUET DE TRAVAUX ET UN PHASAGE COHÉRENTS

L'établissement du programme de travaux qui requiert la prise en compte des contraintes à la fois économiques, techniques, réglementaires, environnementales et architecturales est une des difficultés majeures d'une rénovation.

Des interventions compatibles

Même si les solutions sont faisables individuellement, elles ne sont pas forcément compatibles avec d'autres interventions envisagées. Par exemple, la mise en œuvre d'une VMC et de chaudières gaz individuelles à tirage naturel non étanches est à éviter impérativement (DTU 68.1, DTU 68.2 et CPT3615).

Des interventions indissociables

La difficulté réside tout particulièrement dans le phasage des travaux. Elle sera d'autant plus grande si, pour des raisons souvent budgétaires, les travaux ne peuvent être réalisés en une seule tranche. Certaines interventions sont en effet indissociables telles que :

- Isolation des murs et changement des menuiseries, à réaliser en même temps de manière à pouvoir bien traiter la jonction baie-isolant.
- Changement des fenêtres et réfection de la ventilation, les fenêtres existantes assurant très souvent une grande partie des entrées d'air requises pour le renouvellement d'air.

La présence d'appareil individuel gaz à tirage naturel non étanche à l'intérieur du logement conditionne le phasage des travaux. Compte-tenu des débits d'amenée d'air réglementaires exigés pour ces appareils, la mise en œuvre d'une VMC ne peut être effectuée avant le remplacement de ces équipements par des appareils à circuit de combustion étanche ou collectif.



- Mise en œuvre d'une VMC et amélioration de l'étanchéité à l'air (suppression des fuites liées au passage de conduits,....), pour permettre à la VMC d'assurer une réelle maîtrise des débits de renouvellement d'air.
- Remplacement des appareils individuels gaz à tirage naturel non étanches ou non raccordés par des appareils à circuit étanche ou par un système collectif qui doit impérativement être effectué avant l'installation d'une VMC.

Ne pas « tuer » le gisement d'économie d'énergie

Même si le budget est limité, il est préférable de rénover peu d'éléments mais bien plutôt que beaucoup avec un niveau de performance moyen. Les travaux d'isolation thermique sont onéreux et ne pourront pas être refaits avant de très nombreuses années c'est pourquoi, en particulier, une épaisseur optimale d'isolant est à prévoir.

Un phasage des travaux encore plus complexe si l'occupation est maintenue

Le maintien de l'occupation durant les travaux complexifie les opérations de rénovation et oriente fortement les choix.

Les 25 logements sociaux de l'immeuble Maréchal Leclerc ont continué d'être occupés par les locataires pendant les travaux de réhabilitation qui ont duré un an. Pour limiter les nuisances liées au chantier, les interventions ont été séquencées en deux phases : tout d'abord, interventions à l'extérieur durant le premier semestre puis, à l'intérieur durant le second semestre.

*Chaque intervention prise une par une (isolation de façade, mise en place d'une VMC double flux,...)
paraît très simple à réaliser.
Cependant, le fait que le bâtiment soit vétuste, situé en centre ville et par ailleurs toujours occupé par les locataires rend ces travaux complexes.

R. Lepesant, Totem, Architecte chargé de la réhabilitation du bâtiment d'habitation Maréchal Leclerc Les solutions ont été choisies pour réduire le plus possible les interventions à l'intérieur des logements (nombreux éléments préfabriqués, isolation par l'extérieur, mise en place ultérieure lors de changement de locataire d'une isolation par l'intérieur des murs donnant sur les parties communes non chauffées,...).

Le nombre de corps d'état présent simultanément a été limité généralement à 3. La mise en place d'échafaudage de façon permanente a été interdite.

L'INFORMATION DES OCCUPANTS TOUT AU LONG DES TRAVAUX

L'information des occupants est un point important, tout particulièrement si l'occupation du bâtiment est maintenue durant les travaux. De leur collaboration pendant les travaux et leur comportement « sobre » après réhabilitation dépend le succès de l'opération.

Dans le cas de la rénovation de l'immeuble Maréchal Leclerc, l'information des locataires fait partie du programme de réhabilitation. Un appartement témoin a, notamment, été crée au tout début des travaux.

Les loyers ont fortement augmentés mais, au final, le taux d'effort des locataires prévu serait aux alentours de 15% à 20% compte-tenu de la baisse des charges attendue, avec un gain de confort important.



Vue du bâtiment d'habitation Maréchal Leclerc avant la réhabilitation.



Vue de l'immeuble Maréchal Leclerc après la réhabilitation.

Pour de plus amples informations, voir :

Les reportages chantier : Réhabilitation de l'immeuble Maréchal Leclerc - Bourgoin-Jallieu (38) - Ville et Aménagement Durable (VAD) - 2010 - http://www.ville-amenagement-durable.org



Exemples de difficultés rencontrées lors de la rénovation d'une copropriété d'environ 200 logements située en Zone Urbaine Sensible, Le Soleil à Pierre-Bénite (69)

L'aspect économique a été une contrainte forte de cette opération de rénovation, malgré les subventions importantes reçues (dispositif OPAH, FEDER, ADEME). Les copropriétaires de cette résidence dont 80% occupent leurs logements (20% seulement sont des propriétaires bailleurs) disposent de ressources financières limitées (la moitié des propriétaires occupants perçoivent des revenus inférieurs au SMIC).

Avant rénovation, les 3 bâtiments de cette résidence des années 60, Le Soleil à Pierre-Bénite, n'étaient pas isolés exceptés les toitures terrasses qui avaient fait l'objet d'une précédente rénovation, les planchers bas sur caves faiblement isolés et quelques fenêtres remplacées ou équipées de double vitrage par certains copropriétaires. Ces bâtiments étaient pourvus d'une ventilation naturelle avec des grilles hautes et basses en façade ou sur conduits shunts (cuisines, salles de bains et sanitaires), de nombreuses grilles ayant étant obturées par les occupants.

Pour réduire les consommations énergétiques de cette résidence, l'intention initiale des copropriétaires était de procéder au changement de l'ensemble des fenêtres non performantes. Au final, sur la base des conclusions d'un diagnostic énergétique montrant qu'il était beaucoup plus efficace d'effectuer une isolation thermique des murs extérieurs, les copropriétaires ont décidé, fin 2009, de :

- réaliser une isolation thermique des murs extérieurs tout en maintenant l'occupation des logements,
- remplacer les fenêtres de plus de 10 écon ans à la fois dans les parties collectives et dans les appartements, en conservant les dormants existants,
- mettre en place une VMC hygro B en réutilisant des conduits shunt sans chemisage et en obturant les orifices non utilisés.

Une réduction d'environ 50% de la consommation énergétique a été visée, soit un seuil de 75 à 95 $kWhep/m^2shab.an$ selon le bâtiment.

L'entreprise générale s'est fortement impliquée pour rechercher des solutions vis-à-vis des spécificités de ce bâtiment et a collaboré étroitement avec l'architecte.

La présence de panneau de parement amiantés en fa-

çade a complexifié les travaux d'isolation. Deux solutions ont été adoptées principalement :

- sur les façades lisses (allèges carrelées, pignons enduits), des panneaux en polystyrène expansé collés et chevillés de 120 mm habillés d'une fibre armée revêtue d'un enduit,
- entre les menuiseries existantes pour éviter de per-

cer les panneaux en amiante-ciment, un bardage en panneaux Trespa ventilé, isolé par 120 mm de laine de verre, fixé sur ossature en acier galvanisé indépendante (fixation en linteau et en allège).

La conservation de certains éléments pour des raisons budgétaires a limité les travaux d'isolation. Les rails des volets roulants qui ont été conservés ont rendu impossible la rupture du pont thermique au niveau de l'appui des fenêtres. A certains endroits, par exemple au niveau des garde-corps qui n'ont pas été remplacés, des épaisseurs de seulement 20 mm ont été mises en œuvre, même si du polystyrène graphité présentant une plus faible conductivité a été utilisé.

A l'issue de ces travaux, les nouvelles discussions portent sur le système de chauffage à eau chaude collectif (nouveau paramétrage de la régulation, équilibrage,...). Les deux chaudières gaz ont onze ans et les radiateurs sont équipés de robinets manuels.

Les copropriétaires ne pensaient pas que les dépenses engagées seraient aussi importantes. Le conseil syndical a été un acteur très important et s'est fortement mobilisé. Il a notamment ef-

fectué un travail conséquent pour obtenir un consensus sur le critère adopté pour le changement des fenêtres (plus de 10 ans et non une valeur limite de Uw) et pour récupérer les pièces justificatives auprès des copropriétaires.

Juste après ces travaux, les occupants ont témoigné d'une nette amélioration de leur confort durant l'été.

Remarque : L'article 7 de la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010 a modifié la loi du 10 juillet 1965 sur les copropriétés pour permettre à l'assemblée des copropriétaires de voter, à la majorité de l'article 25, la réalisation de travaux d'intérêt collectif sur des parties privatives tels que le remplacement des fenêtres.



Une solution spécifique a du être trouvée pour les panneaux amiantés à côté des menuiseries.



Autre contrainte vis-à-vis des travaux d'isolation : la conservation des garde-corps et des volets roulants pour des raisons économiques.

L'ENVELOPPE PERFORMANTE

e chapitre sur la conception bioclimatique a montré le rôle clé de l'enveloppe dans l'atteinte d'un confort hygrothermique au moindre coût énergétique. L'exigence de performance, contrôlée par un test d'étanchéité va devenir systématique avec la nouvelle réglementation ce qui impose une évolution des pratiques de la construction.

Les différents intervenants de l'équipe de maîtrise d'œuvre doivent collaborer de l'esquisse à la livraison de manière à aboutir à un bâtiment performant. L'architecte, chef d'orchestre, doit pouvoir compter sur le bureau d'études techniques aussi bien pour optimiser l'enveloppe et prévoir les difficultés que pour contrôler la bonne réalisation et proposer des variantes en cas d'imprévus de chantier. Cela nécessite un investissement en études et présence sur les chantiers qui doit être pris en compte par le maître d'ouvrage. Joindre les entreprises en amont de la réflexion impose une réorganisation de la logique des marchés mais permet par la suite d'éviter un grand nombre d'écueils.

Ce chapitre traite des deux problématiques principales de l'enveloppe des bâtiments à basse-énergie : d'une part l'isolation thermique des parois opaques et vitrées et d'autre part l'étanchéité à l'air.

LES PAROIS OPAQUES VERTICALES

UNE ÉPAISSEUR D'ISOLANT EN AUGMENTATION

Un coefficient de transmission surfacique (U) pour les parois verticales compris entre 0.15 et 0.20 W/m².K est généralement constaté et permet de satisfaire les exigences de la basse consommation. Cela se traduit par une augmentation des épaisseurs d'isolation de 5 à 10 cm par rapport à la réglementation thermique de 2005.

Ce niveau peut être atteint avec des matériaux classiques comme les laines minérales ou le polystyrène (prévoir environ 20 cm) mais aussi avec des isolants plus performants comme le polyuréthane ou des matériaux issus de nouvelles filières (fibres animales ou végétales). Ainsi, plusieurs projets ont opté pour la laine de chanvre qui permet d'atteindre les performances de la basse consommation sans surépaisseur significative (environ 20 cm).

L'isolation répartie (monomur brique ou béton cellulaire) est une alternative intéressante à la maçonnerie classique car ses performances sont compatibles avec la basse

consommation sans rajout d'isolant. Alors qu'il suffit d'une épaisseur de 36,5 cm en béton cellulaire, des briques en terre cuite de 49 cm ont été choisies sur l'opération de l'INEED de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Drôme à Alixan (26).



Les parois verticales opaques de L'INEED sont constituées d'un monomur en briques alvéolées de 49 cm d'épaisseur (R=4.5 m²K/W) enduites en terre crue et paille.

LA MAÇONNERIE CLASSIQUE : LE RÉFLEXE NOUVEAU DE L'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR

Contrairement à l'idée reçue selon laquelle les bâtiments performants sont systématiquement à ossature bois, l'important échantillon Rhône-Alpin est à dominante maçon-

nerie classique. On retrouve ainsi les techniques de la brique ou du béton banché à ceci près que l'isolation des murs est quasi-systématiquement réalisée par l'extérieur.

Cette modification des habitudes ne s'est pas faite sans difficultés. Au niveau conception, il est d'abord nécessaire de

convaincre le maître d'ouvrage que cette solution, plus chère, présente des avantages certains : suppression des

ponts thermiques planchers intermédiaires/façade et refends/façade, structure porteuse non soumise aux aléas climatiques, possibilité de mener les travaux intérieurs en

simultané...Lors de la comparaison économique de l'isolation par l'extérieur (ITE) avec l'isolation par l'intérieur (ITI), il ne faut pas oublier de prendre en compte le coût des rupteurs de ponts thermiques (de l'ordre de 100 € HT/mètre linéaire) indispensables à l'isolation par l'intérieur.

Un isolant collé recouvert d'un enduit mince doit posséder des propriétés mécaniques et d'imperméabilité à l'eau très

L'isolation par l'extérieur

s'impose progressivement comme

une solution courante.

Il convient de s'entourer

d'entreprises formées et présentant

des références de réalisations. 29

supérieures à un isolant intérieur ou sous bardage. Pour une application en extérieur, il sera généralement choisi le polystyrène expansé alors que la palette de choix est beaucoup plus large à l'intérieur ou lorsque l'isolant est protégé par le bardage: laines minérales, animales ou végétales; polystyrène, ouate de cellulose... Le classement ACERMI ou, à défaut, les indications du fabricant permettent un choix éclairé.



Le choix des isolants en ITE: l'exemple des logements « Jardins République » et « Les Santolines »

Pour le bâtiment d'habitation Jardins République de SOGIMM à Epagny (74), le choix de l'isolant s'est porté sur un polystyrène expansé spécifique d'une épaisseur de 16 cm reconnaissable à sa couleur grise. Ce choix est motivé par une performance environ 20% supérieure au polystyrène classique. Sensible aux UV, il doit être stocké et posé en étant protégé du soleil par une bâche.

Il recouvre l'intégralité de la façade mais s'arrête à environ 10 cm du sol où il est relayé par du Styrodur © (polystyrène extrudé ayant des propriétés mécaniques et d'imperméabilité supérieures) jusqu'à un mètre de profondeur. Ce prolongement de l'isolation est indispensable pour diminuer le pont thermique lié à la dalle basse directement en contact avec le sol mais nécessite un matériau ayant un comportement mécanique et à l'eau plus performant.

Étant donné que les entrées des immeubles peuvent faire l'objet de vandalisme (graffitis, lacération...), les constructeurs ont choisi de protéger l'isolant par un bardage. Cela a permis de remplacer le polystyrène par de la laine de verre plus économique.



A Jardins République le polystyrène s'arrête à 10 cm du sol pour être remplacé par du Styrodur® ayant des propriétés mécaniques et d'imperméabilité plus importantes.

Une solution analogue pour réduire le pont thermique de la dalle basse a été utilisée dans le bâtiment de logements Les Santolines de DAH à Ancône (26). Le produit utilisé est du Roofmat LG (polystyrène extrudé revêtu de mortier). Le revêtement permet à la fois une protection de l'isolant et une finition rapide.



La solution mise en œuvre aux Santolines : du polystyrène extrudé revêtu de mortier

Une difficulté impactant directement sur le travail de l'électricien est l'impossibilité de passer les gaines entre l'isolant et le mur. Pour éviter de devoir les cacher par

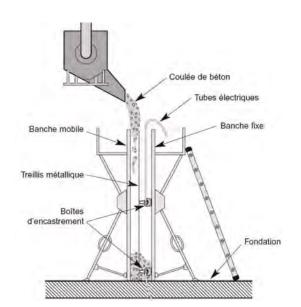
une plinthe, il est nécessaire de les intégrer dans la paroi au *Faire appel à des en*moment du coulage du béton. Cela impose de prévoir cette organisation entre les corps d'état et d'être sûr de la position des prises.

Une solution originale adoptée par certains constructeurs est de réaliser une isolation mixte (ITI+ITE) en répartissant l'épaisseur d'isolant sur les deux faces du mur. Cela permet de conserver les habitudes mais aussi de limiter plu-

treprises qualifiées avec lesquelles nous avions déjà travaillé a permis d'éviter un grand nombre de soucis de chantier. C'est le cas de l'électricien qui avait l'habitude de travailler avec maçon. ""

Géraldine Monod (architecte)

sieurs ponts thermiques importants : menuiserie/baie, plancher haut/acrotère et accrochage du bardage.



L'électricien doit intervenir tôt dans le chantier pour passer ses tubes électriques et prévoir les boîtes d'encastrement dans les banches avant coulage du béton.

Cependant, il en résulte un mur porteur froid et imperméable à la vapeur d'eau sur sa face extérieure à cause du polystyrène.

Cette conjonction de facteurs augmente le risque de condensation dans la paroi. Bien que la règle

« résistance thermique de l'isolation extérieure > 3 x résistance thermique de l'isolation intérieure » permette généralement de se prémunir contre ce risque, il est conseillé de le calculer à l'aide d'un outil spécifique (par exemple, WUFI).

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Solutions constructives en isolation par l'extérieur : l'exemple de la résidence « Jardins République », page 124.

La performance visée rend indispensable le traitement des ponts thermiques. En effet, en plus d'un écart important entre consommations escomptées et réelles, le contraste

entre la paroi sur-isolée et la faiblesse localisée fait apparaître des points froids à l'intérieur source de pathologies du bâti. Bien qu'elle soit complexe et fastidieuse, la prise en compte des ponts thermiques au niveau du calcul réglementaire et de la simulation dynamique doit être aussi précise que possible. Elle constitue habituellement le point faible des études thermiques. cher haut/acrotère, plancher bas/façade, menuiseries/ façade...Ceux-ci font oublier les ponts thermiques intégrés aux parois comme l'accrochage de l'isolant, du bardage.

de performance à atteindre, les ponts thermiques intégrés ne peuvent plus être négligés et doivent être traités au même titre que les balcons, l'acrotère ou les menuiseries.

En ossature bois ou métallique, la présence de montants dégrade de manière importante les performances de la paroi... Ces ponts thermiques encore trop souvent négligés peuvent dégrader les performances d'isolation jusqu'à 30%!

Pour remédier aux ponts thermiques intégrés, il est possible d'intercaler une fine couche isolante derrière les platines d'ac-

crochage et de fixer l'isolant avec des chevilles spéciales en polypropylène.

En maçonnerie classique isolée par l'extérieur, il est nécessaire de traiter un grand nombre de ponts thermiques de liaison: balcon/façade, plan-

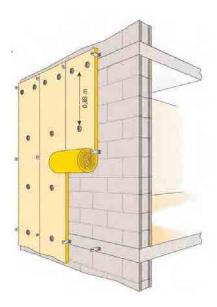
Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Traiter les ponts thermiques : l'exemple des 7 logements basse consommation à Revel, page 128.









Importante densité de platines pour la fixation du bardage de l'immeuble Bonne-Energie© de LFI à Grenoble (38). Une couche de Téflon a été intercalée derrière chaque platine. En fixant l'isolant par des chevilles en polypropylène, le pont thermique est supprimé.



Le traitement de la liaison façade/balcon : une multitude de solutions à adapter à chaque projet



Pour le bâtiment d'habitation, Le Galium, de Grand Lyon Habitat, ZAC du Bon Lait à Lyon (69), un système de poutres en porte à faux a été adopté pour limiter les ponts thermiques façade-balcon. La rupture de l'isolation par l'extérieur n'existe plus qu'au niveau des poutres.

Doc. Atelier Thierry Roche

Détail de la technique d'isolation du balcon du Galium.



Ossature métallique des balcons désolidarisés mis en œuvre à la résidence Jardins République pour permettre d'assurer la continuité de l'isolation par l'extérieur. Cette structure autoportante légère est fixée à la façade uniquement à l'aide de platines métalliques.

Le balcon est source de déperditions thermiques importantes, que l'isolation soit placée à l'intérieur ou à l'extérieur. L'absence de rupture isolante et sa position en saillie, permet l'évacuation d'un flux de chaleur considérable. Une configuration similaire se retrouve au niveau des échangeurs de chaleur composés d'ailettes dont le but est de maximiser l'échange avec l'air.

Plusieurs solutions permettent de réduire ce pont thermique incompatible avec la basse consommation. La première consiste à désolidariser le balcon de la structure (4500 €HT par balcon pour Jardins République).

Coûteuse (de l'ordre de 200 €/ml fourni/posé) mais assez efficace, l'utilisation d'un rupteur permet de diminuer de trois quarts le pont thermique. Dans le cas où la portée du balcon est faible, il est possible de le soutenir par un système de poutres en porte à faux. Le pont thermique n'étant pas supprimé (division par 4 approximativement) et variable suivant la grosseur et l'espacement des poutres, il est nécessaire de bien l'évaluer au niveau du calcul réglementaire.

Cette solution ainsi que les balcons désolidarisés représentent la majorité des réalisations en région Rhône-Alpes.



Photo des platines en attente pour la pose des balcons désolidarisés de la résidence Jardins République. Le pont thermique généré par les platines est minimal.

L'OSSATURE BOIS : UN GAIN ENTEMPS ET EN PRÉCISION CONSIDÉRABLE PAR LA PRÉFABRICATION

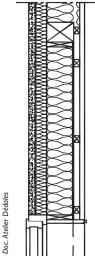


Caissons préfabriqués avec contreventement en OSB fixé en atelier (Structure d'accueil de la petite enfance à Versonnex, 01).

Le bois est un matériau performant thermiquement (conductivité thermique de l'ordre de $0.2\,W/m.K$), sain, écologique et renouvelable pour peu qu'il soit bien traité et bien mis en œuvre, et qu'il provienne d'une forêt locale exploitée durablement. Il permet notamment une importante préfabrication en atelier ce qui accélère le chantier et limite les imperfections de montage sources de défauts d'étanchéité à l'air. Plusieurs chantiers Rhône-Alpins ont profité pleinement de cet avantage.



Livraison sur chantier des parois avec 15 cm d'isolant déjà intégré entre montants (La Petite Chartreuse de Pluralis à La Terrasse, 38).



Croquis de détail illustrant le doublage isolant positionné à l'intérieur. (Logements BBC à Revel).

La préfabrication de l'ossature bois divise par 2 le temps de réalisation et de montage et fournit une précision très supérieure à ce qu'il est possible d'obtenir sur chantier.

G. Verollet, architecte



Doublage isolant à l'extérieur en laine de bois (La petite chartreuse).

Malgré la faible conductivité du bois, l'isolation uniquement entre montants est incompatible avec la performance recherchée à cause des pertes de chaleur entre les blocs d'isolant. Il est par conséquent nécessaire de prévoir un doublage qui est positionné selon les projets à l'intérieur ou à l'extérieur. Cette deuxième couche, ininterrompue par les éléments de structure, permet de réduire considérablement ce pont thermique. A Revel,

les logements de l'OPAC 38 présentent deux épaisseurs de laine minérale, la première entre montants de 14,5 cm et un doublage intérieur de 6 cm (voir croquis de détail). Les objectifs plus ambitieux (Minergie-P®) du bâtiment La petite chartreuse à la Terrasse ont incité la maîtrise d'œuvre à prévoir une épaisseur de 15 cm de laine de chanvre doublée par l'extérieur de 15 cm de laine de bois.

Ses multiples avantages ainsi que la proximité de la Suisse, berceau du label Minergie®, font du bois un matériau fortement émergent dans la construction basse consommation Rhône-Alpine. Il faut néanmoins avoir conscience que l'assemblage dont sont constituées les parois ne fournit aucune inertie.

Un bâtiment entièrement en bois possède, au sens de la réglementation thermique, une inertie très légère et ne pourra respecter l'exigence sur le confort d'été. Adjoindre

un isolant dit « à forte densité » ne pourra en aucun cas permettre de gagner une classe d'inertie ce qui serait, de toute façon, insuffisant.

En Rhône-Alpes, le domaine d'application du bois est plutôt celui des bâtiments construits en altitude sans qu'il soit impossible de bâtir en plaine. Dans tous les cas, il faudra une collaboration étroite entre l'architecte et le bureau d'étude thermique en phase conception pour imaginer les solutions qui fourniront l'inertie manquante sans dénaturer le projet.

Par exemple, un plancher bas en béton classique peut suffire pour les maisons de plain pied mais pas pour les bâtiments à étage car la réglementation différencie les niveaux. Certains projets jonglent entre ossature bois et béton suivant les façades.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Traiter les ponts thermiques : l'exemple des 7 logements basse consommation à Revel, page 128.

L'ISOLATION RÉPARTIE : UNE TECHNIQUE PERMETTANT DE TRAITER FACILEMENT L'ENSEMBLE DES PONTS THERMIQUES

Le monomur brique ou béton cellulaire est une adaptation intéressante des techniques de la maçonnerie classique aux objectifs de la basse consommation. La forte épaisseur du matériau permet d'apporter isolation et une certaine inertie en plus d'un traitement aisé des ponts thermiques. Elle rend inutile l'ajout d'isolant et la pose reste assez classique.

Le mortier servant de liant entre les briques génère, en maçonnerie classique, un pont thermique d'autant plus important que le surplus du joint (environ un cemtimètre d'épaisseur) compressé par la brique supérieure s'écoule par gravité dans les alvéoles d'air. Le CSTB indique une dégradation des caractéristiques isolantes de la brique comprise entre 15 et 30%. La pose en joints minces, caractéristique des monomurs en brique, permet de réduire fortement ce pont thermique intégré.

Les chaînages en béton armés présents, entre autres, dans les coins du bâtiment et au niveau des linteaux sont noyés dans l'épaisseur de la brique et génèrent, par conséquent, des ponts thermiques faibles (généralement $\Psi \leq 0, IW/m.K$). Ce n'est pas le cas des abouts de planchers en béton et de l'appui de menuiserie qui doivent être traités par une planelle pouvant être renforcée par un isolant.

Malgré son épaisseur et sa masse, le monomur n'apporte pas plus d'inertie qu'une brique de 15 cm isolée par l'extérieur et moins qu'une épaisseur de 7cm de béton aussi isolée par l'extérieur. Cela est clairement mis en évidence dans les règles TH-I de la réglementation thermique 2005 et a été confirmé par des simulations dynamiques réalisées au Costic.

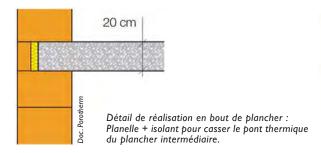


Brique monomur et détail sur le linteau de la fenêtre (structure d'accueil de la petite enfance à Versonnex). Le pont thermique généré par le béton est faible.



Menuiserie : un isolant peut être intercalé entre la planelle et l'appui de fenêtre pour supprimer le pont thermique.

En effet, un matériau isolant ne peut être inerte. Son effusivité est faible ou, en d'autres termes, la pénétration de la chaleur est freinée et ne traverse pas le matériau sur un cycle d'une journée (charge le jour et décharge nocturne par sur-ventilation). Ainsi, l'épaisseur permettant effectivement le stockage journalier du surplus de chaleur à l'intérieur du bâtiment est très inférieure aux 50 cm disponibles.





La pose en joints minces de briques monomur

Malgré d'importantes similarités entre la technique traditionnelle et la maçonnerie roulée ou à joints minces, il est nécessaire de former l'opérateur aux nouvelles spécificités. Au niveau matériel, la truelle et le mortier sont remplacés par le rouleau (voir image) et le mortier-colle. Le principe est de passer d'un joint d'épaisseur I à 1,5 cm à un joint de quelques millimètres.

La première étape consiste à réaliser une arase au mortier traditionnel pour obtenir une planéité

suffisante. La pose commence par une brique poteau au niveau d'un angle du bâtiment. Celle-ci est évidée pour permettre le chaînage vertical. Une fois la planéité vérifiée, le mortier-colle est roulé sur une longueur d'environ 2 mètres tel qu'illustré sur la photographie et le deuxième rang est posé.

A aucun moment il ne faut bouger horizontalement les briques ou revenir en arrière avec le rouleau sous peine de déplacer le mortier et créer des défauts de planéité.



Pose de la brique poteau



Pose des briques du premier rang



Application du mortier

Une quantité suffisante de briques permettent de traiter l'ensemble des points singuliers sans nuire à la qualité de la mise en œuvre. En cas de besoin, il est possible de couper les briques ou de pratiquer des saignées pour permettre le passage des gaines électriques.

LES PAROIS VITRÉES

Les choix adoptés en matière de vitrage, de menuiserie et d'occultation varient d'une opération à l'autre. L'objectif est de maximiser les gains solaires utiles ainsi que l'éclairage naturel, de réduire les pertes de chaleur par conduction en hiver et d'en limiter les apports gratuits l'été.

La mise en œuvre de la baie vitrée est une étape clé du projet car elle peut annihiler ses performances intrinsèques et tous les efforts de conception. Des croquis de détails précis ainsi qu'un autocontrôle des entreprises sont indispensables.

LE CHOIX DUVITRAGE EN FONCTION DE LA PERFORMANCE RECHERCHÉE **ET DES CONTRAINTES DU PROJET**

est un outil incontourna-

ble permettant un choix

éclairé du vitrage en

amont du projet en tenant

compte de l'ensemble des

critères. 🤧

Un débat sur le choix entre un double vitrage ou un triple vitrage existe. Le premier est moins cher, plus facile à manier et améliore la récupération des apports gratuits. Le second est plus isolant (Ug \approx 0.6-0.8 W/m 2 .K) et offre un meilleur confort d'été grâce à un facteur so-La simulation dynamique

Le choix du vitrage doit se faire en comparant les coûts économiques, le bilan énergétique d'hiver, le confort thermique d'été et le confort visuel.

La simulation dynamique s'impose comme l'outil incontournable pour orienter le pro-

jet en phase conception. Celle-ci doit être menée par le bureau d'études thermiques en concertation avec l'architecte.

Une étude statistique menée par le Costic sur l'ensemble du territoire français montre que la majorité des bâtiments basse consommation (environ 80%) sont équipés de double vitrage. Le constat est plus nuancé sur la région Rhône-Alpes où plusieurs projets plus ambitieux imposent une isolation de l'enveloppe plus performante.

Triple vitrage 4/16/4/16/4 pour le bâtiment d'habitation, Minergie-P®, La Petite Chartreuse, de Pluralis à La Terrasse (38).

Le double vitrage 4/16/4 avec remplissage argon et isolation thermique renforcée (ITR), présentant un coefficient de transmission thermique, Ug, proche de I W/m².K, permet d'atteindre aisément le label BBC. A ce niveau de performance, la menuiserie devient le point faible de la fenêtre.

Les fabricants s'étant adaptés, celle-ci peut encore être en aluminium si elle est munie d'un rupteur de pont thermique. Une solution de plus en plus retenue est la menuiserie mixte bois/aluminium qui bénéficie des

> caractéristiques du bois à l'intérieur (faible conductivité, matériau « chaud », aspect...) ainsi que de la protection de l'aluminium à l'extérieur.

> La majorité des réalisations présente un coefficient de transmission thermique global pour la fenêtre (Uw) inférieur ou égal à 1.7 W/m².K ce qui est facile à obtenir avec

les technologies existantes et suffisant pour le label basse consommation. Pour des projets plus ambitieux, il est possible de descendre à environ 0.9 W/m².K en triple vitrage 4/16/4/16/4, remplissage Kripton, ITR, couplé à une menuiserie bois/alu.



Porte vitrée de l'hôtel du Lac de S.C.S.P. à St Priest (69) Menuiserie de niveau A4 avec deux niveaux de joints.

Les doubles vitrages dits à isolation thermique renforcée sont recouverts sur la face extérieure (côté lame d'air) du verre intérieur d'une fine couche d'argent permettant de réduire les pertes par rayonnement. Un effet « limitation

des apports solaires » peut être obtenu en positionnant la couche « faible émissivité sur la vitre extérieure ».

Sauf cas spécifiques, c'est l'effet « isolation renforcée »

qui est recherché dans les bâtiments à faibles besoins de chauffage. En général, en habitat collectif, les facteurs solaires des vitrages (g) sont d'environ 0.45-0.5. Un facteur solaire trop faible est aussi pénalisant au niveau de la transmission lumineuse.

En tertiaire, les valeurs varient selon les cas.

En fonction de l'endroit où elles se trouvent, les fenêtres doivent répondre à un certain nombre d'exigences formalisées par le classement AEV (perméabilité à l'Air, étanchéité

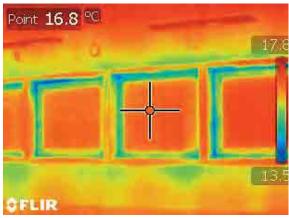
à l'Eau, résistance au Vent) et définies par la norme NF P 20-302 sur les caractéristiques des fenêtres.

Les bâtiments à faibles besoins énergétiques devant être imperméables à l'air, il est conseillé d'opter pour une fenêtre avec un classement supérieur ou égal à A3.

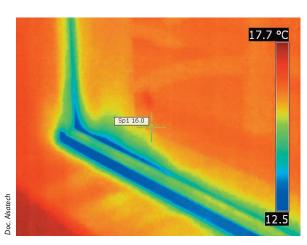
égal à 1.7 W/m².K est adapté au label basse consommation. Pour l'atteindre, il suffit, par exemple, d'un double vitrage avec menuiserie mixte bois/alu. L'étanchéité à l'air doit être aussi soignée que possible. ²³

N.

Défauts de fabrication des fenêtres



Légers défauts d'étanchéité entre ouvrant et dormant repérés lors du test d'infiltrométrie des Bureaux de Bonne-Energie®, de LFI à Grenoble (38).



Infiltration au niveau de la parclose et pont thermique de la traverse basse de la baie vitrée repérés lors du test d'infiltrométrie de la Cité de l'environnement de For Home à St Priest (69).

Les exigences liées à la basse consommation imposent un niveau de qualité de réalisation proche de la perfection. Sur les opérations des appels à projet « Bâtiment démonstrateur », il a été constaté que la fabrication des fenêtres en usine n'est pas toujours le garant d'une qualité suffisante.

En effet, malgré une pose soignée, des fuites récurrentes sont rencontrées au niveau des joints entre dormant et ouvrant, des parcloses et même de certaines jonctions entre pièces de menuiserie. Ces anomalies, dont l'impact peut être grave ne peuvent être identifiées que par un test d'étanchéité à l'air, qui devra être réalisé dès que le bâtiment est hors d'eau et hors d'air.

Il est donc nécessaire de stipuler clairement, dans le CCTP du lot menuiserie, les objectifs de perméabilité visés par le projet et la mise en œuvre d'un test de vérification.

Un défaut important rencontré sur quelques chantiers est la mauvaise position de la couche basse émissivité. Pour un effet « isolation thermique renforcée », elle doit se trouver du côté extérieur du vitrage intérieur.



Un moyen simple permet de vérifier l'emplacement de la couche basse émissivité. En étant d'un côté de la fenêtre, allumer un briquet de l'autre côté. La flamme se reflétant sur chaque face, il est possible d'en distinguer 4 dont une de couleur différente correspondant à la couche basse émissivité.

Pour de plus amples informations, voir la fiche:

Réussir son étanchéité à l'air dans une construction à ossature bois : l'exemple de la petite Chartreuse à la Terrasse, page 134.

FERMETURES ET OCCULTATIONS : LE COMPLÉMENT INDISPENSABLE POUR ADAPTER LA FENÊTRE AUX BESOINS

La fermeture et l'occultation du vitrage sont fondamentales aussi bien pour réduire les besoins de chauffage en hiver que pour limiter les apports solaires en été.

Les volets roulants en PVC, les persiennes coulissantes ou les volets battants en bois permettent d'augmenter la résistance thermique de la fenêtre d'environ 0.2 K.m²/W par la création d'une lame d'air isolante (voir 0.25 K.m²/W si

l'épaisseur de la lame d'air est supérieure à 22 mm). La résistance moyenne d'une fenêtre adaptée à la basse consommation étant de l'ordre de 0.6 K.m²/W, l'ajout d'une occultation de ce type

permet d'augmenter de 30% ses performances. Cela se traduit par une économie conséquente de chauffage pour peu que les occupants y soient sensibilisés. Une information orale à l'entrée du logement complétée par un manuel du propriétaire/locataire est indispensable.

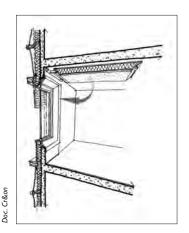
Vis-à-vis de l'intégration des coffres de volets roulants, des solutions sont trouvées pour chaque projet. Ainsi, pour le bâtiment d'habitation « Square Phaéton » d'Alliade à Lyon (69), des coffres isolés, placés à l'extérieur, commandés électriquement, ont été adoptés.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

La bonne mise en œuvre des baies vitrées : l'exemple de la résidence « Square Phaéton », page 132.

Le « bouchon thermique » de Bonne-Energie®

L'équipe de maîtrise d'œuvre a poussé au maximum les gains de chauffage liés à la fermeture de la fenêtre. Elle a conçu un système sur-mesure qualifié de « bouchon thermique » permettant d'atteindre un coefficient de transmission (menuiserie + « bouchon ») de 0,23 W/m²K! Comme illustré sur le schéma et la photographie, celui-ci est constitué d'un volet collé au plafond la journée jouant le rôle de plafond acoustique, qui se rabat en période d'inoccupation la nuit et le week-end durant la saison de chauffe, ajoutant une épaisseur de 9 cm de laine de verre. L'été, ils doivent être maintenus ouverts la nuit pour faciliter l'évacuation de l'excédent de chaleur des locaux. Ils sont actionnés par télécommande.



Malgré le triple vitrage et la menuiserie performante, les fenêtres sont encore approximativement 6 fois moins isolantes que les parois. Il était donc logique de concentrer nos efforts sur cette faiblesse de l'enveloppe. Le système retenu a permis de conjuguer confort acoustique et gains thermiques sans contraintes pour les occupants.

Jean-Philippe Charon, architecte de l'opération Bonne-Energie©



Pergola, balcon, débord horizontal, fenêtre au nu intérieur, brise-soleil fixes ou orientables, store, volet roulant, etc., une multitude de produits et de techniques architecturales limitent les apports solaires sans nuire à la qualité esthétique du bâtiment.

Au sud, compte-tenu de la position du soleil (bas en hiver et haut en été) les protections fixes horizontales réduisent considérablement les apports en été sans augmenter les besoins de chauffage.

A l'inverse, elles perdent beaucoup de leur efficacité à l'est et à l'ouest. D'une manière générale, il est nécessaire de prévoir partout, sauf au nord, un dispositif mobile d'occultation à l'extérieur de manière à ce que le facteur solaire de l'ensemble baie+occultation soit inférieur ou égal à 0.15.

La simulation dynamique est l'outil indispensable en phase conception pour faire varier les occultations et les vitrages afin d'aboutir à un optimum économique, énergétique et de confort sur l'ensemble de l'année.

Pari architectural sur les occultations fixes et quantité importante de vitrage, pour la structure d'accueil de la petite enfance à Versonnex (01). A l'ouest, bâtiment en contrebas protégé par une occultation végétalisée à venir et prolongement de toiture important. Au sud, panneaux solaires photovoltaïques en débord de toiture.





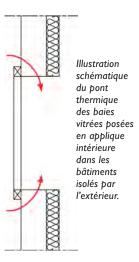
Panneaux photovoltaïques en brise-soleil (bâtiment de bureaux de l'INEED de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Drôme à Alixan, 26).

POSE DES FENÊTRES: POINT SENSIBLE DE L'ENVELOPPE

La pose des fenêtres peut être source de ponts thermiques et de défauts d'étanchéité à l'air importants. C'est par des croquis de détails précis, l'utilisation d'un matériel adapté, la formation des entreprises et un contrôle régulier sur chantier qu'un résultat de qualité peut être atteint. Ce chapitre traite de la liaison baie/dormant, les aspects perméabilité à l'air étant évoqués au chapitre suivant.

Le pont thermique est surtout marqué en maçonnerie classique ITE car une bande de

béton (ou brique) est directement en contact avec l'extérieur sur toute la périphérie de la baie. Un



retour d'isolant de 2-5 cm est à prévoir pour réduire le point froid mais l'appui de fenêtre classique en saillie de la façade l'empêche. Il est recommandé de le remplacer par un retour d'isolant protégé par une bavette métallique. Il est aussi nécessaire de prévoir un dormant plus large sur lequel appuyer l'isolant.

Une solution efficace consiste à poser les fenêtres en applique à l'extérieur. Toutefois, celle-ci ne peut plus s'ouvrir à plus de 90° car elle vient en butée avec le mur ce qui peut être perçu comme un inconfort par les usagers.

Pour de plus amples informations, voir les fiches :

Solutions constructives en isolation par l'extérieur : l'exemple de la résidence « Jardins République », page 124.

Traiter les ponts thermiques :

l'exemple des 7 logements basse consommation à Revel, page 128.



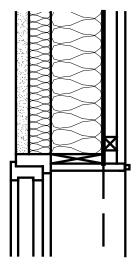
La pose en applique extérieure supprime le pont thermique en ITE car la fenêtre, en saillie est entourée par l'isolant. Un pré-cadre en bois permet de s'aligner avec l'épaisseur de l'isolant (immeuble d'habitation de l'OPAC 38 à Revel).

Sur le site « Jardins République » de Sogimm à Epagny (74), un retour d'isolant de 5 cm. en polystyrène, a été ajouté pour éviter que le béton ne se retrouve directement en contact avec l'extérieur. La suppression de ce bont thermiaue est indispensable.



Si pour des bâtiments à ossature bois, il est simple de traiter les ponts thermiques au niveau des fenêtres, l'étanchéité à l'air reste un point délicat. En pose en applique intérieure ou extérieure, le doublage isolant intérieur ou extérieur entoure la menuiserie supprimant les éventuels ponts thermiques (voir figure ci-après). A noter que la pose en tunnel (aussi appelée en tableau), traite efficacement l'étanchéité à l'air et le pont thermique associé à la menuiserie.





Exemple de construction à ossature bois avec doublage intérieur (immeuble d'habitation de l'OPAC 38 à Revel). La menuiserie est complètement entourée d'isolant.

La pose en feuillure est la plus classique en isolation répartie. Elle consiste à insérer la fenêtre dans une saignée de quelques centimètres réalisée dans la maçonnerie.



La photographie montre l'espace réservé (enduit de mortier) pour les tableaux et la saignée permettant d'insérer l'appui de la fenêtre. Le pont thermique lié à la réduction de l'épaisseur de la brique est négligeable.

LES PAROIS HORIZONTALES ET INCLINÉES

Comme pour les parois verticales, l'isolation des planchers et de la toiture est à renforcer. C'est surtout au niveau des jonctions : balcons, acrotères, pannes, etc., que l'attention doit être portée pour limiter les phénomènes de ponts thermiques.

Les parois horizontales intérieures sont soumises à un rayonnement solaire important et participent donc fortement à la récupération des apports gratuits. Leur inertie est déterminante pour le confort que ce soit en hiver ou

en été.

A ce titre, il convient d'opter pour des planchers lourds sans revêtement thermique du côté intérieur (moquette, faux plafond...). Comme pour le monomur évoqué précédemment, il est inutile d'augmenter les épaisseurs traditionnelles pour améliorer le confort d'été. Les simulations menées par le Costic montrent qu'au delà des 10 premiers centimètres de béton, l'épaisseur de béton supplémentaire ne joue pas sur l'inertie quotidienne.

DES ÉPAISSEURS D'ISOLANT À RENFORCER

Les laines minérales et le polystyrène/polyuréthane représentent encore la majorité des réalisations, même si les laines végétales, comme le chanvre et le bois sont souvent utilisées.

Si les techniques et les matériaux diffèrent peu des pratiques habituelles l'épaisseur d'isolant est nettement augmentée.

Le coefficient de transmission thermique $\,U\,$ des planchers hauts est

d'environ 0.15 W/m².K. Cela correspond à une isolation en faux-plafond donnant sur combles non aménagés de 30 cm

de laine de verre ou 20 cm de polyuréthane en toiture terrasse. Il varie peu suivant les projets.

Les valeurs diffèrent pour les planchers bas selon qu'ils donnent sur terre-plein, sur vide sanitaire ou local non chauffé.

Pour les planchers bas sur terre-plein, l'isolation périphérique, imposée par la RT2005, est généralement étendue à toute la surface du plancher. Néanmoins, cela ne permet plus de profiter du rafraîchissement procuré par le sol en été. L'isolant présente une résistance supérieure ou égale à 1.7 m².K/W de manière à atteindre un

Nous isolons systématiquement les logements donnant sur des locaux tertiaires car ces derniers peuvent ne pas être chauffés la nuit, les week-ends et en période de vacances. 29

Jean-Marie Gaide, Architecte de l'opération d'Alliade « Square Phaéton » coefficient de transmission thermique équivalent $U_{\rm e}$ du plancher d'environ 0.2 $W/m^2.K.$

Les coefficients de transmission thermique des planchers sur vide sanitaire et sur locaux non chauffés sont proches et sont compris en général entre 0.25 et 0.30 W/m².K.

Le flocage est systématique pour les planchers bas donnant sur un local non chauffé de type parking ou cave.

Lorsque l'occupation du bâtiment est mixte résidentiel/tertiaire, le plancher bas du logement au premier étage est systématiquement isolé en sous face

pour limiter les pertes thermiques lorsque le rez-de-chaussée n'est pas chauffé. Dans ce cas, il est généralement posé des panneaux sandwich pour une finition plus propre que le flocage.

Les pertes surfaciques de chaleur sont donc réduites au minimum faisant émerger les nombreux ponts thermiques structurels et de liaison. Leur traitement est indispensable pour ne pas dégrader la performance énergétique mais aussi pour éviter les désordres du bâti liés à la condensation sur les parois froides.



Panneaux de Fybrastyrène pour isoler le rez-dechaussée du premier étage du bâtiment « Square Phaéton » d'Alliade à Lyon (69).

LA CHASSE AUX PONTS THERMIQUES

Les balcons, l'acrotère, la liaison panne sablière/mur, les retombées de poutres sur locaux non chauffés constituent les principales faiblesses dont le traitement est à prévoir dès la conception et dont la réalisation est impérativement à contrôler. Par exemple, les rupteurs de ponts thermiques

manufacturés sont souvent prévus au stade concours mais abandonnés par la suite à cause de leur prix. Dans ce cas, il convient d'opter pour une solution moins performante et de vérifier l'impact sur les consommations au niveau de la simulation et du calcul réglementaire.

Les chantiers Rhône-Alpins montrent qu'associer les différents acteurs et notamment les entreprises (maçon, menuisier...) à la réflexion est la meilleure manière d'aboutir à un bon résultat avec un surcoût limité.

Le traitement de l'acrotère peut se faire en l'enveloppant ou par désolidarisation. Le choix de la technique a un impact non négligeable sur le pont thermique réLes décrochés de façade peuvent générer d'importants ponts thermiques. Lors du projet de l'Hôtel du Lac, il y a eu une collaboration très étroite, très réactive et très efficace en phase d'exécution entre l'architecte, le BET Structure et le BET Energie pour diminuer au maximum ces ponts thermiques structurels.

Pierre Cambon, Enertech

faible et il peut donc suffire de l'envelopper.

