

Guide à destination des  
professionnels du bâtiment



RÉUSSIR UN PROJET

# Bâtiment Basse Consommation en rénovation

En approche globale ou par étape,  
des clés pour des logements rénovés,  
confortables et économes en énergie.







## Préface

Depuis 2005, un groupe de travail national a donné naissance au Collectif Effinergie dont l'objectif est de promouvoir de façon dynamique les constructions basse énergie et de développer en France des référentiels de performance énergétique pour les bâtiments neufs et rénovés.

Aujourd'hui, la quasi-totalité des Régions de France ainsi qu'un large panel d'adhérents et d'experts ont rejoint l'association Effinergie et contribuent activement à cette dynamique.

L'une des premières actions d'Effinergie a été de définir en partenariat avec les pouvoirs publics un premier label sur les bâtiments neufs (qui correspond à l'arrêté du 8 mai 2007). Le Grenelle de l'environnement s'est ensuite inspiré de ces travaux qui avaient débouché sur la création du label BBC-effinergie pour élaborer la RT2012.

L'enjeu de la rénovation est aujourd'hui immense. Il concerne plus de 30 millions de logements dont 65% ont été construits avant la mise en œuvre de la première réglementation thermique en 1975.

Le label BBC-effinergie Rénovation a été officiellement lancé avec la publication de

l'arrêté du 29 septembre 2009. Ainsi, peu à peu, le marché de la rénovation thermique se développe et le nombre de projets BBC-effinergie progresse durablement.

L'une des clefs de la réussite reviendra à la diffusion d'outils d'information et de formation à destination notamment des professionnels. C'est pourquoi Effinergie, fort du succès rencontré avec la publication du premier guide technique pour la construction BBC de logements neufs, a souhaité réaliser ce nouveau guide technique, « Réussir un projet de bâtiment basse consommation en rénovation ».

Je souhaite remercier tous les acteurs qui ont participé à la rédaction de ce nouveau guide consacré à la rénovation et saluer en particulier le collectif « Isolons la terre ».

### **Jean-Jack QUEYRANNE**

*Président