Dans le cas contraire, la désolidarisation s'impose. Dans ce cas, le pont thermique est approximativement divisé par 4. A noter qu'en rénovation, il n'est possible que de l'envelopper.

Les retombées de poutres sur locaux non chauffés, comme les parkings, sont impérativement à isoler. Dans ce cas, il faut prévoir une hau-

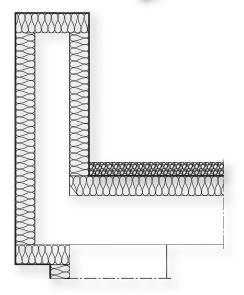
siduel. Lorsque l'acrotère est faiblement élevé teur sous plafond permettant la mise en place d'au moins (inférieur à 1 mètre), le phénomène d'ailette est 5 cm d'isolant.

Pour de plus amples informations, voir les fiches :

Solutions constructives en isolation par l'extérieur : l'exemple de la résidence « Jardins République », page 124.

Traiter les ponts thermiques : l'exemple des 7 logements basse consommation à Revel, page 128.

Aboutir à un bâtiment basse consommation en rénovation sans rupture technologique : l'exemple du bâtiment de l'ALLP à Lyon, page 1/8.





Les deux solutions de traitement de l'acrotère : envelopper (image gauche) et désolidariser (image droite, photo Hôtel du Lac de S.C.S.P. à St Priest, 69).

L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Le test de perméabilité à l'air en fin de chantier est une nouveauté importante introduite par le label BBC Effinergie® et reprise par la réglementation thermique 2012. Bien que les valeurs seuils ne soient pas très contraignantes, il a modifié profondément l'organisation des prestations de conception et de réalisation sur le chantier. Encore plus qu'un outil de contrôle, il constitue un excellent moyen de sensibilisation et de formation des acteurs du bâtiment à la performance énergétique.

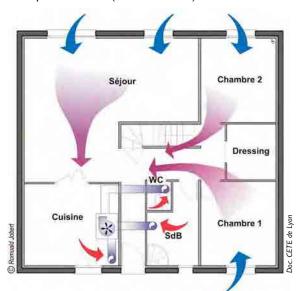
POURQUOI CONSTRUIRE ÉTANCHE À L'AIR?

La question est moins évidente qu'il n'y paraît car les entrées d'air parasites peuvent contribuer au renouvellement d'air hygiénique et améliorer par conséquent la qualité de l'air intérieur. Dans certains cas, elles permettent mêmes de combler partiellement les lacunes du système de ventilation mécanique engendrées par une mauvaise mise en œuvre ou par le calfeutrement des entrées d'air par l'occupant.

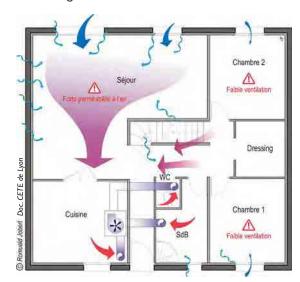
Cependant, ce renouvellement est incontrôlé. Il s'effectue au gré des différences de pression entre les façades, variables suivant la direction et la force du vent. Ainsi le balayage des pièces est perturbé et des zones mal-ventilées peuvent apparaître entraînant les pathologies liées à la dégradation de qualité de l'air (moisissures,...).

La ventilation s'effectue généralement en France par extraction ce qui met le logement en dépression. De l'air froid s'introduit par les défauts d'étanchéité générant de l'inconfort. En double flux, l'échangeur est court-circuité ce qui diminue la récupération d'énergie.

Pour finir, les débits mis en jeu en sommant ventilation mécanique et fuites sont supérieurs au renouvellement strictement nécessaire, générant une surconsommation d'énergie inutile. Dans le cadre du Prebat, le CETE de Lyon a estimé que, dans un bâtiment basse consommation, le passage d'une perméabilité par défaut (au sens de la RT2005) à une perméabilité excellente représente une diminution des consommations globales d'environ 10% à 30%.



Principe de balayage fixé par l'arrêté de mars 1982. Toutes les pièces du logement doivent être ventilées avec un débit réglementaire.



Les fuites perturbent la circulation de l'air prévue. Certaines pièces sont sous alimentées.



Les moisissures de cette salle de bains sont dues à une humidité excessive de l'air ambiant suite à un défaut de ventilation.

Comme le montre l'exemple du label Passivhaus® allemand, la perméabilité à l'air est bien une contrainte fondamentale des bâtiments performants.

Elle s'accompagne d'une étanchéité parfaite du réseau de ventilation dont la vérification des débits et de l'étanchéité devrait être obligatoire pour éviter de graves pathologies sur la santé des occupants et sur le bâti.

UNE BONNE GESTION DU PROJET EN APPUI DES DÉTAILS TECHNIQUES

L'obtention du label BBC Effinergie® et dorénavant la conformité à la réglementation thermique 2012 sont conditionnées par la validation du test d'étanchéité à l'air. Le dépassement de la valeur seuil implique donc la recherche et la réparation des fuites avec des conséquences financières considérables compte-tenu que le bâtiment est prêt à être livré.

Une réflexion technique en amont du projet de l'équipe de conception/maîtrise d'œuvre est indispensable. Elle se base sur l'expérience des acteurs, les DTU et les préconisations des fabricants. Néanmoins, la réalisation finale reste du ressort exclusif des entreprises. Encore plus que les détails techniques, la transmission de l'information est donc la clé de la réussite au niveau étanchéité à l'air.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Réussir son étanchéité à l'air dans une construction à ossature bois : l'exemple de la petite Chartreuse à la Terrasse, page 134.

Le CETE de Lyon a élaboré une démarche qualité qui précise, aux différents stades d'avancement, les tâches attendues de chacun et les documents à transmettre. Les principaux points présentés dans le tableau suivant en sont issus en grande partie.

Cette démarche a été expérimentée par le CETE de Lyon

sur deux opérations de logements collectifs à partir du début de la phase de réalisation. Son intégration inégale entre les deux chantiers et les résultats obtenus montrent clairement son intérêt. En effet, autant la perméabilité est excellente dans le premier cas avec une valeur l4 moyenne de 0.57 m³/h/m², autant elle est moyenne voire décevante lorsque l'intégration de la démarche est partielle.

Phase/Acteur	Maître d'ouvrage	Conception maîtrise d'œuvre	Entreprises
Programme	Préciser clairement les objectifs Prévoir un budget de conception adapté		
Projet		Limiter les pénétrations de l'enveloppe Elaboration d'un carnet de détails	
DCE		Informer des objectifs de perméabilité à l'air et des contraintes associées pour chaque lot Sélectionner des entreprises qualifiées	
Réalisation		Sensibiliser les entreprises S'assurer de la bonne realisation Proposer des adaptations conformes aux objectifs de perméabilité	Réalisation des travaux conformément aux CCTP et plans d'exécution Signaler les difficultés non prévues en conception Etre force de proposition
Réception	S'assurer de l'atteinte des objectifs	Actions correctives si nécessaire	Actions correctives si nécessaire

Les principaux points de la démarche qualité pour l'étanchéité à l'air des bâtiments (d'après le guide « Réussir l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et des réseaux. Elaboration et application d'une démarche qualité » CETE de Lyon et al., ADEME, DGLAN, Avril 2009).



Intégration de la démarche qualité dans les projets Rhône-Alpins

L'exemple des bâtiments performants Rhône-Alpins montre que pour arriver à des résultats satisfaisants, plusieurs solutions sont possibles. Les modalités d'application de la démarche qualité peuvent varier selon les projets. Les actions les plus fréquemment rencontrées, seules ou en combinaison sont les suivantes :

• Formation des entreprises

Systématique et indispensable compte- tenu de la faible expérience des acteurs, elle vise en premier lieu la sensibilisation de l'ensemble des intervenants, du maître d'ouvrage à l'opérateur.

D'une durée minimale d'une demi-journée (jusqu'à 2 jours), elle se compose généralement d'une séance en salle et d'études de cas concrets sur le terrain, avec parfois la visite d'un test d'étanchéité sur un bâtiment voisin.



Formation des entreprises sur l'étanchéité à l'air animée par l'architecte Vincent Rigassi pour le bâtiment d'habitation, La Petite Chartreuse, de Pluralis, à La Terrasse (38).

Les lots les plus concernés, comme le menuisier, bénéficient d'une formation individuelle supplémentaire souvent réalisée par le fabricant de système d'étanchéité à l'air.

• Sélection des entreprises mieux-disantes

Une pondération plus forte du volet technique est considérée dans le calcul de la note pour l'attribution du marché. Le montant alloué à certains lots est également revu à la hausse. C'est le cas du menuisier car son temps de main d'œuvre peut, selon le type de pose de la fenêtre, être trois fois supérieur à ses pratiques habituelles.

• Réalisation d'un prototype ou d'une maquette

Fréquent lorsque la mise en œuvre est inhabituelle ou les entreprises inexpérimentées.

• Elaboration d'un carnet de détails

Ce carnet établi par l'architecte à pour but de décrire précisément le traitement des points sensibles. Il n'est pas spécifique à l'étanchéité à l'air. L'échelle optimale pour la compréhension des détails est le 1 : 5.

A noter, la parution d'un recueil de détails se déclinant en 4 carnets (suivant le mode constructif) élaboré par le CETE de Lyon dans le cadre du programme Prebat - mininfil.

• Création d'un lot « responsable de l'étanchéité à l'air »

Cette responsabilité incombe le plus souvent à l'une des entreprises déjà retenues mais peut aussi faire l'objet d'une assistance extérieure par un expert. Cette mission peut aussi être dévolue à l'architecte, sous réserve qu'il ait acquis les compétences nécessaires.

• Association du BET au suivi de chantier et intensification des visites de site

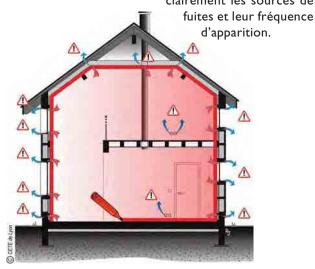


Prototype à la copropriété Le Gai Soleil à St Chamond (42) illustrant la pose de l'isolant et du bardage ainsi que le traitement des points sensibles de la baie vitrée.

APPROCHETECHNIQUE

Pour atteindre les objectifs visés, le principe appliqué consiste à créer une peau intérieure étanche et continue. Celle-ci est interrompue par les jonctions d'éléments de structure, les passages de gaines ou la liaison baie/dormant. Le traitement de ces points sensibles doit être prévu en amont et faire l'objet de croquis de détails précis.

Deux campagnes réalisées en 2005, la première par le CETE du Sud Ouest portant sur 123 logements et la seconde par le CETE de Lyon, exclusivement en construction bois (31 logements), ont permis d'identifier clairement les sources de



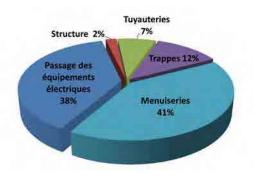
Il faut pouvoir tracer, sans lever le crayon, sur n'importe quelle vue en coupe ou en plan, la couche d'imperméabilité. Prévoir un croquis de détails au niveau de chaque interruption.

Bien que les résultats soient un peu différents, suite aux spécificités de l'ossature bois, ils montrent clairement que les percements de l'enveloppe pour le passage des gaines électriques et des tuyauteries ainsi que les menuiseries représentent la majorité des sources d'infiltrations.

Plus généralement, les défauts peuvent être classés en 4 familles :

- Gros œuvre et éléments de structure : liaison lisse basse/radier, panne sablière...
- Menuiseries extérieures : liaison baie/dormant et ouvrant/dormant.
- Trappes et éléments traversant de paroi.
- Equipements électriques et réseaux fluides.

Fréquence d'apparition des fuites



Résultats de la campagne de mesure sur 123 logements réalisée par le CETE du Sud Ouest.

D'après doc. CETE Sud Ouest, Ewde ADEME et DGUHC

Une approche différente suivant le mode constructif



Pour l'école de Monnetier Mornex (74), les panneaux OSB sont à l'intérieur et assurent la fonction d'étanchéité à l'air. La photographie montre le traitement de la liaison montant/OSB et OSB/baie à partir de rubans adhésifs adaptés. Le résultat sur ce site est excellent (14=0.1).

L'étanchéité à l'air en ossature bois est assurée par le pare-vapeur positionné à l'intérieur. Celui-ci doit envelopper complètement le volume chauffé sans interruption. Il est de plus en plus souvent remplacé par un « freine vapeur », dont la résistance à la diffusion de vapeur d'eau variable selon la saison, permet l'évacuation de l'humidité éventuelle piégée dans le mur (accidentelle ou présente à la mise en œuvre) en été évitant ainsi de possibles sinistres.

Une technique parfois rencontrée sur les chantiers Rhône-Alpins, importée d'Allemagne mais pour l'instant non conforme aux DTU français (DTU 31.2) consiste à assurer l'étanchéité à l'air à l'aide des panneaux de contreventement. Les panneaux OSB (aggloméré de lamelles de bois) constituent des parois perspirantes et jouent le rôle de freine-vapeur. Réaliser l'étanchéité à l'air consiste alors à les placer côté intérieur et à jointoyer les panneaux à l'aide d'un adhésif adapté. Le gain en temps et en qualité est considérable.

En béton banché, les parois pleines sont étanches à l'air et ne peuvent pas être percées accidentellement comme le pare-vapeur de la construction bois. En maçonnerie de blocs creux, béton ou brique, ainsi qu'en isolation répartie (monomur brique ou béton cellulaire), c'est l'enduit intérieur qui fait office d'étanchéité à l'air. Les résultats aux tests sont dans les deux cas très satisfaisants, avec un effort nettement moindre qu'en bois, sous réserve que le traitement des jonctions et singularités soit correct.



Du croquis de détails à la réalisation sur chantier : exemple en ossature bois de la liaison radier/lisse basse

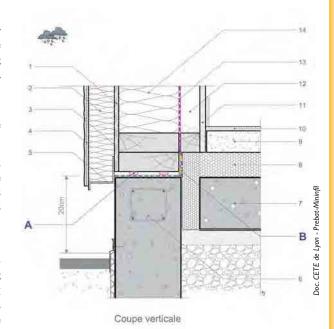
La liaison lisse basse/radier est une source fréquente de défauts d'étanchéité à l'air. La différence importante entre les états de surface du béton et du bois engendre des interstices propices au passage de l'air.

Ce point sensible constitue le premier détail du carnet relatif à l'ossature bois élaboré par le CETE de Lyon.

Le croquis (ci-contre) montre une vue en coupe de la liaison à l'échelle I : 5, richement annotée, de manière à définir clairement les éléments en jeu, la nature des matériaux d'étanchéité et le rôle de chaque corps d'état (ici les lots gros œuvre/maçonnerie et charpente/ossature bois).

Les nombreuses annotations peuvent donner l'impression qu'obtenir une bonne étanchéité à l'air est extrêmement contraignant. En réalité, de nombreux points fondamentaux comme la superposition des lès de pare-vapeur et de pare-pluie ainsi que la planéité de l'arase (DTU 31.2) sont classiques et connus de l'artisan consciencieux. Les principales nouveautés résident dans le double joint en mousse (repère A) et le collage du pare-vapeur (en B).

L'indication du croquis peut être appliquée de différentes manières avec un résultat satisfaisant. Pour la liaison lisse basse/radier, le traitement classique consiste à dérouler deux joints type « Compriband ® » sur toute la périphérie du bâtiment. Des produits manufacturés combinant l'arase étanche et le double



Croquis tiré du carnet relatif à la construction bois du CETE de Lyon (téléchargeable sur http://www.cete-lyon.equipement.gouv.fr).

joint existent également et permettent d'atteindre un résultat équivalent. Dans les deux cas, la mise en œuvre est simple et rapide.



Fuite mise en évidence à l'aide d'une poire à fumée, lors d'un test d'étanchéité.



Double joint sur l'école de Monnetier Mornex (74). Le résultat au test d'étanchéité de ce site est excellent (14=0.1).

Traitement des points sensibles

La liaison dormant/baie et le coffre de volet roulant

Garantir l'étanchéité à l'air de la liaison dormant/baie est un des points les plus complexes du chantier.

Tout d'abord, cela impose une validation minutieuse par le menuisier du support réalisé par le maçon. Sa responsabilité étant engagée par le test d'étanchéité à l'air, il est en droit d'exiger un dressage des plans d'applique, avant de poser la fenêtre, s'il juge les tolérances de

planéité et d'aplomb non satisfaisantes.

La pose des fenêtres répond au double objectif d'étanchéité à l'eau et à l'air. Les techniques et matériaux à disposition sont nombreux et permettent de s'adapter à tous les cas de figure.

Les deux pratiques les plus fréquemment rencontrées sont les poses en applique et en tableau (tunnel).

Pour de plus amples informations, voir les fiches :

Réussir son étanchéité à l'air dans une construction à ossature bois : l'exemple de la petite Chartreuse à la Terrasse, page 134.

La bonne mise en œuvre des baies vitrées : l'exemple de la résidence « Square Phaéton », page 132.

A.

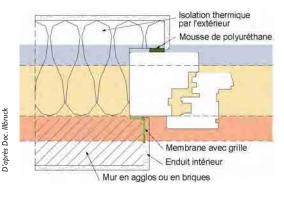
Réussir l'étanchéité pour une fenêtre posée en applique : quelques cas concrets

Dans les exemples présentés sur le schéma et les photographies ci-après, la fenêtre est placée en applique extérieure de manière à être enveloppée par l'isolant.



Les photos des logements BBC de l'OPAC 38 à Revel montrent un souci du détail important. Le calfeutrement des pattes de fixation, imparfaitement recouvertes par la bande adhésive butyle extérieure (en bleu) est renforcé. L'étanchéité entre le dormant et la baie est assurée par un mastic adapté (filet jaune sur la photographie de droite). Un joint silicone de finition vient renforcer les deux barrières précédentes mais n'est pas nécessaire du point de vue étanchéité à l'air.





L'étanchéité à l'eau est assurée par une mousse de polyuréthane autoadhésive, imprégnée de résine synthétique, classiquement utilisée par les menuisiers. La nouveauté réside dans la membrane à l'intérieur, fixée au dormant puis, selon la structure, recouverte d'enduit ou collée directement sur le pare-vapeur (ossature bois).

La pose en tunnel (aussi appelée en tableau) permet de traiter facilement l'ensemble des problèmes liés à la jonction dormant/baie. Certains fournisseurs proposent pour cela une mousse de polyuréthane fortement expansive qui joue le rôle de barrière à l'eau et à l'air. De faible conductivité thermique, elle permet, en plus, de renforcer l'isolation.

Son application est simple et rapide. Elle consiste à dérouler le joint sur le dormant avant la mise en place dans la baie. La principale contrainte est d'installer la fenêtre avant que la dilatation du joint ne soit trop importante. Cette technique tend à se généraliser dans les chantiers performants de la région Rhône-Alpes.

Partie intégrante de la baie, le coffre de volet roulant est une source récurrente de fuites. Elles ont lieu au niveau de la fermeture de la partie amovible permettant l'entretien du volet et au niveau de la transmission de l'effort (si mécanique) ou de la commande électrique.

Malgré des améliorations technologiques, la partie amovible reste difficile à étanchéifier et il est recommandé de placer le coffre à l'extérieur. La traversée de la tige est une source importante de fuites et doit être traitée avec une membrane adaptée. Le passage des câbles électriques doit être prévu pour que l'étanchéité se maintienne avec les actions d'entretien ou de remplacement des gaines.



La pose en tableau avec un joint périphérique en mousse de polyuréthane constitue le traitement le plus efficace et rapide de la liaison critique menuiserie/baie

Joint périphérique comprimé entre la menuiserie (en noir) et le mur en béton (en gris clair), bâtiment d'habitation Square Phaéton, d'Alliade à Lyon (69).

Le passage de la tige de commande de volet roulant a du être corrigé après le test d'étanchéité à l'air (La Petite Chartreuse de Pluralis à La Terrasse, 38).



Equipements électriques et tuyauteries

Bien qu'elles se traduisent généralement par un courant d'air pénétrant au niveau des prises de courant, les sources de fuites liées aux équipements électriques sont multiples. Opter pour les boîtiers étanches ne fait généralement que supprimer les maux visibles sans toucher au cœur du problème.

La première source de fuites, commune aux fourreaux électriques, aux tuyauteries et aux conduits aérauliques, correspond au percement de l'enveloppe étanche à l'air. Bien qu'il soit possible de les traiter efficacement par des membranes EPDM (élastomère à base d'Ethylène, Propylène, Diène et Monomère) ou par des joints mastic, il est conseillé de limiter les perforations. L'ordre de grandeur du label allemand Passivhaus®, moins de 15 traversées de la couche étanche, peut être retenu par les concepteurs. Pour cela, il faut dans la mesure du possible, éviter les conduits et tuyauteries extérieurs sources de dé-

les conduits et tuyauteries extérieurs, sources de déperditions importantes.

De même, placer l'armoire électrique dans le vo-

lume chauffé, ne nécessite plus qu'un seul percement correspondant à l'arrivée EDF.

Il est aussi nécessaire d'étanchéifier, généralement par un joint mastic, l'intérieur des fourreaux électriques car ils génèrent une introduction d'air importante.

La deuxième source de défauts est due au passage des gaines électriques dans le vide d'air technique ménagé entre l'isolant et le pare-vapeur. Evoluant très près de l'étanchéité, l'électricien peut involontairement l'endommager. Sans aucune conséquence si le percement est signalé et réparé, il peut s'avérer catastrophique s'il est la cause de la non validation du test car le défaut ne peut être localisé précisément.

Bien entendu, l'intervention à posteriori telle que montrée figure ci-après, pour rattraper un oubli (du concepteur ou de l'électricien), est à proscrire. Dans tous les cas de figure, c'est par une concertation entre l'opérateur et l'architecte ou le responsable de l'étanchéité à l'air que de bons résultats sont atteints.

Pour de plus amples informations, voir la fiche:

Réussir son étanchéité à l'air dans une construction à ossature bois : l'exemple de la petite Chartreuse à la Terrasse, page 134.



Photo prise dans un logement BBC de l'OPAC 38 à Revel montrant l'étanchéification du percement de l'enveloppe étanche et de l'intérieur du fourreau par des joints mastic (mousse de polyuréthane élastique faiblement expansive).

Il est préconisé dans le cas de plusieurs fourreaux de les éloigner les uns des autres pour limiter les vides inaccessibles qui ne pourraient pas être traités.



Exemple de défaut lié à un passage de câble, non prévu initialement, sans concertation avec les autres intervenants.

LES POSTES
CONSOMMATEURS
ET LES
ÉQUIPEMENTS
ASSOCIÉS

LES POSTES CONSOMMATEURS ET LES ÉQUIPEMENTS ASSOCIÉS

ans les bâtiments basse-consommation, les besoins de chauffage étant réduits, le poste eau chaude sanitaire (ECS) en résidentiel et l'électricité hors production de chaleur et de froid pour tous les types de bâtiment prennent beaucoup plus d'importance dans le bilan énergétique global.

Le poste électricité hors usages thermiques est de loin le plus énergivore comme l'illustrent les résultats de suivis instrumentés présentés ci-après, menés sur 2 bâtiments Rhône-Alpins ayant des objectifs de performances proches des bâtiments BBC.

Dans ces consommations d'électricité hors production de chaleur et de froid, on trouve l'éclairage, les auxiliaires et des usages non pris en compte par la réglementation thermique actuelle tels que l'électroménager et la bureautique.

Même si un effort nouveau doit être porté sur les différents usages qui viennent d'être cités, chaque kWh a son importance. C'est pourquoi, il importe de limiter l'impact de l'ensemble des postes de consommation du bâtiment.

Ce chapitre présente, à travers les exemples Rhône-Alpins, les solutions mises en œuvre pour chacun de ces postes :

- Chauffage,
- ECS,
- Ventilation,
- · Rafraîchissement.
- Auxiliaires,
- Éclairage,
- Autres usages de l'électricité (électroménager, bureautique,...).

Il ne s'agit pas, le plus souvent, d'une logique de rupture technologique mais plutôt d'une optimisation de l'ensemble des performances des installations. On notera enfin dans ces projets, que le recours à la climatisation est le plus possible évité.

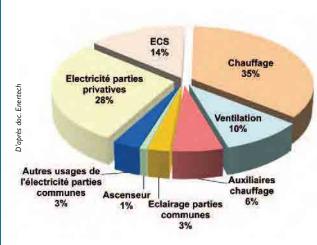


Exemples de répartition des consommations d'énergie primaire mesurées dans deux bâtiments Rhône-Alpins :

les usages spécifiques de l'électricité prédominent

Pour les 38 logements de CAPRI de la ZAC de Bonne à Grenoble (38), précurseurs à l'époque (2003), l'objectif fixé était une consommation inférieure de moitié par rapport à des immeubles RT2000. Même si les consommations de chauffage sont plus élevées que pour des bâtiments BBC, cet exemple montre l'importance des





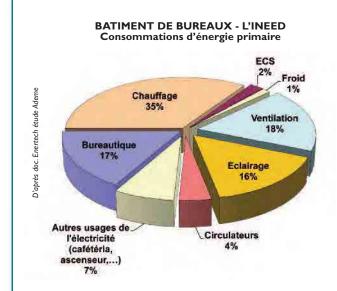
consommations électriques hors usages thermiques pour des bâtiments résidentiels. Elles représentent 51% des consommations totales d'énergie primaire de cet immeuble (le pourcentage serait encore plus élevé pour un bâtiment BBC).

La consommation électrodomestique mesurée en énergie finale dans 4 logements est en moyenne de 780 kWh/an.personne sachant que la moyenne nationale est de 1000 kWh/an.personne.

Au total, la consommation d'énergie primaire est de 149 kWhep/m²shon.an. et de 176 kWhep/m²shab.an (en prenant un coefficient de 2.58 pour l'électricité et un rendement de production de chaleur de 0.85) hors électricité produite par la cogénération.

Les consommations de cet immeuble ont été estimées à partir des mesures effectuées en chaufferie, dans les parties communes et dans 4 logements.

(Suite à la page suivante)



...Dans le bâtiment de bureaux de l'INEED, de la Chambre de Commerce et de l'Industrie à Alixan (26), les usages de l'électricité autres que thermiques prédominent également. Ils représentent 62% des consommations totales d'énergie primaire de ce bâtiment bien qu'elles aient été fortement minimisées.

En bureautique, par exemple, les consommations mesurées sont environ 6 fois moindre que les valeurs moyennes nationales (obtenues sur une cinquantaine de bâtiments).

La consommation totale mesurée de ce bâtiment de bureaux (hors atelier) qui a fait l'objet d'une importante optimisation énergétique est de 83 kWhep/m²shon.an (102 kWhep/m²utile.an) et de 62.8 kWhep/m²shon.an pour les 5 usages réglementés, hors photovoltaïque (en considérant un coefficient de conversion énergie primaire/finale de 2.58 pour l'électricité).

Dans ces deux bâtiments, les résultats de suivis ont montré qu'une réduction des consommations pouvait encore être obtenue en parant aux dérives de fonctionnement constatées (d'environ 30% à l'INEED).

LE CHAUFFAGE

Dans les opérations « Bâtiment démonstrateur basse consommation » en Rhône-Alpes, les systèmes de chauffage mis en œuvre varient selon les spécificités des sites. La réduction des besoins de chauffage n'a pas entrainé une prépondérance du chauffage aéraulique, comme aurait pu laisser le supposer l'exemple des bâtiments Passivhaus® en

Allemagne.

Elle amène toutefois à revoir les pratiques de conception, comme décrit ci-après. Les actions menées pour réduire les consommations des auxiliaires de chauffage (circulateurs, ventilateurs) sont présentées dans un autre chapitre consacré aux auxiliaires (voir page 75).

LE CHAUFFAGE À EAU CHAUDE CONTINUE DE PRÉDOMINER

Pratiquement tous les bâtiments d'habitation collectifs et de nombreux bâtiments tertiaires « démonstrateurs basse consommation » Rhône-Alpins sont équipés d'installation de chauffage à eau chaude. Les systèmes de production rencontrés sont divers en fonction des spécificités des sites, par exemple :

- Réseau de chauffage urbain pour un immeuble de 30 logements sociaux de la SACOVIV situé en centre ville de Vénissieux (69), à proximité du réseau de chaleur.
- Pompe à chaleur (PAC) sur nappe phréatique pour le lotissement de 4 logements Les Santolines, de DAH à Ancône (26), compte-tenu de la présence d'une nappe de faible profondeur (4 mètres) permettant d'éviter des consommations excessives de pompage qui dégraderaient le coefficient de performance (COP). Cette solution a été validée par une étude de ressource et de pérennité du débit.
- PAC réversible eau glycolée/eau pour les bureaux de la Cité de l'environnement de For Home à St Priest (69), les espaces verts à côté du bâtiment permettant l'implantation de capteurs horizontaux.

- Chaudière à granulés bois pour l'immeuble de 9 logements d'Habitat Beaujolais Val de Saône à Proprières (69) ou à plaquettes pour une résidence plus importante de 51 logements « Jardins Répulique » de SOGIMM à Epagny, 74 (voir encadré ci-après), sites pour lesquels un espace a été prévu dès le départ pour l'implantation du silo.
- Cogénérateur à l'huile de colza en base associé à des chaudières à granulés bois et gaz pour les pointes et secours, solution originale adoptée pour couvrir les besoins de chaleur d'un nouvelle zone urbaine à Vaulx-en-Velin, l'ilot Thouly Carré de Soie qui comprendra 12 000 m² de bureaux et de surfaces commerciales ainsi que 94 logements sociaux de Rhône Saône Habitat (69). Le cogénérateur, par sa production d'électricité, contribue en complément des panneaux photovoltaïques à atteindre l'objectif « énergie positive » de l'ilôt.
- Chaudière gaz à condensation pour les 34 logements sociaux de Décines de Grand Lyon Habitat (69), solution plus « classique » adoptée sur de nombreux sites.



Pour de plus amples informations, voir les fiches :

Opter pour une chaudière à granulés bois : l'exemple du siège social de la SOREA, page 142.

Adapter le chauffage à eau chaude à la basse consommation : l'exemple du lotissement Les Santolines, page 138.

Une chaufferie bois pour les 51 logements de la résidence « Jardins République »

Plusieurs sites Rhône-Alpins aussi bien en habitat collectif qu'en tertiaire, à faible besoin énergétique, ont opté pour une chaufferie bois.



Photo de la chaudière bois à plaquettes des 51 logements de SOGIMM à Epagny (74).

La chaudière automatique bois à plaquettes de 220 kW, ci-contre, dessert par l'intermédiaire de sous-stations, les 4 bâtiments « Jardins République » soit 51 logements et 4 commerces, labellisés Minergie®. Elle a été dimensionnée pour couvrir 95 % des besoins de chauffage et d'ECS durant la saison de chauffe.

L'appoint en chauffage et l'ECS en été sont assurés par une chaudière gaz basse température de 300 kW.

Le silo de 100 m³ utile (150 m³ brut) est accessible directement depuis un parking extérieur pour les livraisons. L'approvisionnement est réalisé dans le cadre du contrat d'exploitation ce qui implique une vigilance importante de l'exploitant vis-à-vis de la qualité du combustible (en particulier de son humidité).

Cette chaufferie bois d'un coût d'investissement nettement supérieur à une chaufferie gaz reste cependant intéressante économiquement compte-tenu du faible coût du combustible, moins sujet, par ailleurs, à des augmentations rapides que les énergies fossiles.

Quel que soit le type de production adopté, la réduction importante des besoins des bâtiments amène à revoir les pratiques de conception des installations de chauffage à eau chaude, comme le montre l'exemple du lotissement Les Santolines à Ancône :

 La diminution des puissances des émetteurs, induit des débits plus faibles et donc des diamètres de canalisations plus réduits pour respecter une vitesse minimale de 0.2 m/s. Des précautions doivent être prises pour assurer le dégazage et prévenir les risques d'embouage.



La prévention de l'embouage ne se limite pas à un traitement de l'eau. Elle est à prendre en compte aussi bien en phase de conception, de réalisation que d'exploitation

- L'hydraulique et la régulation doivent être adaptées pour atteindre les performances escomptées des générateurs tels que chaudières à condensation et PAC (voir premier encadré ci-après) ainsi que des circulateurs à vitesse variable (voir chapitre « Les auxiliaires » page 75).
 Ces générateurs doivent également être couplés à des émetteurs basse température qui procurent, en outre, un gain de confort.
- Pour profiter au maximum des apports internes (de l'ensoleillement notamment), qui peuvent varier de manière brusque et contribuer à éviter d'éventuelles surchauffes dans ces bâtiments à faibles besoins, il est indispensable que l'émission de chaleur puisse être arrêtée rapidement.

Les simulations montrent que dans ces bâtiments très isolés, un degré de plus de température ambiante correspond à environ 15% de consommation supplémentaire de chauffage. Cela nécessite donc une régulation terminale plus réactive et plus précise que des robinets thermostatiques comme par exemple celle mise en œuvre dans le lotissement Les Santolines. (voir figure ci-dessous).

La régulation des radiateurs des logements les Santolines est assurée par des vannes deux voies à moteur électrothermique commandées en tout ou rien bar un thermostat d'ambiance. Les temps d'ouverture/fermeture de ces vannes sont d'environ 3 minutes contre jusqu'à 40 minutes de tembs de réponse pour un robinet thermostatique.



Les pertes thermiques doivent être limitées au maximum par une isolation du réseau nettement supérieure aux exigences de la RT2005 (classe 4 au moins au lieu d'une classe 2, aucune exigence minimale n'étant imposée par la RT2012) ainsi que par des tracés des réseaux les plus courts possibles (émetteurs plus systématiquement placés en allège,...).

Une attention particulière doit être portée au calorifugeage des accessoires, tels que les vannes, rarement isolés jusqu'à présent. Les vannes taraudées qui présentent de plus faibles pertes thermiques que les vannes à brides sont à privilégier. Le coefficient de pertes, par exemple, d'une vanne non calorifugée à boisseau sphérique à brides DN50 est environ 7 fois plus élevé que celui d'une vanne taraudée de même diamètre, d'après des résultats de mesure du Costic.

Une optimisation du nombre de vannes est également souhaitable, la fonction d'isolement pouvant être assurée, par exemple, par une vanne d'équilibrage qui dispose d'une mémorisation de réglage.



Exemple de calorifugeage de vannes (bâtiment de bureaux de l'A.L.L.P. à Lyon, 69). Les pertes thermiques des réseaux de distribution sont limitées le plus possible.

Les surpuissances des générateurs adoptées précédemment pour la relance du chauffage après un ralenti sont remises en cause. Comme le montre l'exemple présenté dans le second encadré ci-après, elles conduisent à de plus faibles taux de charge et donc à de plus faibles rendements. Dans ces bâtiments très isolés avec une forte inertie, les températures ambiantes durant les ralentis de nuit chutent peu.

Par exemple, dans le bâtiment de bureaux de l'INEED de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Drôme à Alixan (26), dont les performances sont proches d'un bâtiment Passivhaus®, la température moyenne observée durant la saison de chauffe dans 22 bureaux est de 20.9°C en période d'occupation et de 20.3°C en période d'inoccupation. Sans surpuissance spécifique du générateur, les températures de confort sont atteintes à l'arrivée des occupants après une relance de la chaudière par l'optimiseur entre 3 et 7 h selon les jours.



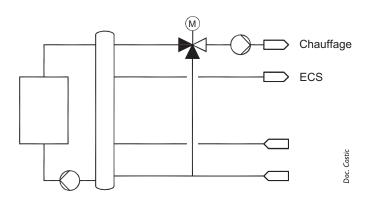
L'hydraulique au même titre que la régulation doit être adaptée pour profiter pleinement des performances des générateurs



Choisir un générateur performant ne suffit pas, exemple

Cet exemple montre que si la conception hydraulique et la régulation de l'installation de chauffage ne sont pas adaptées, les rendements de la chaudière gaz à condensation sont inférieurs à ceux escomptés.

Sur ce site de 15 logements RT2000 conçus en démarche HQE®, qui a fait l'objet d'un suivi instrumenté mis en



Le schéma hydraulique de cette installation.

place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par le Costic, les besoins de chauffage et l'appoint de la production d'ECS solaire sont assurés par une chaudière gaz à condensation à brûleur modulant. Les logements sont équipés de radiateurs munis de robinets thermostatiques.

Le schéma hydraulique et la régulation adoptés, présentés ci-contre, ne permettent pas d'obtenir des températures d'eau de retour les plus faibles possibles pour profiter des performances du générateur à condensation.

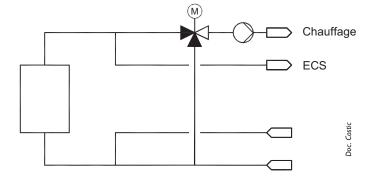
La température d'eau de départ est régulée en fonction de la température extérieure grâce à une vanne 3 voies montée en mélange. Le générateur est maintenu à 80°C de 5h à 22h30 et à 50°C pendant la période de réduit de nuit, en l'absence de besoin d'ECS. Il fonctionne donc pratiquement ¾ du temps à des niveaux de températures élevés qui conduisent à des rendements plus faibles que ceux qui pourraient être obtenus.

Une régulation de la chaudière, à température glissante en fonction de la température extérieure, permettrait d'avoir des températures moyennes de chaudière plus basses et donc de meilleurs rendements.

Les relevés montrent, par ailleurs, que les réglages ne sont pas optimaux :

- La faible chute de température aller-retour du circuit de chauffage, d'à peine 4K enregistrée par temps froid laisse supposer un débit inutilement important qui conduit à des surconsommations électriques. Une réduction de la vitesse permettrait d'obtenir des températures de retour plus basses.
- Un abaissement de la pente de la courbe de chauffe pourrait être réalisé compte-tenu des températures élevées observées dans les logements. Les températures ambiantes moyennes relevées dans les séjours de 5 appartements varient de 21 à 24°C de novembre à mars.

A noter également, sur le circuit d'irrigation de la chaudière, à la fois l'existence d'un circulateur de recyclage en parallèle intégré à la chaudière et la présence d'une bouteille de découplage associée à un circulateur de charge en série. Il y a double-emploi, au détriment des consommations électriques des circulateurs, d'autant que le circulateur de charge est un modèle double. D'autre part, ils conduisent à des températures de retour vers la chaudière plus élevées.

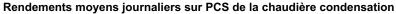


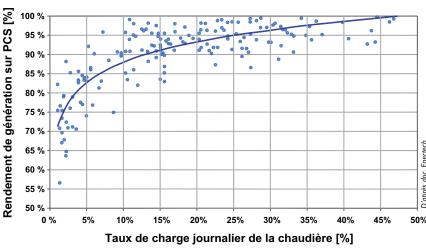
Exemple de schéma permettant de mieux profiter des performances de la chaudière à condensation

La figure ci-contre présente un exemple de schéma, sans bouteille de découplage, permettant de fonctionner à température glissante, pour bénéficier des avantages de la condensation, en dehors des périodes de relance pour l'appoint en ECS. Il convient pour des chaudières sans contrainte de débit minimal



Exemple de rendements de génération et de taux de charge obtenus sur une installation équipée d'une chaudière à condensation





Le graphique ci-contre est issu du suivi du bâtiment de bureaux de l'INEED mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par Enertech. Les points de ce graphique correspondent aux rendements moyens journaliers de génération mesurés sur l'installation de chauffage de ce bâtiment, pourvue d'une chaudière gaz à condensation, desservant 5 circuits (radiateurs et CTA).

Le rendement sur PCI annoncé par le constructeur de cette chaudière de 150 kW,

équipée d'un brûleur gaz à prémélange total, modulant sa puissance de 10 % à 100 %, est de :

- 97.4% à 100% pour un régime d'eau de 80-60°C,
- 109.6% pour 40-30°C.

Le rendement annuel de génération mesuré sur cette installation, qui inclut également les pertes du circuit primaire, est de 101.2% sur PCI soit 91.2% sur PCS.

Plus le taux de charge est faible, plus les rendements mesurés chutent, surtout en dessous de 10% (l'imprécision sur les mesures devenant toutefois plus grande). En dessous de 10% de taux de charge, les séquences marche-arrêt de la chaudière entrainent des pertes plus importantes tant au niveau de la chaudière que du circuit primaire, liées aux remises en température.

Plus la chaudière sera surdimensionnée, plus elle fonctionnera à de très faibles taux de charge ce qui conduira à un plus faible rendement annuel. Sur cette installation sans surdimensionnement spécifique de la chaudière, le taux de charge journalier ne dépasse jamais 50% sur l'ensemble de la saison de chauffe. Dans des bâtiments très isolés, compte-tenu du poids des apports gratuits, les équipements fonctionnent encore plus à des faibles taux de charge.

A noter par ailleurs, que le fractionnement de la puissance chaufferie entre plusieurs générateurs permet également de limiter le fonctionnement à faibles taux de charge.

Ces résultats montrent aussi l'importance d'optimiser le circuit primaire de manière à limiter son volume en eau et ses pertes thermiques.

LE CHAUFFAGE AÉRAULIQUE EN LOGEMENT COLLECTIF EST ENCORE PEU RÉPANDU

Dans les bâtiments d'habitation collectifs BBC en Rhône-Alpes comme dans les autres régions françaises, le chauffage aéraulique reste peu usité quel que soit le système : système Ribo®, Climlight®, split-system,VMC double-flux thermodynamique, système compact multifonction,...

En France, ce mode de chauffage pâtit d'une mauvaise réputation due à son utilisation inappropriée, il y a plus d'une trentaine d'années dans des logements mal isolés. Des problèmes d'inconfort dus notamment aux températures élevées de l'air pulsé, aux débits importants de soufflage et aux nuisances sonores induites ont terni son image.

Néanmoins, dans les logements basse-consommation, plusieurs arguments plaident en faveur de leur usage et plus particulièrement des systèmes VMC double-flux thermodynamiques. Le renforcement de l'isolation permet à ces systèmes de couvrir les besoins de chauffage avec des

débits et des températures de soufflage nettement plus faibles. Ils réduisent les pertes dues au renouvellement d'air qui représentent une part importante des déperditions de ces logements. Ils permettent de profiter des performances de ces PAC.

Quels sont donc les freins qui expliquent que ces systèmes sont peu rencontrés en habitat collectif ?

- Le passage des gaines calorifugées et surtout le croisement des gaines de reprise et de soufflage dans les circulations des parties communes requièrent des hauteurs de faux-plafond importantes. Très souvent, l'espace disponible laissé par l'architecte ne permet pas ce passage. Ces solutions de chauffage doivent être prévues dès l'APS.
- Une conception et une mise en œuvre minutieuses sont nécessaires pour assurer une diffusion d'air, des températures et des niveaux acoustiques qui ne génèrent pas d'inconfort. On notera, par ailleurs, que pour pouvoir obtenir dans les salles d'eau des températures supérieures à celles des autres pièces, un émetteur de chauffage complémentaire est nécessaire.



Dans ce logement, l'installation des conduits d'insufflation du système VMC double-flux thermodynamique a nécessité la mise en place d'un faux-plafond dans le hall d'entrée. Placer la grille de diffusion d'air pas à l'entrée, comme ici, mais au fond du séjour aurait permis un meilleur balayage de la pièce. Par contre, cela aurait impliqué la mise en place d'un soffite dans le séjour pour le passage du conduit d'insufflation.

Retours d'expérience sur un site équipé de systèmes compacts multifonctions

Deux petits bâtiments collectifs labellisés Minergie® pourvus de systèmes compacts multifonctions ont fait l'objet d'un suivi mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par le Costic. Ces systèmes installés dans chaque logement assurent par l'intermédiaire d'une PAC, le chauffage, la ventilation et l'appoint de la production d'ECS solaire.

Les performances énergétiques de ces systèmes mesurées sur ce site sont très nettement inférieures à celles annoncées. Les consommations d'énergie enregistrées sur une année sont presque deux fois plus élevées que celles escomptées alors que les besoins d'ECS sont peu importants, la température moyenne d'air ambiant pendant la saison de chauffe est de l'ordre de 20°C et les débits de renouvellement d'air sont anormalement faibles.

De plus, certains occupants se plaignent d'un inconfort lié à la diffusion d'air, qui n'a pas fait l'objet d'une attention spécifique.

A noter, par ailleurs, que la société de maintenance, en charge de l'entretien de ces matériels, réalise un changement des filtres et un nettoyage de l'échangeur de chaleur double-flux tous les 6 mois. Le paramétrage de la régulation est relativement complexe à réaliser.

LE CHAUFFAGE AÉRAULIQUE EST PLUS FRÉQUENT DANS LES BÂTIMENTS TERTIAIRES

Dans les bâtiments tertiaires « démonstrateurs basseconsommation » Rhône-Alpins, ce mode de chauffage est couramment adopté car, outre généralement la réduction des pertes liées au renouvellement d'air, il permet :

• Une variation rapide des puissances émises particulièrement bien adaptée à ces locaux occupés très souvent de manière intermittente et dont les apports internes (nombre d'occupants, ensoleillement,...) peuvent varier rapidement. A l'hôtel du lac de S.C.S.P. à St Priest (69), par exemple, des éjecto-convecteurs ont été installés dans les chambres. Leur puissance a été dimensionnée de manière à permettre une relance rapide du chauffage après un réduit dans les chambres inoccupées.



Distribution aéraulique de l'installation de chauffage et de rafraîchissement de l'hôtel du Lac

Un éventuel rafraîchissement l'été. Le bâtiment de bureaux à « énergie positive » de Bonne-Energie[®] de LFI à Grenoble (38), par exemple, est équipé d'une centrale de traitement d'air raccordée à une PAC sur nappe phréatique qui assure le chauffage, le rafraîchissement

et le renouvellement d'air des bureaux ainsi qu'une éventuelle sur-ventilation nocturne. Pour plusieurs autres bâtiments de bureaux, tels que la Grande Ourse de la SARL JEFFAC à Sorbiers (42), des ventilo-convecteurs ont été prévus.

Dans les bâtiments tertiaires, les problèmes de mise en œuvre évoqués pour les logements, sont moindres comptetenu des hauteurs sous plafond généralement plus importantes et de l'usage plus courant de ces équipements.



Les spécificités de la conception hôtelière : l'exemple de l'hôtel du lac, page 106.

Concevoir un bâtiment à « énergie positive » : l'exemple de Bonne-Energie®, page 108.

L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Dans les bâtiments résidentiels performants, l'eau chaude sanitaire (ECS) devient un poste énergétique prédominant par rapport au chauffage. Minimiser ces consommations

constitue une priorité pour atteindre le seuil emblématique des « 50 kWhep/m²shon.an ». Les actions à mener ne se limitent pas à l'installation d'une production d'ECS solaire comme le montrent les projets de bâtiments à faibles besoins énergétiques en Rhône-Alpes.

D'autres exigences importantes doivent, par ailleurs, être satisfaites :

 Sécurité sanitaire : l'ECS est soumise aux mêmes critères de « potabilité » que l'eau froide. Elle ne doit pas constituer un danger potentiel pour la santé des personnes. Abaisser les températures de production et de distribution augmente le risque de développement de

micro-organismes pathogènes. L'arrêté du 30 novembre 2005 impose des valeurs limites de température.

• Disponibilité et confort : les attentes des utilisateurs en la matière sont importantes. Les économies ne seront durablement acquises que si elles ne sont pas réalisées au détriment de ces exigences. A noter que dans les bâtiments soumis au code du tra-

vail, les lavabos doivent être alimentés en ECS et pas seulement en eau froide (article R232-2-3 du code du travail).

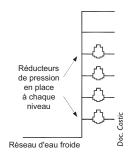
LIMITER LES BESOINS D'ECS

Supprimer les volumes inutilement soutirés constitue la première priorité. L'enjeu n'est pas seulement énergétique mais également environnemental. Minimiser ces consommations permet aussi de contribuer à préserver les ressources en eau.

Les recommandations qui figurent dans le référentiel régional QEB pour la construction des logements sociaux, sont les suivantes :

 Installation de réducteurs de pression sur les réseaux d'eau si la pression à l'entrée du logement excède 3 bar. L'installation de ces équipements, quel que soit le type de bâtiment, permet de réduire les débits inutilement élevés. Elle contribue également à améliorer le confort des usagers ainsi que la pérennité de l'installation.

Pour une même ouverture de robinet, si le débit sous une pression de 6 bar est, par exemple, de 13 l/min, il sera de 9 l/min sous 3 bar.



La maîtrise des

consommations d'énergie

pour l'ECS ne se limite

pas à l'installation

d'une production d'ECS

solaire. ""

Dans les bâtiments où la pression est élevée, l'installation de réducteurs de pression permet de limiter les débits inutilement forts.

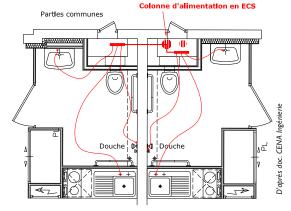
Seuls les niveaux où la pression est excessive sont équipés.

Les réducteurs de pression sont généralement préréglés sur 3 bar, valeur de référence des normes d'essais de robinetterie. Dans certains bâtiments à faibles besoins Rhône-Alpins, le CCPT impose une pression de réglage plus faible de 2.5 bar. Quelle que soit la valeur adoptée, il est nécessaire de vérifier qu'elle ne conduit pas à des pressions aux points les plus défavorisés trop basses par rapport aux exigences de certains équipements (chaudières murales notamment) et aux contraintes réglementaires.

 Des distances entre le puisage et la desserte en ECS inférieures à 10 mètres. Regrouper les points de puisage et positionner la boucle d'ECS ou la production individuelle à proximité de ces postes, permet de réduire les gaspillages et l'inconfort dus aux temps d'attente de l'arrivée d'eau chaude.

Dans le cas d'une production d'ECS collective, un optimum est à rechercher entre la limitation des pertes thermiques de la distribution collective et individuelle. En effet, minimiser les distances entre la boucle d'ECS et les points de puisage conduit généralement à augmenter la longueur du bouclage et donc à des pertes thermiques sur la distribution collective plus importantes.

A l'hôtel du Lac de S.C.S.P à St Priest (69) et à la résidence de « La Salamandre » d'Haute Savoie Habitat à Annecy-le-Vieux (74), la solution adoptée consiste à desservir par une même colonne, deux chambres ou deux appartements par étage (voir figure ci-dessous). Dans l'immeuble de Vénissieux de la SACOVIV (69), une colonne alimente un logement par étage.



A la résidence étudiante de « La Salamandre », les pertes d'eau et d'énergie liées à la distribution ont été limitées au maximum. La distance entre la boucle d'ECS et le point de puisage le plus éloigné est, en général, d'environ 3 mètres, compte-tenu du regroupement des points de puisage et de l'implantation des colonnes d'alimentation adoptés.

• Installation de dispositifs autorégulants de limitation de débit avec des robinetteries performantes, type butées en température et en débit.

Si l'on cherche à soutirer un volume d'eau donné, comme c'est le cas au niveau de la baignoire ou fréquemment à l'évier, une réduction importante des débits, ne fera qu'allonger les temps de soutirage. Par contre, des débits inutilement élevés sur le poste de la douche et du lavabo conduiront à des gaspillages.

A noter que l'ajout ultérieur d'un limiteur de débit sur une robinetterie bénéficiant du marquage NF ne permet pas de garantir ses performances notamment en matière de sensibilité de réglage, d'endurance et d'acoustique. Il est préférable d'opter pour une robinetterie NF dotée d'origine d'un dispositif de limitation de débit.

Obligation de remettre aux usagers une fiche de sensibilisation, visant à les aider à réduire les volumes d'eau qu'ils puisent. Sur plusieurs bâtiments à faibles besoins Rhône-Alpins, un manuel de l'habitation, abordant notamment cet aspect, a été remis aux occupants. La consommation d'ECS dépend, en

effet, fortement des comportements. Les motivations des individus, par rapport

aux usages de l'eau, sont toutefois complexes (hygiène, confort, habitudes culturelles,...).

Les mitigeurs thermostatiques installés sur les douches apportent également des économies d'eau de par leur facilité de réglage. Ils offrent aussi un meilleur confort et une sécurité vis-à-vis du risque de brûlures. Des suivis menés par le Costic, en habitat individuel, montrent une économie d'eau et d'énergie, entre une douche équipée d'un mélangeur et d'un mitigeur thermostatique, d'environ 10%.

Les logements neufs de la résidence « Jardins République » de SOGIMM à Epagny (74), par exemple, ont été équipés de mitigeurs thermostatiques bain-douche.

Opter pour une douche au lieu d'une baignoire, notamment dans les petits logements, peut également permettre de réduire les consommations. A noter que le volume en eau des baignoires standards est maintenant d'environ 120 litres au lieu de 150 litres précédemment.

Les débits des robinetteries de collectivité, à fermeture temporisée ou à détection de présence, ont été abaissés à des valeurs allant jusqu'à 3 à 4 l/min pour les lavabos.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Minimiser les consommations d'eau froide et d'eau chaude sanitaire : l'exemple de la résidence étudiante La Salamandre, page 144.

La douche, un poste qui mérite une attention importante



Exemple de pomme de douche de 200 mm de diamètre conduisant à des débits élevés.

Le bain et la douche sont de loin, les postes de consommation d'ECS les plus importants. Il faut être très vigilant sur le choix de la robinetterie et plus particulièrement de la pomme de douche.

La tendance actuelle, en matière de salle de bains, est aux douches multijets hydro, aux baignoires balnéo et aux pommes de douches de grand diamètre. Ces équipements sont très consommateurs.

A l'hôtel du Lac (3 étoiles) de S.C.S.P à St Priest (69), le bureau d'études a finalement réussi à imposer une douchette ayant un débit limité à 9 l/min au lieu d'une grosse pomme de douche, très tendance, avec un débit allant jusqu'à 25 l/min.



La pomme de douche finalement adoptée pour les salles de bains des chambres de l'hôtel du Lac.

RÉDUIRE LES PERTES THERMIQUES

La limitation des pertes thermiques liées à la distribution et au stockage d'ECS est une exigence à prendre en compte dès le stade de la conception de l'installation. Cela consiste tout d'abord à diminuer les surfaces dépenditives :

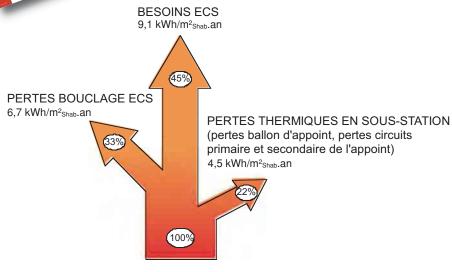
• Choisir un type de production adapté en fonction de la localisation et du nombre de points de puisage. Si le bâtiment ne comporte que quelques points de soutirage éloi-

> gnés les uns des autres, il est préférable d'envisager une production décentralisée de manière à éviter un long bouclage. La boucle d'ECS constitue un poste important de consommation énergétique.

- Optimiser le dimensionnement et le tracé des réseaux de distribution individuelle et collective. Cela conduit notamment à regrouper le plus possible les points de puisage, comme évoqué à la page 63. Autre solution mise en œuvre à l'hôtel du Lac : un retour de boucle commun à l'ensemble des colonnes ce qui permet de limiter fortement sa longueur.
- · Optimiser le dimensionnement des capacités de stockage éventuelles. Il faut éviter le surdimensionnement. Par ailleurs, pour un même volume de stockage, limiter le nombre de ballon, permet de réduire les pertes thermiques.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Les spécificités de la conception hôtelière : l'exemple de l'hôtel du lac, page 106.



Exemple montrant l'importance de limiter le plus possible les pertes thermiques de distribution. Ces résultats sont issus du suivi mené par Enertech sur l'immeuble BI de 43 logements, Patio Lumière, de Bouygues Immobilier, ZAC de Bonne à Grenoble (38), labellisé Qualitel, THPE RT2000. Les accessoires (vannes,..) de cette installation ne sont bas calorifugés.

ENERGIE SOLAIRE + ENERGIE D'APPOINT fournie par la sous-station 20,3 kWh/m²Shab.an

bouclage et en

mesurées dans

de la ZAC de Bonne

Il est très important également d'aller au delà des épaisseurs d'isolant couramment employées jusqu'à maintenant, en particulier pour la boucle

d'ECS. A la résidence étudiante de « La Salamandre », une épaisseur de 50 mm de laine de verre a été mise en œuvre, cela conduit ainsi pour des tubes de diamètre 20/22 à un coefficient de pertes de 0.13 W/m.K., la valeur de référence de la RT2005

étant de 0.26 W/m.K. soit deux fois plus élevée.

Une attention particulière doit être portée, tout comme sur les réseaux de chauffage, au calorifugeage des accessoires

et autres équipements qui étaient rarement isolés jusqu'à présent (vannes, échangeurs, piquages sur l'appareil de production...).

Les épaisseurs de calo-Les pertes thermiques de rifugeage des ballons doivent être imporsous-station liées à l'ECS tantes également. Entre une jaquette d'isolation de 50 et de 100 mm, 5 immeubles d'habitation pour un ballon de 500 litres par exemple, la varient entre 11 et , constante de refroidis-21 kWh/m²shab.an! sement varie de 0.213 à 0.143 Wh/24h.l.K, soit

une réduction des pertes d'environ

A noter qu'aucune exigence minimale de pertes thermiques n'est imposée par la RT2012.



Ce ballon de stockage de l'immeuble d'habitation de la SACOVIV à Vénissieux (69) bénéficie d'une jaquette d'isolation de laine minérale de 100 mm. Les bertes thermiques des ballons doivent être également limitées le plus possible.

RECOURIR AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES

Nombreux sont les exemples de bâtiments résidentiels basse consommation en Rhône-Alpes équipés d'une production solaire collective.

Les suivis menés par l'ADEME montrent que ces installations permettent de produire par an environ 450 kWh par m² de surface de capteurs solaires soit généralement une économie de 40 à 60% de l'énergie nécessaire pour la production annuelle.

L'habitat, grand consommateur d'ECS tout au long de l'année, se prête particulièrement bien au choix de cette solution. Par contre, le recours à une production solaire n'est pas forcement adapté dans certains secteurs, comme par exemple:

- · dans les immeubles de bureaux où la consommation d'ECS est faible.
- · dans les locaux occupés irrégulièrement, comme certaines résidences de vacances,
- · dans des locaux vides pendant l'été, ce qui est en général, le cas des écoles, des collèges, des lycées ou des gymnases,
- · pour des installations utilisées pendant une saison seulement, comme les douches d'une piscine découverte.

Le surdimensionnement des installations solaires est à éviter. Les besoins doivent être déterminés sur la période de faible consommation. Le surdimensionnement de la surface de capteurs génère une faible augmentation de la couverture des besoins pour un surcoût important. Cela peut conduire également à des surchauffes préjudiciables pour le matériel.

Les audits d'une trentaine d'installations réalisés par le Costic sous l'égide de l'ADEME, la FFB et GDF Suez ont recensé un certains nombre de défauts récurrents en ce qui concerne le dimensionnement mais aussi la qualification des intervenants, la conception et la mise en œuvre (pose des

capteurs en incorporation non conforme, vannes d'équilibrage absentes, liquide caloporteur non conforme, débits trop faibles, absence d'isolation des accessoires,...). Il ressort également de ces audits que les phases de mise au point et de maintenance sont très largement négligées.

D'autres solutions pour la production d'ECS, ayant recours aux énergies renouvelables, sont également rencontrées dans les bâtiments à faibles besoins Rhône-Alpins :

- Pompe à chaleur (PAC) qui assure les besoins de chauffage mais aussi d'ECS. Par exemple, la PAC sur nappe phréatique, installée lors de la réhabilitation de la salle polyvalente « Fernand Leger » à Portes-Lès-Valence (26), permet de produire l'ECS à 55°C sans recourir à une résistance électrique. Dans les logements neufs « Les Santolines » de DAH à Ancône (26), la PAC sur nappe réalise l'appoint de la production d'ECS solaire.
- Chaufferie bois durant la saison de chauffe, pour les logements neufs de la résidence « Jardins République » de

SOGIMM à Epagny (74) et le siège de la SOREA à St Julien-Montdenis (73), en complément de la production solaire.

> Pour de plus amples INFORMATIONS, VOIR LA FICHE:

Opter pour une chaudière à granulé bois l'exemple du siège social de la SOREA, page 142.

A l'hôtel du Lac à St Priest, une solution expérimentale, développée par Armines, consistant à produire l'ECS par une

> PAC utilisant l'énergie récupérée sur les eaux grises, a été adoptée. Le coefficient de performance (COP) annoncé est de 6.8. Dans ce bâtiment neuf, l'énergie solaire n'a pas été retenue bien que les besoins soient importants, car le taux de remplissage prévu de ces chambres destinées à une clientèle d'affaires est faible en été.

> L'utilisation de chauffe-eau thermodynamique n'est pas une solution couramment par un titre V, est relative-

> rencontrée dans les bâtiments basse-consommation Rhône-Alpins. La prise en compte de ces équipements dans le calcul réglementaire, ment récente. On soulignera par ailleurs

l'attention à porter à la nature des COP annoncés (COP selon l'ancienne norme EN 255-3, COP selon la norme EN 16147 plus proche du COP annuel réel) car, comme tous les systèmes thermodynamiques, la performance de ces équipements est influencée par les températures de source froide (le plus souvent l'air) et la température moyenne d'eau chaude qui dépend, elle, du réglage de la consigne, de la régulation et du profil des besoins.



L'immeuble de 15 logements « Les Elfes », des Halpades à Annecy (74) comporte 30 m² de capteurs solaires thermiques intégrés en toiture. Les résultats des suivis mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisés par le Costic sur ce site montrent que, sur un an, la production d'énergie solaire est de 565 kWh par m² de capteurs et couvre 68% des besoins d'ECS.

LA VENTILATION

Dans les bâtiments basse consommation, les systèmes de ventilation jouent un rôle majeur. Le renforcement de l'étanchéité à l'air de ces bâtiments augmente le risque de dégradation de la qualité de l'air (voir page 14) et du bâti, en cas de défaillance de ces systèmes. L'impact de la ventilation est également important sur les déperditions de ces bâtiments dont l'isolation est renforcée ainsi que sur les consommations d'énergie électrique, un poste devenu prépondérant.

Les différents systèmes de ventilation rencontrés dans les opérations « démonstrateurs basse consommation » Rhône-Alpines sont présentés ci-après en fonction du type de bâtiment (excepté la ventilation naturelle assistée évoquée dans le chapitre sur les spécifiés de la rénovation page 28).

Les actions menées pour réduire les consommations des auxiliaires de ventilation sont décrites dans un autre chapitre (voir page 76).

VMC SIMPLE-FLUX HYGRORÉGLABLE DE TYPE B ET VMC DOUBLE-FLUX AVEC RÉCUPÉRATION DE CHALEUR, LES DEUX SOLUTIONS ADOPTÉES DANS LES LOGEMENTS NEUFS

Même si de nombreuses opérations « démonstrateurs basse-consommation » ont opté pour une VMC double-flux, l'usage d'une VMC simple-flux hygroréglable de type B est aussi une solution mise en œuvre.

Les systèmes double-flux thermodynamiques sont très peu rencontrés (voir chapitre sur le chauffage page 60).



Exemple de bouche d'extraction hygroréglable de cuisine.
La tresse, l'élément sensible à l'humidité relative, dont la longueur varie pour moduler les débits, est visible en partie gauche. Les systèmes de VMC hygroréglable de type B (avec des entrées d'air et des bouches d'extraction hygroréglables) font partie des solutions de ventilation mises en œuvre dans les bâtiments à basse-consommation, comme par exemple dans l'immeuble d'habitation de DAH à Lens-Lestang (26).

Ce système est aussi plus onéreux en investissement et en mise en œuvre. Son intégration doit d'être prévue dès le départ et est souvent difficile en rénovation. Cela nécessite que l'on accepte de consacrer une partie du volume habitable à l'implantation des gaines et des caissons double-flux (dans le cas de systèmes décentralisés), avec des hauteurs sous-plafonds plus faibles, la présence de soffites, ce qui dans la pratique est loin d'être simple. Dans le cas de la réhabilitation de l'immeuble Maréchal Leclerc de l'OPAC 38 à Bourgoin-Jallieu, le passage des conduits verticaux à l'extérieur en même temps que l'isolation par l'extérieur des murs a permis de limiter l'encombrement des réseaux et les temps d'intervention dans les logements dont l'occupation a été maintenue pendant les travaux (voir page 29).

La VMC double-flux avec récupération de chaleur permet par rapport à la VMC simple-flux :

- Une réduction importante des déperditions thermiques liées au renouvellement d'air. Cependant, elle entraine des consommations électriques des auxiliaires plus élevées. Il n'y a donc pas toujours un gain en énergie primaire par rapport à une VMC simple-flux hygroréglable de type B.
- Une amélioration du confort acoustique par rapport aux bruits extérieurs. Toutefois, des précautions doivent être prises au niveau du réseau d'insufflation pour éviter les nuisances sonores générées par l'installation, notamment, dans les chambres.
- Une augmentation de la qualité de l'air neuf introduit à condition que la filtration soit entretenue régulièrement et surtout que le système ne soit pas défaillant.
- Une amélioration du confort thermique en hiver par insufflation d'un air à une température plus élevée que l'air extérieur sous réserve d'une bonne diffusion d'air.



Photo prise en cours de chantier du caisson double-flux avec échangeur centralisé installé dans l'immeuble d'habitation, rue Vendôme, de Grand Lyon Habitat à Lyon (69). L'exiguïté des combles a rendu difficile l'implantation du caisson et des réseaux.



Pour de plus amples informations, voir :

La fiche: installer une VMC double-flux en habitat collectif: l'exemple de la résidence rue Vendôme, page 146.

Les reportages chantier : réhabilitation de l'immeuble Maréchal Leclerc - Bourgoin-Jallieu (38) - Ville Aménagement Durable (VAD) - 2010 - http://www.ville-amenagement-durable.org

Il importe également d'être vigilant sur différents points :

 Le respect des exigences de non-propagation du feu entre appartements via le réseau de ventilation dans le cas d'un système avec échangeur centralisé : sur les sites Rhône-Alpins différentes solutions ont été mises en œuvre (voir figure ci-après et fiche sur la résidence rue Vendôme),



Dans ce bâtiment équipé d'un système double-flux avec ventilateurs et échangeurs centralisés, la solution adoptée pour la non-propagation du feu a consisté à installer des clapets pare flamme derrière chaque bouche d'insufflation et d'extraction autoréglable.

L'encombrement de la manchette avec le clapet a conduit à déporter la bouche de la cloison en créant un soffite intégrant le conduit et le clapet. Une autre solution pour éviter ces soffites aurait été l'utilisation de bouches métalliques à opercule pare-flamme néanmoins non autoréglables et nécessitant donc l'usage de registres.

- La diffusion d'air : des bouches destinées spécifiquement à l'insufflation doivent être sélectionnées. Pour obtenir un bon balayage, le nombre, l'emplacement et la portée des bouches d'insufflation doivent être adaptés à la dimension des pièces et plus particulièrement des séjours qui peuvent être très grands. Cette exigence est contraignante car elle implique, dans les logements, des réseaux plus longs. Par ailleurs, une implantation des bouches d'insufflation à moins de 30 cm du plafond est préconisée par rapport au confort des occupants.
- L'isolation thermique du système : le caisson et les gaines passant en locaux non chauffés, dans le cas d'un système avec échangeur centralisé, doivent disposer d'une isolation renforcée. 25 mm d'isolant ne suffit pas, 50 mm étaient nécessaires au moins pour satisfaire les exigences minimales de la RT2005 sur l'isolation des conduits.

- Le choix de l'échangeur à haut rendement : les échangeurs à plaques à contre-courants croisés et les échangeurs enthalpiques à roue ou à membrane présentent de meilleures efficacités que les échangeurs à plaques à courants croisés.
- La modulation des débits en cuisine imposée par l'arrêté du 24 mars 1982 modifié: pour que le passage du petit débit au grand débit d'extraction dans les cuisines, ou vice-versa, entraine également une modification du débit d'insufflation, cela implique l'usage de systèmes avec une régulation complexe. Les systèmes qui fonctionnent en permanence avec des débits maximaux, alors que cela ne serait nécessaire que quelques heures par jour, engendrent des déperditions et des consommations électriques supplémentaires.

Les écarts entre les débits maximaux et minimaux peuvent être importants. Par exemple pour un immeuble de 5 T1, 2 T3 et un T4, le débit est de 1005 m³/h si dans toutes les cuisines on est en grand débit et de 535 m³/h si on est en petit débit.

 La nécessité de prévoir une évacuation des condensats dans le cas d'échangeurs à plaques centralisés ou décentralisés : si de l'eau stagne dans le caisson, des risques microbiologiques existent.



Les conduits d'extraction et d'insufflation de l'installation de VMC double-flux avec échangeur de chaleur centralisé de l'immeuble d'habitation, rue Vendôme, bénéficient d'un calorifugeage de 50 mm de laine minérale.



Exemple d'installation double-flux avec ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés

Les 4 bâtiments neufs, de 3 étages, de la copropriété « Jardins République » de SOGIMM à Epagny (74) certifiés Minergie standard®, comprenant au total 51 logements, sont équipés de systèmes VMC double-flux avec récupération de chaleur.

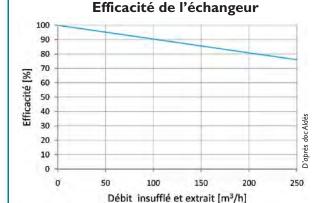
Dans chaque bâtiment, un ventilateur d'extraction collectif 400° C 1/2 heure (pouvant assurer l'évacuation de fumées à 400° C pendant au moins 1/2 h) et un ventilateur d'insufflation, situés dans les combles, desservent l'ensemble des appartements. Ces ventilateurs sont équipés de moteurs basse consommation, à commutation électronique.

Les récupérateurs de chaleur sont installés dans les logements, en faux-plafond, généralement dans les toilettes.

Des bouches d'insufflation sont placées dans les pièces principales et des bouches d'extraction dans les pièces de services. Elles sont autoréglables, excepté la bouche de cuisine bi-débit commandée par un bouton poussoir électrique. La commande du débit de pointe en cuisine est minutée à une durée de 30 minutes. Cette commande agit également sur un registre calibrant le débit d'air neuf insufflé.

Un voyant sur le bouton poussoir en cuisine permet de signaler à l'occupant du logement l'encrassement du filtre ou un défaut de fonctionnement.

Ce système est majoritairement installé en copropriété. En habitat social, les maîtres d'ouvrage préfèrent généralement choisir un système VMC double-flux avec échangeur centralisé car son entretien ne nécessite pas d'intervenir à l'intérieur des logements et il est moins onéreux. Néanmoins, ce système avec échangeur centralisé présente, par rapport au système avec échangeurs décentralisés, des pertes thermiques supplémentaires liées à la présence de l'échangeur et des réseaux en volume non chauffé.



Efficacité des échangeurs à contre-courants croisés installés, indiquée par le constructeur, pour une température d'air extérieur de 5°C, une température d'air intérieur de 25°C et un débit d'air insufflé et d'air extrait identiques. Pour un T4 par exemple, avec un débit d'insufflation et d'extraction de 105 m³/h, l'efficacité dans ces conditions est de 90%.



Photo prise en cours de chantier d'un des échangeurs installés en faux-plafond des appartements.

Le filtre G4 sur l'insufflation, à changer plusieurs fois par an, est amovible depuis la partie basse de l'échangeur.

L'arrivée d'air neuf est calorifugée pour éviter, en particulier, le risque de condensation externe sur le conduit.

CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR DOUBLE-FLUX À HAUT RENDEMENT POUR LES BÂTIMENTS TERTIAIRES

Le recours à un système mécanique paraît indispensable pour garantir la maîtrise des consommations et de la qualité de l'air, même si, réglementairement dans les bâtiments tertiaires non climatisés, le renouvellement d'air peut être aussi effectué par ouverture des fenêtres. Nombreux sont les bâtiments « démonstrateurs » Rhône-Alpins équipés de

centrale de traitement d'air (CTA) double-flux avec récupération de chaleur, par exemple :

 La ventilation des bureaux du bâtiment neuf à « énergie positive » de la SOREA à St Julien-Mondenis (73) est réalisée par une CTA dotée d'un échangeur rotatif et d'une batterie à eau chaude alimentée par une chaudière bois. Cette CTA assure également l'appoint en chauffage, la base étant réalisée par des émetteurs basse-température.

- Pour les salles de classe de la nouvelle école de Saint Christophe en Jarez (42), un système similaire est installé.
- Dans l'immeuble neuf de bureaux à « énergie positive » Bonne Energie® de LFI à Grenoble (38), la CTA assure la ventilation mais aussi le chauffage, le rafraîchissement et éventuellement la sur-ventilation nocturne. La CTA est équipée d'un caisson de mélange air neuf/air repris, d'un échangeur à roue et d'une batterie à eau alimentée par une PAC sur nappe phréatique.
- Pour les bureaux et les salles de réunion du bâtiment neuf de l'INEED de la Chambre de Commerce et de l'Industrie à Alixan (26), l'entrée d'air neuf de la CTA double-flux se fait par l'intermédiaire d'un puits canadien. Cette CTA comporte un échangeur à roue et une batterie à eau chaude pour le préchauffage d'air neuf. Dans la salle de conférence, la CTA double-flux avec récupération de chaleur assure la ventilation, le chauffage et le rafraîchissement. Dans les laboratoires, une VMC simple-flux a été installée.

Les retours de suivis instrumentés de l'ADEME Rhône-Alpes montrent l'importance de veiller à l'efficacité de l'échangeur choisi. Sur un des bâtiments de bureaux BBC équipé d'un échangeur à plaques à courants croisés, l'efficacité moyenne mesurée était de moins de 60% (l'efficacité annoncée étant de 62% pour des températures d'entrée d'air neuf de -5°C et d'air extrait de 20°C).

Sur un autre bâtiment, avec un échangeur rotatif, le ventilateur de soufflage d'air neuf placé en aval et non en amont de la roue, alors que le ventilateur d'extraction était situé en amont, a entrainé un très fort recyclage de l'air extrait et des odeurs insupportables dans les bâtiments.



Photo d'un échangeur enthalpique à roue d'une CTA double-flux.

Exemple d'efficacité d'échangeur obtenue sur une installation double-flux

Les résultats, présentés ci-après, sont issus d'un suivi instrumenté mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par Enertech dans le bâtiment de bureaux de l'INEED.

Les points du graphe correspondent à l'efficacité sur les échanges de chaleur sensible du récupérateur à roue de la CTA des bureaux, mesurée au cours d'une année, en dehors des périodes de fonctionnement de

la batterie de préchauffage. L'efficacité calculée est égale à ((T air soufflé - T air neuf)/ (Tair extrait - T air neuf)).

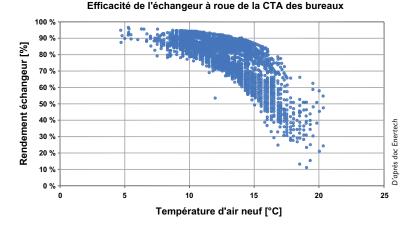
L'efficacité moyenne sur les échanges de chaleur sensible ainsi déterminée sur une année est de 74.8%.

En hiver, une efficacité allant jusqu'à 95% est obtenue. Par contre, l'asservissement de la vitesse de rotation de la roue à la température d'entrée d'air, entraine une

chute de l'efficacité en demi-saison.

En été, compte-tenu de cet asservissement, la roue ne tourne pratiquement plus, évitant un réchauffement de l'air neuf s'il est à une température plus basse que l'air ambiant. Par contre si l'air neuf est plus chaud que l'air ambiant, cet asservissement ne permet pas de bénéficier de l'échangeur pour abaisser la température d'air insuf-flé

A noter par ailleurs, que l'efficacité des échangeurs à roue diminue lorsque le débit décroit.



LE RAFRAÎCHISSEMENT

LE CONFORT ESTIVAL SANS CLIMATISATION

Dans les opérations « Bâtiment démonstrateur basse consommation » en Rhône-Alpes, nombreux sont les bâtiments tertiaires neufs qui ont été conçus de manière à éviter ou limiter très fortement le recours à la climatisation. Pour atteindre cet objectif, les grands principes appliqués, décrits dans le chapitre sur l'architecture bioclimatique (voir page 16), sont les suivants :

- La réduction des charges au minimum, par une limitation des apports solaires en été (orientation, surfaces, facteurs solaires des vitrages, protections solaires optimisés) ainsi que des apports internes (diminution des consommations d'éclairage et de bureautique...).
- Une inertie à minima moyenne du bâtiment couplée à une sur-ventilation nocturne afin de différer et évacuer l'excédent de chaleur. Dans de nombreux bâtiments « démonstrateurs » Rhône-Alpins, cette sur-ventilation nocturne est naturelle.

Cette solution, énergétiquement économe par rapport à la sur-ventilation mécanique, nécessite cependant que le bâtiment bénéficie d'une orientation favorable aux vents dominants d'été et qu'il soit dans une zone non bruyante ou inoccupé la nuit (ce qui est le cas des bâtiments de bureaux, par exemple).

La sur-ventilation naturelle est



Cette baie oscillo-battante est un des ouvrants prévus pour la sur-ventilation nocturne naturelle des salles de classe du groupe scolaire Grégoire Parsonge de Dardilly (69). La protection solaire adoptée ainsi que l'ajout d'une grille anti-moustique permettent son ouverture sécurisée. A l'étage, un exécutoire équipé d'un registre manuel a été installé sur le toit pour créer un tirage thermique supplémentaire.

effectuée par des ouvrants dédiés ou non, ouverts manuellement ou automatiquement. Dans le bâtiment de bureaux de la Cité de l'environnement de For Home à Saint Priest (69), par exemple, il est demandé aux occupants, de laisser les fenêtres ouvertes la nuit, en inclinant les lames des brise-soleil de 0 à 45° pour assurer cette sur-ventilation naturelle nocturne.

D'autres bâtiments, tels que l'INEED de la Chambre de Commerce et de l'Industrie à Alixan (26), disposent d'une sur-ventilation nocturne mécanique. Les suivis instrumentés réalisés dans ce bâtiment ont montré cependant que cette sur-ventilation mécanique était vraiment très énergivore, par rapport à une ventilation naturelle. De plus. les débits de 0.5 vol/h sur ce site étaient inefficaces pour évacuer la chaleur accumulée la journée, des débits d'environ 3 à 5 vol/h étant nécessaires. Pour limiter toutefois ces consommations, dans le bâtiment de bureaux de Bonne-Energie[©] de LFI à Grenoble (38), les réseaux aérauliques ont été dimensionnés pour le double du débit nominal.

Des exemples Rhône-Alpins, en immeuble de bureaux, montrent que le confort des occupants peut être atteint sans avoir recours à la climatisation.



Optimiser la conception et l'exploitation des bâtiments à faibles besoins énergétiques : l'exemple de l'INEED, page 156.

Obtenir le confort d'été par des moyens passifs en réhabilitation : l'exemple du groupe scolaire Grégoire Parsonge, page 148.

En complément, ces bâtiments tertiaires ont souvent recours à des systèmes géothermiques :

 Puits canadiens (ou provençaux) pour rafraîchir l'air neuf. A l'INEED, par exemple, l'air neuf des bureaux et de la salle de réunion transite par un puits canadien. Les suivis instrumentés ont montré qu'un défaut sur la régulation ne permettait pas de profiter pleinement de ce puits. L'air neuf traverse le puits la nuit, mais pas le jour, alors que cela devait être l'inverse. Parfois même, il fonctionne la nuit, alors qu'il fait plus frais dehors.

Par ailleurs, un défaut d'étanchéité existe au niveau du volet d'air neuf, si bien que l'air issu du puits est mélangé à l'air extérieur.

A propos de la condensation au sein du puits, les résultats de mesure indiquent que les conditions requises sont rencontrées durant 67 h ce qui équivaut à environ 90 l d'eau.

 Utilisation d'eau de nappe phréatique ou de capteurs enterrés pour rafraîchir les planchers ou l'air insufflé (voir figure ci-après). Par exemple, à la Cité de l'environnement, en été, l'eau des capteurs enterrés de la pompe à chaleur (PAC) alimente directement les

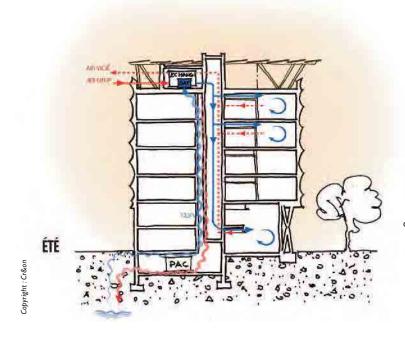
planchers reversibles, si nécessaire.



Le puits canadien installé à l'INEED est constitué de 2 nappes de 6 tubes de 40 m, de 200 mm de diamètre, d'une profondeur de 2.5 et 1.5 m.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Concevoir un bâtiment à « énergie positive » : l'exemple de Bonne-Energie[®], page 108.



En été, dans le bâtiment de bureau de Bonne-Energie®, la batterie froide de la centrale de traitement d'air est alimentée directement par l'eau de nappe. La pompe à chaleur est bipassée. Si la température extérieure est inférieure à la température ambiante, l'alimentation en eau de nappe de la batterie froide est arrêtée et le rafraîchissement se fait uniquement par l'air neuf. Le fonctionnement de la PAC, en mode froid, est prévu seulement pour les jours de canicule.

Les ventilateurs plafonniers à larges pâles qui permettent d'abaisser la température ressentie de quelques degrés font également partie des dispositifs complémentaires parfois mis en œuvre. Dans le bâtiment de bureaux de la CAUE de Valence (26), ils sont actionnés par les occupants qui les

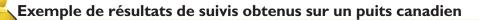
considèrent comme agréables. Le bruit n'est pas perçu comme particulièrement gênant, sauf en vitesse 3 (les feuilles alors s'envolent).

Les modèles de brasseurs d'air qui disposent du label d'efficacité énergétique « Energy Star », disponibles en France, ont une puissance maximale en général d'environ 85 W.

En habitat, nombreux sont les bâtiments « démonstrateurs » Rhône-Alpins à recourir aussi à des moyens passifs pour assurer le confort d'été.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Intégrer les exigences énergétiques et de confort dès l'esquisse par une architecture bioclimatique : l'exemple de l'immeuble de Vénissieux, page 102.



Deux puits canadiens desservant une maison de 147 m^2 à St Priest ont fait l'objet d'un suivi instrumenté mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par le Costic. Cette maison, conçue en démarche HQE®, achevée en 2006, bénéficie d'une architecture bioclimatique.

Le premier puits, d'une longueur de 45 m, alimente une bouche située dans le séjour et le second, trois chambres et un bureau.

Les propriétaires mettent en marche manuellement le

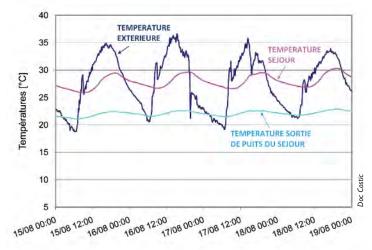
puits, en fonction de l'inconfort perçu en demi-saison et en été.

Alors que les températures extérieures enregistrées en juillet-aout varient de 14 à 38°C, les températures relevées dans le séjour sont :

- en ambiance, en moyenne, de l'ordre de 27°C avec une valeur maximale de 31°C,
- en sortie du puits, aux environs de 20°C avec une remontée à 22°C durant la dernière quinzaine d'aout plus chaude.

L'air insufflé en sortie de ce puits, à des températures très stables, impacte sans aucun doute sur les températures ambiantes dans le séjour en été. Selon les occupants, le ressenti de fraîcheur avec ce puits canadien est effectif; la première saison chaude sans puits a été plus difficile.

Par contre, la température à la sortie du puits alimentant la chambre est proche de la température ambiante dans cette pièce. Ce constat s'explique par le très faible débit sur cette bouche, la longueur réduite du second puits et le fait que la bouche soit la dernière alimentée, d'où un parcours à température ambiante du flux d'air.



Les amplitudes de températures observées dans le séjour en été, durant 4 jours consécutifs, sont de 4 K sur l'ambiance, 2 K sur le puits, contre 18 K sur la température extérieure.

DES INSTALLATIONS DE CLIMATISATION OPTIMISÉES

Dans certains établissements tels que les hôtels, la climatisation, cependant, demeure un des critères de qualité. Outre la réduction des charges au minimum, comme décrit précédemment, les solutions mises en œuvre pour limiter les consommations, que l'on retrouve par exemple à l'hôtel du Lac de S.C.S.P. à Saint Priest (69), sont les suivantes :

- L'utilisation du free-cooling pour rafraîchir les locaux ou bien pour produire de l'eau glacée. A l'hôtel du Lac, l'eau glacée est produite prioritairement par free-cooling, avant de recourir à l'usage des groupes froids.
- Des régimes de température d'eau glacée plus élevés permettant d'obtenir de meilleures performances des groupes froids et de profiter également au maximum d'une production d'eau glacée par free-cooling. Le régime d'eau adopté pour une grande partie des équipements terminaux de l'hôtel du Lac est de 14/18°C. Ce régime élevé ne permettant pas de contrôler l'humidité de l'air, la centrale de traitement d'air est équipée d'une batterie à détente directe pour déshumidifier l'air neuf.



A l'hôtel du Lac, en période de rafraîchissement, le retrait de la clé de la chambre dans le détecteur, entraine automatiquement l'augmentation de la température de consigne ainsi que la fermeture du store extérieur de protection solaire et l'arrêt de l'éclairage et des prises commandées. Les charges de climatisation et les consommations électriques sont ainsi diminuées. Si la chambre est non vendue, la température de consigne est encore plus élevée.

- Une régulation optimisée en fonction de l'occupation des locaux : au niveau des chambres, le fonctionnement de la climatisation est asservi à la présence des occupants et à l'ouverture des fenêtres. La température de consigne est augmentée automatiquement, quelques minutes après le départ de l'occupant (voir figure ci-dessus).
- La valorisation des énergies évacuées : les deux groupes froids de l'hôtel sont équipés de condenseur à eau de manière à pouvoir récupérer la chaleur évacuée dans un

ballon tampon pour le préchauffage de l'ECS ou pour réchauffer les retours de l'installation de chauffage à eau chaude.

· Le calorifugeage des réseaux pour limiter les pertes

thermiques et éviter les condensations. A l'hôtel du Lac, le CCTP impose, par exemple, un calorifugeage des accessoires (circulateurs, vannes,...) en local technique par des éléments préformés en usine.



Une conception de l'installation de climatisation qui repose sur des simulations thermiques

Les mesures mises en œuvre pour réduire les consommations de climatisation de l'hôtel du Lac (hôtel 3 étoiles de 133 chambres) ont commencé à être étudiées, dès le stade de l'avant-projet, en s'appuyant sur des simulations thermiques dynamiques. En première approximation, les consommations obtenues à ce stade étaient, pour les chambres hors circulations, de 1 kWhep/m².an pour la climatisation et de 15 kWhep/m².an pour le chauffage en considérant un taux de remplissage de 35% en été et 65% en hiver.

Les simulations ont également montré que pour ce bâtiment très isolé, des besoins de froid et de chauffage concomitants pouvaient exister durant des périodes froides ou de demi-saison. Un réseau en 4 tubes a donc été adopté et une solution de récupération de la chaleur évacuée par les groupes froids a été étudiée.



Lors de la conception, un calcul précis des charges a été effectué de manière à déterminer les puissances optimales.

Vis-à-vis des auxiliaires (circulateurs, ventilateurs), les actions menées pour limiter leur consommation sont similaires à

celles décrites pour les installations de chauffage à eau chaude et de ventilation (voir chapitre « Les auxiliaires », page suivante). Elles portent notamment sur :

- La limitation des pertes de charges des circuits et la sélection au plus juste de l'auxiliaire.
- L'utilisation de circulateurs ou de ventilateurs à vitesse variable à haut rendement.
- La limitation des temps de fonctionnement.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Les spécificités de la conception hôtelière : l'exemple de l'hôtel du Lac, page 106.

LES AUXILIAIRES

Dans les bâtiments à basse énergie, les consommations des auxiliaires prennent plus d'importance dans le bilan énergétique et tout particulièrement celles liées aux ventilateurs compte-tenu du développement des systèmes double-flux.

Ce chapitre présente les actions menées pour limiter les consommations des auxiliaires des installations de chauffage à eau chaude tout d'abord, puis de ventilation.

Les préconisations s'appliquent également aux auxiliaires des installations de rafraîchissement.

SUR LES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE À EAU CHAUDE, LES ACTIONS NE SE LIMITENT PAS À L'ADOPTION DE CIRCULATEURS À VITESSE VARIABLE

Réduire les consommations des circulateurs, qui constituent l'essentiel des consommations d'énergie électrique des installations de chauffage à eau à chaude, passe par :

- Des circuits avec des pertes de charge limitées : les pertes de charges linéiques doivent être de 10 à 15 mmeau/m, pas plus, et les circuits les plus courts possibles sans changement de section brusque.
- Un dimensionnement au plus juste du circulateur. Il convient d'éviter les excès de débit qui n'engendrent pas d'augmentation de puissance sensible des émetteurs (par exemple, si le débit d'un radiateur est multiplié par 2.2, sa puissance n'est augmentée que de 10%) mais entraînent une surconsommation électrique. A la Cité de l'environnement de For Home à St Priest (69), le bureau d'études a garanti le dimensionnement des canalisations et s'est engagé sur le point de fonctionnement des circulateurs.
- Le choix de circulateurs à haut rendement de classe A, à faible consommation électrique. De nombreuses installations de bâtiments « démonstrateurs » Rhône-Alpins en sont équipées.
- L'utilisation de circulateurs à vitesse variable sur des circuits à débit variable. Leur puissance électrique absorbée est directement réduite lorsque la vitesse est abaissée sous l'effet des fermetures des robinets thermostatiques ou des vannes à deux voies de régulation des émetteurs.
- Le paramétrage effectif des circulateurs à vitesse variable: activation de la variation de vitesse et réglage de la consigne de pression différentielle (hauteur manométrique du circulateur en fonctionnement nominal, robinets ou vannes ouvertes). Sur un des sites suivis en Rhône-Alpes, les mesures ont mis en évidence un débit constant malgré la présence d'un circulateur à vitesse variable. Un circulateur à vitesse variable nécessite un réglage.
- La suppression des circulateurs inutiles. Nombre de chaudières actuelles ne requièrent plus de débit minimal d'irrigation, il est dès lors inutile de prévoir un circulateur qui assure cette fonction.
- Une limitation des temps de fonctionnement des circulateurs. Sur plusieurs sites qui ont fait l'objet de suivis, on

constate que des économies pourraient être apportées par l'arrêt des circulateurs en période de non chauffage et par leur asservissement à la programmation horaire (voir encadré ci-après). Sur un des sites, un fonctionnement simultané de deux circulateurs jumelés a

même été observé.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Minimiser les consommations des usages spécifiques de l'électricité : l'exemple de la Cité de l'environnement, page 150.



Ces circulateurs à vitesse variable de classe A alimentent un circuit de radiateurs régulés par des vannes à deux voies, à moteur électrothermique, commandées en tout ou rien par des thermostats d'ambiance. Le mauvais paramétrage de ces circulateurs ne permet pas, toutefois, de profiter pleinement de leurs performances.



Le bouclage d'ECS, de l'immeuble d'habitation de la SACOVIV à Vénissieux (69), est également pourvu d'un circulateur de classe A. La puissance électrique consommée, affichée sur ce circulateur, était de I 4 W au moment de la visite, lorsque la photo a été prise.



Exemple de résultats de suivis des consommations électriques d'une installation de chauffage à eau chaude

Le bâtiment neuf de bureaux de l'INEED, de la Chambre de Commerce et de l'Industrie à Alixan (26), est équipé d'une chaudière gaz à condensation (de 150 kW) qui alimente 5 circuits :2 circuits de radiateurs dotés de robinets thermostatiques et 3 circuits alimentant des centrales de traitement d'air (CTA), soit au total 5 circulateurs jumelés.

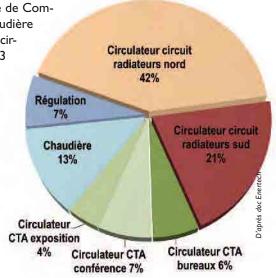
Outre les faibles besoins de ce bâtiment qui impliquent des débits moins élevés, les solutions mises en œuvre pour limiter les consommations électriques des circulateurs, des réseaux nord et sud de radiateurs, sont les suivantes :

- Des circuits à faibles pertes de charge.
- Des circulateurs à vitesse variable. L'économie liée à cette variation de vitesse estimée par le bureau d'études est de 41%.
- Un fonctionnement des circulateurs piloté par l'optimiseur d'intermittence.
- Une fonction « ECO » de la régulation qui permet l'arrêt automatique des circulateurs si la température extérieure dépasse un seuil fixé.

La puissance moyenne mesurée de ces circulateurs est d'environ 270 W pour le circuit nord (débit de 4 m³/h environ) et de 130 W pour le circuit sud (débit de 1.5 m³/h environ).

Des économies sont toutefois encore réalisables comme l'a mis en évidence le suivi :

- De 11% sur les consommations des circulateurs de chauffage s'ils n'avaient pas été mis en marche automatiquement alors que la chaudière ne fonctionnait pas encore en début de saison de chauffe.
- De 17% sur les consommations électriques de la chaudière si l'exploitant l'avait arrêté en fin de saison de chauffe. Sa puissance absorbée est encore d'environ 24 W lorsque le brûleur est à l'arrêt.
- De 54% sur les consommations des circulateurs



Répartition des consommations d'énergie électrique de l'installation de chauffage à eau chaude. La consommation totale en énergie finale est d'environ 3 150 kWh/an soit 1.1 kWh/ m²utile.an, environ 4% de la consommation totale d'électricité du bâtiment. La consommation des circulateurs représente près de 80% de cette consommation.

alimentant les CTA s'ils n'avaient fonctionné que lorsque cela était vraiment nécessaire. Des fonctionnements anormaux ou injustifiés de ces circulateurs ont en effet été constatés.

 De 98% sur les consommations du circulateur du réseau d'eau glacée en asservissant son fonctionnement à celui de la CTA.

Le suivi instrumenté de ce bâtiment a été mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par Enertech qui faisait également partie de l'équipe de maîtrise d'œuvre.

LES AUXILIAIRES DE VENTILATION: DES CONSOMMATIONS IMPORTANTES

Les auxiliaires de ventilation et donc les consommations d'énergie électrique qui en découlent dépendent bien évidemment du type de système. Au ventilateur d'extraction en VMC simple-flux vient s'ajouter, en ventilation double-flux, le ventilateur d'insufflation, le dispositif de commande au niveau du caisson et des bouches ainsi que, pour certains systèmes, une batterie électrique de dégivrage et le moteur de la roue de l'échangeur.

Les résultats de suivis démontrent toutefois que ce sont les consommations des ventilateurs qui prédominent (voir encadré ci-après).

Le poids des consommations de ces ventilateurs dans le bilan énergétique du bâtiment est important et peut varier dans de grandes proportions selon la conception, l'installation et la maintenance des systèmes réalisées, comme le montrent les campagnes de mesures menées par Enertech sur 8 bâtiments d'habitation collectifs de la ZAC de Bonne à Grenoble (38) équipés de VMC double-flux. Dans un des bâtiments, cette consommation en énergie finale atteint 14.1 kWh/m²shab.an alors que, dans un autre bâtiment à Bron, elle est de 3.5 kWh/m²shab.an.



66 Les consommations de la VMC double-flux mesurées sur un site

atteignent 14.1 kWh/m²shab.an en

énergie finale! 🤧

Ce graphique présente les résultats issus du suivi instrumenté de l'INEED. La ventilation des bureaux et des salles de réunion de ce bâtiment est assurée par une CTA

équipée d'un échangeur à roue et d'une batterie de préchauffage à eau chaude. Les ventilateurs d'extraction et d'insufflation représentent 98% des consommations annuelles d'énergie électrique de cette CTA.

Le ventilateur de soufflage consomme un peu plus que le ventilateur d'extraction car l'air neuf transite par un puits canadien et des filtres qui génèrent des pertes de charge supplémentaires.

Au total la consommation annuelle, en énergie finale, est de 16 190 kWh soit 7.7 kWh/m²utile.an, bien qu'étant optimisée. Elle représente 24% de la consommation d'énergie électrique totale du bâtiment (hors atelier) et en constitue Régulation 1% le premier poste.

Il est donc très important d'optimiser ces consommations, d'autant plus qu'il est de plus en plus question d'augmenter les débits hygiéniques réglementaires pour assurer une meilleure qualité de l'air ainsi que le prévoit la norme NF

d'extraction

46%

EN 13779 et comme c'est déjà le cas sur certaines opérations Rhône-Al-

Moteur de la

roue 1%

Moteur de

soufflage 52%

D'après doc Enertech

Les différentes dispositions prises pour

« démonstrateurs » en Rhône-Alpes, sont les suivantes :

limiter les consommations des auxiliaires de ventilation, dans les bâtiments

- Des réseaux aérauliques à très faibles pertes de charge, ce qui permet également de limiter les nuisances sonores. Par exemple, à la Cité de l'environnement de For Home à St Priest (69), les tracés ont été étudiés pour être les plus courts et les plus droits possibles, l'usage des flexibles a été restreint, les diamètres ont été dimensionnés en fonction des débits maximaux en prenant une vitesse limitée. Une vitesse de 4 m/s est généralement préconisée.
- Des réseaux avec un très faible taux de fuites pour éviter tout sur-débit inutile. Par exemple, des accessoires à joint de classe C ont été utilisés pour la VMC doubleflux de l'immeuble d'habitation, rue Vendôme, de Grand Lyon Habitat à Lyon (69).
- · L'utilisation de ventilateurs « basse consommation », sélectionnés au plus juste par rapport aux pertes de charge du réseau. Par exemple, pour les bureaux du bâtiment de la SOREA à St Julien-Montdenis (73), un moto-ventilateur d'insufflation à débit variable (Δp constant), à basse-pression, d'une efficacité énergétique EFFI, d'une puissance maximale de 0.4W par m³/h, a été préconisé par le bureau d'études. Le moto-ventilateur d'extraction identique est asservi au soufflage. A contrario, sur un des sites, le ventilateur d'extraction est à vitesse variable alors que le ventilateur d'insufflation est à vitesse fixe ce qui annihile tout l'intérêt de la vitesse variable.

• En tertiaire, une limitation des temps de fonctionnement de la ventilation et des débits modulés selon l'occupation et la pollution des locaux. Nombreux sont les exemples de bâtiments qui peuvent être cités : l'INEED,

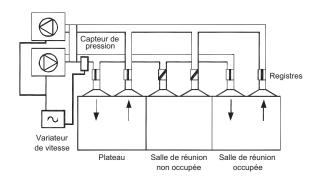
> la SOREA, la Cité de l'environnement...

Ainsi, dans le bâtiment du siège de la SOREA, la ventilation double-flux est commandée par un détecteur de présence dans les bureaux et par une

sonde de qualité d'air dans les salles de réunion. Les capteurs sont choisis en fonction de l'occupation et de la taille du local.

Pour des locaux de taille importante (salles de conférences,...), une sonde de CO2 est préférée à un détecteur de présence.

Une attention particulière doit être portée sur l'emplacement, le réglage et la maintenance des capteurs. Les sondes de CO2, par exemple, requièrent un étalonnage régulier. A noter par ailleurs, qu'une pré-ventilation et post-ventilation par rapport aux temps d'occupation des locaux sont conseillées par rapport à la qualité d'air.



Les débits de ventilation des salles de réunion et des plateaux de bureaux de la Cité de l'environnement varient en fonction de l'occupation. La position des registres motorisés est commandée, dans les salles de réunion, par des capteurs de présence et, dans les plateaux, par la GTB selon l'évolution de l'effectif. La modification du positionnement des registres entraine une variation de pression dans le conduit, détectée par le capteur de pression, qui pilote la modulation des vitesses des ventilateurs.



Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Minimiser les consommations des usages spécifiques de l'électricité : l'exemple de la Cité de l'environnement, page 150.



Les économies engendrées par la modulation des débits d'air sont importantes : exemple

Le suivi instrumenté de la CTA double-flux, desservant les bureaux et les 5 salles de réunion de l'INEED, mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par Enertech, montre les gains importants procurés par la modulation des débits.

Cette CTA est équipée d'un système de régulation qui permet de faire varier la vitesse des ventilateurs de soufflage et d'extraction en fonction des débits requis, tout en maintenant une pression différentielle entre le caisson et la bouche la plus éloignée constante. Lorsqu'une salle de réunion est occupée, un détecteur de présence commande l'ouverture des registres motorisés placés sur les conduits d'insufflation et d'extraction de la salle. Un capteur de pression différentielle entraine alors une augmentation des vitesses des ventilateurs.

Dans les bureaux, l'air est soufflé en permanence pendant les heures d'occupation.

Un automate permet d'arrêter la CTA en dehors des jours ouvrés (nuits et WE).

La figure ci-dessous montre les variations de débit et de puissance des ventilateurs observées en fonction de l'occupation des salles de réunion. Lorsque la première salle de réunion est occupée, le débit passe de 1800 m³/h à 2400 m³/h et la puissance absorbée d'environ 800 W à 1470 W. La puissance varie, sur cette installation, approximativement comme le carré du débit. Les économies générées par la modulation des débits sont donc importantes.

Une autre observation faite au travers de ces suivis, c'est un fonctionnement anormal de la CTA pendant les périodes d'inoccupation alors que ce n'était pas le cas deux ans auparavant au moment de la livraison de ce bâtiment. Une reprogrammation des durées de fonctionnement, après la recherche des causes de cette dérive, permettrait d'économiser en énergie finale 2.6 kWh/m²utile.an soit 42% de la consommation de cette CTA.

Consommation de la CTA et présence dans les 5 salles de réunion le 30 avril 2009 1,6 3000 **PUISSANCE CTA** 1,4 2500 1,2 Puissance [kW] DEBIT CTA 2000 1,0 0,8 1500 0,6 1000 0,4 PRESENCE 500 0.2 doc Enertech Heure Johanesbourg Salles de réunion Aldabra Baie d'Halong Kyoto

Sur d'autres sites en tertiaire, par exemple sur un groupe scolaire sur lequel des suivis ont été mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisés par le Costic, le même constat a été fait. Des consommations électriques des ventilateurs des CTA sont observées alors que l'école est fermée.

Ne ventiler que lorsque cela est nécessaire permet des gains importants.

L'ÉCLAIRAGE

Le poids de l'éclairage dans le bilan énergétique des bâtiments à faibles besoins est loin d'être négligeable comme le montrent les résultats de suivis.

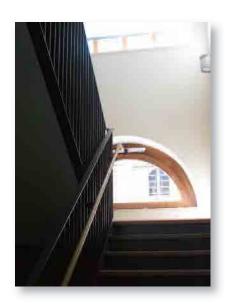
UN ÉCLAIRAGE NATUREL OPTIMAL

La limitation des consommations de ce poste consiste en tout premier lieu à privilégier l'éclairage naturel par la conception architecturale des bâtiments.

L'optimisation de l'éclairement naturel peut être réalisée en s'appuyant sur le calcul des facteurs de lumière du jour comme le montrent des exemples Rhône-Alpins (voir chapitre confort visuel p 4).

Le recours à l'éclairage naturel pour des locaux habituellement aveugles tels que les circulations, les cages d'escaliers fait aussi partie des mesures mises en œuvre dans certains bâtiments Rhône-Alpins (voir figure ci-contre). D'après les résultats de suivis, éclairer naturellement les couloirs des parties communes des immeubles d'habitation permet de réduire de 35 à 50% leur consommation d'éclairage.

Profiter de la lumière du jour dans les cages d'escaliers comme ici à la Mairie de Gaillard (74) permet de limiter les consommations d'éclairage et de rendre leur usage plus attractif. L'adoption de couleurs claires pour les parois des locaux afin d'avoir une meilleure réflexion de la lumière fait partie des règles de base pour profiter au mieux de l'éclairage tant naturel qu'artificiel.



DES LAMPES ET LUMINAIRES PERFORMANTS

La limitation des consommations d'éclairage passe ensuite, bien évidemment, par le choix des lampes, luminaires et auxiliaires d'alimentation. Les solutions adoptées dans les bâtiments « démonstrateurs » Rhône-Alpins sont les suivantes :

 L'utilisation de lampes et auxiliaires d'alimentation performants: tubes fluorescents T5 (16 mm) avec ballasts électroniques, lampes fluocompactes ou LEDs à haut rendement, selon les usages.

Dans les couloirs et escaliers des parties communes des immeubles d'habitation ou de bureaux, des tubes T5 sont généralement préconisés et non des lampes fluocompactes. Ce choix s'explique par leur efficacité lumineuse plus élevée, la nécessité d'avoir une montée en puissance du flux lumineux très rapide ainsi que par le nombre important d'extinctions et d'allumages. En habitat collectif, les luminaires des couloirs des parties communes sont allumés en moyenne 760 fois par an et par occupant (source : résultats de suivis d'Enertech). Pour les pièces occupées brièvement telles que les WC, celliers, couloirs des appartements, les constructeurs proposent, depuis peu, des lampes fluocompactes dédiées à ces locaux, qui supportent un nombre de commutations plus important et ont une mise en régime plus rapide.

Dans les locaux à occupation discontinue, on trouve aussi des LEDs. Les LEDs sont également utilisées pour réaliser des animations colorées, comme par exemple à la Cité de l'Environnement de For Home à St Priest (69).



Dans plusieurs projets de logements sociaux Rhône-alpins « démonstrateurs », des lampes fluocompactes ont été fournies aux locataires. Par ailleurs, dans le livret qui leur a été remis, afin de les inciter à la sobriété énergétique, figurent des informations sur l'impact énergétique de l'éclairage et des conseils sur le remplacement des sources lumineuses. Il y est également préconisé d'éviter d'éteindre et d'allumer de façon répétée les lampes fluocompactes. En habitat, il est généralement préféré une lumière chaude, c'est à dire des lampes avec des températures de couleur de 2800 à 3500 K. Des températures de 4500 à 6000 K correspondent à une lumière froide.

• Le recours à des luminaires à haut rendement à éclairage direct. Par exemple, pour les classes de l'école de Saint Christophe en Jarez (42), des luminaires d'un rendement de 0.89, d'une classe photo-

métrique B, avec des réflecteurs en aluminium satiné et des micro-ventelles, équipés de tubes T5, ont été préconisés.

D'une manière générale, il est recommandé de privilégier la pose de luminaires en plafond à des appliques dont le rendement optique est plus faible.

Les luminaires à éclairage indirect tels que les lampadaires sur pied, peu efficaces, sont fortement déconseillés. De même, l'utilisation à l'extérieur de hublots pour l'éclairage des allées n'est pas recommandée compte-tenu de leur très mauvais rendement (inférieur à 40%) et de leur contribution à la pollution lumineuse du ciel nocturne.



La limitation des consommations d'éclairage passe également par l'utilisation de luminaires à haut rendement à éclairage direct.

Un dimensionnement au plus juste de l'éclairage. L'objectif est d'éviter le surdimensionnement énergivore de la puissance installée, tout en satisfaisant les exigences de confort visuel spécifiées dans les normes et recommandations.

Cela implique également de déterminer précisément les fréquences de nettoyage des luminaires, de manière à éviter dans les calculs de surestimer le facteur de dépréciation.

A noter, par ailleurs, les solutions spécifiques qui ont été mises en œuvre dans les bureaux pour optimiser les puissances installées. Les exigences d'éclairement de la norme NF EN 12464-1 sur l'éclairage des lieux de travail diffèrent selon qu'il s'agit de l'éclairage de la zone de travail, environnante ou de fond. Or, au stade de la conception, l'emplacement des zones de travail n'étant généralement pas connu, cela conduit très souvent à dimensionner l'ensemble de l'éclairage du bureau pour atteindre le niveau d'éclairement maximal de 500 lux.

La solution adoptée dans plusieurs bâtiments Rhône-Alpins, a consisté à installer des lampes de bureaux réglables, l'éclairage de fond et de plan de travail sont ainsi dissociés. Trois ans après, ces lampes étaient toujours présentes, même si les occupants ont parfois changé. La puissance moyenne obtenue pour l'éclairage de ces bureaux est d'environ 7 W/m² dont 2 W/m² pour les lampes de bureaux.

- L'utilisation de blocs autonomes d'éclairage pour la sécurité économes. La réduction des consommations est importante par rapport à une solution standard :
 - o jusqu'à 10 fois moins pour les BAES (Bloc Autonome d'Eclairage de Sécurité) à très faible consommation dotés de LEDs, installés par exemple à la Cité de l'Environnement,
 - o deux fois moins pour les BAEH (Bloc Autonome d'Eclairage d'Habitation) du type cathode froide avec gestion optimisée de la charge préconisés, par exemple, à l'hôtel du Lac de S.C.S.P. à St Priest.



Les BAES installés à la Cité de l'Environnement de For Home à Saint Priest (69) ne consomment que 0.5 W.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Minimiser les consommations des usages spécifiques de l'électricité : l'exemple de la Cité de l'environnement, page 150.

UNE GESTION DE L'ÉCLAIRAGE ADÉQUATE

Compte-tenu des exigences visées, privilégier l'éclairage naturel et opter pour des sources lumineuses performantes est indispensable mais pas toujours suffisant. Une gestion en fonction de l'occupation et de la luminosité extérieure est également à prévoir pour certains circuits d'éclairage. Les solutions mises en œuvre, que l'on retrouve sur les bâtiments « démonstrateurs » Rhône-Alpins, sont les suivantes

• Une séparation des circuits de commande par zone, en fonction de l'éclairage naturel de chaque zone. Que l'extinction soit automatique ou non, cela permet de profiter au maximum de l'éclairage naturel.

De même, dans les immeubles d'habitation, les commandes des circulations des parties communes sont séparées pour éviter des allumages de couloirs inutiles. Au niveau des escaliers, il est préconisé d'avoir un circuit de commande pour 3 étages au maximum.

· L'utilisation de minuteries, de détecteurs de présence ou de mouvement qui vont permettre de limiter les temps de fonctionnement de l'éclairage dans les lieux de passage ou les locaux à occupation intermittente.

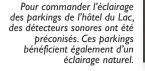
Les suivis réalisés dans le bâtiment de bureaux de l'INEED ont montré que, dans les circulations, de nombreux oublis d'extinction étaient systématiquement constatés. Dans les couloirs du sous-sol très peu fréquentés, un fonctionnement de l'éclairage pendant 9 jours consécutifs a été observé alors que les occupants ont été sensibilisés à la maîtrise des consommations d'énergie. Il en est de même dans la salle de conférence, d'exposition et de stockage. Asservir l'éclairage à la présence aurait permis, ainsi, pour la salle de conférence, une économie d'énergie de 70%. En revanche, dans les bureaux et la salle de réunion, les oublis sont peu fréquents.

Les détecteurs les plus couramment utilisés sont à infrarouge. Leur emplacement ainsi que leur nombre dépendent de la zone à couvrir et des sources de perturbations éventuelles. Si dans un couloir ou un escalier, des zones se trouvent hors du champ de détection, des temporisations plus longues sont alors nécessaires, d'où des consommations plus importantes.

A noter que dans les ascenseurs, il est préféré un éclairage de la cabine asservi à son fonctionnement plutôt qu'à la détection de présence.

> tation, l'éclairage des entrées et des circulations, à l'intérieur des logements, est commandé par des détecteurs de mouvement. bâtiments à usage social, est très mitigé. Ils déblorent que l'éclairage s'allume au moindre mouvement dans les pièces voisines. Seule une personne âgée ne s'est pas plainte.

Dans certains bâtiments d'habi-L'avis des locataires, d'un de ces



· L'usage de cellules photosensibles pour commander l'éclairage ou moduler le niveau d'éclairement, en fonction de la luminosité, associées à des détecteurs de présence ou de mouvement. Ce type de commande est utilisé, par exemple, pour les halls d'entrée et les paliers

bénéficiant d'un éclairage naturel. A noter que ces cellules photoélectriques sont très sensibles à l'empoussièrement.

La modulation de l'éclairement est aussi réalisée manuellement par des gradateurs dans les salles de réunion, par exemple.



Les luminaires installés dans les bureaux de l'ALLP à Lyon (69), à l'issue de la rénovation, sont équibés en standard de capteurs permettant une gestion automatique de l'éclairage en fonction de la luminosité et de la détection de présence. Les ballasts électroniques des tubes T5 (28 W) utilisés sont gradables.

- Le recours à des horloges ou programmations horaires de GTB qui permettent de commander un, plusieurs, ou l'ensemble des circuits d'éclairage d'un bâtiment. Pour un gain optimal avec ces dispositifs, des durées conduisant à des allumages les plus courts possibles, doivent être programmées. Sur un site, par exemple, une horloge enclenche l'éclairage extérieur et des parkings de 20h à 7h30 alors que le bâtiment est inoccupé entre 22h
- L'utilisation d'interrupteurs crépusculaires pour la commande de l'éclairage extérieur qui peuvent être associés à des horloges pour pouvoir éteindre une partie de

A noter toutefois, que la qualité variable et les difficultés de réglages des détecteurs, et plus particulièrement des détecteurs de présence et de mouvement, constituent un frein à leur mise en œuvre, comme l'illustre l'exemple suivant. Dans une crèche « basse consommation », après plu-

> tentatives infructueuses de réglage des détecteurs de présence et de luminosité, pour supprimer les enclenchements intempestifs de l'éclairage, le directeur a finalement décidé de revenir à des interrupteurs manuels. II a remarqué également que, le fait de n'avoir qu'une partie de l'éclairage gérée automatiquement, engendrait de

nombreux oublis d'extinction, dans les locaux à usage collectif, avec des interrupteurs manuels.

Les suivis réalisés à l'INEED montrent aussi que le réglage des détecteurs est un point délicat. Sur plusieurs cellules photosensibles, les seuils étaient mal réglés, à tel point que

l'éclairage du hall sud, commandé par ces cellules et des détecteurs de présence, était de loin le plus consommateur (jusqu'à 3 fois plus que les autres halls) alors qu'il bénéficie d'un éclairage naturel plus important. De même, des durées de temporisations très variables ont été observées au niveau des détecteurs de présence (jusqu'à 11 fois plus élevées pour un même usage).

Des réglages longs et minutieux ont pourtant été effectués à la livraison, ils n'ont cependant pas été verrouillés.

En général, des valeurs de temporisation de sortie de champ de détection de présence, n'excédant pas 10 à 15 secondes, peuvent être adoptées. De même, les temporisations des minuteries doivent être réglées aux valeurs les plus faibles possibles, permettant de satisfaire les usagers. Généralement, une temporisation de 1 à 1.5 minutes suffit amplement pour une circulation commune.

Les suivis réalisés ont montré, par ailleurs, qu'une attention devait être portée sur les consommations des détecteurs et gradateurs. En veille, les valeurs mesurées variaient de I à 3 W pour les détecteurs de présence et étaient en moyenne de 18 W pour les gradateurs.

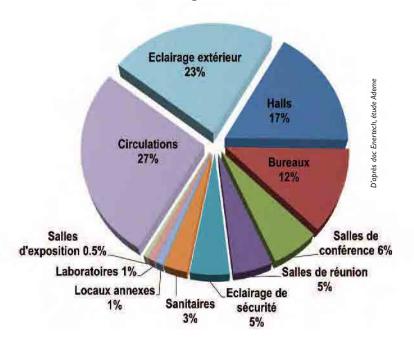
Pour le local douche très peu fréquenté, la consommation du détecteur de présence représentait 83% de la consommation d'éclairage de ce local. Cela amène à recommander



l'usage de minuteries plutôt que de détecteurs de présence pour des éclairages peu utilisés.

Le réglage des détecteurs reste un point délicat.

Répartition de la consommation annuelle d'éclairage de l'INEED



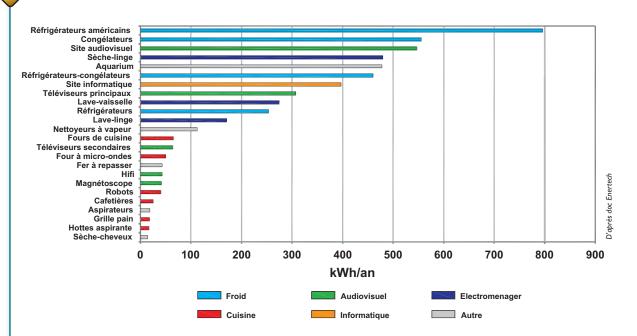
La consommation totale d'éclairage, en énergie finale, de l'INEED (hors atelier) est de 6.2 kWh/m²utile.an.
Elle est environ 4 fois plus faible que la moyenne nationale (obtenue sur une cinquantaine de bâtiments).
Néanmoins, l'optimisation des paramétrages des dispositifs de commande de l'éclairage extérieur, des circulations et des halls permettrait encore d'obtenir une réduction de 37 % de ce poste (voir rapport « INEED : évaluation des performances énergétiques, téléchargeable sur http://www.enertech.fr).

LES AUTRES USAGES DE L'ÉLECTRICITÉ (LA BUREAUTIQUE, L'ÉLECTROMÉNAGER, ...)

Les usages de l'électricité tels que l'électroménager, la bureautique, l'audiovisuel, non pris en compte dans les calculs réglementaires de consommation, représentent un poste de dépenses énergétiques important, encore trop souvent sousestimé. Ils contribuent aussi fortement aux éventuelles surchauffes estivales.

Les consommations and





Ces valeurs moyennes de consommations annuelles d'énergie électrique, par type d'appareil, en 2008, sont issues de campagnes de mesures menées par le Cabinet Sidler et Enertech, en logements, sous l'égide de l'ADEME, d'EDF et de la Communauté Européenne (voir « Notes techniques : connaissance et maîtrise des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel » téléchargeable sur http://www.enertech.fr). Plusieurs milliers d'appareils ont été suivis pendant des durées allant de un mois à un an.

Elles montrent que le premier poste de consommation d'électricité spécifique en logement est la production de froid domestique (636 kWh/an.logement). Puis viennent, par ordre décroissant, les appareils de cuisine (fours, plaques et accessoires, 568 kWh/an.logement), l'audiovisuel (TV, Hifi et périphériques asso-

ciés, 546 kWh/an.logement), le sèche-linge (480 kWh/an.logement) et l'informatique (ordinateurs, périphériques, boitiers divers, 396 kWh/an.logement).

En 10 ans, le gain fait par l'utilisation d'appareils de froid, d'éclairage et de lavage plus performants a été compensé par l'arrivée, au sein des foyers, de l'informatique et de nouvelles technologies audiovisuelles (les téléviseurs à LCD et plasma consomment respectivement 1.6 et 3.5 fois plus que les appareils à tube cathodique).

De plus, l'impact des améliorations technologiques sur le froid et le lavage a été moins important que prévu car les consommateurs ont eu tendance à acheter des réfrigérateurs de plus en plus grands et à augmenter la fréquence d'utilisation des lave-vaisselle.

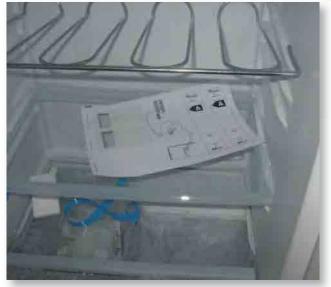
Même si de nombreuses actions restent du ressort des usagers, des dispositions peuvent être prises lors de la conception de ces bâtiments pour limiter ces consommations.

EXEMPLES DE DISPOSITIONS PRISES EN HABITAT POUR LIMITER CES CONSOMMATIONS

Dans le référentiel régional QEB pour la construction de logements sociaux, il est ainsi demandé aux concepteurs, dans les parties privatives :

- de prévoir un emplacement en cuisine permettant de placer un appareil de froid, très isolé, d'une largeur de 66 cm.
- de rendre impossible la juxtaposition des appareils de froid et de cuisson,
- de favoriser le séchage naturel du linge à l'extérieur des logements,
- de mettre en place une prise commandée dans le séjour par un interrupteur, placé à l'entrée de la pièce, permettant l'extinction des appareils audiovisuels, susceptibles d'être en veille. Même si des progrès sont faits au niveau des appareils en matière de consommation de veille (une directive européenne applicable depuis janvier 2010 limite leur puissance à un watt), le nombre d'appareils qui en dispose a fortement augmenté.

Une autre mesure mise en œuvre, notamment par l'OPAC du Grand Lyon, consiste à alimenter en eau chaude sanitaire les lave-vaisselle (80% des appareils actuellement disponibles sont compatibles).



Pour minimiser l'impact du premier poste de consommation électrodomestique en habitat - la production de froid - le maître d'ouvrage de la résidence « Jardins République » de SOGIMM à Epagny (74) a décidé d'équiper les logements de réfrigérateurs de classe A, les plus performants sur le plan énergétique à l'époque (les classes A+, A++, A+++ n'existaient bas encore).

DES ASCENSEURS PERFORMANTS

Les ascenseurs sont également un des usages de l'électricité, commun au résidentiel et au tertiaire, hors du champ de la réglementation thermique. Les mesures prises pour limiter leur consommation consistent :

- Tout d'abord, à rendre plus attractif l'usage des escaliers en les mettant en valeur.
- Ensuite, à éviter le surdimensionnement des cabines.
- Et enfin, à recourir à des technologies performantes. Les caractéristiques des équipements, que l'on retrouve par exemple dans le CCTP de l'hôtel du Lac de S.C.S.P. à St Priest (69), sont les suivantes :
 - o Modèles à contrepoids.
 - o Moteurs d'entrainement à haut rendement.
- o Régulation de vitesse par variation de fréquence.
- o Systèmes, si possible régénératifs, permettant la réinjection du courant dans le réseau lors des freinages.
- o Transmission directe sans réducteur de vitesse.
- o Vitesse de l'appareil de 1 m/s maximum.
- o Manœuvre de type duplex, collective descente.
- o Armoire de commande avec une consommation réduite (puissance absorbée inférieure à 100 W).



A l'hôtel du Lac, pour limiter les consommations des ascenseurs, des machineries performantes ont été adoptées (moteur à haut rendement, à vitesse variable,...).

Cet hôtel 3 étoiles de 133 chambres comporte 4 ascenseurs desservant 10 niveaux, 2 pour les clients et 2 pour le personnel.

ENTERTIAIRE, DES SOLUTIONS MULTIPLES

Pour les autres usages de l'électricité dans les bâtiments tertiaires, les solutions adoptées sont multiples compte-tenu de la diversité des applications. On peut citer notamment :

- · L'utilisation d'ordinateurs portables au lieu de postes fixes qui consomment jusqu'à 8 fois moins d'énergie et permettent d'éviter les onduleurs. Le poids de l'informatique et d'une manière générale de la bureautique est très important dans le bilan énergétique des immeubles de bureaux.
- · La limitation du nombre de moniteur de grand format.
- · La sélection d'équipements économes en s'appuyant sur l'étiquetage énergétique ou les labels : étiquette A+++, A++, A+ pour l'électroménager (voir figure ci-contre), label « Energy Star » pour les matériels de bureaux (ordinateurs, périphériques, photocopieurs, ...voir la base de données sur téléviseurs. Informations disponibles http://www.eu-energystar.org).



Nouvelle étiquette énergie pour les lave-linge, les lave-vaisselle, les appareils de froid et les sur le site http://ecocitoyens.ademe.fr.

- · La mutualisation des services (cafétéria, serveurs « basse consommation », photocopieurs, communs aux différentes sociétés présentes dans les bureaux, minibars d'étage collectifs en hôtel...) qui conduit à un nombre réduit d'équipements, plus efficaces sur le plan énergétique.
- · Le renoncement à certains équipements énergivores : distributeurs de boissons froides en bureaux, miroirs chauffant dans les chambres d'hôtel (antibuée).
- · La suppression des veilles.

Un exemple concret des actions mises en œuvre dans un bâtiment de bureaux, pour limiter les consommations d'électricité hors usages thermiques, est présenté dans la fiche sur la « Cité de l'environnement » à St Priest (69).

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Minimiser les consommations des usages spécifiques de l'électricité : l'exemple de la Cité de l'environnement, page 150.



La maîtrise des consommations passe aussi par des actions de sensibilisation auprès des utilisateurs

L'objet des guides destinés aux occupants, que l'on retrouve sur de nombreuses opérations « démonstrateurs » aussi bien en habitat qu'en tertiaire, est d'inciter à une sobriété énergétique. Ils expliquent les objectifs visés lors de la construction du bâtiment et donnent des conseils pratiques, notamment au sujet des appareils électriques.

Par exemple, dans le guide remis aux locataires des logements sociaux de « La Petite Chartreuse », de Pluralis à la Terrasse (38), figure des



LE RÔLE CENTRAL DE L'EXPLOITATION

omme le montrent les suivis des bâtiments Rhône-Alpins, c'est à l'exploitation que se révèlent les insuffisances en amont :

- les erreurs de conception,
- les défauts de réalisation,
- · l'absence de mise au point,
- les lacunes en matière de mise en service.

Les écarts entre les consommations réelles et celles calculées en phase de conception sont également dus :

- à la méthode de calcul de consommation conventionnelle réglementaire ou aux outils de simulations utilisés qui reposent sur un jeu d'hypothèses (scénarii d'occupation, températures extérieures et ambiantes) différant des conditions réellement rencontrées,
- à des comportements parfois « dispendieux » de certains occupants,
- à des insuffisances au niveau de la maintenance des équipements.

Prendre en compte l'exploitation des bâtiments dès le début du projet permet de limiter les écarts. C'est le rôle fondamental du commissionnement qui ne consiste pas seulement à réaliser la mise au point des installations. Par définition, c'est l'ensemble des tâches pour mener à terme une installation neuve afin qu'elle atteigne le niveau de performances contractuelles et créer les conditions pour les maintenir. La mise à disposition des clients et/ou des usagers de la documentation et des instructions d'utilisation et de maintenance, incluant l'initiation ou même la formation des intervenants, en fait également partie.

L'exemple Rhône-Alpin présenté ci-après montre l'importance du commissionnement.

Ainsi, dans un petit bâtiment d'habitation, une banale coupure de courant a entraîné un dysfonctionnent du système de ventilation double-flux (assurant également la surventilation nocturne) pendant quelques mois.

Le technicien de maintenance, habitué aux chaufferies mais pas à cet équipement, encore peu rencontré en habitat, n'a pas su parer à cette panne. Maintenant si cela se reproduit, le technicien saura intervenir mais qu'en sera t'il en cas de nouvel exploitant? D'où l'importance de la mise en main des installations après réception (une des tâches du commissionnement) ainsi qu'après un changement d'exploitant.

De plus, dans cet immeuble de 8 logements sociaux, sans gardien, se pose le problème d'alerte en cas de panne de ce système. Aucune solution n'a été trouvée.

Il existe effectivement une alarme visuelle dans les parties communes de l'immeuble mais aucun locataire n'a averti lors de ce dysfonctionnement. Le contrat de maintenance ne prévoit, par ailleurs, que quelques visites par an comme habituellement pour un petit ensemble de logement.

Le report d'alarme par modem a été envisagé mais le bailleur ne dispose pas de personnel pouvant prendre en charge la gestion de cette alarme et l'exploitant chez qui elle pourrait être renvoyée est susceptible de changer.

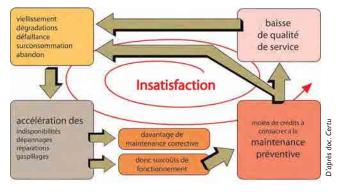
Cette impasse montre qu'il est essentiel de tenir compte de la maintenance en amont :

CLes comportements des occupants ne sont pas les seuls à l'origine des écarts observés entre les consommations réelles et attendues.

- de lister dès le début du projet les exigences du maître d'ouvrage en matière de maintenance (absence de gardien dans l'immeuble, nombre de visites d'entretien limité,...),
- de définir, en phase conception, les moyens de maintenance à mettre en œuvre (personne à prévoir pour la gestion d'alarme,...),
- de choisir les solutions techniques en fonction des contraintes énergétiques mais aussi de maintenance.

Toutes ces tâches font partie du commissionnement.

Le chapitre, ci-après, qui traite ces questions s'appuie sur le « Mémento du Commissionnement » réalisé par le Costic.



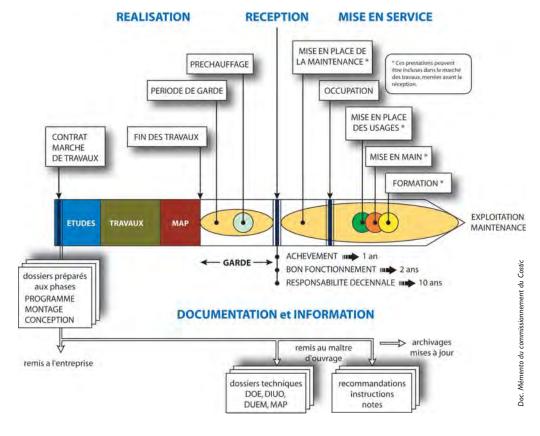
Si pour des raisons budgétaires, une maintenance suffisante ne peut être assurée, on entre dans un cercle vicieux de dégradation des performances.

C'est pourquoi il importe de prendre en compte, dès le programme, les coûts de maintenance.

LE COMMISSIONNEMENT

Le commissionnement commence dès le montage de l'opération jusqu'à la mise en main des installations. Cela correspond à différentes prestations qui doivent être suffisamment détaillées dans les appels d'offres pour être effectivement réalisées. Le commissionnement nécessite

une collaboration la plus en amont possible entre tous les acteurs (le maître d'ouvrage, l'équipe de maîtrise d'œuvre, l'installateur, les responsables maintenance et les utilisateurs) de manière à pouvoir prendre en compte les exigences de chacun qui peuvent s'avérer divergentes.



Les missions constituant le commissionnement sont principalement :

- Les études de réalisation qui préparent les étapes suivantes.
- La mise au point des installations (MAP) après les travaux.
- La mise en service avant et/ou après la réception selon les dispositions du marché.

La dernière mission très importante est la fourniture des dossiers techniques.

LE COMMISSIONNEMENT DÉBUTE DÈS LE MONTAGE DU PROJET

En phase de montage, le maître d'ouvrage doit commencer à définir ses objectifs en matière d'exploitation.

Le programme doit spécifier :

- les besoins d'usage du bâtiment (en indiquant les évolutions éventuelles envisagées...),
- les contraintes et exigences et de maintenabilité et de fiabilité,
- les coûts d'exploitation prévisionnels.

Ces éléments qui doivent être fournis par le maître d'ouvrage sont nécessaires pour permettre aux professionnels de choisir les solutions les plus adaptées sur le plan de la performance énergétique mais aussi vis-à-vis des

contraintes de maintenance et des exigences de qualité d'usage.

Cela concerne à la fois les installations techniques et les matériaux de construction qui doivent être durables et faciles d'entretien.

Dans l'exemple de l'immeuble de 8 logements équipé d'une ventilation double-flux présenté ci-avant, si les contraintes de maintenance avaient été mieux prises en compte au stade de la conception, cela aurait peut être remis en cause l'adoption de cette solution de ventilation.

Les choix en termes d'investissements réalisés initialement engagent la vie future du bâtiment.

Adopter une approche en coût global permet de tenir compte à la fois des coûts d'investissements et des coûts des consommations énergétiques et de maintenance sur la durée de vie du bâtiment. Les objectifs d'efficacité énergétique ne doivent pas conduire à des dépenses de maintenance excessives, notamment pour les logements sociaux où des contraintes fortes existent en matière de maîtrise des charges locatives.

Développer dès le montage du projet une transversalité entre tous les acteurs, y compris avec la maintenance, paraît indispensable.
Les exploitants sont tributaires des choix faits en amont.

Ainsi, le référentiel régional QEB pour la construction de logements sociaux impose de fournir une étude comparative de 2 à 3 systèmes de chauffage et production d'ECS les plus pertinents faisant apparaître les coûts d'investissements, les coûts d'exploitation (PI, P2 et P3) et leurs impacts environnementaux pour les bâtiments de plus de 1000 m². Il propose également d'établir un calcul des charges prévisionnelles prenant en compte les coûts d'exploitation.

DES RÉSULTATS D'ÉTUDES DÛMENT SPÉCIFIÉS

Les études de projet et de réalisation (ou d'exécution) conditionnent les étapes qui suivent : mise au point, réception, mise en service et exploitation. Il est important que les résultats attendus de ces études soient dûment spécifiés dans les marchés.

Par exemple, pour les installations de chauffage, ces études doivent déterminer :

- Le point de fonctionnement des circulateurs.
- Les valeurs de réglage des organes d'équilibrage à partir des puissances des émetteurs, des débits, des diamètres et des pertes de charge.
- Le nombre et la répartition des puissances des générateurs choisis selon des critères de performance énergétique mais aussi en fonction des conditions d'exploitation (impératif de continuité de service en cas de panne d'un générateur, contraintes d'appoint en combustible....).

Selon l'organisation des marchés, ces études peuvent être menées lors de la phase conception ou de réalisation.

Le CCTP de l'hôtel du Lac de S.C.S.P.à St Priest (69), par exemple, précise pour les circulateurs : les caractéristiques, les modèles et les points de fonctionnement.

Les dossiers techniques à fournir à l'issue des études doivent être décrits en détails. Ils vont compléter ou constituer le DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) et/ou le DUEM (Dossier d'Utilisation d'Exploitation et de Maintenance), essentiels pour les tâches de maintenance. Il s'agit

- Des notes et résultats des calculs.
- Des notices des équipements (caractéristiques, instructions d'usage et de maintenance).
- Des dessins d'implantation des réseaux et des équipements.
 - Des nomenclatures des équipements et accessoires.
 - Des signalisations des réseaux et des équipements dans le bâtiment.

Le format des fichiers et l'organisation de ces documents doivent être également spécifiés au risque qu'ils soient difficilement utilisables.

Par exemple dans le CCTP de l'hôtel du Lac sur le lot chauffage-ventilationclimatisation des spécifications portent sur les documents à fournir par l'entreprise (notices d'entretien, schémas,).



La mise à disposition des clients et/ou usagers de la documentation (plans, notes de calculs,...) et des instructions d'utilisation et de maintenance est une des tâches importante du commissionnement. Les documents à remettre doivent être spécifiés dans les marchés.

LES COMPTAGES ET AUTRES MESURES DOIVENT ÊTRE DÉFINIS EN TENANT COMPTE DE LEUR EXPLOITATION ULTÉRIEURE

C'est durant les études de projet et de réalisation que doivent être également définis les équipements de mesure qui seront installés pour la maintenance et le suivi des performances des installations : mesures de température, de pression, comptage d'énergie...

Cela peut consister seulement, pour limiter les coûts d'installation ultérieure :

 à séparer les différents circuits électriques et hydrauliques selon les usages pour permettre les sous-comptages,



Les comptages d'énergie indispensables pour suivre les performances des installations doivent être définis au cours de la phase de conception en tenant compte de l'exploitation qui en sera faite.

- à pré-équiper les installations, par exemple, à installer des manchettes permettant la pose ultérieure aisée de compteurs d'eau,
- à recourir à des équipements déjà à demeure tels que les vannes d'équilibrage à mesure de débit.

Pour éviter que les moyens de mesure mis en œuvre soient en final inexploités, il est indispensable de déterminer au préalable les usages qui en seront faits. Ainsi, les indicateurs et les moyens de suivi des performances du bâtiment doivent être définis en amont par les différents acteurs, notamment par le futur gestionnaire et responsable maintenance. Les résultats des enquêtes montrent qu'actuellement de nombreux gestionnaires ignorent les performances énergétiques de leur patrimoine immobilier.

De même, le choix d'un système de gestion technique du bâtiment (GTB) doit être fait en prévoyant son usage effectif par du personnel formé. La liste des points d'entrée et de sortie et des fonctionnalités requièrent une analyse spécifique

et pragmatique. Les fonctions de suivi énergétique qui donnent toute sa justification à l'investissement dans une GTB, au delà des fonctions de surveillance et de supervision, ne doivent pas être omises.

Quelques exemples en Rhône-Alpes :

- A la Cité de l'Environnement de For Home à St Priest (69), la GTB est accessible aux occupants depuis leur poste informatique et constitue un outil de sensibilisation à la maîtrise des consommations.
- Dans le bâtiment de bureaux de l'INEED de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Drôme à Alixan (26), le choix a été fait de ne pas installer de GTB compte-tenu du surcoût et des contraintes liées à son exploitation.
- A l'hôtel du Lac à St Priest, qui comporte 133 chambres et des installations techniques conséquentes, un système de GTB a été prévu. Le CCTP en fournit les spécifications détaillées, notamment sur les comptages.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Exploiter les comptages : l'exemple de l'immeuble Les Elfes, page 154.

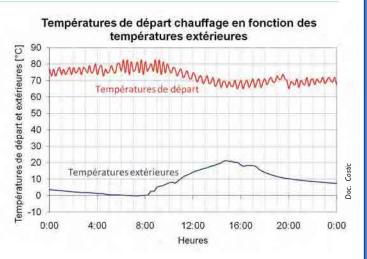
LA MISE AU POINT DÉTERMINE LA QUALITÉ FINALE DE L'INSTALLATION

Nombreux sont les suivis de bâtiments Rhône-Alpins qui montrent que cette phase de mise au point n'est pas toujours parfaitement réalisée (voir encadré ci-après).



Exemple de défaut de réglage constaté

Dans un bâtiment de bureaux qui a fait l'objet d'un suivi instrumenté mis en place par l'ADEME Rhône-Alpes et réalisé par le Costic, il a ainsi été observé une courbe de chauffe d'un régulateur en fonction de l'extérieur étonnamment plate. Sur une journée en hiver, comme le montre le graphique ci-contre à titre d'exemple, la température de départ de chauffage mesurée était anormalement élevée pour une température extérieure de 20°C. Elle était de 65°C. Ce paramétrage entraîne des surchauffes en ambiance.



Il est indispensable que cette tâche soit dûment prévue dans les marchés qui doivent préciser les résultats attendus (températures, débits,...).

Par exemple, le CCTP de l'hôtel du Lac pour le lot chauffage - ventilation - climatisation spécifie précisément les prestations d'équilibrage à réaliser.

La mise au point comporte deux étapes :

• La mise au point "statique" qui consiste à contrôler que les équipements posés pourront être mis en marche : vérification du montage correct des équipements, descâblages électriques, du bon adressage des points d'entrée-sortie de la GTB, La mise au point "dynamique" qui consiste à mettre en marche, mesurer et à régler les paramètres de l'installation (températures, débits, pressions) conformément aux spécifications et aux calculs. L'équilibrage des réseaux hydrauliques et aérauliques ainsi que le paramétrage des régulateurs sont des tâches fondamentales de cette mise au point.

Les documents remis à la fin de cette prestation doivent récapituler les réglages et mesures réalisés afin d'attester de la conformité aux performances spécifiées dans le marché.

> L'équilibrage des réseaux et le paramétrage des régulateurs constituent deux taches importantes du commissionnement.



LA MISE EN MAIN DES INSTALLATIONS, UNE TÂCHE IMPORTANTE DE LA PHASE DE MISE EN SERVICE, QUI CONTRIBUE À ASSURER LA PÉRENNITÉ DES PERFORMANCES

La mise en main des installations aux utilisateurs et aux techniciens de maintenance a pour rôle essentiel d'expliquer leur fonctionnement et les performances de l'ouvrage pour une meilleure utilisation et maîtrise des

consommations. L'expérience Rhône-Alpine montre que le passage de relais entre l'équipe de maîtrise d'œuvre et le personnel chargé de la maintenance est souvent un point faible sur les opérations basse-consommation. Cette phase est d'autant plus importante que l'on sort de la répétition.

Une opération de promotion immobilière a également mis en relief qu'il était difficile de sensibiliser les acquéreurs sur le fait qu'il s'agissait de bâtiments plus performants.

La mission de mise en main consiste à rédiger des documents spécifiques ainsi qu'à former et informer les intervenants techniques et les utilisateurs.

Ainsi, le référentiel régional QEB pour la construction de logements sociaux exige, à minima, la réalisation d'un livret locataires comprenant :

- des informations sur les matériaux de construction et équipements techniques de la résidence,
- des conseils d'utilisation et d'entretien de ces matériaux et systèmes,

Les acquéreurs de logements à faibles besoins énergétiques ne se rendent pas compte de leurs performances.
Certains sont mêmes sceptiques.

Christian Porzyc, Sogimm, maître d'ouvrage Jardins République à Epagny (74)

 des gestes verts portant principalement sur les économies de chauffage, d'électricité, d'eau, sur la gestion des déchets et sur le choix du mobilier et des produits d'entretien vis-à-vis de leur impact sur la qualité

d'air.

Ce référentiel préconise également la création d'un livret de maintenance de 10 à 20 pages à destination du gestionnaire contenant :

- la description des matériaux et équipements de la résidence (localisation, caractéristiques techniques, photos),
- les actions de maintenance à prévoir sur chacun des équipements,
- le nom de l'entreprise de maintenance ou du responsable de ces actions.

Dans plusieurs opérations de bureaux « démonstrateurs » Rhône-Alpins, des guides à destination des utilisateurs ont été également rédigés. Des actions de sensibilisation à la maîtrise des consommations d'énergie ont aussi été menées auprès des occupants.

Dans l'exemple de l'immeuble de 8 logements cité au début de ce chapitre (voir page 86), une formation des techniciens de maintenance sur le fonctionnement et le paramétrage de la régulation de la centrale doubleflux dans le cadre de la mise en main aurait certainement



La mise en main des installations aux utilisateurs et techniciens de maintenance constitue une étape très importante du commissionnement qui doit être prévue dès le départ.

permis d'éviter le dysfonctionnement rencontré.

La phase de mise en service peut inclure également d'autres missions :

- La mise en place de la maintenance (choix du contrat et du prestataire, voir chapitre ci-après sur l'exploitation)
- L'adaptation des installations aux usages réels :
- o l'ajustement des réglages des optimiseurs d'intermittence en fonction des heures d'occupation par exemple,
- o la mise en service progressive des différentes fonctions de la GTB en fonction des besoins.

Les prestations de mise en service peuvent être réalisées avant ou après la réception.

L'EXPLOITATION

Les résultats des suivis des bâtiments « démonstrateurs » Rhône-Alpins montrent aussi l'importance de l'exploitation pour atteindre les performances énergétiques

fixées. Des défauts de fonctionnement des installations ou un comportement non attentif des occupants peuvent conduire à des dérives des consommations.

Dans le bâtiment de bureaux de l'INEED, on a ainsi observé une hausse de 36% des consommations de chauffage en trois ans. Pour mémoire, dans un bâtiment basse consommation, les simulations réalisées pour les exemples Rhône-Alpins montrent qu'une élévation d'un degré de température ambiante induit une surconsommation de l'ordre de 15%.

Pour de plus amples informations, voir la fiche :

Optimiser la conception et l'exploitation des bâtiments à faibles besoins énergétiques : l'exemple de l'INEED, page 156.

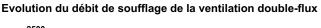


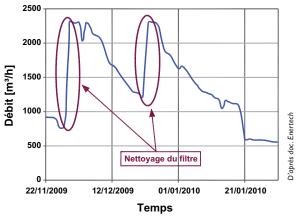
Exemple de dérive de fonctionnement

La figure ci-contre est issue d'un suivi instrumenté réalisé par Enertech, sur une ventilation double-flux avec échangeur rotatif, dans un immeuble d'habitation. Elle montre l'impact de l'encrassement du filtre d'air neuf sur le débit d'air insufflé.

Les pertes de charge engendrées par l'empoussièrement du filtre conduisent à une diminution de plus de la moitié des débits. Les nettoyages successifs du filtre sont visiblement insuffisants puisqu'ils ne permettent de retrouver des débits satisfaisants que momentanément.

Un changement des filtres tous les 3 à 4 mois a été préconisé.





Les équipements doivent faire l'objet d'une maintenance dès le lendemain de la réception des travaux, et non à la fin de la première année de « parfait achèvement » comme cela se pratique couramment.

Pour autant avant d'atteindre une exploitation « courante », quelques années peuvent être nécessaires. En effet, la mise en service et la prise en main des installations ne peut se faire immédiatement. Cela sera cependant d'autant plus long, si toutes les tâches du commissionnement n'ont pas été parfaitement réalisées.

Les contrats d'exploitation doivent comporter une description précise et complète des prestations et des équipements techniques couverts comme le spécifie le « guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage » de 2007 du Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie.

Certains contrats sont plus incitatifs que d'autres vis-àvis de la maîtrise des consommations énergétiques (voir encadré ci-après). Le choix de l'un ou l'autre est fonction de nombreux paramètres : importance et diversité du parc concerné, ressources disponibles, organisation du contractant,...

Pour les petits bâtiments Rhône-Alpins, par exemple pour l'immeuble de bureaux « à énergie positive » de la SOREA à St Julien-Montdenis (73), on constate actuellement que ce sont souvent des contrats n'incluant que la conduite et le petit entretien qui sont passés.

A noter qu'une nouvelle catégorie de contrats globaux de performance énergétique a été introduite en aout 2011 dans le code des marchés publics pour répondre aux objectifs du Grenelle de l'Environnement. Ces contrats sont plus spécifiquement destinés aux bâtiments existants. Dans le principe, une société de service énergétique (SSE) investit dans des travaux de rénovation (isolation thermique, amélioration du système de chauffage,...), garantit la performance énergétique après interventions et se rémunère par les économies d'énergie générées.

Le « guide du contrat de performance énergétique » de juillet 2010 du Commissariat Général au Développement Durable a pour vocation d'accompagner et éclairer les acteurs publics qui souhaiteraient s'appuyer sur des Contrats de Performance Energétique CPE (téléchargeable sur le site http://www.developpement-durable.gouv.fr).

Rappel des principales caractéristiques des différents types de marchés publics d'exploitation de chauffage (décrites dans le guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage de 2007 du Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie téléchargeable sur le site http://www.economie.gouv.fr)

Dans les marchés publics, il existe différents types de marchés d'exploitation de chauffage qui servent souvent de base aux marchés privés. Tous ces marchés comprennent au minimum la conduite de l'installation et les travaux de petit entretien (poste P2).

- ▶ Le marché à forfait MF (PI+P2): Ce marché comprend la fourniture du combustible (poste PI) ainsi que le poste P2. Le montant correspondant à la consommation de combustible est forfaitaire et ne dépend pas des consommations réelles et notamment des conditions climatiques. L'exploitant a donc intérêt à optimiser l'efficacité énergétique de l'installation.
- ▶ Le marché à température extérieure MT (PI+P2) : Contrairement au marché à forfait, le montant annuel afférent à la consommation de combustible est corrigé en fonction des conditions climatiques (DJU). L'exploitant a donc intérêt également à maîtriser les consommations.
- ▶ Le marché à comptage MC (PI+P2): Le montant correspondant à la consommation de combustible est déterminé en fonction de la quantité de chaleur fournie mesurée par comptage. Les efforts faits par l'exploitant mais aussi contrairement aux autres marchés par les occupants pour optimiser les consommations leur seront profitables.
- ▶ Le marché à combustible et prestation CP (PI+P2): Le montant de fourniture de combustible est évalué en fonction des quantités livrées et est donc peu incitatif pour l'exploitant.
- Le marché de type PF (P2): L'exploitant n'assure que la conduite des installations et les petits travaux d'entretien et n'est pas incité à optimiser l'efficacité énergétique de l'installation.

Les marchés MT, MC, CP ou PF peuvent être déclinés avec une clause d'intéressement prévoyant le partage des économies ou des excès de consommation de combustible (marchés MTI, MCI, CPI ou PFI).

Par ailleurs, à ces 5 marchés peut être ajoutée une prestation de gros entretien et renouvellement des matériels (garantie totale P3).

Tous ces marchés d'exploitation comportent une

garantie de résultats (température de chauffage des locaux, température de l'eau chaude sanitaire, qualité de la fourniture livrée,...).

Bien que moins courant, des prestations de maintenance, conduite et gestion couvrant le chauffage, la climatisation, l'électricité et l'eau avec garantie de résultats peuvent être intégrées dans un marché de services d'exploitation ou un marché de gestion globale du bâtiment (Facilities Management).

POUR ALLER PLUS LOIN

Ci-après, une liste de quelques ouvrages sur les différentes thématiques abordées au sein du guide. Cette liste ne se veut pas exhaustive.

L'ENVELOPPE

- Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques Alain Liébard et André De Herde, Editions du Moniteur, 2005
- Etanchéité à l'air : dispositions constructives Les mémentos de conception et de mise en œuvre à l'attention des concepteurs, artisans et entreprises du bâtiment

 CETE de Lyon, ADEME, 2010, travaux du projet PREBAT MININFIL (minimiser les infiltrations d'air dans les bâtiments), téléchargeables sur http://www.cete-lyon.equipement.gouv.fr
- Guide Concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment CSTB, DGALN, Référence Y09 12 0000494, téléchargeable sur http://dae.cstb.fr
- Construire avec la lumière naturelle
 Marc Fontoynont, Michel Perraudeau et Pascale Avouac, Guide CSTB, ADEME, Editions CSTB, 2011
- Bardage rapporté sur ossature secondaire en bois Guide pratique CSTB, Editions CSTB, 2009
- Les ponts thermiques dans le bâtiment Mieux les connaître pour mieux les traiter
 Salem Farkh, guide pratique CSTB, Editions CSTB, 2009
- Mise en œuvre des menuiseries en bois en aluminium en PVC Guides pratiques CSTB, Editions CSTB, 2009
- Guide de la fermeture et de la protection solaire SNFPSA, FFB, Editions SEBTP, 2010
- Les volets roulants Conception et mise en œuvre Guide pratique CSTB, Editions CSTB, 2011
- Dossier technique Migration de vapeur d'eau et risque de condensation dans les parois Ville et Aménagement Durable, 2010
- Transfert d'humidité au travers des parois Evaluer les risques de condensation Guide technique CSTB, Editions CSTB, 2009

■ LA RÉNOVATION

 Elaborer un programme de rénovation énergétique dans les bâtiments - Guide d'aide au montage, conception, réalisation et suivi d'opérations à destination des professionnels du bâtiment

Agence Fleurent Valette Architectes et Ellypsio, ADEME, 2011, téléchargeable sur http://www.rhone-alpes.ademe.fr

 Audit énergétique bâtiment - Maitres d'ouvrages & bureaux d'études - Rapport type -Juin 2011

Ademe, 2011, téléchargeable sur http://www.ademe.fr

- Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment Guide d'audit énergétique Costic, Ademe, 1999, téléchargeable sur http://www.ademe.fr
- Le guide ABC Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs construits de 1850 à 1974 EDF, ARC, ADEME, FFB, CSTB, Les Editions Parisiennes, 2011
- La rénovation écologique, principes fondamentaux et exemples de mise en œuvre Pierre Levy, Editions Terre Vivante, 2010

POUR ALLER PLUS LOIN

- Acoustique et réhabilitation Améliorer le confort sonore dans l'habitat existant Christine Simonin-Adam, PUCA, Editions Eyrolles, 2002
- Le Bâti ancien, le patrimoine et l'énergie Cahier de recommandations Ville de Grenoble, 2010, téléchargeable sur http://www.grenoble.fr
- Les reportages chantier Réhabilitation de la salle polyvalente Fernand Leger Réhabilitation de la salle polyvalente de Champaret - Réhabilitation de l'immeuble Maréchal Leclerc
 Ville et Aménagement Durable, 2010
- Rénovation des conduits de fumée Installation de chaudières individuelles à condensation gaz naturel

Costic, GrDF, Editions COSTIC, 2012

■ LES ÉQUIPEMENTS

- Le manuel de la régulation R.Cyssau, Editions SEDIT, 2005
- Guide pour améliorer et connaître les installations collectives de chauffage et d'eau chaude Costic, Editions ADEME, 2007
- Chaufferies Aide mémoire
 Costic, Climapoche, Editions COSTIC Publications, 2008
- Mise en place d'une chaufferie au bois Etude et installation d'une unité à alimentation automatique

Coédition ADEME - EDP Sciences, 2007

- Les équipements de prévention de l'embouage des circuits de chauffage Costic, Cahier de Notes Savoir-Faire, Editions SEDIT, 2004
- Mise en œuvre des chaudières individuelles gaz à condensation
 Costic, Cégibat, Cahier de Notes Savoir-Faire, Editions COSTIC Publications, 2007
- Circulateurs pour les circuits de chauffage Costic, ADEME, Cahier de Notes Savoir-Faire, Editions SEDIT, 2010
- Solutions de pompes à chaleur en résidentiel et en individuel
 Costic, FFB, EdF, Editions SEBTP, 2004, téléchargeable sur le site http://www.costic.com
- Les pompes à chaleur géothermiques très basse énergie Costic, FFB, Editions SEBTP, 2009
- Recommandation AICVF 02.2004 Eau Chaude Sanitaire Costic, AICVF, 2004
- Eau chaude sanitaire solaire Application à l'individuel et au collectif
 Costic, FFB, Editions SEBTP, 2008, téléchargeable sur http://www.costic.com
- Recommandation AICVF 04.2007 Qualité de l'air intérieur et ventilation AICVF, 2007
- Qualité d'air intérieur, qualité de vie 10 ans de recherche pour mieux respirer
 Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, Editions CSTB, 2011
- Hygiénisation des installations de ventilation
 Costic, ADEME, Ministère du logement, Editions COSTIC Publications, 2009
- \bullet Guide la ventilation naturelle et hybride «VNHY » $^{\otimes}$ Conception, dimensionnement, mise en œuvre, maintenance

AVEMS, ADEME, DHUP, EDF, GDF Suez, USH, 2010, téléchargeable sur http://www.ademe.fr

- Climatisation douce
 Costic, Cahier de Notes Savoir-Faire, Editions COSTIC, 2010
- Conception des installations de climatisation et de conditionnement de l'air Tertiaire et industrie - Guide n° 10 AICVF, Editions PYC, 1999

POUR ALLER PLUS LOIN

- Bruits des Equipements Guide n° I I Costic, AICVF, Editions PYC, 1997
- Guide de l'éclairage intérieur des lieux de travail Bâtir un projet durable AFE, Editions Lux, 2010
- Avis de l'ADEME sur l'éclairage à LEDS, les lampes fluocompactes, les PAC
 Téléchargeables sur http://www.ademe.fr, Actualités, Avis de l'ADEME, Economies d'énergie
- Notes techniques : connaissance et maîtrise des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel

Olivier Sidler, Enertech, 2009, téléchargeable sur http://www.enertech.fr

L'EXPLOITATION ET LE COMMISSIONNEMENT

- Mémento du Commissionnement pour des équipements techniques aux qualités durables Costic, FFB, ADEME, FSE, téléchargeable sur http://www.costic.com
- Mise au point des installations hydrauliques Costic, AICVF, Editions PYC, 1994
- Mise au point des installations aérauliques Costic, AICVF, Editions PYC, 1995
- Mise au point de la régulation et de la gestion technique des bâtiments Costic, AICVF, Editions PYC, 1997
- Guide pratique : prendre en compte l'exploitation et la maintenance dans la conduite de projet immobilier

CETE, Certu, DGUHC, 2002, téléchargeable sur http://www.certu.fr

- Guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans gros entretien des matériels et avec obligation de résultat GEM/ CC, Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie, 2007, téléchargeable sur le site http://www.economie.gouv.fr
- Guide du contrat de performance énergétique
 Commissariat Général au Développement, 2010, téléchargeable sur http://www.developpement-durable.gouv.fr
- Guide CPE Contrat de performance énergétique en logement social Guide de mise en œuvre

Groupe ICF, Azan Avocats associés, Best Energies, Fresh, IEE, ADEME, 2011, téléchargeable sur http://www.icfhabitat.fr

- Mémento Clauses sensibles du contrat de performance énergétique Costic, Editions COSTIC, 2011
- Entretien annuel des chaudières de puissance nominale comprise entre 4 et 400 kW Fiches techniques

Costic, Energies et Avenir, 2010, téléchargeables sur http://www.costic.com

■ SITES WEB

- www.ademe.fr et www.rhone-alpes.ademe.fr
- www.batiment-energie.org
- www.effinergie.org
- www.ville-amenagement-durable.org
- www.rt-batiment.fr
- www.costic.com
- www.cstb.fr
- www.enertech.fr

LES FICHES D'EXEMPLES D'OPÉRATIONS

Ces fiches de 2 à 4 pages présentent plus en détail les solutions mises en œuvre sur une opération. Elles portent sur les différentes thématiques abordées dans le guide.

■ De nouvelles pratiques de conception	
Comment évaluer le confort d'été ? L'exemple d'une maison à St Priest	. 100
 Intégrer les exigences énergétiques et de confort dès l'esquisse par une architecture bioclimatique : l'exemple de l'immeuble de Vénissieux 	. 102
• Les spécificités de la conception hôtelière : l'exemple de l'hôtel du lac	. 106
• Concevoir un bâtiment à « énergie positive » : l'exemple de Bonne-Energie [©]	. 108
• La performance énergétique constitue-t-elle-un frein à la création architecturale ? Réponse à travers trois exemples	. 112
Quels outils pour la conception ? L'exemple de la Cité de l'environnement	. 116
• Aboutir à un bâtiment basse consommation en rénovation sans rupture technologique l'exemple du bâtiment de l'A.L.L.P à Lyon	
Choisir la ventilation naturelle assistée en rénovation : l'exemple d'une résidence à Bellegarde	. 122
L'enveloppe performante	
• Solutions constructives en isolation par l'extérieur : l'exemple de la résidence « Jardins République »	124
• Traiter les ponts thermiques l'exemple des 7 logements basse consommation à Revel	128
• La bonne mise en œuvre des baies vitrées : l'exemple de la résidence « Square Phaéton »	132
• Réussir son étanchéité à l'air dans une construction à ossature bois : l'exemple de la petite Chartreuse à la Terrasse	134
Les postes consommateurs et les équipements associés	
Adapter le chauffage à eau chaude à la basse consommation : l'exemple du lotissement Les Santolines	138
• Opter pour une chaudière à granulés bois : l'exemple du siège social de la SOREA	142
• Minimiser les consommations d'eau froide et d'eau chaude sanitaire l'exemple de la résidence étudiante La Salamamdre	44

LES FICHES D'EXEMPLES D'OPÉRATIONS

 Installer une VMC double-flux en habitat collectif: l'exemple de la résidence rue Vendôme 	146
 Obtenir le confort d'été par des moyens passifs en réhabilitation : l'exemple du groupe scolaire Grégoire Parsonge 	148
• Minimiser les consommations des usages spécifiques de l'électricité l'exemple de la Cité de l'environnement	
Le rôle central de l'exploitation	
• Exploiter les comptages : l'exemple de l'immeuble Les Elfes	154
Optimiser la conception et l'exploitation des bâtiments à faibles be l'exemple de l'INEED	.

DE NOUVELLES PRATIQUES DE CONCEPTION

BÂTIMENT

BASSE CONSORMATION

ÉNERGIE PRIMAIF

87,5398458439846293

seam the white the main thousand are result to QUET order, the profile of the Committee of

Comment évaluer le confort d'été?

l'exemple d'une maison à Saint Priest

Maître d'ouvrage : M. et Mme Marcoux

Localisation: St Priest (69)

Opération: Maison individuelle dans un lotissement

Mode constructif: Monomur brique de 30 cm - Shon = 177 m²

Bâtiment en démarche HQE - RT2000

Maîtrise d'œuvre et suivi instrumenté :

Architecte: Tekhnê

Bureau d'études fluides : Astrius

Suivi instrumenté : ADEME (mission confiée au Costic)

Le critère d'évaluation du confort d'été : un choix essentiel souvent négligé



Quel critère considérer vis-à-vis du confort d'été ? Les résultats des suivis instrumentés ainsi que l'enquête menée auprès des occupants de cette maison à St Priest permettent d'apporter une réponse à cette question à travers cet exemple. La caractérisation du confort d'été est primordiale car elle a un impact important sur la conception du bâtiment. Les moyens passifs mis en œuvre pour limiter les surchauffes dépendent du critère choisi.

Une première approche consiste à fixer une température opérative* limite de confort en été de 26°C ou 28°C et à calculer par simulation le nombre d'heures de dépassement de cette limite pour juger de la pertinence des solutions retenues. Cette approche dite « analytique » du confort se base sur des modèles

de sensation thermique issus d'un grand nombre d'expériences en laboratoire. Des campagnes de mesures montrent qu'elle est surtout valable pour les bâtiments climatisés.



Une seconde approche consiste à considérer non pas une limite de température opérative* fixe mais variable en fonction de la température extérieure. Cette seconde approche est basée sur la notion de confort adaptatif issue d'observations in situ. Le principe est que l'occupant d'un bâtiment non climatisé peut interagir avec son environnement pour réajuster son confort et que ses attentes dépendent des conditions climatiques. C'est cette approche qui doit être utilisée pour concevoir un bâtiment non climatisé comme le montre cet exemple.

Dans la réglementation thermique, les limites de températures considérées (Tic et Ticref) sont des valeurs conventionnelles. La conception des bâtiments vis-à-vis du confort d'été ne peut reposer sur le seul calcul de ces valeurs.

Vue Sud de la maison

*La température opérative est égale à la moyenne entre la température de l'air et la température de rayonnement des parois.

Evaluer le confort

Vers une approche normative du confort

La norme NF EN 15251** aborde, en particulier, le confort d'été. Elle indique les normes à utiliser pour définir les critères d'ambiance intérieure en hiver et en été. Une annexe de cette norme porte sur les températures « acceptables » en été pour la conception de bâtiments non climatisés.

Les références à utiliser d'après cette norme sont :

Hiver (saison de chauffage) : NF EN ISO 7730***

Eté (saison de rafraichissement) :

Bâtiment climatisé : NF EN ISO 7730** → Soit habituellement une limite haute de 26°C

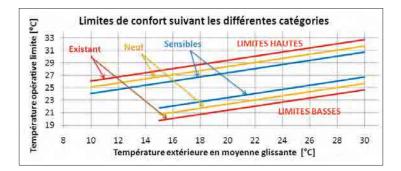
Bâtiment non climatisé : NF EN 15251** → Limite variable

Le critère de confort d'été de la norme NF EN 15251 pour un bâtiment non climatisé

Les températures limites fixées dans la norme NF EN 15251 varient en fonction de la température extérieure moyenne glissante et de la catégorie considérée :

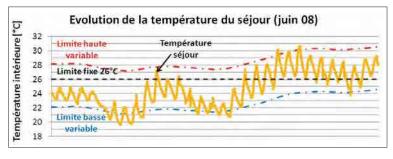
- Espaces occupés par des personnes sensibles et fragiles
- · Bâtiments neufs et réhabilités
- · Bâtiments existants

Vis-à-vis du confort, la durée de dépassement maximale est fixée à 5% de la période d'occupation.



Comparaison des approches sur la maison de St Priest

Avec un dépassement de la limite fixe de 26°C durant 25% du mois de juin, la maison semble très inconfortable justifiant l'installation d'une climatisation. La même analyse avec la limite variable de la norme NF EN 15251 conduit à la conclusion inverse : le confort est satisfaisant ce qui est confirmé par les occupants.



** NF EN 15251 : « Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments, couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique ». Août 2007

*** NF EN ISO 7730 : « Ergonomie des ambiances thermiques. Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local » - Mars 2006

"Cette maison est très confortable en été. La température peut dépasser les 28°C dans la pièce à vivre, mais seulement lors d'épisodes de très grande chaleur (sur plus de 15 jours, avec des températures qui baissent très peu la nuit). Le confort et la sensation de fraicheur sont alors maintenus par le différentiel externe/interne"

Mme Marcoux, propriétaire et architecte



3984596398462934698

DE NOUVELLES

PRATIQUES

DE CONCEPTION

BÂTIMENT

DE NOUVELLES PRATIQUES DE CONCEPTION

BÂTIMENT

BASSE CONSOMMATION

erformance énergétiqu

ÉNERGIE PRIMAIRE

A7,5398458**4**39846293

ÉTANCHÉITÉ A L'AIR

Intégrer les exigences énergétiques et de confort dès l'esquisse par une architecture bioclimatique :

l'exemple de l'immeuble de Vénissieux

Maître d'ouvrage : SACOVIV

Localisation: Vénissieux (69)

■ Opération : Un bâtiment collectif à usage social - 30 logements

Mode constructif: maçonnerie classique - Shon = 3 115 m²

 $U_{b\hat{a}t}$ =0.4 W.m⁻²K⁻¹ - Ecart $U_{b\hat{a}t}/U_{b\hat{a}tr\acute{e}f}$ =60%

Cep=43.3 kWhep.m⁻²shon.an⁻¹-Ecart Cep/Cep_{réf}=46%

Date de livraison : juin 2010 - Coût travaux du projet : 1218 € HT/m²shon

Certification: BBC 2005 - Effinergie

boulevare

Maîtrise d'œuvre et suivi instrumenté :

Architecte: Gilles Rochette - **Bureau d'études fluides:** Cabinet Sidler **Suivi instrumenté:** ADEME (mission confiée à Enertech)

Spécificités de ce projet vis-à-vis de l'implantation du bâtiment

L'analyse du site doit déterminer les atouts et contraintes de manière à tirer parti des uns et minimiser l'effet des autres. Le plan de masse prend en compte 4 niveaux d'échelle :

- · l'échelle urbaine,
- les bâtiments en voisinage,
- · l'immeuble,
- · les espaces intérieurs, lieux de vie des occupants.

Les atouts du site sont nombreux. Il est proche du centreville et des transports publics ce qui évite l'isolement des habitants de ces logements sociaux. Le réseau de chauffage urbain passe à proximité.

Par rapport aux bâtiments voisins, cet immeuble permet de marquer une frontière entre l'espace commun et public.

Ses façades sud dégagées présentent un potentiel d'éclairage naturel et d'ensoleillement intéressant vis-à-vis de l'implantation des pièces de vie et également des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques.

Ce site présente aussi des contraintes qui ont également orienté l'implantation du bâtiment :

- une rampe d'accès à un parking souterrain déjà présent,
- des nuisances acoustiques liées à la proximité d'un boulevard.

Rôles de l'architecte et du thermicien

manière des traboules.

Cheminements."doux

L'implantation du bâtiment tient compte de nombreux enjeux,

outre la performance énergétique et le confort des occupants.

Les déplacements doux sont favorisés par la création de deux

grands parkings vélos et de chemins piétons publics, à la

Le projet s'inscrit dans une dynamique urbaine.

L'architecture bioclimatique impose une collaboration étroite entre l'architecte et le thermicien. Le premier intègre qualitativement les notions bioclimatiques dans son projet et le second propose des solutions techniques.

La conception de projets performants doit placer au premier plan le confort d'été. En effet, la stratégie d'hiver consistant à réduire les besoins et tirer profit au maximum des apports gratuits transforme le bâtiment en « thermos ». Les apports solaires importants en été sont « piégés » par l'isolation.

Intégration architecturale du bâtiment par rapport à l'immeuble de bureaux voisin et l'accès au parking.

L'architecture bioclimatique

Confort d'été : minimiser les apports, différer et évacuer l'excédent de chaleur

Les bâtiments basse consommation ne sont pas moins confortables. Au contraire la température y est plus homogène et les courants d'air sont supprimés. Mais ils nécessitent un effort de conception plus important vis-à-vis du confort d'été. Lorsque cette contrainte est correctement intégrée, ils concilient confort optimal et économies d'énergie.

Dans ces bâtiments, il faut :

- minimiser les apports par l'occultation extérieure et l'électroménager performant,
- différer l'excédant de chaleur par l'inertie de manière à pouvoir l'évacuer la nuit par une surventilation nocturne.

Minimiser les apports

Le rayonnement solaire, les dégagements internes et la température extérieure sont les trois sources de chaleur dont il faut se protéger. Contrairement à l'idée reçue, l'isolation et l'étanchéité à l'air contribuent favorablement au confort car elles limitent la transmission de la chaleur extérieure vers les logements. Sur cette opération, les dispositions techniques suivantes ont été prises :

- Isolation par l'extérieur.
- Surface vitrée limitée à 22% (avec les vérandas fortement vitrées).
- Occultations extérieures par brise-soleil orientables au sud et volets roulants au nord.
- Pré-équipement des logements en éclairage et électroménager basse consommation.

Différer et évacuer l'excédent de chaleur

Par une forte inertie thermique:

- ullet Planchers et refends lourds ullet Masse répartie sur l'ensemble des parois plutôt que concentrée.
- Revêtement de sol plastique et non moquette.

Par des dispositions architecturales favorisant la sur-ventilation nocturne :

• 80% des logements sont traversants.

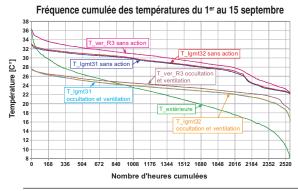
Différer le pic de chaleur de 16h-17h par l'inertie est nécessaire mais pas suffisant car les parois chargées de chaleur ne peuvent plus l'évacuer vers l'extérieur à cause de l'isolation. Le logement monte progressivement en température et devient inconfortable au bout de quelques jours.

La sur-ventilation nocturne permet de déstocker la chaleur la nuit. Elle ne peut s'opérer que par l'ouverture manuelle des fenêtres, tout dispositif de ventilation mécanique générant des consommations électriques considérables et des nuisances acoustiques.



Les ouvertures sur des façades opposées permettent de balayer efficacement les volumes intérieurs

Validation des choix architecturaux et techniques par la simulation dynamique



La température dans les logements et zones à risques reste en dessous de l'objectif qui est de ne pas dépasser 28°C pendant plus de 40h (objectif du référentiel QEB pour la construction des logements sociaux neufs).

Les courbes de fréquences cumulées des températures pendant la saison chaude montrent que le confort ne peut être atteint sans occultation solaire et ventilation nocturne. Les températures indiquées sont celles des logements 31 et 32, les plus défavorisés vis-à-vis du confort d'été et de la véranda du logement 32 (ver_R3).

« Par la gestion de l'occultation, l'ouverture des fenêtres et le comportement énergétique sobre (suppression des veilles, choix de matériel performant...) les occupants sont les acteurs de leur confort. Un « manuel de l'habitation » leur a été fourni pour les sensibiliser et les informer des bonnes pratiques.»

Christophe Plantier, Cabinet Sidler.

ÉCONOMIE D'ÉNERGIE page 103



BASSE CONSOMMATIC

ONCEPTION

PERFORMANCE ENERGÉTIQUE

ÉNERGIE PRIMAIRE

17,5398459939846293 Étanchéité a l'air

THERMIQUE

598236423490

53984596398462934698

L'architecture bioclimatique

Confort d'hiver et limitation des consommations de chauffage : minimiser les pertes, maximiser les apports

- Minimiser les pertes par la compacité et l'isolation de l'enveloppe.
- Maximiser les apports solaires en concentrant les baies vitrées au sud dans les pièces de vie.

En plus de ces concepts dont l'application à l'immeuble de Vénissieux est détaillée ci-après, les logements de ce bâtiment bénéficient de véranda ; une pièce fortement vitrée non chauffée. Très lumineuse, elle permet une récupération optimale des apports solaires, diffusés progressivement à travers ses parois aux autres pièces.

■ Minimiser les pertes

- Un bâtiment compact, étanche à l'air et isolé par l'extérieur avec 15 cm de polystyrène expansé.
- Un traitement complet des ponts thermiques et de l'étanchéiré
- Des fenêtres doubles vitrages performantes A4, Uw=1,6 W.m⁻².K⁻¹.
- Une ventilation double-flux statique avec une efficacité de 90% (donnée constructeur).
- Un tracé court ainsi qu'un calorifugeage des réseaux de chauffage et d'ECS (pertes inférieures à 7W/m).
- L'agencement des logements :
 - Les chambres, avec des baies vitrées réduites, sont orientées principalement nord et est (soleil levant).
 - Les pièces humides sont regroupées pour minimiser les longueurs de tuyauterie.



Bâtiment compact et bien isolé. Les chambres ainsi que l'escalier des parties communes sont disposés au nord et constituent ainsi des tampons thermiques

Tirer parti des apports solaires

- Orientation nord/sud du bâtiment.
- Pièces de vie fortement vitrées et orientées sud.
- Forte inertie thermique pour lisser les variations de température.
- Vérandas « chaudes » en contact avec les séjours et cuisines.

Comment concevoir une véranda?

Le non respect de certaines règles de bon sens dans la conception des vérandas peut annihiler tout leur intérêt énergétique et rendre le logement invivable en été à cause de surchauffes.

⇒ Bien comprendre son fonctionnement

La véranda capte l'énergie solaire durant la journée et la restitue au logement progressivement, plusieurs heures après le dernier rayon de soleil. Ce fonctionnement doit être interrompu l'été sous peine de surchauffes.

L'orientation sud est optimale et les parois réceptrices sont inertes. Pour éviter qu'elle se transforme en débarras, les concepteurs de ce bâtiment l'ont conçue comme une extension du logement (même revêtement de sol, porte vitrée...) et de taille suffisante pour être occupée.



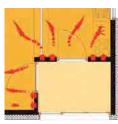
Fonctionnement de jour : L'énergie solaire est captée par les parois à forte inertie

Réfléchir à son rapport au logement

La véranda encastrée est en contact avec le maximum de pièces (ici la cuisine et le salon). Ses vitrages extérieurs sont performants afin d'élever sa température moyenne et favoriser ainsi l'occupation. A l'inverse, les murs de séparation véranda/logement ne sont pas isolés de manière à favoriser la transmission de la chaleur. Les vérandas en saillie isolées de l'habitation sont à éviter.

→ Vitrer seulement les parois verticales

Les surfaces vitrées sont maximales sur les parois verticales mais nulles sur le toit (principalement pour des raisons de confort d'été). Elles sont équipées de brise-soleil orientables et relevables. L'évacuation de la chaleur en été par ventilation impose de prévoir une part d'ouvrants importante.



Fonctionnement de nuit : La chaleur emmagasinée le jour est rediffusée progressivement

page 104



BASSE CONSOMMATION

CONCEPTION

PERFORMANCE ENERGÉTIQUE

ÉNERGIE PRIMAIRE

THERMIQUE

7,5398459 398462934698

DE NOUVELLES PRATIQUES DE CONCEPTION

BATIMENT

BASSE CONSOMMATION

CONCEPTION

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

ÉNERGIE PRIMAIRE

SIMULATIONS

ÉTANCHÉITÉ A L'AIR

THERMIQUE

53984594398462934698 Ages spécifiques de l'électricité



Un outil au service de la conception bioclimatique : la simulation thermique dynamique

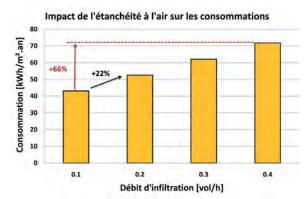
La simulation dynamique offre une grande souplesse dans la saisie des hypothèses ce qui est appréciable au stade du projet où même la forme générale du bâtiment n'est encore pas définie. Au fur et à mesure de l'avancement, les choix deviennent plus pointus jusqu'aux détails ce qui se traduit par une précision accrue et des résultats plus proches de la réalité. Néanmoins essayer de faire correspondre exactement simulations et résultats de mesure est un exercice vain car les sources d'incertitudes sur les paramètres de calcul, la réalisation et l'exploitation du bâtiment sont trop nombreuses.

Pour orienter les choix architecturaux et techniques

L'ensemble des choix architecturaux, d'enveloppe et d'équipements de ce projet ont été validés à l'aide du logiciel TRNSYS. Les simulations mettent en évidence la bonne récupération des apports gratuits grâce au travail d'optimisation bioclimatique.

Hiver:

- Estimation des consommations → 43,1 kWh/m²_{SHAB}.an pour le chauffage largement inférieures à l'objectif de consommation prévisionnelle fixé de 50 kWh/m²_{SHAB}.an.
- Etude paramétrique sur l'étanchéité à l'air et la température de consigne : I°C de consigne supplémentaire équivaut à 15% de consommations supplémentaires.



➡ Eté:

- Etude de l'évolution des températures.
- Etude paramétrique avec pour résultat final :
- → Des protections solaires extérieures de type brise-soleil.
- → Une sur-ventilation nocturne par ouverture manuelle des ouvrants et logements traversants.

La précision est celle des hypothèses

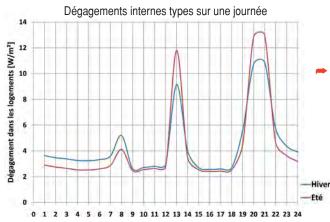
Plus que l'outil, ce sont les connaissances en thermique du bâtiment et l'expérience en simulation de l'ingénieur qui déterminent la qualité des résultats. La liste suivante, non exhaustive, reprend quelques points critiques et les solutions adoptées.

Découpage pertinent du bâtiment en zones thermiques :

- Compromis entre précision et temps de saisie de la simulation.
- Sur ce projet : découpage par niveaux pour les consommations de chauffage et étude précise de quelques logements et vérandas pour le confort d'été.

Hypothèses sur le bâti :

 Caractéristiques des parois et des vitrages estimées plus ou moins précisément selon le stade d'avancement du projet.



- Prise en compte des ponts thermiques à partir des règles TH-U de la RT2005.
- Débits d'infiltrations suivant procédé constructif : 0,1 vol/h pour ce bâtiment.

Hypothèses sur les scénarii et apports internes (très important):

- Température de consigne : en théorie 19°C, prise à 21°C pour tenir compte de dérives éventuelles.
- Densité et scénarii d'occupation ainsi que dégagements internes basés sur ce projet sur des résultats de suivis instrumentés.

Les spécificités de la conception

DE NOUVELLES PRATIQUES

Maître d'ouvrage : S.C.S.P. Localisation : St Priest (69)

Opération: Hôtel 3 étoiles - 133 chambres

Mode constructif: Béton banché isolé par l'extérieur et l'intérieur - Shon = 7108 m²

 $U_{bat} = 0.52 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} - \text{Ecart } U_{bat}/U_{batref} = 68 \%$

Cep= 140 kWhep.m-2shon.an-1 - Ecart Cep/Cepref= 61 %

hôtelière: l'exemple de l'hôtel du Lac

Date de livraison : été 2011

Coût travaux du projet : 1500 € HT/m²shon (hors cuisine, mobilier et espaces verts)

Maîtrise d'œuvre et suivi instrumenté :

Architecte: Atelier d'Architecture Hervé Vincent

Bureau d'études fluides : Enertech

Suivi instrumenté : ADEME (mission confiée au Costic)

Diminuer les consommations sans nuire au confort des clients



Le milieu hôtelier semble peu propice à la performance énergétique. En effet, la satisfaction du client est une priorité absolue interdisant la diminution des consignes de température ou l'incitation à un comportement énergétiquement sobre. La réduction des charges liées aux consommations est considérée comme un investissement de second ordre car il ne permet pas d'accroitre l'activité. Il passe après la mise aux « normes » handicapés, incendie ou de classification étoilée. Néanmoins, l'hôtel du Lac montre que les concepteurs peuvent, par des dispositions constructives, diminuer fortement les consommations sans nuire au confort et avec un surcoût acceptable.

Alors que les exigences en matière de chauffage sont similaires à celles de l'habitat, les besoins d'ECS sont beaucoup plus importants et constituent, avec les consommations spécifiques de l'électricité, les postes dont l'optimisation est prioritaire. Le recours systématique à la climatisation, synonyme de confort, alourdit considérale coût d'investissement d'exploitation du bâtiment.

L'hôtel du Lac, de standing 3 étoiles, est, de par sa localisation, destiné à une clientèle d'affaires. Sa basse saison est donc l'été, la période des vacances. L'absence de bâtiments de grande taille aux alentours lui confère un potentiel d'éclairage naturel important.

La réduction des consommations d'eau chaude sanitaire (ECS) par une production solaire n'est pas adaptée ici car l'hôtel est vide en été.

De même, la diminution de la surface vitrée des chambres a été possible ici car l'hôtel est inoccupé en journée ce qui contribue à la limitation des consommations de chauffage et de climatisation.

L'équipe de conception a ainsi pris en compte les spécificités du secteur et plus particulièrement du contexte propre à l'hôtel du Lac pour arriver à un « niveau passif ».

page 106



Une nouvelle répartition des postes consommateurs et des priorités de la conception

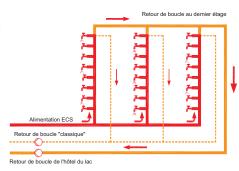
Adapter les solutions constructives au contexte propre de l'hôtel du Lac

Cette fiche présente les solutions spécifiques mises en œuvre à l'hôtel du Lac pour réduire notablement les consommations énergétiques. Les points de conception communs aux bâtiments performants comme l'orientation, la compacité, l'isolation et les équipements ne sont pas traités pour se concentrer seulement sur les particularités de l'hôtellerie.

Les solutions pour réduire les consommations d'ECS

L'ECS en hôtellerie est un gage de confort. Le comportement des occupants est exigeant en terme de besoins ainsi que sur les temps d'attente qui doivent être réduits. Les solutions adoptées à l'hôtel du Lac sont les suivantes :

- Une production performante: prototype expérimental de récupération d'énergie sur les eaux grises, développé par Armines. Coefficient de performance annoncé de 6,8.
- Une distribution et une boucle d'ECS courtes et bien isolées (pertes de chaleur inférieures à 7 W/m soit environ deux fois moins que la référence RT2005).
- Des terminaux économes sans diminution du confort:
 - Mitigeurs des vasques équipés de mousseur à débit réduit indépendant de la pression.
 - Douchettes à débit limité à 91/min quelle que soit la pression (proposition initiale à 25 1/min).



Un collecteur horizontal file au dernier niveau ce qui permet de diviser par 2 les longueurs des canalisations de retour de boucle.

Les solutions pour réduire les consommations spécifiques d'électricité

Consommations des chambres :

- Le minibar est le ler poste consommateur (part supérieure à 50%) → Suppression et création de bar d'étage
- Eclairage performant par des lampes fluo-compactes et LEDs.
- Chauffage aéraulique et rafraîchissement par éjecto-convecteurs → Pas de ventilateurs terminaux dont la puissance est généralement comprise dans le cas de ventilo-convecteurs entre 30 et 60 Watts.
- Suppression des veilles lorsque la chambre est inoccupée : l'éclairage et les prises de courant sont asservis à la présence de la clé de la chambre dans le détecteur.

Autres locaux :

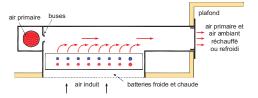
- Parties communes : éclairage performant par LEDs et tubes fluorescents T5.
- · Cuisine : choix d'équipements peu consommateurs, optimisation des chambres froides.

Les solutions pour réduire les consommations de chauffage et rafraîchissement

Ralenti dans les chambres inoccupées ou non louées sans affecter le confort des occupants :

- Réduction de 10 à 50% sur le chauffage suivant les hypothèses de ralenti et d'occupation.
- Cloisons séparatrices isolées (cloisons légères).
- Chauffage aéraulique pour une relance rapide.

La puissance de chauffage a été calculée de manière à ce que la durée de remise en température soit inférieure à 15 minutes. Les puissances obtenues, qui varient de 330 à 790 W selon les chambres, imposent des débits de soufflage très supérieurs aux débits hygiéniques de renouvellement d'air ce qui a nécessité le recours à des systèmes avec recyclage.



L'adoption d'ejecto-convecteurs permet d'éviter la présence de ventilateurs terminaux. L'air primaire pré-conditionné par la centrale de traitement d'air est pulsé à travers des buses à très haute vitesse créant un effet d'induction de l'air ambiant au travers de la batterie via la grille de reprise.

« La sensibilisation des acteurs habituellement non directement concernés par l'énergétique, par exemple le décorateur et le cuisiniste, a permis une optimisation complète des consommations. »

Pierre Cambon, Enertech.



DE NOUVELLES

PRATIQUES

DE CONCEPTION

BÂTIMENT

Concevoir un bâtiment à « énergie positive » : l'exemple de Bonne-Energie®

Maître d'ouvrage : LFI (La Foncière Innovation)

Localisation: Grenoble (38)

Opération : Bâtiment de bureaux

Mode constructif : Béton banché isolé par l'extérieur et l'intérieur - Shon = 1890 m²

 $U_{bat} = 0.3 \text{ I W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} - \text{Ecart } U_{bat}/U_{batref} = 66 \%$

Cep= 21.1 kWhep.m⁻²shon.an⁻¹ - Ecart Cep/Cep_{ref}= 21 % sans photovoltaïque

Date de livraison : janvier 2010

Coût travaux du projet : 1905 € HT/m²shon hors VRD

Maîtrise d'œuvre et suivi instrumenté :

Architecte: Cr&on - Bureau d'études fluides: Addenda Suivi instrumenté: ADEME (mission confiée à Enertech)

Spécificités de ce projet vis-à-vis du concept « énergie positive »

Le bâtiment à « énergie positive » (BEPOS) est un concept qui peut recouvrir différentes notions. S'il est facile de s'accorder sur les grandes lignes : « Un bâtiment à énergie positive produit plus d'énergie qu'il n'en consomme », les détails restent à définir. Parmi les nombreuses interrogations : faut-il prendre en compte seulement les usages réglementaires ou étendre à l'ensemble des postes consommateurs ? Faut-il raisonner en euros, en énergie finale, en énergie primaire, en énergie grise ou en équivalent CO_2 ? Quelles sont les contraintes et les cibles de consommation à viser poste par poste ? La première étape a donc consisté à définir plus en détails le périmètre du projet à travers un cahier des charges précis.

A Bonne-Energie®, tous les postes consommateurs sont pris en compte. Ils sont comptabilisés en énergie primaire. Pour éviter que l'optimisation se fasse aux dépends de l'occupant, le confort est mis au premier plan. Les exigences sont formulées en terme d'objectifs à atteindre (ne pas dépasser 28°C plus de 40h sur l'été) et de moyens à mettre en œuvre (facteur solaire des baies vitrées occultées inférieur à 0,15).

Consommations en énergie finale	Bonne-Energie [©] (prévisionnelle)	BBC moyen (indicatif)	RT2005 moyen (indicatif)
Chauffage [kWh.m ⁻² an ⁻¹]	10	20-30	70-80
ECS [kWh.m ⁻² an ⁻¹]	0	5*	5*
Electricité, hors chauffage et ECS [kWh.m ^{.2} an ^{.1}]	30	80*	100*

^{*}Valeurs très variables suivant les projets car postes non pris en compte (ou partiellement) dans le calcul règlementaire

De la basse consommation à « l'énergie positive »



Le passage de la RT2005 à la basse consommation constitue une révolution dans le monde du bâtiment. Il conduit à une évolution des méthodes de travail, notamment à une collaboration accrue et plus en amont entre l'architecte et le thermicien.

La conception de Bonne-Energie© a nécessité de pousser plus loin encore la performance de l'enveloppe. Les épaisseurs d'isolants sont plus importantes et les baies comportent des triples vitrages. Les équipements (pompe à chaleur sur nappe phréatique, double-flux avec échangeur statique et panneaux photovoltaïques) sont des technologies performantes et éprouvées.

Ce bâtiment montre bien que la conception d'un bâtiment à « énergie positive » n'est pas un problème technologique mais requiert par contre une très forte synergie de l'ensemble des équipes de maîtrise d'œuvre et maîtrise d'ouvrage. La construction de bâtiments BBC est une étape vers les BEPOS. Les pratiques et priorités de conception synthétisées dans cette fiche sont en grande partie celles que l'on retrouve pour les bâtiments BBC.

oto Ronan Kerloch®

page 108

DE NOUVELLES

PRATIQUES

DE CONCEPTION

Une nouvelle répartition des postes consommateurs et des priorités de la conception

Réduire les besoins au minimum

La première étape de toute optimisation énergétique consiste à réduire les besoins, sans nuire au confort des occupants. Intervenant en amont du projet, la collaboration entre l'architecte et le thermicien a permis des choix éclairés d'enveloppe et d'équipements.

Désirant allier confort visuel, thermique et faibles consommations, l'équipe de conception est passée outre la recommandation de limiter la surface vitrée par rapport à la surface de plancher à 18%. Pour s'affranchir de cette contrainte, un volet intérieur fonctionnant comme un « bouchon thermique » a été mis au point.

Une architecture bioclimatique

Enveloppe compacte, bien isolée et étanche à l'air :

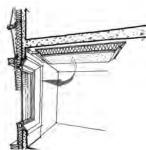
	Bonne-Energie [©]	ВВС	RT2005
Uparois verticales opaques [W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,16	0,25	0,3-0,45
U _{menuiseries} extérieures (U _w)[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,85	1,4-1,7	2,1-2,6
U _{plancher haut} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,16	0,15	0,15-0,25
U _{plancher bas} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,21	0,2	0,4
Q _{4PaSurf} [m ³ ·.h ⁻¹ ·.m ⁻²]	Mesure à 0,57	I	Non mesuré

Le « saut » entre RT2005 et BBC est plus important qu'entre BBC et BEPOS

Une innovation: les « bouchons thermiques »







Une augmentation de la surface vitrée à 22% par rapport à la surface de plancher a été rendue possible par la mise en œuvre de « bouchons thermiques » intérieurs et de brise-soleil extérieur orientable. Les « bouchons thermiques », qui comportent 9 cm de laine de verre, sont conçus pour être rabattus contre les fenêtres, en période d'inoccupation l'hiver, à l'aide d'une télécommande.

Une réduction des consommations de ventilation

- Double-flux avec échangeur thermique à roue.
- Distribution à débit variable avec moteurs à courant continu équipés de variateurs de vitesse.
- Réseaux dimensionnés pour 2 fois le débit nominal :
 - Diminution des pertes de charge en fonctionnement normal.
 - Sur-ventilation nocturne plus économe.

La ventilation est réalisée par une centrale de traitement d'air qui assure également le chauffage et le rafraichissement des bureaux.

Un éclairage artificiel limité et plus performant

- Etude d'optimisation de l'éclairage naturel (facteur de lumière jour > à 2% dans l'ensemble des bureaux).
- Puissance éclairage installée ≤ 6W/m².
- Eclairage basse consommation : Tubes fluorescents T5, blocs de sécurité à LEDs.
- · Détecteurs de mouvement ou minuteries dans les zones de passage et détecteurs de luminosité dans certaines zones.

Une diminution des consommations de bureautique et autes usages

- Ordinateurs portables (moyenne de 20W/poste).
- Petit électroménager de classe A.
- Actions de sensibilisation des occupants.

« Bien que nous occupions le bâtiment, les consommations de bureautique, et plus généralement les usages dépendant fortement des occupants, restent díffícíles à optímíser et pérenníser » Jean-Philippe Charon, architecte du projet.

page 109

BÄTIMENT

BASSE CONSOMMATION

ÉNERGIE PRIMAIRE

7,5398459 39846293

IN THE WARD THE WARD TO A SECOND THE STATE OF THE STATE O

THERMIQUE

98/23642 49(

3984594398462934698

Une nouvelle répartition des postes consommateurs et des priorités de la conception

Satisfaire les exigences de confort en été sans recourir à la climatisation

Le risque de surchauffes estivales à prendre en compte dans les bâtiments basse consommation est accru pour les BEPOS. L'utilisation de la simulation thermique dynamique permet de mener des études paramétriques d'optimisation et de valider les choix d'enveloppe, d'équipements, de régulation et de bureautique.

La première saison estivale de fonctionnement a montré que les dispositions constructives de Bonne-Energie© apportent un confort satisfaisant uniquement par des moyens passifs.

Les choix initiaux

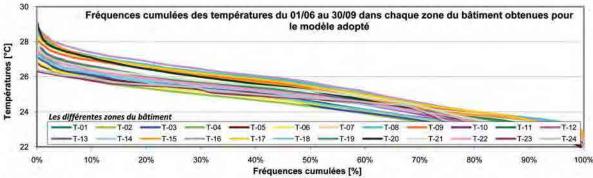
- Une surface de vitrage limitée à 22% de la surface utile couplée à des protections solaires performantes (Fs=0,15).
- Une inertie très lourde couplée à une sur-ventilation nocturne :
 - Murs en béton banché de 20 cm isolés par l'extérieur couplés à des planchers et refends en béton de 20 cm.
 - Sur-ventilation nocturne mécanique 2 vol/h.
- Réduction des apports internes par une bureautique et un éclairage performants.

La validation et l'optimisation par la simulation dynamique

Les résultats des simulations suivants sont extraits d'une étude conséquente sur l'ensemble des paramètres qui influent sur le confort et les consommations énergétiques.

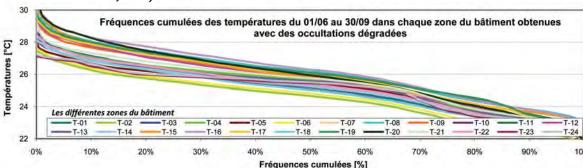
Ces graphiques présentent les courbes de fréquences cumulées de températures obtenues dans chacune des zones du bâtiment (de la zone T-01 à T-24) pour le modèle adopté et avec des occultations dégradées.

Validation du modèle adopté initialement



Les hypothèses fixées par le cahier des charges du projet permettent d'aboutir d'après les résultats de simulations à un bâtiment confortable puisque la température de 28°C n'est dépassée que dans 4 zones pour des durées de 6 à 20 h/an

Evaluation de l'impact d'occultations dégradées (Fs=0,45 au Nord et 0,25 sur les autres façades)



Dégradation conséquente du confort avec une augmentation des températures maximales allant de $0,6^{\circ}C$ à $2^{\circ}C$. Le confort reste néanmoins correct dans la plupart des zones.

Evaluation de l'impact des charges internes

Les charges internes du cas de référence supposent un équipement de bureautique et d'éclairage performant. L'adoption de matériel plus standard se traduirait par une élévation de la température intérieure moyenne de 1°C.

BATIMENT

BASSE CONSONMATION

CONCEPTION

ENERGIE PRIMAIRE

SIMULATIONS

512987539845893984629

ÉTANCHÉITÉ A L'AIR

53984594398462934698



Une nouvelle répartition des postes consommateurs et des priorités de la conception

Recourir aux énergies renouvelables

Produire plus d'énergie que le bâtiment n'en consomme, tel est l'objectif fixé initialement. Pour répondre à cette exigence, des panneaux photovoltaïques sont installés au dessus de la terrasse. Une nappe phréatique à faible profondeur est exploitée pour le chauffage et le rafraîchissement des bureaux. La solution de raccordement au réseau de chauffage urbain à proximité n'a pas été retenue compte tenu des coûts de raccordement et d'abonnement au regard des faibles consommations.

Utilisation de la nappe phréatique pour le chauffage et le rafraîchissement

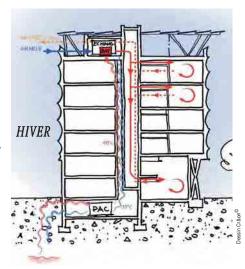
Dans ce bâtiment, une centrale de traitement d'air (CTA) assure le chauffage, le rafraîchissement et le renouvellement d'air des bureaux ainsi qu'une éventuelle sur-ventilation nocturne. La chaleur est produite par une pompe à chaleur (PAC) qui exploite la nappe phréatique.

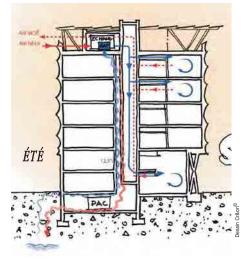
En hiver, utilisation de la PAC sur nappe

- Réchauffage de l'air soufflé dans les bureaux par la batterie de la CTA alimentée par la PAC eau/eau.
 - Puissance de la PAC de 30 kW, COP nominal de 3.93, pour un régime de 40/45°C et des températures de source froide de 12/7°C.
 - Températures d'eau de la PAC et d'air soufflé régulées en fonction de la température extérieure.
 - Pompes à débit variable sur le circuit de captage et d'eau de chauffage.
 - Commande des registres des bouches d'insufflation asservie à la température de consigne et la détection de présence.
- Préchauffage de l'air neuf par un échangeur à roue sur l'air extrait.
- Mélange air neuf/air repris.

En mi-saison et en été, la PAC est bipassée

- Rafraichissement de l'air soufflé par la batterie de la CTA alimentée par l'eau de la nappe à travers un échangeur.
- Dans certaines conditions, soufflage d'air neuf uniquement pour le renouvellement d'air.
- Sur-ventilation nocturne avec 2 ou 4 fois le débit nominal si la température intérieure est supérieure à 22°C et à la température extérieure.
- Les jours de canicule, utilisation exceptionnelle de la PAC réversible





Production d'énergie électrique par panneaux solaires photovoltaïques

Dès le départ, le promoteur et l'équipe de maîtrise d'œuvre ont déterminé le potentiel de production d'électricité photovoltaïque (PV) offert par le terrain et l'orientation du bâtiment.

Au total, $420~\text{m}^2$ de panneaux photovoltaïques sont installés fournissant 48~kWc. Outre l'atteinte des objectifs énergétiques auxquels ils contribuent (Cep avec PV de

- 46.6 kWhep.m⁻².an⁻¹), ils assurent:
- une recette d'exploitation garantie par la revente d'électricité
- mais aussi une protection solaire pour les bureaux du dernier niveau et les utilisateurs de la terrasse.



L'installation de panneaux solaires, qui a bénéficié de la prime d'intégration au bâti, forme une ombrière.



La performance énergétique constitue-t-elle un frein à la création architecturale :

réponse à travers trois exemples

Bonne-Énergie[©] à Grenoble (38)

Maître d'ouvrage : LFI (La Foncière Innovation)

Architecte: Cr&on - Bureau d'études HQE: Addenda

Opération: Bureaux

Mode constructif: Béton banché isolé par l'extérieur - Shon = 1890 m² Bâtiment à « énergie positive » - Ecart Cep/Cep_{réf} = 21 % sans photovoltaïque

Extension de la mairie de Gaillard (74)

Maître d'ouvrage : Mairie de Gaillard

Architecte: De Jong - Bureau d'études fluides: CETRALP

Opération: Extension d'une mairie

Mode constructif: Maçonné ITE et ossature bois - Shon = 2082 m² NF Bâtiment tertiaire démarche HQE® - Ecart Cep/Cepréf = 42%

Rénovation rue Vendôme à Lyon (69)

Maître d'ouvrage: Grand Lyon Habitat

Architecte: Fleurent Valette Architectes et atelier Burellier

Bureau d'études fluides : EOLYS

Opération: 8 logements à usage social dans un bâtiment collectif mitoyen

Mode constructif: Murs en pierre - Shon = 550 m²

Cep = 70 kWhep.m⁻² shon.an⁻¹

Intégrer la contrainte énergétique dès l'esquisse

La « basse consommation » génère de nombreuses craintes parmi les acteurs du bâtiment. En effet, les impératifs de compacité, de forte isolation et de maitrise des surfaces vitrées (point faible de l'enveloppe) poussés à outrance peuvent conduire à un appauvrissement architectural. De plus, il est redouté que ces bâtiments isolés par du polystyrène expansé présentent un aspect uniforme dont la variation des façades se limite à la palette chromatique offerte par les enduits.

L'objectif de cette fiche est de montrer que la contrainte énergétique n'est pas un frein à la création architecturale dès lors qu'elle est intégrée, dès le départ, dans un processus de conception transverse entre l'architecte et les spécialistes techniques.

La démonstration s'appuie sur trois exemples illustrant la grande diversité des contraintes et des résultats rencontrés dans l'échantillon Rhône-Alpin :

- Un bâtiment de bureaux, une mairie et un immeuble d'habitation collectif:
- Des architectures multiples : avant-gardiste, contemporaine en extension de l'existant ou contrainte par le respect du patrimoine.



énovation d'un immeuble de 8 logements rue Vendôme



La mairie de Gaillard



Le bâtiment de bureaux de

Évolution des métiers de l'architecte et de l'ingénieur

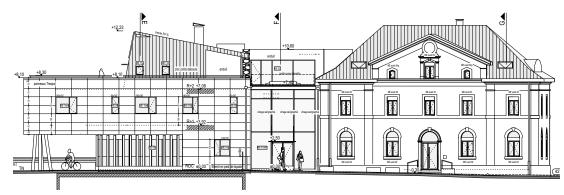
Compacité conseillée mais pas obligatoire

La compacité est un concept théorique qui incite l'architecte à une certaine sobriété. Les décrochés et saillies ne compromettent pas forcément l'atteinte des objectifs. C'est au thermicien d'en évaluer l'impact sur la base de simulations dynamiques et de proposer, si nécessaire, un traitement isolant ou la séparation de l'élément de l'enveloppe chauffée.

Forme compacte ne rime pas avec monotonie. Par les multiples revêtements possibles, la répartition, le rythme et le traitement des baies ainsi que par l'éclairage, il est possible d'animer et de différencier les façades. Ces possibilités ne sont en rien limitées par l'isolation extérieure comme démontré à la page suivante.

Une extension de la mairie de Gaillard moins compacte que l'existant rénové mais plus performante

L'isolation par l'extérieur supprime un grand nombre de ponts thermiques ce qui explique la meilleure performance de l'extension de la mairie. Les techniques actuelles d'isolation et de traitement des ponts thermiques (rupteurs, épaisseur d'isolant plus importante,...) offrent une grande liberté à l'architecte.



Façade est : la porte en verre sérigraphié (triple vitrage) constitue une transition douce entre l'existant (à droite) et l'extension.

« Entorses » à la compacité dans l'extension : • Le dernier étage est en retrait pour offrir aux occupants une terrasse.

• Débord important sur poteaux au rez-de-chaussée.

« Les projets doivent rester attractifs pour remporter les concours, c'est à l'architecte de concilier les différentes contraintes du programme »

Brígitte De Jong, architecte chargée de la rénovation de la mairie de Gaillard.

Un projet pour surprendre en dépit d'une compacité optimale pour Bonne-Energie[®]



Les poteaux en béton symbolisent les troncs du bâtiment, alimenté par ses racines via une pompe à chaleur sur nappe phréatique et par son feuillage en panneaux photovoltaïques.

La façade est rythmée par les nombreuses baies vitrées dont l'aspect est changeant selon le jour et la nuit (par rabat de volets intérieurs spécifiques constituant une isolation thermique supplémentaire).

Les panneaux photovoltaïques font office d'ombrière. Ils abritent du soleil les bureaux du dernier niveau et surplombent aussi une terrasse très appréciée par les visiteurs.

Le bâtiment ne peut laisser indifférent. Il se veut pédagogique (forme générale, performances affichées dans le hall et terrasse ouverte au public), de manière à faciliter l'appropriation du concept de développement durable par le grand public.



753984594398462934698 usages spécifiques de l'électricité

conomie d'énergie page 113

Évolution des métiers de l'architecte et de l'ingénieur

Les nombreuses possibilités offertes par l'isolation extérieure

Devenue incontournable dans les projets performants, l'isolation extérieure (ITE) peut être enduite ou protégée par un bardage. Les finitions sont multiples et s'adaptent à toutes les configurations.

■ Trois techniques d'ITE différentes à Gaillard pour une différentiation marquée des façades

Inscrits dans une démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE®), les concepteurs ont retenu le verre cellulaire et la laine minérale au lieu du polystyrène expansé.



Différentes ITE de gauche à droite :

- 20 cm de laine minérale sous bardage en Trespa© (brun foncé).
- 20 cm de laine minérale sous bardage en zinc (sous l'inscription MAIRIE).
- Mur en pierre préfabriqué rapporté sur 20 cm de Foamglas® (verre cellulaire) séparé par une lame d'air ventilée de 2 cm.

2ème étage en ossature bois isolée par de la ouate de cellulose soufflée et bardage zinc.



Façade Sud:

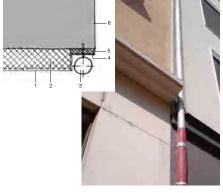
ITE en laine minérale fixée mécaniquement et recouverte d'un enduit (procédé sous avis technique). Verre sérigraphié en brise-soleil.

Adaptation à un secteur protégé soumis à l'avis d'un Architecte des Bâtiments de France (ABF) rue Vendôme

La rénovation a préservé le caractère « lyonnais traditionnel » de l'immeuble : alignement des façades, rapport des pleins et vides, démarcation claire entre rez-de-chaussée commercial et étages, baies vitrées...







La gouttière masque le décalage entre la façade rénovée isolée par l'extérieur et celle du bâtiment voisin (à gauche). Le rez-de-chaussée n'a pas été rénové.

Détails d'une ancienne façade typique (à gauche) et de la façade du bâtiment rénové (à droite) qui est une réinterprétation de l'existant :

- Tons d'enduits proches.
- Impostes vitrés pour remplacer les gardes corps traditionnels.
- Lambrequins remis à neuf gris laqué.
- Brise-soleil orientable en remplacement des jalousies lyonnaises.

« L'architecte doit intégrer la contrainte technique comme élément de conception et non la subir »

Jean-Baptiste Fleurent et Matthieu Valette, architectes chargés de la rénovation rue Vendôme.

ÉCONOMIE D'ÉNERGIE page 114

DE NOUVELLES

Évolution des métiers de l'architecte et de l'ingénieur

Des espaces conçus pour l'homme

La diminution des surfaces vitrées ne doit pas se faire au détriment de la qualité visuelle, ni les économies de chauffage à l'encontre des occupants. La qualité des ambiances intérieures reste déterminante dans la réussite d'un projet.

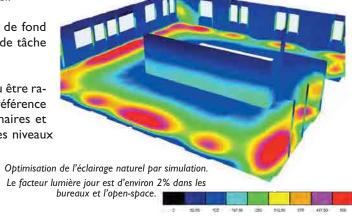
Un confort visuel jugé très performant selon les critères HQE® à Bonne-Energie®

L'éclairage naturel peut être étudié à l'aide de logiciels spécifiques. Il en résulte à Bonne-Energie® plusieurs solutions constructives dont la disposition des baies et le désaxement du noyau central offrant un très bon éclairage naturel dans l'ensemble du bâtiment. Ces améliorations du confort visuel s'accompagnent en plus d'une diminution des consommations

électriques liées à l'éclairage artificiel.

Celui-ci se compose d'un éclairage de fond d'environ 180 lux et d'un éclairage de tâche (sur le plan de travail) de 300 lux.

La puissance d'éclairage artificiel a pu être ramenée à 6 W/m² soit la moitié de la référence de la RT2005 par le choix de luminaires et lampes performants ainsi que par les niveaux d'éclairement adoptés.



« La conception s'accorde à l'homme et les valeurs d'usages ne peuvent être délaissées au profit de la performance énergétique. »

Jean-Philippe Charon et Thierry Rampillon, architectes du projet Bonne -Energie®

Un bâtiment lumineux et traité acoustiquement à Gaillard

Apporter le maximum de lumière naturelle était également une priorité pour l'architecte de la mairie de Gaillard. 80% des bureaux sont orientés au sud et ont un facteur de lumière du jour supérieur à 2%. Le confort acoustique, une des cibles de la démarche HQE®, a fait aussi l'objet d'une attention particulière.



Hall d'accueil bien éclairé. Traitement acoustique par panneaux en bois perforé.



Vue depuis le 1^{er} étage sur l'entrée principale en verre sérigraphié et le sous-sol avec son jardin d'intérieur.



53984596398462934698

DE NOUVELLES

PRATIQUES

DE CONCEPTION

DE CONCEPTION

BASSE CONSOMMATION

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQU

ÉNERGIE PRIMAIRE

ÉTANCHÉITÉ A L'AIR

Quels outils pour la conception?

l'exemple de la Cité de l'environnement

Maître d'ouvrage : For Home

Localisation: St Priest (69)

Opération: Immeuble de bureaux

Mode constructif: Béton banché isolé par l'extérieur – Shon = 4499 m²

 $U_{bat} = 0.4 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} - \text{Ecart } U_{bat}/U_{batref} = 68 \%$

Cep= 44,4 kWhep.m⁻².an⁻¹ - Ecart Cep/Cep_{ref}= 73 % sans photovoltaïque

Date de livraison : Septembre 2009

Coût travaux du projet : 2205 € HT/m²shon hors VRD

Bâtiment à énergie positive (tous usages)

■ Maîtrise d'œuvre :

Architecte : Atelier Thierry Roche & associés **Bureau d'études fluides :** Cabinet Sidler

Bureau d'etudes HQE : Tribu - Economiste : Betrec

La performance passe par une forte collaboration pluridisciplinaire dès la conception et par l'utilisation d'outils adaptés

Une conception consistant en une succession de prestations quasi-indépendantes se succédant n'est plus adaptée à la basse consommation. En effet, l'objectif visé ne permet plus une simple compensation à posteriori des choix architecturaux d'enveloppe par des systèmes plus performants.

La Cité de l'environnement, bureaux à énergie positive représentatifs des bâtiments performants, a fait l'objet d'une collaboration forte dès l'esquisse entre l'architecte et les spécialistes techniques. Ceux-ci évaluent l'impact des choix architecturaux pour en déterminer les meilleures variantes du point de vue technico-économique. Ils guident ainsi l'architecte vers un projet optimisé dès le départ, fruit d'une concertation collective d'une équipe pluridisciplinaire.

La conception de l'atrium situé au cœur de ce bâtiment est représentative de l'articulation entre les différents acteurs et outils. D'une surface de 426 m², il dessert les plateaux mais constitue aussi un lieu d'échanges. Le chauffage de cet important volume, non exploitable en bureaux, aurait induit des charges non négligeables pour les locataires des bureaux incompatibles avec les objectifs visés.

Les concepteurs ont donc décidé de ne pas le chauffer. Cela a nécessité un travail d'optimisation considérable sur la forme,

l'orientation, l'isolation, l'occultation...pour aboutir à un confort suffisant tout en minimisant le recours à l'éclairage artificiel

sant le recours à l'éclairage artificiel très consommateur. A chaque proposition de l'architecte, les bureaux

d'études fluides et HQE s'aidant de TRNSYS et de Dial Europe (éclairage naturel) ont simulé l'évolution annuelle de la température et de l'éclairage naturel jusqu'à obtenir une solution optimale. Le résultat est un espace non chauffé utilisable pratiquement toute l'année et abritant de nom-

breuses manifestations

Une bonne conception est indispensable mais non suffisante. La parfaite réalisation ainsi que la pérennisation des performances par l'exploitation et l'action des usagers sont les maillons restants pour atteindre la performance énergé-



7,5398459(398462934698

des usagers sont les maillons restants pour atteindre la performance énergétique visée.





Evolution des métiers de l'architecte et de l'ingénieur

L'utilisation d'outils de simulation devient incontournable

Les outils de conception n'ont plus rien à voir avec les règles et ratios empiriques utilisés depuis de nombreuses années. L'optimisation de la performance a conduit à la généralisation d'outils autrefois réservés aux centres de recherche. C'est le cas notamment de la simulation dynamique du bâtiment, pilier de la conception basse consommation. L'offre de logiciel pour des applications spécifiques, par exemple pour l'éclairage, le solaire, ne cesse également de s'étoffer.

Les principaux outils utilisés pour la conception de la Cité de l'environnement sont présentés dans le tableau ci-après.

Outils	Description	Phases d'utilisation	Commentaires
TRNSYS	Simulation dynamique du bâtiment et des systèmes : • Besoins de chauffage et de climatisation ; • Consommations de chauffage et de climatisation ; • Etude de l'évolution des températures.	Esquisse à APD	Utilisé pour la conception bioclimatique Ne prend pas en compte l'éclairage natu- rel d'où le couplage avec Dial Europe sur ce projet Précision liée aux données d'entrée de l'utilisateur : apports internes, scénarios d'occupation/fonctionnement Outils similaires: Pléiades-Comfie, Energy+
DIAL EUROPE	Etude de l'éclairage naturel, calculs : • du facteur de lumière jour • de l'autonomie de l'éclairage naturel Pré-dimensionnement de l'éclairage artificiel	Esquisse à APD	Utilisation en parallèle de TRNSYS pour coupler confort thermique et confort visuel en particulier pour l'optimisation de la surface vitrée
EXPLOITATION BASE DE DONNÉES ENERTECH	Estimation des consommations spécifiques d'électricité suivant : • La densité d'occupation • Les puissances installées • L'utilisation/ les comportements •	Esquisse à APD	Outil interne développé par le BET Fluides sur la base de nombreux suivis instrumentés. Utilisation en parallèle de TRNSYS pour une estimation complète de l'ensemble des consommations.
PV SYS	Dimensionnement du solaire photovoltaïque Estimation de la production annuelle	APS à APD	
AUTOCAD	Dessins techniques/CAO : • Plan • Implantations fluides • Schémas de principe	Esquisse à EXE	Existence de nombreux autres logiciels de dessin technique/CAO spécialisés en architecture, fluides, 3D
BBS SLAMA	 Calcul de déperditions suivant NF EN 12831 Dimensionnement des émetteurs de chauffage Validation réglementaire 	APD à DCE	Dimensionnements normatifs L'utilisation de l'outil réglementaire n'intervient ici qu'en fin de conception, en tant que formalité administrative Outils similaires : Perrenoud
DIALUX	Dimensionnement des sources d'éclai- rage artificiel à partir de la cartographie des niveaux d'éclairement obtenue local par local.	DCE à EXE	Suite à une modification du cloisonne- ment en exécution, l'implantation des luminaires réalisée en phase DCE a été adaptée.
LOGICIELS DE CALCUL FLUIDES	 Calcul des pertes de charges hydrau- liques Dimensionnement des réseaux aérau- liques 	APS à DCE	Pour limiter les surdimensionnements successifs, le BET fluides a garanti le dimensionnement des conduits et des circulateurs

"La simulation thermique dynamique, en tant qu'outil de conception, ne peut être remplacée par le calcul réglementaire qui ne constitue qu'une validation administrative finale"

Christel CORRADINO - Enertech

BÂTIMENT

BASSE CONSOMMATION
3469823642

RFORMANCE ÉNERGÉTIQU

ENERGIE PRIMAIRI

7,5398458 39846293

ÉTANCHÉITÉ A L'AIR

ne Cente imente nach Tan

Description of the second of t

TO DESCRIPTION OF THE PARTY OF

Avant réhabilitation

Aboutir à un bâtiment basse consommation en rénovation sans rupture technologique :

l'exemple du bâtiment de l'A.L.L.P à Lyon

Maître d'ouvrage : A.L.L.P (Association Lyonnaise de Logistique Post-Hospitalière)

Localisation: Lyon (69)

Opération : bâtiment de bureaux

Mode constructif: Poteaux-poutres en béton armé -

 U_{bat} =0.6 W.m⁻²K⁻¹ - Ecart U_{bat} / $U_{batr\acute{e}f}$ =1%

Cep=81,1 kWhep.m-2shon.an-1-Ecart Cep/Cepréf=40% sans photovoltaïque

Shon: 2850 m² - Date de fin de travaux: décembre 2007

Coût travaux du projet : 369 € HT/m²shon

Assistance technique et scientifique dans le cadre du programme GENHEPI (CEA-INES)

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Fleurent Valette Architectes

Bureau d'études fluides : ITF (Ingénierie Tous Fluides)

Economiste: Procobat

■ Spécificités de ce projet vis-à-vis de la rénovation énergétique performante :

L'A.L.L.P a acquis en 2004 un bâtiment de bureaux de 2850 m² datant de 1974. Un diagnostic énergétique a été réalisé suite aux plaintes des occupants en été dues à des températures élevées (jusqu'à 37°C). Ce diagnostic a mis en avant la faible isolation du bâtiment, la mauvaise qualité des vitrages et l'absence de ventilation. L'équipe de conception a alors préconisé une approche de rénovation globale. Le bâtiment de l'A.L.L.P est ainsi passé d'une consommation en chauffage/climatisation de 200 à 66 kWhep.m-².an-¹.

Comme pour de nombreuses rénovations basse consommation, la demande initiale du maître d'ouvrage n'était pas de disposer d'un bâtiment peu énergivore. Ce n'est qu'après le diagnostic qu'une approche globale a été adoptée conduisant à une performance énergétique élevée.

Cette rénovation, basée sur des techniques courantes et simples à mettre en œuvre, montre le potentiel d'économies qu'offrent les nombreux bâtiments datant des années 1960-1975.

Des études approfondies, des solutions simples et éprouvées.



Après réhabilitation

Sans une approche globale, un système de climatisation fortement consommateur aurait été installé. Un audit énergétique, technique et architectural constitue la pierre angulaire d'une rénovation énergétique performante. Il permet de déterminer les faiblesses du bâtiment de manière à proposer des solutions et prioriser les interventions. Plus il sera étoffé et précis, plus les préconisations seront pertinentes et adaptées au bâtiment. Il a montré ici la vétusté de l'enveloppe mais aussi la part importante de l'éclairage, toutes deux contribuant à l'inconfort estival.

Une réflexion approfondie tenant compte des aspects économiques, de mise en œuvre et d'exploitation aboutit à des solutions simples et cohérentes. Le parti pris a été de conserver l'image architecturale et de privilégier des systèmes éprouvés.

BÂTIMENT

BASSE CONSOMMATION
4698/23642

ations

7,5398458439846293 ÉTANCHÉITÉ A L'AIR

The same has same through the first a good to be the company of th

THERMIQUE

The state of the same of the s

98/236423

75398459439846293469

Pousser au maximum les études préalables

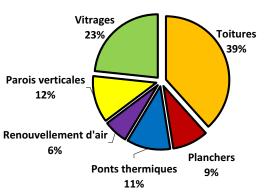
La première étape est celle du diagnostic thermique. Il dresse l'état initial et fournit les pistes d'améliorations en fonction des faiblesses constatées. Il doit être complété par des études plus approfondies permettant d'aller au bout du gisement d'économies. La palette d'outils disponibles permet de traiter l'ensemble des enjeux aussi précisément que nécessaire.

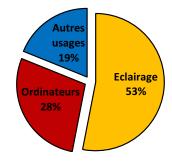
Quelles sont les faiblesses et les pistes d'améliorations ?

Les résultats du diagnostic thermique :

Les principales faiblesses identifiées :

- Toiture non isolée
- Simples vitrages
- Renouvellement d'air insuffisant car ventilation naturelle
- Puissance d'éclairage trop importante
- Occultations intérieures non adaptées





Répartition estimée des consommations de chauffage

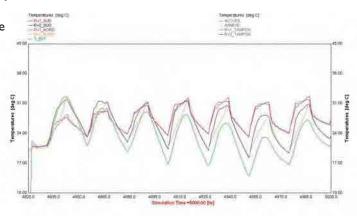
Répartition estimée des consommations d'électricité

Est-il vraiment nécessaire de climatiser ?

Réponse apportée par les simulations thermiques dynamiques :

Etude des solutions passives :

- Brises soleils type casquette
- Fermeture des stores
- Vitrages à contrôle solaire
- Surventilation nocturne
- Isolation de l'enveloppe



Malgré une amélioration significative du confort par des moyens passifs, un dispositif de climatisation est retenu.

Etudes plus approfondies :

Estimations précises des consommations par la simulation thermique dynamique

Etude de l'éclairage artificiel → Possibilité de diviser par 2 le nombre de luminaires !

Opportunité d'installation de panneaux photovoltaïques

BÂTIMENT

BASSE CONSCIENTATION

CONCEPTION

PERFORMANCE ENERGETIQUE

ÉNERGIE PRIMARE

SIMULATIONS

7512987539845993984629

ÉTANCHÉITÉ A L'AIR

THERMIQUE

875398459639846293469

Améliorer l'enveloppe par une isolation extérieure tout en conservant l'image architecturale du bâtiment

Le parti pris a été de maintenir le fort impact des rythmes visuels en façade. Les architectes ont néanmoins augmenté légèrement la proportion parties opaques/bandeaux de baies et rajeuni l'aspect extérieur en jouant sur les matières et couleurs de la nouvelle peau. Ces choix améliorent la performance thermique de l'enveloppe, tout en continuant de profiter des avantages initiaux : éclairage naturel, trame structurelle simple, aménagement intérieur flexible...

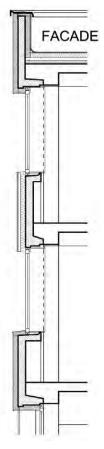
L'isolation par l'extérieur est une technique très utilisée dans les rénovations basse consommation car elle permet le maintien de l'occupation du bâtiment pendant les travaux. Elle préserve l'inertie du bâtiment ce qui améliore le confort estival.



Conservation de l'ancienne étanchéité qui fait office de pare-vapeur Isolation rajoutée par-dessus avec une nouvelle étanchéité

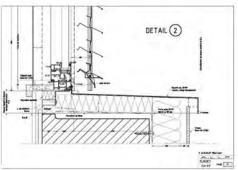


Façades isolées par 14 cm de laine de roche sous panneaux Trespa Rez-de-chaussée isolé par du polystyrène expansé collé et chevillé





Acrotère enveloppé par l'isolant. Fixation de la couvertine par platines



Conservation des dormants existants Retour d'isolant sur les menuiseries Brises soleils extérieurs orientables

Les spécificités de la rénovation

Des équipements sans rupture technologique

Les consommations de la première année étaient conformes aux prévisions (105 kWhep.m-².an-¹ en chauffage/climatisation/éclairage) mais celles de la seconde année étaient nettement supérieures. Cette augmentation est due en grande partie à l'installation, à posteriori, d'un rideau d'air chaud à l'entrée, sans prise en compte des préoccupations énergétiques.

Cela montre clairement la nécessité de concevoir une installation simple et de l'exploiter rigoureusement pour limiter les dérives.

La gestion technique centralisée constitue l'outil de pilotage mais aussi de contrôle de l'installation. Le suivi des consommations permet d'identifier les causes des dérives de consommation et d'y parer.

Les équipements mis en œuvre à l'A.L.L.P:

- Ventilation simple flux
- · Chauffage-climatisation par pompe à chaleur en change-over
- · Gestion technique centralisée (GTC)
- I. Production de chaleur et de froid avec CHANGE-OVER.

Optimisation du basculement PAC/Chaudière (existante) en fonction du critère économique, selon la plage tarifaire et le COP machine mesuré. Autres possibilités de gestion en fonction de l'énergie primaire et des dégagements de CO₂.

- 2. Gestion et contrôle des bureaux (température ambiante,...)
- 3. Suivi des consommations



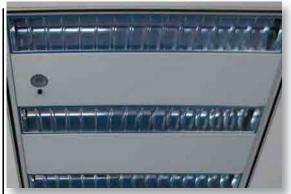
Sans être une rupture technologique, l'isolation correcte des tuyauteries et de l'ensemble des organes est indispensable

La GTC permet de contrôler à distance le fonctionnement de l'installation et, le cas échéant, d'identifier avec précision la panne.

- · Installation photovoltaïque en revente totale au réseau
- Lampes et luminaires



Suppression d'un luminaire sur 2 encore visible dans l'atelier



Tubes T5 2x28 W avec ballast électronique Détecteur de présence et gradateur équipés en standard pour une gestion automatique de l'éclairage

"L'expérience montre que vouloir la performance au détriment de la simplicité s'avère à l'usage contre productif."

J. Fleurent et M. Valette, architectes



53984596398462934698

DE NOUVELLES

PRATIQUES

DE CONCEPTION



Choisir la ventilation naturelle assistée en rénovation :

l'exemple d'une résidence à Bellegarde

Maître d'ouvrage : DYNACITE (Office Public de l'habitat de l'Ain)

Localisation: Bellegarde (01)

Opération: Un bâtiment collectif à usage social - 16 logements

Mode constructif : Béton - Shon = 1145 m^2 $U_{bat} = 0,66 W.m^2.K^{-1}$ - Ecart $U_{bat}/U_{batref} = 8 \%$

Cep= 88 kWhep.m⁻²shon.an⁻¹ - Ecart Cep/Cep_{ref}= 33 % (calculs Th-CEex)

Date de livraison : décembre 2010 Coût travaux du projet : 680 € HT/m²shon

Maîtrise d'œuvre et suivi instrumenté :

Cabinet de maîtrise d'œuvre : SOFIBAT Bureau d'études fluides : TELLITECH

Rénover le bâti et la ventilation : des travaux indissociables

Pour atteindre les objectifs de performance énergétique visés par la réhabilitation de ce bâtiment d'habitation, une réflexion globale incluant le bâti et les équipements techniques a été menée. Ainsi, dès qu'une amélioration thermique est prévue, il est nécessaire de reconsidérer le système de ventilation existant.

La réhabilitation de ce bâtiment a consisté

d'une part, à renforcer son isolation thermique et son étanchéité avec notamment la mise en place de nouvelles menuiseries et d'autre part, à installer un système de ventilation naturelle assistée avec entrées d'air et bouches d'extraction autoréglables.

Ce système de ventilation naturelle assistée (ou ventilation hybride) se caractérise par un extracteur stato-mécanique placé en débouché de toiture. Le système fonctionne par défaut en ventilation naturelle. Lorsque les conditions extérieures (température d'air et vitesse du vent) sont insuffisantes, le ventilateur, situé en partie supérieure de l'extracteur, est activé.

La ventilation hybride permet d'optimiser les fonctionnements naturel et mécanique du système afin de minimiser les déperditions énergétiques tout en gardant un environne-

> ment intérieur sain. Plusieurs raisons ont motivé le choix de ce système :

- Réutiliser les conduits individuels existants.
- Garder « l'esprit » de la ventilation naturelle tout en l'améliorant grâce à l'assistance mécanique lorsque les conditions extérieures sont insuffisantes.
- Avoir une mise en œuvre plus aisée et à un moindre coût en comparaison à une installation de ventilation mécanique contrôlée.



Initialement, la ventilation de ces logements était effectuée de manière naturelle. Dans les cuisines et les WC, des grilles hautes et basses, situées sur des conduits individuels ou en façades, assuraient la ventilation de ces pièces.

Un fenestron présent dans chaque salle de bains permettait leur aération.

753984596398462934698

BÂŢIMENT

BASSE CONSOMMATION

CONCEPTION

PERFORMANCE ENERGETIQUE

ENERGIE PRIMARE

SIMULATIONS

7512987539845993984629

ETANCHÉITÉ A L'AIR

THERMIQUE





Les spécificités de la rénovation

Du diagnostic à la maintenance

Dans une opération de rénovation, il est indispensable de considérer la situation initiale existante avant toute mise en œuvre d'une nouvelle installation.

Par la suite, un entretien régulier est nécessaire afin de garantir la pérennité de ses performances.

Le diagnostic de l'installation existante

Réutiliser les conduits existants pour installer le système de ventilation stato-mécanique impose de procéder aux opérations suivantes :

- Vérifier et assurer la vacuité des conduits existants.
- Dépoussiérer les conduits.
- · Vérifier l'étanchéité des conduits.

Lors de cette opération de réhabilitation, chaque conduit individuel réutilisé a fait l'objet d'un sondage vidéo. Ce contrôle visuel est essentiel. Il permet de s'assurer de la vacuité du conduit et de son état intérieur.

La mise en œuvre du système de ventilation hybride

Les travaux en toiture :

- Dépose des coiffes existantes des conduits individuels réutilisés
- Scellement sur la souche d'un pied béton pour assurer le lien entre le conduit individuel et l'extracteur statomécanique.
- Installation de l'extracteur stato-mécanique sur le pied béton.
- Mise en place des organes de régulation pour obtenir des mesures « non perturbées » : sonde de température sur une souche exposée au nord et anémomètre dans une zone dégagée.

Les travaux dans les logements :

- Obturation des grilles d'entrée d'air présentes dans les cuisines et les WC.
- Mise en place des entrées d'air autoréglables dans les pièces principales au niveau des nouvelles menuiseries.
- Installation des bouches d'extraction autoréglables dans les WC et les cuisines.
- Mise en place de grilles de transfert en partie haute de la cloison séparative salle de bains / WC pour assurer l'évacuation de l'air au niveau de la salle de bains.
- Détalonnage des portes intérieures pour permettre le transit de l'air depuis les pièces principales jusqu'aux pièces humides.

Le réglage du système :

- Fonctionnement en ventilation naturelle par défaut.
- Assistance mécanique de base (petite vitesse) déclenchée pour une température extérieure supérieure à 1°C et une vitesse de vent inférieure à 3.5 m/s (seuils définis par l'industriel en fonction de la zone climatique).
- Fonctionnement en grande vitesse du système pendant des plages horaires ajustées par le maître d'ouvrage: pendant 5h/jour (7h00-8h00; 11h30-13h30; 18h00-20h00) indépendamment des conditions climatiques.

Les prestations de maintenance

Les opérations prévues annuellement dans le cadre d'un contrat de maintenance sont les suivantes :

- Nettoyage et vérification du fonctionnement de l'extracteur stato-mécanique, notamment son asservissement aux conditions extérieures et aux plages horaires.
- Nettoyage et vérification des grilles d'entrée d'air et des bouches d'extraction.
- Nettoyage des conduits et contrôle du non raccordement d'appareils motorisés sur les conduits.

« Les plages de fonctionnement en grande vitesse sont choisies in fine par le maître d'ouvrage en fonction de l'usage des locataires. Il s'agit de trouver un compromis entre des considérations économiques et l'évacuation rapide de la pollution produite (production de vapeur d'eau). » DYNACITE



Exemple d'extracteur stato-mécanique placé en débouché de conduit

ISOLATION THERMIQUE EXTERIEUR

Solutions constructives en isolation par l'extérieur :

l'exemple de la résidence "Jardins République"

Maître d'ouvrage: SOGIMM

Localisation: Epagny (74)

Opération : 4 bâtiments collectifs - 51 logements et 4 locaux commerciaux

Mode constructif : Béton banché en ITE – Shon : $4~081~m^2$ $U_{bat} = 0.45~a~0.50~W.m^{-2}.K^{-1}$ - Ecart $U_{bar}/U_{batref} = 25~a~31~\%$

Cep= 59 à 65 kWhep.m⁻²shon.an⁻¹ – Ecart Cep/Cep_{ref}= 38 à 42 %

Date de livraison : avril 2010 - Coût travaux du projet : 1750 € HT/m²shon hors VRD

Certification : Minergie standard®

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Atelier Galbe – Géraldine Monod

Bureau d'études fluides : ADF

Spécificités de ce projet vis à vis des solutions constructives en isolation par l'extérieur :



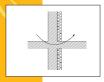
La résidence « Jardins République » est caractéristique des bâtiments collectifs en béton isolés par l'extérieur (ITE) qui représentent une part considérable des projets performants de la région Rhône-Alpes. Par conséquent, les difficultés rencontrées et les réponses apportées par la maîtrise d'œuvre sont susceptibles d'être applicables à un grand nombre de réalisations.

Les solutions adoptées sont parfaitement reproductibles et ne nécessitent pas de rupture technologique ou de mise en œuvre complexe. Elles permettent d'atteindre un niveau de performance élevé tout en restant dans une enveloppe budgétaire compatible avec les prix du marché.

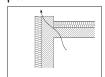
Prévoir et corriger en amont les faiblesses de l'enveloppe



Ponts thermiques



Interrupt<mark>i</mark>on de l'isolant au niveau du balcon



Interruption de l'isolant

Les parois opaques verticales sont isolées par l'extérieur avec 16 cm de polystyrène expansé, la toiture terrasse par 12 cm (bâtiments A,B,D) ou 2x12 cm (bâtiment C) de polyuréthane, la toiture sous comble par 30 cm de laine minérale, le plancher bas par un flocage de 15 cm et les doubles vitrages présentent un coefficient Uw < 1,6 W.m-².K-¹. A ce niveau de performances, les faiblesses de l'enveloppe telles que les ponts thermiques ou les défauts d'étanchéité à l'air ne peuvent plus être négligés. La mise en communication ponctuelle des faces intérieure et extérieure d'une partie peu ou pas isolée d'une paroi constitue, dans un bâtiment performant, un « pont thermique ». La dissipation de la chaleur y est forte ce qui réduit considérablement les performances globales de l'enveloppe et peut même être à l'origine de pathologies par la création de points froids propices aux moisissures.

L'isolation par l'extérieur (ITE) supprime les ponts thermiques de jonction plancher/façade et refend/façade. Cependant, elle en fait apparaître un autre au niveau de la liaison fenêtre/baie et ne résout pas un grand nombre de faiblesses telles que les balcons et l'acrotère. Une conception minutieuse se doit de les prévoir et d'imaginer les solutions adaptées en amont de la réalisation.

Désolidarisation du balcon et de l'acrotère

L'acrotère et le balcon constituent des saillies bétonnées imposant un arrêt de l'isolant et mettant en contact avec l'extérieur les planchers intermédiaires et le plancher haut. De plus, ils offrent une surface d'échange avec l'air supplémentaire particulièrement propice à la dissipation de la chaleur (effet d'ailette). La maîtrise d'œuvre a décidé de les « désolidariser » de l'enveloppe chauffée.

Désolidarisation des balcons



Ossature métallique.Le blancher des balcons est en bois

Les balcons sont classiquement formés par des dalles en porte-à-faux solidaires de la structure du bâtiment. La jonction bétonnée indispensable crée une interruption de l'isolant générant un pont thermique important. La technique de désolidarisa-STRUCTURE tion consiste à créer une structure autoportante lé-LOGT gère fixée à la façade uniquement à l'aide de platines métalliques. Ainsi la liaison METALLIOUE LOGI façade/balcon nécessaire à vaincre le porte-à-faux peut être supprimée permettant la continuité de l'isolant. La dégradation des performances Balcons autobortants

trices traversant l'isolant est négligeable et cette solution peut être considérée comme la plus performante thermique-

Dans le cas présent, le surcoût par rapport à un balcon classique est chiffré à 4500 € HT/balcon.

liées aux platines fortement conduc-



l'isolant n'est plus interrompu

Platines de fixations

Désolidarisation de l'acrotère

Une première désolidarisation consiste à séparer les parois verticales du logement du dernier niveau (à droite sur la photo ci-dessous) de la toiture terrasse. L'acrotère s'arrête à 20 cm de la paroi pour laisser passer le polystyrène extérieur.

Une seconde désolidarisation consiste à intercaler une bande de laine de roche de 4 cm d'épaisseur sur la périphérie de la toiture terrasse tel qu'illustré sur le schéma et la photographie. L'acrotère repose alors uniquement sur des plots en béton régulièrement espacés de manière à garantir la stabilité de la structure. Le pont thermique est alors approximativement divisé par 4. Cette solution, perfectible au niveau thermique, constitue un très bon rapport performance/prix. C'est la raison pour laquelle elle est utilisée dans la majorité des projets rhônalpins de ce type.





Double désolidarisation – côté par 20 cm de polystyrène bas par 4 cm de laine de roche

4 cm de laine de roche

Désolidarisation acrotère / paroi verticale du logement du dernier niveau

L'ENVELOPPE

PERFORMANTE

L'interface entre la menuiserie et la baie présente un grand nombre de difficultés et fait intervenir plusieurs corps d'état. L'architecte doit donc réaliser des croquis constructifs précis et légendés de manière à faciliter le travail du menuisier, du maçon et du peintre. Il doit être vigilant au niveau des ponts thermiques liés à l'arrêt de l'isolant et prévoir une mise en œuvre garantissant l'étanchéité à l'air de la liaison

Les points d'attention au niveau de la liaison menuiserie/baie

Retour d'isolant sur la menuiserie

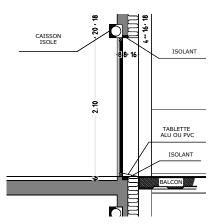
5 cm de polystyrène vont recouvrir la bande en béton en contact avec l'extérieur

Les fenêtres sont posées au nu intérieur. En isolation par l'extérieur, cela a pour effet de créer sur le pourtour de la fenêtre une bande de béton directement en contact avec l'air extérieur dont l'épaisseur est celle du mur. Le traitement de ce

pont thermique consiste à créer un retour d'isolant de quelques centimètres (ici 5 cm de polystyrène) recouvrant le béton.

Cette technique, facile à mettre en œuvre, nécessite néanmoins de prévoir une menuiserie plus large pour intégrer le retour d'isolant et de concevoir l'appui de fenêtre différemment.

En effet, celui-ci est traditionnellement maçonné de manière à faciliter l'évacuation de l'eau de pluie et de prévenir les salissures liées à l'écoulement. Cependant, il dépasse de la façade de plusieurs centimètres et empêche le retour d'isolant. La solution consiste à le supprimer et à protéger l'isolant par une bavette métallique dont le profil offre une protection similaire à l'appui traditionnel.



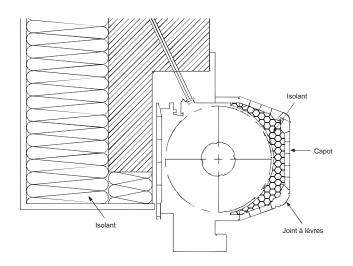
2 cm de polystyrène expansé au niveau des seuils de porte fenêtre

Un pont thermique similaire apparaît au niveau des seuils des portes fenêtres où il est nécessaire de recouvrir quelques centimètres de béton par une bande isolante et de protéger l'ensemble par une tablette en aluminium ou PVC (voir croquis constructif).

Coffres de volet roulant

Le coffre de volet roulant doit permettre l'entretien du store extérieur. Placé à l'intérieur, il met directement en contact le logement avec l'extérieur au niveau du store mais aussi de la tige de transmission d'effort. Le choix de la maîtrise d'œuvre s'est porté sur des blocs-baies comportant une isolation complémentaire et des joints à lèvres. Bien qu'efficace sur ce projet, la probabilité qu'un défaut d'étanchéité soit détecté au moment du test final est grande.

La meilleure solution consiste à placer à l'extérieur des coffres isolés et commandés électriquement. Ainsi l'enveloppe n'est pas percée et l'étanchéité est assurée



Caisson de volet roulant isolé et joint à lèvre Retour d'isolant sur linteau

L'ENVELOPPE

PERFORMANTE

LOGT

Isolation entre chevrons

Traiter une multitude de ponts thermiques...

Les points d'attention en ITE sont nombreux. Les croquis doivent être précis et légendés de manière à faciliter la compréhension. Le carnet de détails peut avantageusement être complété par une checklist permettant un autocontrôle continu des corps d'état.

Traiter le pont thermique de la panne sablière

L'isolation des combles perdus est réalisée par 30 cm de laine de verre déroulée. Un pont thermique subsiste au niveau de la panne sablière qu'il est difficile de recouvrir complètement à cause de la jonction avec les

chevrons. La solution a consisté à isoler la panne du plancher haut par une mousse polyuréthane et de dérouler la laine entre les chevrons de manière à se raccorder à l'isolation extérieure.



Isolation de la panne sablière par injection de mousse polyuréthane

Liaison dalle basse/sol



Changement d'isolant à 15 cm du sol

Le polystyrène expansé recouvre l'intégralité de la façade mais s'arrête à environ 15 cm du sol où il est relayé par du Styrodur© (polystyrène extrudé ayant une résistance mécanique et une imperméabilité supérieures) jusqu'à I mètre de profondeur.

Ce prolongement de l'isolation est indispensable pour diminuer le pont thermique lié à la dalle basse directement en contact avec le sol.

LOGT ± 0.00 RIGIDE SOUS-SOL

Prolongement de l'isolation jusqu'à 1 m de profondeur

Poutres sur parking



Flocage du plancher bas sur 15 cm et recouvrement des poutres du parking par 5 cm

L'isolation du plancher bas est réalisée par un flocage de 15 cm. Les poutres constituent alors un pont thermique important dont le traitement consiste à isoler autant que possible en tenant compte de la hauteur de la retombée de poutre.

Dans le cas présent, elles sont recouvertes de 5 cm de flocage.



L'ENVELOPPE

PERFORMANTE

Traiter les ponts thermiques

l'exemple des 7 logements basse consommation à Revel

Maître d'ouvrage : OPAC 38

Localisation : Revel (38)

Opération: un bâtiment collectif à usage social - 7 logements

Mode constructif : Ossature bois et béton banché U_{bat} =0.26 W.m⁻²K⁻¹ - Ecart $U_{bat}/U_{batr\acute{e}f}$ =59%

Cep=64,8 kWhep.m⁻²shon.an⁻¹-Ecart Cep/Cep_{réf}=55% Shon = 549 m^2 - Date de livraison : juin 2010

Coût travaux du projet : 1534 € HT/m²shon hors VRD

Certification: BBC 2005 - Effinergie

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Atelier Dédales Bureau d'études fluides : GTI

Spécificités de ce projet vis à vis du traitement des ponts thermiques :



Le bâtiment de Revel est particulièrement intéressant de par l'association d'une ossature bois à une construction en béton banché isolée par l'extérieur.

L'ossature bois offre plusieurs avantages dont la préfabrication en atelier. Cependant la structure résultante est légère et ne confère pas une inertie suffisante en été. L'ajout d'un isolant dense, type laine de bois, ne peut en aucun cas pallier cette faiblesse. La solution à Revel a été d'opter pour une ossature bois au sud, des planchers lourds ainsi qu'une façade nord, des pignons et des refends composés de béton banché isolé par l'extérieur. Cette ossature bois permet une valorisation architecturale de la façade principale du bâtiment.

Le traitement des ponts thermiques est une exigence de la conception à la réalisation



Comme pour l'étanchéité à l'air, l'obtention d'une enveloppe homogène se prévoit dès la phase programme et s'obtient grâce à une conception et un suivi de la réalisation adapté. L'architecte doit concevoir les volumes de manière à limiter les saillies en améliorant la compacité de l'enveloppe. Il doit collaborer avec le bureau d'études qui évalue l'impact des choix et propose des solutions

Un travers souvent constaté est de négliger les ponts thermiques dits « structurels » ou intégrés. Ils correspondent à une diminution de l'isolation au sein même de la paroi. Par exemple, chaque montant de l'ossature bois constitue un arrêt de l'isolant d'environ 45 mm sur toute la hauteur dégradant au global l'isolation de 5 à 15%!

Une part importante de la performance de l'enveloppe se joue en phase réalisation. Il est nécessaire de sensibiliser en amont les entreprises qui prennent alors généralement une part active à la conception.

par l'extérieur

L'ENVELOPPE

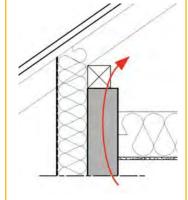
PERFORMANTE

Un croquis de détail par point sensible :

Pont thermique

le traitement de l'étanchéité à l'air.

Panne sablière



Solution Revel

Traitement des ponts thermiques des murs bétons isolés

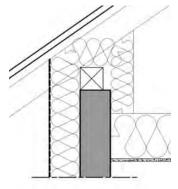
L'isolation par l'extérieur supprime les ponts thermiques des jonctions dalles/façade et refends/façade. Elle présente néanmoins plusieurs points sensibles (pannes sablières, fenêtres) qui nécessitent un trai-

tement afin de minimiser les ponts thermiques. C'est au bureau d'étude d'estimer les déperditions li-

L'entreprise est force de proposition lorsqu'elle est sensibilisée à la performance énergétique. C'est le cas à Revel où la pose des fenêtres s'est faite, sur conseil du menuisier, à l'aide de pré-cadres facilitant

néiques restantes et de valider les solutions adoptées par rapport à l'objectif global fixé.

Enrobage de la panne entre chaque chevron:



Commentaires

L'isolant extérieur monte jusqu'au droit de la toiture et des chevrons.

La panne est enrobée de laine de verre entre les chevrons.

Les ponts thermiques sont ainsi réduits.

Pour limiter le pont thermique qui subsiste au contact des chevrons avec la panne, une solution consiste à insuffler de la mousse de polyuréthane entre la panne et la partie haute du

Baies



Pose en applique extérieure avec pré-cadre bois :



La pose en applique extérieure avec pré-cadre bois supprime le pont thermique car l'isolant enveloppe pratiquement tout le dormant. Le traitement de l'étanchéité à l'air est amélioré car la surface de contact baie/dormant est plus importante d'où une meilleure efficacité du joint. Par contre, l'ouverture de la fenêtre à 180° est impossible.

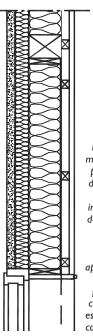
Une solution fréquente ne supprimant pas complètement le pont thermique consiste à poser la fenêtre en applique intérieure et à réaliser un retour d'isolant sur le dormant de quelques 2-3 centimètres (en général 2 à 5 cm en fonction de l'épaisseur disponible pour le dormant).

Traitement des ponts thermiques en ossature bois

Le bois est un matériau peu conducteur et le système doublage/isolation entre montants permet de traiter la plupart des ponts thermiques. C'est surtout pour l'étanchéité à l'air, au niveau des menuiseries et des traversées de gaines que des désordres peuvent apparaître.

Un doublage indispensable :

L'ossature bois impose une interruption régulière de l'isolant pouvant dégrader fortement la performance globale de la paroi. Un doublage est nécessaire. Il peut être placé indifféremment à l'intérieur ou à l'extérieur.



L'isolation entre montants est composée de 14 cm de laine minérale et le doublage intérieur de 6 cm de laine minérale.

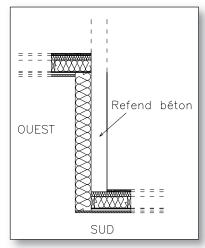
La pose des fenêtres en applique intérieure ne crée aucun pont thermique car la menuiserie est directement au contact de l'isolant



Isolation entre montants derrière le freine-vapeur, avant la pose du doublage intérieur sur rail métallique

La liaison bois/béton :

Les liaisons béton/ossature bois sont propres au projet : le plancher intermédiaire repose sur les refends en béton armé, l'ossature bois est ensuite rapportée contre les refends de manière à les envelopper.



Croquis en plan : Le refend est recouvert par du polystyrène à l'ouest et par l'ossature bois au sud. L'assemblage ne crée aucun pont thermiaue



L'isolant recouvrant le refend est visible en partie basse.



Détail liaison ossature bois/béton : la liaison est étanchéifiée par collage du freine vapeur et du pare-pluie sur le refend béton. La mousse de polyuréthane constitue une barrière complémentaire par calfeutrement des interstices entre bois et béton.

L'ENVELOPPE

PERFORMANTE

ISOLATION THERMIQUE EXTERIEURE

SCI ATIONTHERMIQUE INTERIEURE

SAITHENT

PONTSTHERMIQUE

ETANCHÉITÉ A L'AIR

PAROIS



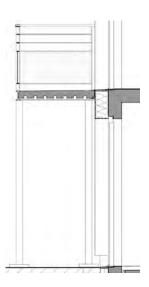
084504398462934698



Détails communs aux deux modes constructifs

Les balcons ou coursives ainsi que la liaison dalle basse-fondations/sol sont des points sensibles communs à tous les modes constructifs. Les solutions adoptées à Revel sont caractéristiques des bâtiments performants de la région Rhône-Alpes.

Désolidarisation des balcons et coursives (exemple sur la façade béton):

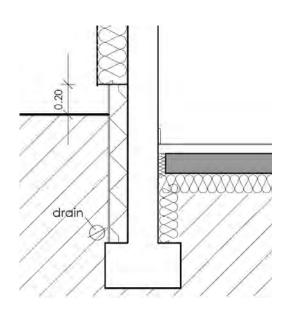


La désolidarisation de la coursive permet la continuité de l'isolant : le pont thermique est complètement supprimé



La coursive est autoportante et indépendante de la façade en béton armé.

Isolant extérieur enterré pour le traitement de la dalle basse



Du polystyrène extrudé (densité supérieure au polystyrène expansé) est enterré sur approximativement 90 cm de profondeur.



Le polystyrène expansé (blanc) est remplacé par du polystyrène extrudé (bleu) 20 cm avant le niveau du sol pour éviter les remontées capillaires d'eau.

ISOLATION THERMIQUE EXTERIEUR

vitrées:

l'exemple de la résidence « Square Phaéton »

La bonne mise en œuvre des baies

Maître d'ouvrage : ALLIADE

Localisation: Lyon (69)

Opération: Un bâtiment d'habitation collectif
48 logements avec des commerces au rez-de-chaussée

Mode constructif: Béton banché isolé par l'extérieur - Shon: 4510 m²

U_{bât}=0.57 W.m⁻²K⁻¹ - Ecart U_{bât}/U_{batréf}=28%

Cep=59 kWhep.m⁻²shon.an⁻¹-Ecart Cep/Cep_{réf}=44%

Date de livraison : octobre 2011

Coût travaux du projet : 1328 € HT/m²shon hors VRD

Certification: BBC 2005 - Effinergie

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Tekhnê - Bureau d'études fluides: ITF

Une multiplicité de contraintes

Les parois vitrées permettent de bénéficier des apports solaires en hiver et de profiter de la lumière naturelle mais constituent aussi un point faible de par leur conductivité thermique élevée. La liaison avec les parois opaques est particulièrement délicate car elle peut générer des défauts de perméabilité à l'air ainsi que des ponts thermiques. Au niveau architectural, la disposition de ces surfaces transparentes et l'intégration des protections solaires déterminent la qualité de l'ouvrage.



Le Square Phaéton dispose d'une surface vitrée de 548 m² (ratio Sv/Sch=29%) composée de doubles vitrages à faible émissivité sur menuiserie bois ayant une conductivité thermique de 1.4 W.m⁻².K⁻¹. Ces choix sont le fruit d'une collaboration très en amont entre l'architecte, le bureau d'études techniques et l'économiste

Une mauvaise pose des fenêtres sur chantier peut cependant annihiler le travail de conception. Un bon indicateur de la qualité de la réalisation est le test de perméabilité à l'air. Ici, le n_{50} mesuré est de 0.83 vol/h. Il est proche du niveau exigé par le label Passivhaus (0.6 vol/h). Il traduit une mise en œuvre excellente. Comment les équipes de maîtrise d'œuvre sont arrivées à ce résultat ? par :

- Le choix d'entreprises « mieux disantes » et non « moins disantes ».
- Une formation d'une demi-journée de l'ensemble des corps d'état concernés par l'étanchéité à l'air sur l'importance de la perméabilité à l'air et les spécificités de mise en œuvre.
- Le choix d'un mode de pose des menuiseries facile et rapide : la pose en tunnel avec joint périphérique en mousse de polyuréthane (Illmod Trio d'Illbruck).
- Le choix de brise-soleil orientable et de volets roulants motorisés.
- Un carnet de détails précis (échelle 1:10 et 1:5) élaboré par l'architecte.
- La réalisation d'un prototype mur/fenêtre.
- Un suivi de chantier régulier et minutieux.
- Un test d'étanchéité intermédiaire dès la mise hors d'eau et hors d'air de l'appartement témoin.

Les techniques de pose sont nombreuses. Cette fiche présente, à travers un croquis de détail du bâtiment du Square Phaéton, les principes de mise en œuvre des fenêtres et des occultations.

ISOLATION THERMIQUE EXTERIEU

LATION THERMIQUE INTÉRIEURE

PONTSTHERMIQUE

ÉTANCHÉITÉ À L'AI

12987,5398459,39846293

ADEME

Décliner les principes généraux suivant le mode de pose

Garantir l'étanchéité à l'air et limiter les ponts thermiques sont les maîtres mots de la mise en œuvre des baies vitrées. Ils concernent la jonction avec la paroi opaque mais aussi l'intégration du coffre de volet roulant.

Côté perméabilité à l'air, la pose en tunnel, adoptée ici, facilite le traitement de la liaison menuiserie/baie car elle ne nécessite pas de membranes adhésives mais uniquement un joint périphérique. Le gain en temps est appréciable. Le coffre de volet roulant est généralement problématique car la commande par tringle du volet impose la mise en contact de l'intérieur et l'extérieur. La meilleure solution est de le placer à l'extérieur et de prévoir une commande électrique car l'étanchéité à l'air du percement de la tige de transmission d'efforts est délicate.

Les ponts thermiques au niveau des baies, liés à l'isolation par l'extérieur, sont supprimés par des retours systématiques d'isolant (de 5 cm d'épaisseur) en tableaux, linteaux et appuis de baies.

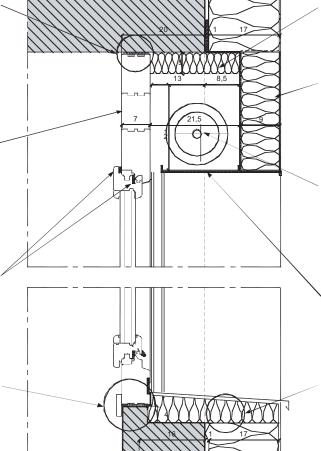
La pose d'une fenêtre sur un détail

Etanchéité à l'air par joint périphérique en mousse de polyuréthane (produit Illmod Trio d'Illbruck)

Menuiserie bois Les traverses empilées masquent le caisson mais génèrent un petit pont thermique

Menuiserie à 2 niveaux de joints. Classement Air niveau 4

Pose en tunnel avec couvrement du béton côté intérieur Etanchéité à l'air par le joint périphérique



Retour polystyrène collé de 5 cm en linteau

Recouvrement du coffre de volet roulant par du polystyrène expansé (existence de coffres isolés). Le coffre n'est plus apparent

Volet roulant PVC motorisé monobloc avec coulisses (fixation à la menuiserie bois par les coulisses).

Etanchéité à l'air assurée par la position extérieure du coffre et la commande électrique du volet

Lambrequin en aluminium laqué masquant le coffre

Retour d'isolant en polystyrène expansé de 5 cm sur l'appui de fenêtre et bavette aluminium

MENUISERIE COUPE DETAIL VERTICALE

« Seules les baies des chambres sont équipées de volets roulants permettant l'occultation totale. Elles sont principalement orientées Est et Nord. Les baies des pièces de jour sont équipées de brise-soleil orientable ou de volets bois coulissants en nez de balcon pour permettre une protection solaire efficace tout en laissant entrer la lumière (garantissant un facteur de lumière du jour suffisant). »

Jean Marie Gaide, Tekhnê

une construction à ossature bois : l'exemple de la petite Chartreuse à la Terrasse

Réussir son étanchéité à l'air dans

Maître d'ouvrage : PLURALIS

Localisation: La Terrasse (38)

Opération : 2 bâtiments collectifs à usage social - 6 logements

Mode constructif : Ossature bois - U_{bat} =0.26 à 0.27 W.m⁻²K⁻¹ - Ecart $U_{bat}/U_{batr\acute{e}f}$ =50 à 52%

Cep=64,1 à 65,1 kWhep.m-2shon.an-1-Ecart Cep/Cepréf=38%

Shon: 498 m2 - Date de livraison: juin 2009

Coût travaux du projet : I524 € HT/m²shon hors VRD

Certification: 4 logements Minergie standard® et 2 logements Minergie-P®

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Vincent Rigassi Bureau d'études fluides : ADF

Les spécificités de ce projet vis à vis de l'étanchéité à l'air :



Le bâtiment à ossature bois de la petite Chartreuse labellisé MINERGIE-P®, est un exemple particulièrement intéressant compte tenu des performances très élevées d'étanchéité à l'air atteintes. En effet, les résultats conventionnels du test de la porte soufflante sont n_{50} =0,59 vol/h et I_4 = 0,15 m³/h/m². Ils sont à comparer aux valeurs I₄ BBC de I,0 et réglementaire de I,2.

Dans les bâtiments basse consommation, le contrôle en fin de chantier de la perméabilité à l'air impose une mise en œuvre rigoureuse. Néanmoins, le niveau d'exigence est beaucoup plus faible que celui requis pour l'obtention du label MINERGIE-P®, (équivalent à Passivhaus®, $n_{50} \le 0.6 \text{ vol/h}$).

De plus, dans un bâtiment à ossature bois, de par la constitution des parois, il est plus difficile d'atteindre une bonne étanchéité à l'air que pour une construction maçonnée. Le moindre percement de la couche extérieure (pare-pluie) ou intérieure (pare-vapeur) a plus d'impact. Il va entrainer une dégradation des performances de la couche isolante, favoriser la condensation et court-circuiter la ventilation double flux.

L'étanchéité à l'air est une exigence de la conception à la réalisation :



Assurer l'étanchéité nécessite la mise en œuvre de matériel spécifique. Mais plus que des solutions produits, c'est avant tout le souci du détail, autant en phase conception que réalisation, qui permet d'éviter la plupart des défauts.

Dès le stade de la conception de la petite Chartreuse, une réflexion a été menée sur l'enveloppe de manière à minimiser les points sensibles. Les solutions ont été prévues à l'avance et décrites par des croquis de détail réalisés par l'architecte.

Sur le chantier, un cabinet spécialisé a assuré un rôle de conseil et de contrôle afin d'atteindre les objectifs de perméabilité imposés. La création de ce lot spécifique s'est révélée indispensable pour cette première opération du maître d'œuvre.

Les principaux points sensibles observés sur ce site ont été les menuiseries et les passages de gaines et tuyaux à travers l'étanchéité.

L'ENVELOPPE

PERFORMANTE

ISOLATION THERMIQUE EXTERIEUR

SOLATION THERMIQUE III TÉRIEURE

BATIMENT

PONTS THERMIQUE

ols 1987,5398459(39846293

La bonne gestion du projet

Réussir l'étanchéité à l'air passe avant tout par une bonne gestion du projet de l'étape programme au test en fin de chantier. L'objectif est que tous les intervenants aient conscience des difficultés et enjeux du niveau de performance du label et qu'ils soient prêts à coopérer pour obtenir le résultat escompté.

1 En phase programme :

• Sensibilisation du maître d'ouvrage par le maître d'œuvre (ou réciproquement) sur la performance énergétique

2 En phase conception :

- Minimiser les points sensibles
- Créer un croquis de détail à chaque rupture de l'enveloppe imperméable

3 En phase consultation des entreprises :

CCTP:

- Informer des objectifs et des contraintes du bâtiment.
- Mentionner le contrôle en fin de chantier.
- Imposer des résultats mesurables

Création d'un lot étanchéité à l'air

4 En phase réalisation :

Formation des intervenants:

- Sensibilisation énergétique et technique
- 2 x 1/2 journées en début de chantier

Autocontrôle:

• Repérage des percements de l'étanchéité

Contrôle intermédiaire :

- Porte soufflante
- Avant mise en place des parements intérieurs

Correction des défauts

Extraits du CCTP :

'Un contrôle [...] de l'étanchéité à l'air sera effectué [...] les réparations des malfaçons seront à charges des titulaires des lots concernés.'

'Les réseaux de soufflage et d'extraction devront garantir une étanchéité de classe C, les accessoires seront donc à joints intérieurs'

'L'entreprise adjudicataire du lot plomberie, chauffage et VMC devra garantir l'étanchéité de chaque traversée de câbles ou fourreaux au niveau des murs extérieurs [...]'



Réparation d'un percement du freine-vapeur à l'aide d'une bande adhésive spécifique





Test intermédiaire et détection des défauts par la poire à fumée

"Il est beaucoup plus couteux de réparer les défauts après le test d'étanchéité final que de les prévenir en phase de conception et réalisation"

Vincent Rigassi

ISOLATION THERMIQUE EXTERIEURE

ATION THERMIQUE IN TÉRIEURE

ÂTIMENT

PAROIS

28/26/24/24/24

Les solutions techniques mises en œuvre à la petite Chartreuse

L'atteinte d'objectifs ambitieux en perméabilité à l'air impose l'utilisation de composants adaptés, disponibles auprès de certains fabricants. Le principe est d'assurer une peau continue et de traiter les singularités par des solutions constructives ou des produits spécifiques. Particularité de ce chantier : le pare-vapeur classique est remplacé par un freine-vapeur pour un meilleur contrôle de l'hygrométrie dans les parois.

Pare-pluie et freine vapeur : chaque discontinuité du freine-vapeur doit être traitée

- Peaux extérieure et intérieure
- Pare-pluie : étanchéité à l'eau et à l'air
- Freine-vapeur : étanche en hiver (pare-vapeur), poreux en été.
- Les scotchés à l'aide d'un ruban adhésif adapté







Pare-pluie, freine-vapeur et ruban adhésif

Rubans adhésifs de raccord et de réparation :

- Garantit l'étanchéité entre les lès
- Répare rapidement les percements
- Récupération défauts menuiserie
- Passage de gaines







Utilisation des rubans adhésifs

Manchettes souples pour traversées de gaines et de câbles :

- ullet Solution produit ullet plus adaptée que les rubans adhésifs
- Non utilisées ici mais adoptées par la maîtrise d'œuvre par la suite
- Gain en facilité et rapidité de pose





Manchettes pour gaine et pour câble

Colles, mastic et mousses expansives :

- Liaison pare-vapeur / plancher (colle)
- Barrière à l'air supplémentaire pour les menuiseries
- Rattrapage efficace des tolérances et défauts de mise en œuvre







Rattrapage de tolérances, barrières étanches à l'air pour menuiseries

La mise en œuvre des menuiseries nécessite une attention particulière qui est détaillée à la page suivante





Pose en tunnel Etanchéité par mousse polyuréthane

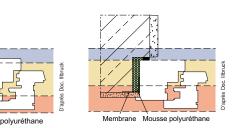
Le souci du détail

Réussir l'étanchéité à l'air d'un bâtiment passe par un souci du détail pas encore dans les habitudes. Cela nécessite une implication de l'ensemble des acteurs surtout au niveau des premières réalisations où de nombreuses malfaçons peuvent apparaître faute d'expérience. Par exemple, le temps passé par l'architecte sur ce chantier est très supérieur aux projets classiques.

De même, malgré un effort initial important du menuisier, une grande partie des menuiseries ont dû être remplacées après le test d'étanchéité intermédiaire (nombreuses fuites en particulier au niveau des parcloses). L'ensemble des intervenants a gagné de précieuses compétences qui seront valorisées dans de futurs projets.

Les menuiseries :

Les sources de fuites sont nombreuses. Elles apparaissent aussi bien au niveau de la pose (liaison baie/menuiserie) que lors de la fabrication des fenêtres : liaison ouvrant/dormant, parclose... Selon le mode de pose de la fenêtre (applique, feuillure ou tunnel) plusieurs systèmes combinant joints mousse et mastic avec ou sans bande collante permettent d'obtenir une bonne étanchéité. La mise en œuvre doit se faire conformément aux indications des constructeurs.



Pose en feuillure Etanchéité par mousse polyuréthane et bande collante



Défaut d'étanchéité de la fenêtre au niveau des orifices de drainage détecté par la poire à fumée

Autres singularités :

Problèmes



Le passage des gaines est défectueux : de l'air va s'infiltrer entre les gaines.



Traversée de la tige métallique pour volets roulants. Défaut repéré après le test d'étanchéité final.

Solutions



Solution retenue : chaque gaine traverse seule. La rupture de continuité est comblée par du ruban adhésif adapté ou un joint pâte.



Solution retenue: utilisation d'une manchette souple adaptée



ADEME

LES POSTES CONSOMMATEURS ET LES ÉQUIPEMENTS ASSOCIÉS

BATIMENT

basse consommation erformance énergétique

VENTILATION

L294753484514 (URANIE)

CHAUFFAGE À EAU CHAUDE

Adapter le chauffage à eau chaude à la basse consommation :

l'exemple du lotissement Les Santolines

Maître d'ouvrage : Drôme Aménagement Habitat

Localisation : Ancône (26)

Opération : Un bâtiment collectif - 4 logements

Mode constructif : Maçonnerie d'agglomérés de béton isolée par l'extérieur

 $U_{bat} = 0.39 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} - \text{Ecart } U_{bat}/U_{batref} = 35.9 \%$

Cep= 43,4 kWhep.m²shon.an⁻¹ - Ecart Cep/Cep_{ref}= 46,1 % Shon : 410 m² - Date de livraison : Septembre 2010 Coût travaux du projet : 1245 € HT/m²shon hors VRD

Certification: BBC 2005 - Effinergie

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Evelyne & Charles Colomb Bureau d'études fluides: Cabinet Sidler

Spécificités de ce projet vis à vis du chauffage à eau chaude :

En se basant sur l'exemple allemand, les chauffagistes français craignent que le label basse consommation favorise le chauffage aéraulique au détriment du chauffage à eau chaude. En effet, la réduction des besoins, associée à la généralisation du double flux, offre une seconde vie au vecteur air. Néanmoins, le chauffage à eau chaude reste également une solution viable pour les bâtiments basse-consommation comme le montre l'exemple du bâtiment des Santolines.

Les faibles débits hydrauliques induits par la basse consommation imposent toutefois des adaptations. La conception de l'installation doit être étudiée de manière à prévenir les risques d'embouage, améliorer la régulation de puissance et minimiser la consommation des circulateurs.

L'exemple des Santolines montre que les solutions techniques adoptées pour le chauffage à eau chaude ne nécessitent aucune rupture technologique et sont parfaitement reproductibles.

Adapter le chauffage hydraulique à la basse consommation



La performance énergétique passe en premier lieu par l'optimisation de l'enveloppe. Ce travail doit se faire sur la base de simulations thermiques dynamiques en confrontant les besoins en chauffage, le confort d'été et le coût des solutions retenues. Pour ces logements, la puissance de chauffage installée est de 30 W/m² habitable soit environ deux fois moins élevée que pour un bâtiment RT2005.

Compte-tenu des faibles puissances à émettre, les solutions à basse température qui offrent de meilleurs rendements sont ainsi plus accessibles :

- pompe à chaleur basse température (PAC BT),
- radiateurs basse température ou planchers chauffants qui procurent, en outre, un meilleur confort.

Les pertes du réseau de distribution ainsi que la précision de la régulation deviennent également au même titre que la production des axes d'optimisation incontournables.

rafraîchissement

page 138

LES POSTES CONSOMMATEURS ET LES ÉQUIPEMENTS

DATIFIENTS



VENTILATION

2987,5394459/39844293

HAUFFAGE À EAU CHAUDE





La production

Le choix de la production est multicritère. Toutes les possibilités d'approvisionnement énergétique du site ont été étudiées, le chauffage électrique par effet joule direct ne pouvant être retenu pour atteindre les objectifs du label basse consommation. La pompe à chaleur (PAC) sur nappe adoptée, pour ce bâtiment a nécessité la rédaction d'une demande de titre V pour la prise en compte correcte du système par l'outil réglementaire pour la production d'ECS.

Le bon dimensionnement ainsi qu'une régulation basée sur une température de départ basse et variable sont essentiels pour optimiser les performances. Le commissionnement de l'installation doit également faire l'objet d'une prestation clairement définie.

Un choix multicritère :

Spécificités du projet :

Site non desservi par le gaz naturel

Existence d'une nappe à faible profondeur (4 mètres) Implantation de la chaufferie prévue dans les combles.

Solutions énergétiques étudiées :

	AVANTAGES CONTRAINTES Solutions équivalentes en énergie primaire et émission de gaz à effet de s		
Bois énergie	Ressource locale et renouvelable	Silo annexé au local chaufferie Gestion régulière des approvisionnements	
PAC sur nappe	Energie unique pour le bâtiment Pré-rafraichissement estival de l'air neuf par utilisation de la nappe	Etude de sol approfondie avec repérage et caractérisation de la nappe à réaliser 2 forages (prise et rejet)	

Etude comparative des solutions énergétiques extraite de la note énergétique en phase APD

Solution retenue : PAC sur nappe car l'emplacement du local technique est peu adapté à l'intégration du silo. Cette solution a été validée par une étude de la ressource et de la pérennité du débit. Le pré-rafraichissement de l'air neuf n'a finalement pas été mis en œuvre. La PAC est raccordée sur la nappe par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques.

Un dimensionnement au plus juste :

Calcul de déperditions précis selon NF 12831 : prise en compte des ponts thermiques de liaisons et structurels ;

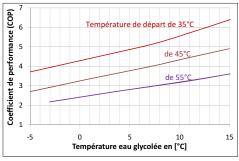
Pas de surpuissance considérée pour la relance.

Ballon tampon anti court-cycle indispensable :

Les Santolines étant un petit collectif : $P_{PAC} = 12 \text{ kW soit } 12 \text{ kWx15 l/kW=180 litres}$ (200 litres installés).

Une température de production faible :

Radiateurs basse température \rightarrow Régime 45°C-35°C pour la température extérieure de base ; Régulation en fonction de l'extérieur.



Le COP varie de 5,6 à 3,2 lorsque la température de production passe de 35° C à 55° C (pour une température de l'eau glycolée de 10° C) — Extrait des données techniques de la PAC

"Le choix d'un système avec PAC sur eau de nappe doit être fait au regard de deux critères importants: un COP élevé nécessairement lié à des émetteurs basse température et une profondeur de nappe faible pour ne pas dégrader ce COP par une consommation de pompe de forage excessive."

Pierre Cambon - Enertech

rafraîchissement

Le chauffage

La distribution

Les pertes de la distribution doivent être minimisées notamment par le tracé d'un réseau court et bien calorifugé, ainsi que par le bon dimensionnement et le choix des circulateurs.

Avec un débit moyen par radiateur de 30 l/h (200 l/h par logement), le dimensionnement des tuyauteries doit tenir compte des faibles vitesses de circulation pour éviter les dépôts de boue. Les gammes de tubes ne permettent pas toujours d'en respecter les limites basses. La prévention de l'embouage est essentielle pour assurer la pérennité des performances.

Tracé des réseaux de chauffage courts possible car :

- Bâtiment compact;
- Bonne performance des fenêtres, supprimant l'effet « paroi froide » → Implantation des radiateurs en allège inutile → optimisation des longueurs de tuyauteries.

Isolation des réseaux très supérieure aux standards actuels :

- Isolation des conduites de niveau classe 4 (classe 2 requise en RT2005) soit 30 mm si diamètre inférieur à DN32 et 40 mm si diamètre supérieur;
- Calorifugeage de l'ensemble des organes (vannes, circulateurs...) avec des coques adaptées;
- Réhausse des leviers de vannes.



Coques isolantes pour vannes

Choix du circulateur :

- Circulateur à vitesse variable label A; Vitesse fixe proscrite car débits non adaptés et réseau à débit variable;
- Point de fonctionnement nominal de l'installation calculé : 720 l/h, ImCE.

Dimensionnement des tuyauteries :

une vitesse de circulation inférieure à 0,2 m/s ne permet pas d'entraîner les boues jusqu'aux organes dédiés à leur récupération. Elles se déposent dans les conduites générant une oxydation par aération différentielle.

- Respect d'une vitesse limite basse supérieure à 0,2 m/s ;
- Sensibilisation des entreprises à la nécessité d'utiliser des petits diamètres.

Prévention de l'embouage :

Equipements prévus aux Santolines :

- Dégazeur sur le ballon tampon en sortie de PAC
- Pots à boue
- Adoucisseur et pot d'introduction pour le traitement de l'eau
- Compteur d'eau sur l'appoint du circuit de chauffage pour détecter d'éventuelles fuites.



Traitement de l'eau

Ces équipements permettent de traiter l'eau et d'assurer un suivi indispensable vis-à-vis de la prévention de l'embouage



LES POSTES CONSOMMATEURS ET LES ÉQUIPEMENTS ASSOCIÉS

BATIMEN

BASSE CONSONMATION FORMANCE ÉNERGÉTIQUE ÉNERGIE

VENTILATION
DOUBLE-FLUX

EAU CHAUDE SANITAIRE

HAUFFAGE À EAU CHAUDE



1

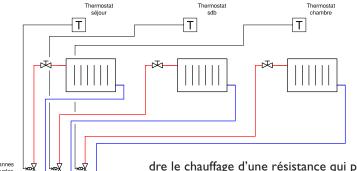
AFRAICHISSEMEN I

ADEME Agence de l'Environnement et de la Maltrise de l'Energie

Une régulation terminale réactive et précise

Sachant que pour un bâtiment basse consommation I°C de chauffage supplémentaire se traduit par une augmentation des consommations de l'ordre de I5%, la régulation doit arrêter l'émission de chaleur dès que la consigne est dépassée. Cela nécessite une mesure de la température précise et une bonne réactivité de l'installation de chauffage : la solution classique du robinet thermostatique n'est plus adaptée à ces nouvelles contraintes.

Solution adoptée aux Santolines :



La régulation centrale en fonction de l'extérieur adapte la température d'eau alimentant les radiateurs. Elle permet d'améliorer le rendement et la régulation terminale.

Celle-ci est assurée par une vanne à deux voies à moteur électrothermique commandée en tout ou rien par un thermostat d'ambiance. La vanne est placée au départ de chaque radiateur, au niveau de la nourrice.

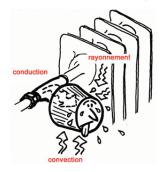
L'alimentation électrique du moteur engen-

dre le chauffage d'une résistance qui provoque le mouvement de la tige par dilatation d'un fluide et donc l'ouverture de la vanne. La consommation électrique est nulle lorsque la vanne est en position fermée.

Les radiateurs sont équipés de robinets manuels. Ils ne disposent pas d'organe d'équilibrage compte-tenu des faibles pertes de charge de la boucle.

Des thermostatiques aux moteurs électrothermiques pilotés par thermostat d'ambiance

Robinets thermostatiques



Température mesurée influencée par la température d'eau de chauffage

Temps de réponse pouvant atteindre 40 minutes

Dimensionnement complexe et installation nécessitant l'équilibrage de l'installation rarement appliqués dans la pratique

Affichage qualitatif de la température

Sans consommation électrique

Moteurs électrothermiques et thermostats d'ambiance



Thermostat d'ambiance positionné de manière à mesurer une température ambiante représentative

Ouverture/Fermeture en 3 minutes environ

Vanne 2 voies standard, moteur clipsé et raccordement électrique du thermostat. Equilibrage hydraulique terminal non nécessaire

Réglage sur une température de consigne

Puissance électrique appelée d'environ 2W en position ouverte

LES POSTES CONSOMMATEURS



Opter pour une chaudière à granulés bois :

l'exemple du siège social de la SOREA

Maître d'ouvrage : Société des Régies de l'Arc (SOREA)

Localisation: Saint Julien-Montdenis (73)

Opération : Bâtiment de bureaux

Mode constructif : Structure béton et bois - Shon = 1 011 m^2 - $U_{b\hat{a}t}$ = 0,28 W.m⁻².K⁻¹

Ecart $U_{b\hat{a}t}/U_{b\hat{a}tref}$ = 44 % - Cep= 55,9 kWhep.m-2shon.an-1 Ecart Cep/Cepre= 63 % sans photovoltaïque (PV)

Date de livraison : novembre 2010 Coût travaux du projet : 1352 € HT/m²shon hors VRD et PV

Equipe de ce projet en « conception-construction » :

Mandataire: GFC-CONSTRUCTION

Architecte: Cr&on

Bureau d'études fluides : ITF (Ingénierie Tous Fluides) Opérateur investisseur pour le PV : EDF ENR

Le choix d'une ressource locale renouvelable



le silo sont situés dans un local à droite du bâtiment. De ce local débouche en toiture le conduit de fumée calorifugé de la chaudière, visible sur la photo.

Les besoins de chauffage de ce nouveau bâtiment de bureaux à « énergie positive », d'une surface chauffée de 750 m², sont couverts uniquement par une chaudière automatique à granulés bois.

Cette solution a été adoptée, dès le départ, par l'équipe de « conception-

construction ». Le projet de bâtiment retenu par le maître d'ouvrage, à l'issue d'un concours, comportait déjà une chaudière à granulés.

Plusieurs raisons ont conduit à ce choix :

- La Savoie est une région forestière. Le bois est donc une ressource locale, renouvelable abondante.
- Le site au cœur de la vallée de Maurienne ne disposait pas à proximité d'un réseau de gaz ou de chaleur.
- Ce choix a été validé par le bilan global d'exploitation.

Un contrat a été souscrit avec un fournisseur, fabricant de granulés NF, situé à une trentaine de kilomètres. Ce fournisseur s'est engagé sur les quantités et les délais de livraison. La marque NF certifie les caractéristiques des granulés et notamment le pouvoir calorifique inférieur (PCI) et l'humidité.

« La solutíon de chauffage par granulés boís est pour nous une solutíon « classíque » tant elle est fréquente dans notre région. La filière est très développée : fabricants de chaudières, de granulés, entreprises d'installation et de maintenance qualifiées sont présentes localement. Les retours d'expériences sont très positifs. »

Eric Milan, Bureau d'études ITF

Le chauffage

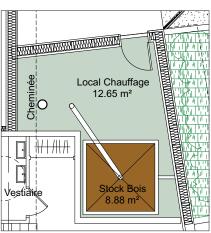
De la conception à l'exploitation

Avoir opté dès l'APS pour une chaudière à granulés a facilité fortement l'intégration de ce système au sein du bâtiment. Comme pour toute installation technique, après réception, une phase de réglages et de prise en main est nécessaire pour atteindre les performances recherchées.

Une implantation du silo déterminée dès la phase d'APS

Le silo a été installé dans le local chaudière situé en rez-de-chaussée au nord-est du bâtiment. Cette localisation a été choisie vis-à-vis de :

- la contrainte d'accessibilité pour la livraison des granulés (voir photo page précédente),
- l' « organisation bioclimatique » de ce bâtiment. Tous les locaux peu ou non chauffés sont situés au nord constituant ainsi un volume thermique tampon.



Les parois du local chaudière sont coupe-feu 2 heures. Ce local comporte une ventilation haute et basse.

Un silo textile a été choisi. La création d'un local de stockage aurait nécessité la mise en place d'un voile béton beaucoup plus onéreux dans ce bâtiment à ossature bois et béton. Le silo de 5.4 tonnes, soit environ 8 m³ a été dimensionné pour 2 à 3 livraisons par an.



Une chaudière à granulés prévue pour fonctionner uniquement durant la saison de chauffe

La chaudière à granulés bois, d'une puissance variant de 8 à 32 kW, est raccordée à un ballon hydro-accumulation de 500 litres.

Ce ballon alimente durant la saison de chauffe :

- des émetteurs de chauffage basse-température ;
- l'échangeur d'appoint du ballon d'eau chaude sanitaire solaire.
 En été, compte-tenu des faibles besoins d'ECS, la chaudière est arrêtée. L'appoint éventuel pour la production d'ECS est assuré par un thermoplongeur.

La mise en service a été réalisée par le constructeur qui a notamment contrôlé l'alimentation en granulés, la combustion et la régulation de la chaudière.

Le contrat d'entretien souscrit avec un installateur prévoit chaque année :

- une visite pour la mise en chauffe et l'arrêt,
- un entretien par le constructeur,
- · deux ramonages.



La chaudière est associée à un ballon hydro-accumulation maintenu à une température d'environ 70°C. Ce ballon permet d'éviter les courts-cycles de fonctionnement qui dégradent les rendements et la longévité du générateur.

Une prise en main progressive

Après un arrêt de l'installation provoqué par un manque de granulés, un contrôle systématique du niveau du silo a été mis en place. Tous les 15 jours les techniciens de la SOREA vérifient le niveau et vident le cendrier.

Des ajustements des lois d'eau et des heures de relance ont été également réalisés avec la GTC suite à des inconforts les lundis matins.

« Nous n'occupons ce bâtiment que depuis 4 mois. La prise en main des installations techniques se fait graduellement. Nous n'avons pas encore exploité toutes les fonctions de la GTC telles que le suivi des consommations de chauffage. »

Alain Le Gargasson, Directeur Gestionnaire du Réseau de Distribution de la SOREA



LES POSTES

CONSOMMATEURS

Réalisé par le Costic

LES POSTES CONSOMMATEURS

Minimiser les consommations d'eau froide et d'eau chaude sanitaire

l'exemple de la résidence étudiante La Salamandre

Maître d'ouvrage : Haute Savoie Habitat

Localisation: Evire — Annecy Le Vieux (74)

Opération: Résidence étudiante - 59 appartements

Mode constructif: Béton - Shon = 2 484 m² - $U_{b\hat{a}t}$ = 0,39 W.m⁻².K⁻¹ Ecart $U_{\text{bâtref}}$ = 26 % - Cep= 70,6 kWhep.m⁻².an⁻¹ - Ecart Cep/Cep_{ref}= 35 %

Date de livraison : novembre 2009

Coût travaux du projet : I I 45 € HT/m²shon hors VRD Référentiel régional QEB - Certification : THPE2005 - Qualitel

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Atelier R. Plottier

Bureau d'études fluides : CENA Ingénierie

Une production d'eau chaude sanitaire solaire mais aussi une optimisation de la distribution



jouxtent une toiture végétalisée

Avec la diminution des consommations de chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS) constitue l'usage réglementé le plus énergivore des ménages. Outre l'impact sur le plan énergétique, réduire les volumes d'ECS consommés, c'est aussi contribuer à préserver les ressources

Les consommations d'ECS dépendent fortement des usagers. Néanmoins, comme le montre l'exemple de la Salamandre, les concepteurs peuvent, par des dispositions constructives, limiter les pertes et gaspillages.

Cette résidence étudiante située près d'Annecy comporte 59 logements, essentiellement des TI. Elle bénéficie d'une production d'eau chaude sanitaire solaire collective. 52 m² de capteurs réchauffent deux ballons solaires de 1500 litres installés dans la chaufferie au sous-sol. L'appoint est assuré par un ballon échangeur de 750 litres raccordé à une chaudière condensation de 150 kW.

La maîtrise des consommations d'énergie liée à l'ECS ne se limite pas cependant à l'installation d'une production d'ECS solaire. La conception de la distribution et le choix des terminaux sont tout aussi importants.

De plus, les exigences de sécurité sanitaire et de confort des usagers doivent être prises en compte. Sur ce bâtiment :

- la température en sortie de production d'ECS est de 60°C
- la température de la distribution collective est maintenue en permanence à au moins 50°C par un bouclage
- et la température de l'ECS délivrée dans les salles d'eau est inférieure à 50°C.

Les exigences de température vis-à-vis des risques liés aux légionelles et aux brûlures, fixées par l'arrêté du 30 novembre 2005, sont ainsi satisfaites.



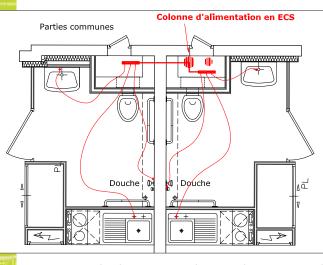
BÂTIMENT

Les solutions adoptées au stade de la conception

La conception de la distribution est très importante aussi bien en terme de maîtrise des consommations d'eau et d'énergie, que de confort et de sécurité sanitaire. Elle requiert une collaboration entre l'architecte et le bureau d'études pour optimiser la disposition des points de puisage et des gaines techniques.

Par ailleurs, la présence de compteurs individuels d'eau froide et d'eau chaude sanitaire permet de déceler d'éventuelles dérives de consommation et d'inciter à des comportements économes.

Des points d'eau regroupés et une distribution qui minimisent les pertes liées aux temps d'attente



→ Les plans dessinés par l'architecte :

Des salles de bains et cuisines contiguës, superposés sur les 3 niveaux.

La distribution collective d'ECS bouclée en cuivre conçue par le bureau d'études :

- Des colonnes montantes maintenues en température par le bouclage, à proximité des points de puisage qui alimentent généralement deux appartements par niveau.
- Des épaisseurs de laine de verre de 50 mm, pour des diamètres extérieurs de tube de 20 à 50 mm, au lieu de 13 à 25 mm de caoutchouc mousse pour satisfaire les exigences minimales réglementaires.
- Des distributions terminales ainsi obtenue très courtes :

La distance entre le point de piquage sur la boucle d'ECS et l'évier, point de puisage le plus éloigné, est généralement d'environ 3 mètres. Résultat :

- Des temps d'attente lors des soutirages d'ECS très courts d'où un meilleur confort pour les usagers.
- Des gaspillages d'eau et d'énergie, liés à ces distributions terminales, réduits.
- Des volumes d'eau dans les antennes terminales très faibles qui satisfont les exigences de l'arrêté du 30 novembre 2005 vis-à-vis des risques sanitaires.

Les pertes thermiques de boucle d'ECS représentent un poste important de consommation d'énergie. Il importe donc d'aller bien au delà des exigences réglementaires en matière de calorifuge et d'optimiser le nombre de colonnes.

Des robinetteries qui allient confort, économie et sécurité



Les systèmes de limitation réduisent la course du levier du mitigeur, la butée sur le débit étant franchissable par un effort de manœuvre

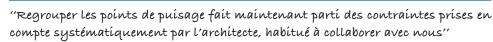


- Avec un système de limitation de température et de débit, intégré d'origine, et un aérateur de jet.
- NF classés C2, soit des débits sous 3 bars compris entre 6.6 et 8.4 l/min en position économie contre 12 à 16 l/min pour une robinetterie NF sans limiteur.

L'ajout ultérieur d'un limiteur de débit sur une robinetterie NF ne permet pas de garantir ses performances notamment en matière de sensibilité de réglage, d'endurance et d'acoustique.



• Installation de limiteurs de température.



Mme Magali Roué CENA-Ingénierie



Les limiteurs de température installés en amont des salles d'eau



BÂTIMENTS



_

LELLIX

75308450/(084620)

HAUFFAGE À EAU CHAUDE

รัฐเหตุรัยเคียงของเลวาาแลก

Installer une VMC double-flux en habitat collectif :

l'exemple de la résidence rue Vendôme

Maître d'ouvrage : Grand Lyon Habitat

Localisation: Lyon (69)

Opération: 8 logements à usage social dans un bâtiment collectif mitoyen

Mode constructif: Murs en pierres - Shon = 550 m^2 Cep= $70 \text{ kWhep.m}^2.\text{an}^{-1}$ (résultat de simulation)

Date de livraison : avril 2009

Coût travaux du projet : 898 € HT/m²shon

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Fleurent Valette Architectes et atelier Burellier

Bureau d'études fluides : EOLYS

Suivi instrumenté : ADEME (mission confiée à CAP3SI)

Un système adopté pour une réhabilitation lourde « basse consommation »



Avant la réhabilitation complète du bâti et des équipements, ces 8 logements ne disposaient d'aucun système de ventilation. Le renouvellement d'air, dans ce bâtiment datant du début du $20^{\text{ème}}$ siècle, était réalisé par les ouvertures de fenêtres, les infiltrations à travers les ouvrants et par les imperfections du bâti.

Pour maîtriser les débits de renouvellement d'air, un impératif dans des logements « basseconsommation », un système de VMC double-flux a été mis en œuvre. Les fenêtres ont par ailleurs été changées et l'étanchéité à l'air du bâti améliorée, tous ces travaux étant indissociables. En effet, sans le renforcement de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, le système de ventilation serait inefficace pour assurer un contrôle des débits d'air. A contrario, la réduction de la perméabilité à l'air des logements, sans la maîtrise des débits d'aération, se traduirait par une dégradation du bâti et de la qualité d'air intérieur impactant sur la santé des occupants.

Le choix d'une solution de VMC double-flux avec récupération de chaleur était, quant à lui, imposé par la Région Rhône-Alpes, dans le cadre d'un appel à projet spécifique pour la réhabilitation thermique « basse consommation » de logements anciens.

Dans ce bâtiment situé en plein cœur de Lyon, ce système permet, par rapport à une VMC simple-flux, d'améliorer :

- le confort acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs,
- le confort thermique en hiver par insufflation d'un air à une température supérieure à l'air extérieur,
- la qualité de l'air neuf, sous réserve que son système de filtration soit entretenu.

Ce système est, par ailleurs, destiné à assurer une sur-ventilation nocturne en été.

BÄTIMENT:

BASSE CONSOLIMATION FORMANCE ÉNERGÉTIQUE ENERGIE

VENTILATION

298753984506(080629)

HAUFFAGE A EAU CHAUDE



AUFFAGE AÉRAULIQUE

RAFRAÎCHISSEMENT

ADEME Agence do l'Environnement et de la Maltrise de l'Energie

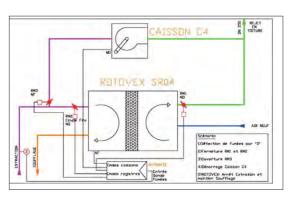
La mise en œuvre du système VMC double-flux centralisé

L'intégration de ce système dans ces 8 logements (5T1,2T3 et 1T4) se rapproche d'une installation en bâtiment neuf compte-tenu qu'il s'agit d'une réhabilitation lourde, en site inoccupé, avec une restructuration des logements.

Le système double-flux adopté comporte des ventilateurs et un échangeur de chaleur centralisés. En habitat social, les maîtres d'ouvrage préfèrent généralement cette solution à des échangeurs dans chaque logement car l'entretien peut être ainsi réalisé sans avoir à pénétrer dans les appartements. Par contre, au bilan énergétique global vient s'ajouter les pertes thermiques des réseaux et du caisson dans un local non chauffé. Sur ce site, l'efficacité moyenne annuelle de l'échangeur mesurée est de 75%.

Le suivi de cette installation montre que la maintenance d'un tel système est plus complexe, en cas de dysfonctionnement, que pour une VMC simple-flux. Un renvoi par modem des alarmes, non prévu initialement, est envisagé.

La prise en compte des exigences de sécurité incendie



Pour pouvoir éviter la propagation du feu entre les logements via le réseau de ventilation, le bureau de contrôle a recommandé la mise en place d'un by-pass avec un caisson de ventilation 400°C ½ heure.

Jusqu'à présent, aucune solution spécifique n'est imposée pour ces systèmes double-flux dans l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie dans les bâtiments d'habitation.

L'intégration du système

→ Le caisson avec échangeur rotatif :

- Implanté dans les combles car pas d'espace suffisant en volume chauffé.
- Son installation a nécessité le rabotage de la porte d'accès aux combles.
- Suspendu à la charpente vis-à-vis des contraintes de poids et d'acoustique.
- Raccordé par des manchettes souples pour limiter la transmission du bruit.

Les prises d'air neuf et de rejet d'air vicié :

- Espacées de plus de 10 m.
- Eloignées des fenêtres des bâtiments mitoyens de plus de 8 m.

Les conduits d'extraction et d'insufflation :

- Implantés en gaine technique.
- En faux plafond dans les WC, salles de bains ou circulations (hauteur initiale sous-plafond de 3.2 m à 3.7 m réduite à 2.7 m par les faux plafonds).
- En soffite dans les pièces principales des logements.
- Conduits verticaux et dans les combles calorifugés par 50 mm de laine minérale.

La diffusion d'air :

• Bouches d'insufflation à moins de 30 cm du plafond permettant au jet d'air soufflé d'adhérer au plafond grâce à l'effet Coanda.



Photo du caisson dans les combles prise en cours de chantier. Les parois du caisson intègrent un isolant.



« L'implantation des réseaux doit être prévue dès le départ. Dans les combles, tout particulièrement exigus, des plans 3 D auraient été souhaitables. L'isolation des combles a du être refaite 2 ou 3 fois. Elle n'aurait du être réalisée qu'après le passage des conduits. »

J-B Fleurent, architecte

BATIMENTS



VENTILAT

947,5308.450(4084629.

CHAUFFAGE À EAU CHAUDE

ÉCLAIRAGE

Obtenir le confort d'été par des moyens passifs en réhabilitation :

l'exemple du groupe scolaire Grégoire Parsonge

Maître d'ouvrage : La maire de Dardilly (69)

Localisation : Dardilly (69)

Opération : 2 bâtiments du groupe scolaire

Mode constructif : Béton préfabriqué - Shon = 1 769 m² - U_{bat} = 0.41 W.m².K¹ Ecart U_{bat}/U_{batref} = 30 % - Cep= 57.4 kWhep.m²shon.an¹ - Ecart Cep/Cep_{ref}= 44 %

Date de livraison : janvier 2011

Coût travaux du projet : 850 € HT/m²shon

Maîtrise d'œuvre et suivi instrumenté :

Architecte: Tekhnê

Bureau d'études fluides : ASTRIUS - **Assistance technique** : ALE **Suivi instrumenté :** ADEME (mission confiée au CETE de Lyon)

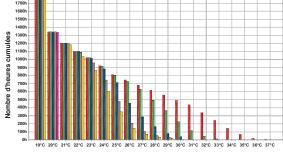
Des choix appuyés par des simulations dès la phase APS





Avant et après réhabilitation

Fréquence cumulées des températures intérieures sur la période annuelle d'occupation de la classe 3



Températures intérieures [°C]

Cas de base

Avec une ventilation nocturne de 2 vol/h

Avec des protections solaires

Avec des protections solaires et une ventilation nocturne de 2 vol/h

Avec des protections solaires et une ventilat noctume de 4 vol/h

Les simulations réalisées sur une salle de classe « défavorisée » vis-à-vis du confort d'été (baies vitrées sud et ouest) montrent l'impact important mais pas suffisant des protections solaires

La réhabilitation des bâtiments scolaires Grégoire I et II, construits à la fin des années 1970, a pour objectifs de réduire fortement leurs consommations d'énergie et d'améliorer le confort de leurs occupants.

Pour répondre à ces attentes du maître d'ouvrage, notamment en matière de confort d'été, une approche bioclimatique est mise en œuvre par la maîtrise d'œuvre. Les moyens passifs permettant d'améliorer ce confort en période chaude sont étudiés sur la base de simulations dès la phase d'APS.

Par rapport à la conception d'un bâtiment neuf, des contraintes supplémentaires existent (orientation du bâtiment, baies existantes...). Faut il, notamment, modifier la surface vitrée de ces bâtiments qui représente 27% de la surface de plancher? Les simulations d'éclairage naturel montrent, en fait, l'intérêt de conserver les grandes baies vitrées et même d'ajouter des lanterneaux dans les salles de jeux pour améliorer le confort visuel. Par contre, ces baies simples vitrages sont remplacées par des doubles vitrages peu émissifs avec lame d'argon.

Au final, les simulations thermiques dynamiques menées par le bureau d'études mettent en évidence que pour atteindre les exigences de confort d'été du cahier des charges, à savoir ne pas dépasser 28°C pendant plus de 80 h d'utilisation par an, il est nécessaire :

- d'ajouter des protections solaires, inexistantes précédemment,
- de conserver l'inertie lourde,
- de coupler l'inertie à une ventilation nocturne naturelle.

L'isolation thermique extérieure est choisie pour préserver l'inertie lourde constituée par les planchers et murs extérieurs en béton ainsi que par les cloisons intérieures en briques.

HAUFFAGE AEKAULIQUE

BÂTIMENTS

BASSE CONSOMMATIC

, fr. 150 GUS

VENTILATION

29.7753.08450/(0.64620.

EAU CHAUDE SANITAIRE

CHAUFFAGE À EAU CHAUDE



RAFRAÎCHISSEMENT



Les moyens passifs mis en œuvre

Les solutions de protection solaire et de ventilation nocturne naturelle adoptées sont spécifiques. Elles prennent en compte les différentes contraintes de ces bâtiments.

Le dispositif de protection solaire

Les protections solaires ont été déterminées pour satisfaire les exigences de confort thermique mais aussi de robustesse, sécurité anti-intrusion, confort visuel et limitation de l'éclairage artificiel, consommateur d'énergie.



Les simulations d'éclairage ont montré que le dispositif de protection solaire adopté permettait de laisser passer suffisamment de lumière du jour sans générer d'éblouissement et d'éviter ainsi le recours à l'éclairage artificiel



Les dispositifs, placés à l'extérieur, varient selon les baies :

- Sur les deux baies latérales, des volets roulants à lames aluminium orientables. Fermeture totale de ces volets possible pour la sécurité anti-intrusion. A l'est, pour limiter les apports solaires en périodes chaudes, fermeture automatiquement par la GTC le matin jusqu'à l'arrivée des premiers occupants.
- Sur la baie centrale ouvrante, des lames fixes en panneau composite disposées horizontalement faisant office de brise-soleil.

De plus, la pose des fenêtres en tunnel sur les dormants existants encastrés crée un retrait faisant office de casquette horizontale.



La baie centrale oscillo-batante est équipée d'une protection solaire fixe et d'une grille anti-moustique permettant une ouverture sécurisée pour une ventilation nocturne naturelle.

Le système de ventilation nocturne naturelle associé à une inertie lourde

Coupler la ventilation nocturne à l'inertie lourde de ces bâtiments est indispensable pour évacuer la chaleur accumulée la journée et retenue à l'intérieur par la forte isolation. Les simulations ont montré que sans cette ventilation, l'école devient inconfortable au bout de 4 jours, en période chaude.



Exutoire installé sur le toit pour la ventilation

Les différents éléments de ce système au rez-de-chaussée :

- Dans chaque classe, une baie oscillo-battante sécurisée dont l'ouverture est laissée à la discrétion du personnel éducatif.
- Des impostes dans les parties communes ouverts par les agents municipaux qui ferment et ouvrent l'école.
- Des portes de classe laissées ouvertes le soir par le personnel de nettoyage.

A l'étage, des impostes n'ont pas pu être mis compte tenu de la hauteur des fenêtres. Un exutoire a été installé sur le toit pour créer un tirage thermique supplémentaire. Un registre actionné manuellement par les agents municipaux contrôle son ouverture.



Grille dans le faux-plafond des parties communes à l'étage permettant le passage de l'air vers l'exutoire.

« Opter pour des systèmes à « régulation manuelle » résulte de la volonté d'associer le corps professoral à la gestion du confort de tous et de sensibiliser ainsi les occupants (élèves compris) aux problématiques de l'énergie et du confort. » François Varieras, Tekhnê

BÂTIMENT:

basse consommatioi Formance énergétique

ال

DOUBLE-FLUX

L29A7.53.08=5.0/A0.60m=0.5

CHAUFFAGE À EAU CHAUDE

Minimiser les consommations des usages spécifiques de l'électricité :

l'exemple de la Cité de l'environnement

Maître d'ouvrage : For Home

Localisation : Saint-Priest (69)

Opération : Immeuble de bureaux

Mode constructif : Béton branché isolé par l'extérieur

 $U_{bat} = 0.4 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ - Ecart $U_{bat}/U_{batref} = 68 \%$

Cep= 44,4 kWhep.m⁻².an⁻¹ - Ecart Cep/Cep_{ref}= 73 % sans photovoltaïque

Shon = 4499 m^{2 -} Date de livraison : Septembre 2009 Coût travaux du projet : 2205 HT/m²shon hors VRD

Bâtiment à énergie positive (tous usages)

Maîtrise d'œuvre :

Architecte : Atelier Thierry Roche & associés **Bureau d'études fluides :** Cabinet Sidler

Bureau d'études HQE: Tribu

Economiste: Betrec

Spécificités de ce projet vis à vis de la réduction des consommations électriques :



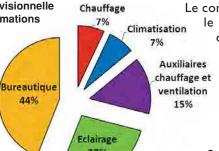
La Cité de l'environnement est un bâtiment tertiaire dont la production d'électricité par panneaux photovoltaïques est supérieure à ses consommations d'énergie (tous usages). Cette performance passe principalement par une réduction drastique des usages spécifiques de l'électricité et non par la « suppression » du chauffage dont la part devient minoritaire.

Cependant, l'optimisation de ces usages échappe en partie au concepteur qui, dans certains cas, ne peut que recommander des pratiques et des équipements performants. En effet, le choix des ordinateurs et des lampes ainsi que la bonne gestion des occultations seront au final du ressort de l'occupant ou du gestionnaire. La particularité de ce bâtiment est que les concepteurs en sont devenus les occupants et aussi, via la gestion technique du bâtiment (GTB), les premiers exploitants.

Pourquoi et comment réduire les consommations d'électricité?

Les usages spécifiques de l'électricité sont très consommateurs mais contribuent aussi fortement aux éventuelles surchauffes estivales. La réduction de ces consommations participe donc à la double exigence de sobriété énergétique et de confort d'été.

Répartition prévisionnelle des consommations



Le concepteur peut, par l'optimisation de l'éclairage naturel et artificiel, par le choix d'auxiliaires de ventilation et de chauffage performants, ainsi que par des dispositions constructives influer fortement sur les consommations électriques.

Le regroupement des serveurs et cafétérias hors des volumes chauffés en est le meilleur exemple. Cette centralisation a pour effet de réduire le nombre d'équipements inutiles tout en améliorant leur rendement, mais aussi de supprimer leurs apports de chaleur sources de surchauffes.

Selon les estimations faites par le bureau d'études, la Cité de l'environnement pourrait produire, à condition que ses occupants aient un comportement économe, 63% d'énergie de plus que ses besoins. Dans le cas

contraire, le photovoltaïque ne couvrirait que 70% des besoins estimés. En théorie, le bâtiment est « positif » mais cela reste à confirmer dans la pratique. Le rôle des usagers est fondamental. La GTB, accessible à tous les occupants via leur poste informatique, constitue un bon outil de sensibilisation et de pérennisation des performances.

Les usages spécifiques de l'électricité

Réduire le poids de la bureautique par le choix d'un matériel adapté

La bureautique désigne ici le poste informatique mais aussi les distributeurs de boisson, les machines à café, bouilloires... Avec 44% de la consommation totale, elle représente le poste le plus important de la Cité de l'environnement malgré une optimisation maximale, comme décrit dans les grandes lignes ci-après.

Centraliser les équipements de restauration

Les espaces cafétéria/cuisine sont centralisés par niveau dans l'atrium de manière à préserver les bureaux de ces apports de chaleur. Ces espaces sont communs aux différentes sociétés présentes dans ce bâtiment de bureaux. Cette mutualisation permet également de bénéficier d'équipements plus performants.

Le distributeur de boissons froides a été supprimé car c'est, avec une consommation moyenne de l'ordre de 3000 kWh/an, l'équipement de bureautique le plus consommateur.

Aucun distributeur de boissons froides n'a été installé compte tenu de leur consommation. Ces appareils sont en permanence éclairés et maintenu à 10°C malgré une isolation inexistante sur la face avant

QUELS EQUIPEMENTS CHOISIR POUR LA CAFETERIA/CUISINE?

Les critères retenus à la cité de l'environnement

- Des volumes adaptés aux besoins :
 - Petit ou grand réfrigérateur ?
 - Four micro-ondes de 15 litres
- Réfrigérateur A + voir A++
- Consommation à l'arrêt nulle (cafetière, micro-ondes...)

Diviser par 8 les consommations du poste informatique



Logo Energy Star: informatiques labélisés Energy star sont répertoriées sur le site www.eu-energystar.org/fr

Des ordinateurs portables ont été choisis à la place des postes fixes. Leur consommation moyenne est de 20 kWh contre 400 kWh pour des ordinateurs fixes. Ce choix permet aussi de s'affranchir des onduleurs, équipements très consommateurs, car le risque de pertes de données suite à une coupure de courant devient inexistant.

L'utilisation d'écrans complémentaires de grande taille a été limitée aux usages indispensables type CAO.

De même que les équipements de restauration, les serveurs basse consommation sont communs aux différentes sociétés et centralisés en volume non chauffé.

COMMENT CHOISIR SES POSTES INFORMATIQUES?

Les préconisations retenues à la cité de l'environnement :

- Utiliser la base de données Energy Star, disponible gratuitement sur le net.
- Dans la colonne « Idle mode » (mode en marche) de cette base choisir :
 - PC portable: P<15 W
 - Moniteur: P<20 W

Que ce soit pour les ordinateurs portables, fixes et écrans, l'écart des consommations est considérable d'un produit à l'autre.

Supprimer les veilles

Les consommations de veille des équipements constituent un gaspillage d'énergie important. Les solutions mises en œuvre à la Cité de l'environnement pour les minimiser sont les suivantes :

- Paramétrage de l'alimentation des ordinateurs
- Extinction des postes informatiques le midi et le soir
- Choix de matériel ayant une consommation à l'arrêt nulle (cafetière, micro-ondes...)
- Commutateur marche/arrêt situé à l'entrée de chaque plateau de bureaux coupant l'intégralité des prises de courant à l'exception de la baie de brassage



Le dernier occupant coupe en partant l'intégralité des prises de courant de son plateau par simple action du commutateur

LES POSTES

CONSOMMATEURS

EALL CHALIDE SANITAIRE

CHAUFFAGE À EAU CHAUDE



Tirer profit des innovations technologiques de l'éclairage

L'éclairage est un secteur en pleine mutation technologique et normative. Tirer parti de ces avancées permet une réduction drastique des consommations comme en témoigne la cité de l'environnement dont la puissance installée de 6 W/m² est à comparer à la référence de la RT2005 qui est de 12 W/m²

Différencier éclairage de fond et de la zone de travail dans les bureaux

Pour permettre un éclairage de fond moins important dans les bureaux (200 lux), des lampes individuelles ont été prévues au niveau des zones de travail. Celles-ci, non fournies à la livraison, n'ont finalement pas été achetées par les locataires qui n'en ressentent pas le besoin.

QUELLES LAMPES CHOISIR POUR LES BUREAUX?

Les solutions apportées à la cité de l'environnement :

- **Eclairage plafonnier:**
 - Tubes T5 à ballast électronique
 - Luminaires haut rendement
- ➡ lampes de bureau :
 - · Halogènes et lampes sur pieds proscrites
 - Ampoules fluocompactes de classe A à ballast séparé ou LED haut rendement (« High power LED »)
 - Puissance inférieure à 9 W et consommation à l'arrêt nulle
 - Eclairage direct sur le plan de travail de la lampe de bureau de l'ordre de 300 lux

Eclairage des parties communes : exploiter les deux vecteurs d'optimisation ; l'amélioration des sources lumineuses et la diminution du temps de fonctionnement

Le concepteur dispose, selon les contraintes du local et l'effet recherché de plusieurs produits performants. L'ensemble des sources lumineuses du hall/atrium est piloté par une horloge et des sondes crépusculaires. Les cafétérias dont l'occupation est discontinue sont équipées de « Downlight » à leds commandés par détection de présence et sondes crépusculaires.

Le choix des équipements de pilotage est essentiel car ils présentent une consommation de veille loin d'être négligeable. Par exemple, il est préférable d'utiliser une horloge plutôt qu'un détecteur de présence dans des locaux rarement occupés (zones de stockage, douches...).



Plusieurs animations colorées sont possibles lors de manifestations



« Downlight » dans la cafétéria



Eclairage de la main courante par leds

Parc de stationnement :

L'éclairage par tubes fluorescents T5 à ballasts électroniques contrôlés par des détecteurs de présence permet de réduire en moyenne de 90% ce poste consommateur par rapport à une solution classique T8+ballast ferromagnétique sans gestion de l'éclairage.

Blocs secours très basse consommation :

Avec une puissance appelée de 0,5 W par bloc, la consommation de l'éclairage de sécurité a été divisée par 10 par rapport à une solution standard.



BATIMENT



VENTILATION

29\$7,5308450)(10846294

HAUFFAGE A EAU CHAUDE



A D E M E Agence de l'Environnement et de la Maltrise de l'Energie

Ne plus négliger les auxiliaires de chauffage et de ventilation

A la Cité de l'environnement, la consommation des auxiliaires est deux fois plus importante que celle liée au chauffage. Elle correspond à l'énergie des pompes et ventilateurs permettant de véhiculer l'eau chaude et l'air neuf. L'optimisation de ce poste consiste en premier lieu à réduire les pertes de charges du réseau de distribution par un tracé le plus court et droit possible et par le bon choix des diamètres.

Minimiser l'impact des deux caissons imposés par le double flux

La ventilation est une priorité sanitaire fortement consommatrice car elle introduit de l'air extérieur froid dans l'ambiance chauffée. Le recours au double flux, solution efficace thermiquement, présente pour inconvénients d'augmenter la perte de charge (filtres, échangeur) et de multiplier par deux les ventilateurs. Plusieurs dispositions prises à la Cité de l'environnement permettent d'en réduire l'impact.

Un réseau à débit d'air variable :

- Plateaux de bureaux : réglage du débit, via la GTB, en fonction de l'évolution des effectifs des sociétés.
- Salles de réunions : marche ou arrêt en fonction de l'occupation

Ne ventiler que lorsque c'est nécessaire :

- Arrêt de la ventilation hors des heures d'occupation des bureaux
- Sous-sol : ventilation mécanique asservie au CO

Utiliser des ventilateurs basse consommation :

· Moteurs à courant continu avec variation de vitesse

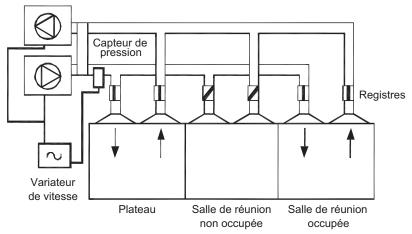


Schéma de principe du système à débit variable. La position des registres induit une pression dans le conduit. Mesurée par un capteur, elle pilote à travers le variateur de vitesse, le débit dans l'installation.

Dimensionner précisément les pompes et opter pour la vitesse variable

Trop souvent les circulateurs sont surdimensionnés. Leur puissance est dans certains cas jusqu'à 6 fois supérieure à celle réellement nécessaire. Cela est du aux surdimensionnements successifs de l'ingénieur fluides, de l'installateur et finalement de l'exploitant lors du remplacement. Pour y remédier, le BET fluides de la Cité de l'environnement a calculé précisément le point de fonctionnement du réseau et s'y est engagé vis-à-vis de l'installateur.

La distribution à débit variable est l'optimisation principale des réseaux hydrauliques. Les terminaux de la Cité de l'environnement sont contrôlés par des vannes de régulation motorisées deux voies et le circulateur à vitesse variable de classe A adapte sa vitesse de manière à garantir une hauteur manométrique constante dans l'installation. Le chauffage de ce bâtiment est assuré par une pompe à chaleur sol/eau qui alimente des planchers-chauffants.

"La diminution des consommations électriques constitue, avec le confort d'été auquel elle contribue, un des défis majeurs des bâtiments à énergie positive"

Christel Corradino, Enertech



Exploiter les comptages :

l'exemple de l'immeuble Les Elfes

Maître d'ouvrage : HALPADES

Localisation : Annecy (74)

Opération : Un bâtiment collectif à usage social - 15 logements

Mode constructif: Béton banché isolé par l'extérieur - Shon = 1321 m²

 $\begin{array}{l} U_{bat} = 0.70 \, W.m^{-2}.K^{-1} - Ecart \, U_{bah}/U_{batref} = 21 \, \% \\ C = 102 \, kWhep.m^{-2}shon.an^{-1} - Ecart \, C/C_{ref} = 28 \, \% \end{array}$

Date de livraison: 2006

Coût travaux du projet : I 181 € HT/m²shon Bâtiment en démarche HQE® - RT2000

Maîtrise d'œuvre et suivi instrumenté :

Architecte: Atelier Arche
Bureau d'études fluides: Prelem

Suivi instrumenté : ADEME (mission confiée au Costic)

Des analyses simples pour repérer les éventuelles dérives



La pérennisation des performances des bâtiments constitue un enjeu important. Les suivis instrumentés réalisés sous l'égide de l'ADEME Rhône-Alpes sur des bâtiments neufs ou rénovés montrent très souvent que les performances attendues ne sont pas atteintes pour cause de dysfonctionnements.

De tels suivis ne sont pas généralisables compte tenu de leur coût élevé. Néanmoins, dans les petits bâtiments, des analyses simples à partir de relevés d'index de compteurs, trop souvent sous-exploités, permettraient de déceler les dérives importantes.

L'installation de dispositifs de sous-comptage est à prévoir dès la phase de conception pour en limiter le coût. Cela nécessite de définir en amont les analyses envisagées.

La seule exploitation des factures énergétiques n'est souvent pas suffisante pour repérer des anomalies. En effet, les facturations reposent généralement sur quelques relevés annuels et englobent plusieurs postes de consommation. Elles peuvent aussi dans certains cas porter sur plusieurs bâtiments.

Par exemple, une augmentation des factures de gaz de l'immeuble d'habitation Les Elfes semble difficile à interpréter comme étant normale ou non : est-elle due à un climat plus rigoureux ou à un dysfonctionnement de l'installation de chauffage ? En effet, l'installation comprend une chaufferie gaz et une production d'ECS solaire collective. Seul un comptage de l'appoint d'ECS et des relevés réguliers, par exemple mensuels, permettraient de dissocier la consommation de chauffage et d'ECS et de répondre ainsi à ces questions.

Cette fiche montre des exemples d'analyses simples réalisées pour le bâtiment Les Elfes à partir de relevés mensuels d'index de compteurs.

Les compteurs offrent aussi la possibilité de réaliser un suivi sur quelques heures ou quelques jours pour rechercher l'origine d'un dysfonctionnement.

BASSE CONSOMMATION BATIMENT OCCUPANTS PERPORMANCE ENERGETIQUE EXPLOITATION COMPTEURS

Quelques analyses simples de relevés mensuels

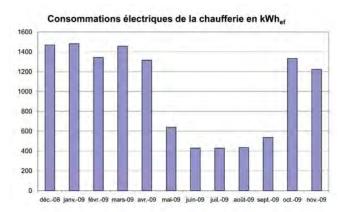
Les deux exemples présentés ci-après montrent comment tirer parti des relevés mensuels des index de trois compteurs liés à la chaufferie. Les exploitations réalisées sont simples. Elles nécessitent de définir des indicateurs de référence propres au bâtiment. Ces indicateurs peuvent être comparés avec ceux d'autres bâtiments.

Attention à l'utilisation comme référence du coefficient réglementaire Cep qui bien qu'exprimé en kWhep.m⁻².an⁻¹ n'a pas pour vocation à prédire la consommation réelle. En effet, il repose sur un calcul conventionnel avec un jeu d'hypothèses: conditions extérieures et ambiantes, scénarii d'occupation... qui diffèrent le plus souvent des usages réels du bâtiment.

A noter par ailleurs, sur ce bâtiment la présence de compteurs d'énergie thermique qui permettent de suivre le bon fonctionnement de la production d'ECS solaire collective.

Analyse des consommations électriques de chaufferie

Un compteur d'énergie électrique, en plus du compteur général, a été installé pour suivre les consommations de la chaufferie. C'est le poste de consommation électrique des parties communes le plus important dans ce bâtiment. Ce compteur comptabilise les consommations de la chaudière, des circulateurs de chauffage et d'ECS ainsi que du dispositif de traçage électrique pour le maintien en température de la distribution collective d'ECS.



Les consommations d'électricité de la chaufferie doivent rester relativement stables durant la saison de chauffe (ici de décembre à avril) et d'une année sur l'autre.

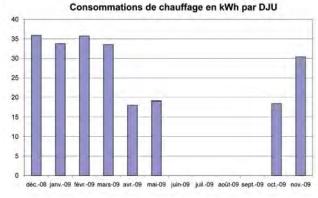
Une diminution doit être observée au cours de l'été compte-tenu de l'arrêt des circulateurs de chauffage et des durées de fonctionnement plus faibles de la chaudière.

Analyse des consommations de chauffage en fonction de la rigueur du climat

Les consommations de chauffage sont déterminées à partir des relevés du compteur général gaz. Un compteur d'énergie thermique installé sur l'appoint d'ECS permet de dissocier les consommations gaz liées au chauffage et à l'ECS.

Le ratio de la consommation mensuelle de chauffage divisée par les degrés jours unifiés (DJU) sur la période est un indicateur pertinent. Les DJU quantifient la rigueur de l'hiver. Ils sont édités par le Costic et par Météo France.

La dérive de ce ratio peut traduire, par exemple, une diminution du rendement de l'installation ou une augmentation des températures ambiantes.



Le ratio kWhchauffage/DJU doit rester constant sur les mois d'hiver (ici de décembre à mars) et d'une année sur l'autre. Sa diminution en mi-saison est normale car les apports solaires sont importants

«Les relevés des index ne sont pas forcément à réaliser le premier jour de chaque mois mais par contre il est important qu'ils soient faits périodiquement. Sur ce site, c'est l'exploitant qui relevait mensuellement le compteur général gaz. »

Marie-Hélène Huzé, ingénieur en charge du suivi instrumenté, Costic



Optimiser la conception et l'exploitation des bâtiments à faibles besoins énergétiques : l'exemple de l'INEED

Maître d'ouvrage : Chambre de commerce et d'industrie de la Drôme

- Localisation: Alixan (26), Gare TGV de Valence
- Opération: Centre de ressources sur les filières bio, éco-construction et éco-innovations

Mode constructif: Monomur brique de 50 cm – Shon = 3550 m²

 $U_{bat} = 0.45 \text{ W.m}^2.\text{K}^{-1} - \text{Ecart } U_{bat}/U_{batre} = 26 \%$ Cep= 46,6 kWhep.m $^2.\text{an}^{-1}$ - Ecart Cep/Cep_{re}= 46 %

Date de livraison : Juin 2006

Coût travaux du projet : 985 € HT/m²shon hors VRD (valeur fév. 2005)

Bâtiment en démarche HQE - objectif THPE 2000

Maîtrise d'œuvre :

Architecte: Denis Dessus – Architecte associé: Sorha

Bureau d'études fluides : Cabinet Sidler

Bureau d'études structure et économiste : Betrec Suivi instrumenté : ADEME (mission confiée à Enertech)

Spécificités de ce projet vis à vis de l'optimisation du dimensionnement et de l'exploitation.

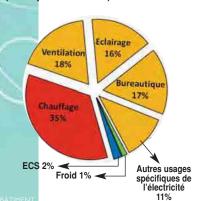


L'INEED est un bâtiment tertiaire livré en 2006 de 2892 m² de surface chauffée. Il comporte des bureaux (2104 m²), une zone conférence (344 m²), un espace d'exposition (164 m²) et un atelier (280 m²).

Ayant fait l'objet d'une optimisation énergétique importante, sa consommation (hors atelier) en 2009 tous usages confondus était de moins de 100 kWh_{ep}.m_{Surface} Utile⁻².an⁻¹, à comparer à la cible du label passif qui est de 120 kWh_{ep}.m_{SU}⁻².an⁻¹. Une particularité importante de l'INEED est qu'il n'est pas climatisé à l'exception de sa salle de conférence.

Malgré la faible consommation constatée, un suivi instrumenté très complet a permis de détecter plusieurs dysfonctionnements soulignant le rôle central de l'exploitation dans la pérennisation des performances énergétiques. La confrontation des règles de conception classiques avec les résultats de mesures montre qu'elles ne sont plus adaptées aux bâtiments faiblement consommateurs.

Consommation des différents postes en énergie primaire (kWhep.m-²utile.an-¹)



Revoir les pratiques de conception et le rôle central de l'exploitation

De la conception bioclimatique aux choix sur l'enveloppe et les équipements, l'équipe de maîtrise d'œuvre s'est fortement appuyée sur la simulation thermique dynamique. Cet outil, qui peine à se démocratiser car très chronophage, est incontournable pour optimiser les bâtiments tertiaires à faibles besoins.

Comme le montre le graphique, les usages spécifiques de l'électricité d'un bâtiment aussi performant que l'INEED représentent environ 60% de la consommation en énergie primaire! C'est là que doivent se concentrer les efforts de la maîtrise d'œuvre et des fabricants.

Avec une augmentation de près de 36% de la consommation de chauffage et de 20 % de celle d'électricité en 3 ans, la campagne de mesure souligne l'importance de l'exploitation. Le passage de relais entre la maîtrise d'œuvre et l'exploitant ainsi que la sensibilisation des usagers constituent des enjeux encore mal maîtrisés de la basse consommation.



Le confort estival sans climatisation

Le risque de surchauffe estivale induisant un recours à la climatisation est un argument souvent avancé contre les bâtiments basse consommation. L'enveloppe isolée et étanche permettant la valorisation des apports gratuits ainsi que la réduction des pertes en hiver aurait l'effet d'un thermos en été.

L'INEED est la preuve par l'exemple que le confort thermique peut être atteint passivement uniquement par une conception adaptée. Celle-ci doit s'appuyer fortement sur la simulation thermique dynamique qui permet une évaluation objective des partis pris architecturaux et techniques.

Le choix crucial des surfaces vitrées

Choisir le vitrage sur la base de simulations dynamiques

Le facteur solaire des vitrages de l'INEED est de 0,6. Cette valeur un peu faible résulte d'un compromis visant à limiter les apports solaires estivaux au détriment d'une consommation de chauffage légèrement plus élevée.

Une protection solaire efficace

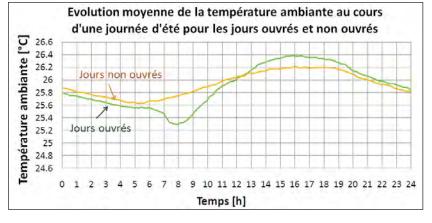
Celle-ci est assurée à l'INEED en façade sud par des casquettes de photopiles. Les ouvertures à l'ouest sont quasi-inexistantes. Les protections Est sont, selon le niveau, soit des brises soleils extérieurs doublés de stores intérieurs soit des volets roulants extérieurs.

Un rapport surface vitrée sur surface utile de plancher maîtrisé

Alors que la salle de conférence et d'exposition sont similaires de par leur orientation et leur surface, leurs rapports surface vitrée/surface utile (Sv/Sutile) sont respectivement de 17% et 49% (volonté du maître d'ouvrage). Les mesures permettent de constater ce qui avait été observé en simulation : alors que le confort est excellent dans la salle de conférence, la température de la salle d'exposition est supérieure à 28°C durant plus de 30% du temps d'occupation, ce qui rend son utilisation difficile.

Pour la zone de bureaux, le rapport Sv/Sutile est de 15%.

Réduire drastiquement les apports internes



La faible différence de températures entre jours ouvrés et jours non ouvrés s'explique par une réduction importante des apports internes de l'INEED. Ils sont environ 4 fois plus faibles que dans un bâtiment de bureaux standard!

Réduction des apports internes :

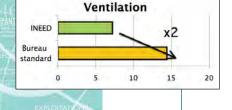
- Diminution des consommations de bureautique et éclairage
- Suppression des veilles inutiles

Evacuer la chaleur excédentaire par sur-ventilation nocturne

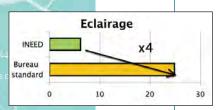
La ventilation naturelle nocturne prévue en conception n'a pas été acceptée par les occupants. Le fonctionnement en continu de la centrale de traitement d'air des bureaux avec un débit de 0,5 vol/h s'est révélé complètement inefficace en terme de surventilation nocturne (faible écart de température sur 24 heures) et très énergivore. Les enseignements à en tirer :

- Adopter des débits de renouvellement d'air de 3 à 5 vol/h
- Proscrire la sur-ventilation mécanique : l'importante consommation électrique induite par le débit de 0,5 vol/h (environ 2000 kWh sur l'été) très inférieur aux 3 vol/h rendent incompatible la surventilation mécanique et la basse consommation.

Les consommations de l'INEED par rapport à celles d'un bureau standard* (kWh.mSu-2.K-1)



Bureautique INEED X7 Bureau standard 0 10 20 30 40



* bureau standard issu de campagnes de mesure précédentes

Des éléments de conception nouveaux

A l'INEED, malgré un effort égal sur l'ensemble des postes consommateurs, le chauffage ne représente plus que 35% de la facture énergétique primaire alors que les usages spécifiques de l'électricité pèsent pour 60%. Leur optimisation doit constituer une priorité des équipes de conception. Les solutions mises en place à l'INEED n'ont conduit à aucun surcoût global du bâtiment. Il en est proposé ici une liste non exhaustive s'appliquant aux principaux postes.

Certaines règles de dimensionnement utilisées habituellement doivent être revues pour tenir compte du comportement différent des bâtiments faiblement consommateurs. Le calcul de déperditions, par exemple, néglige les apports gratuits et conduit à un surdimensionnement très important de la chaudière. C'est aussi le cas de l'attention portée à l'étanchéité dont l'amélioration aurait permis une réduction de 5 kWh m⁻²an⁻¹ des consommations de chauffage à l'INEED.

L'optimisation de la ventilation (24% de la consommation électrique totale) :

- Dessiner un réseau court à faibles pertes de charge et opter pour des ventilateurs à commutation électronique (dits EC)
- Choisir une ventilation à débit variable asservie à un détecteur de présence si l'occupation varie : CTA de bureaux comprenant plusieurs salles de réunion.
- Freine-vapeur : étanche en hiver (pare-vapeur), poreux en été.

Bien choisir sa bureautique (25% de la consommation électrique totale) :

- Limiter les ordinateurs fixes dont la consommation (400 kWh/an/PC) est 8 fois supérieure aux portables.
- Pour des usages de bureautique, acheter des ordinateurs présentant une faible puissance.
 A l'INEED, la puissance en fonctionnement des ordinateurs portables varie de 60W à 20W.
 Une base de données de puissances du matériel informatique est disponible sur www.eu-energystar.org
- Supprimer les onduleurs car consommateurs et inutiles avec des ordinateurs portables

Installer un éclairage performant...et le régler convenablement (24% de la consommation totale d'électricité) :

- Installer des luminaires haut rendement munis d'une grille à défilement avec des tubes fluorescents T5 équipés d'un ballast électronique
- Dans les bureaux, dissocier l'éclairage de la zone de travail et de fond. Préconisations du B.E.: des lampes de bureau réglables pour un éclairement jusqu'à 300 à 400 lux si nécessaire et un éclairage de fond moins puissant de 150 lux.
- Remplacer les interrupteurs simples par des minuteries ou détecteurs de présence dans les locaux de passage ou à présence fortement discontinue, en veillant aux réglages des temporisations de sortie de champ de détection (10 à 15 secondes maximum). Les temporisations des détecteurs de présence des sanitaires constatées allaient de 36 à 404 secondes.
- Evaluer l'impact de la veille des détecteurs de présence, des dispositifs de gradation (puissance de veille de 18W) et des cellules photosensibles (8% de la consommation de l'éclairage).

Sans optimisation, la consommation des usages spécifiques de l'électricité représenterait près de 90% de la facture énergétique primaire totale de l'INEED.

[&]quot;Aussi bien pour réduire la facture énergétique que pour améliorer le confort d'été, la réduction des consommations des usages spécifiques de l'électricité doit constituer une priorité des concepteurs de bâtiments à faibles besoins."

Olivier Sidler - Enertech

Le rôle central de l'exploitation

La hausse de 36% de la consommation de chauffage en trois ans s'explique par un hiver 2008/2009 plus rigoureux que 2006/2007, un fonctionnement anormal de la CTA des bureaux qui a fonctionné 24h/24 et l'augmentation de la température de chauffage de IK par rapport à la première année d'occupation. La hausse de 20% en électricité s'explique par de nombreux dysfonctionnements intervenus sur les équipements.

L'exploitation du bâtiment concerne le professionnel qui doit en assurer la maintenance mais aussi les occupants. La non sensibilisation et formation de ces deux acteurs peut annihiler une part importante des efforts du maître d'ouvrage et de l'équipe de maîtrise d'œuvre.

Les indicateurs de dysfonctionnements que l'exploitant doit détecter

La détection des anomalies nécessite une connaissance fine des équipements et un suivi régulier.

- Hausse brusque et persistante des consommations : fonctionnement continu sans nécessité de la pompe d'eau glacée de forte puissance durant plusieurs mois.
- Fonctionnement d'équipements en période d'inoccupation : les systèmes de ventilation ont fonctionné 40% du temps en inoccupation (hors surventilation nocturne).
- Eclairage allumé durant la journée constaté lors de visites : fonctionnement de l'éclairage du hall sud de 4366 heures/an contre 2034 heures/an pour le hall nord compte tenu d'un mauvais réglage des sondes crépusculaires.

Le rôle des occupants dans la pérennisation de la performance

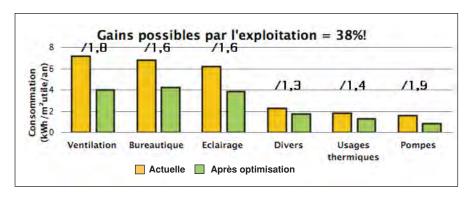
Répartition de la consommation électrique de l'informatique de bureaux



L'exploitation efficace des installations passe par la sensibilisation des occupants.

- Gestion sobre du chauffage : Le ratio 7% de consommation supplémentaire par degré en plus passe à 15% dans un BBC.
- La puissance en veille de l'informatique des bureaux de l'INEED représente 700 W. 32% de ces consommations sont dues aux imprimantes, fax et photocopieurs. Un équipement non utilisé doit être éteint.
- Le comportement vigilant des occupants, au niveau de l'éclairage par plafonnier a permis de diviser par 2 le nombre d'heures de fonctionnement par rapport à un bureau standard.

L'exploitation : premier gisement d'économies à l'INEED !



"La pérennisation du bon fonctionnement des équipements reste le point faible des installations"

Olivier Sidler - Enertech

Le rapport complet de la campagne de mesure peut être téléchargé sur le site : http://www.enertech.fr



Réalisé par le Costic



Cet ouvrage a pour objectif de présenter les retours d'expériences acquis à travers les opérations de bâtiments à « basse-énergie » soutenues par l'ADEME et le Conseil Régional Rhône-Alpes :

- opérations visant les niveaux de performances énergétiques BBC Effinergie®, Minergie®, Passivhaus® ou encore à « énergie positive »,
- dans la plupart des cas en démarche de qualité environnementale,
- en habitat collectif ou en tertiaire (bureaux, écoles, hôtel,...),
- en neuf ou en rénovation,
- ayant fait l'objet pour plusieurs d'entre elles de suivis instrumentés sur au moins une année.

Ce guide s'adresse à tous les acteurs du bâtiment : maîtres d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, entreprises, exploitants,...

Abondamment illustré d'exemples, il décrit les « points-clés » spécifiques à ces bâtiments à « basse-énergie ». Il aborde à la fois la conception, la réalisation, le commissionnement et l'exploitation de ces ouvrages ; les 4 phases indissociables à traiter pour atteindre les performances visées. Comment évaluer le confort d'été ? Quels changements par rapport à des constructions RT2005 ? Quels sont les principaux points sensibles ? Comment optimiser les consommations des différents postes ? Voici quelques unes des nombreuses questions essentielles abordées.

20 fiches d'exemples d'opérations présentant plus en détail les solutions mises en œuvre viennent enrichir ce guide.

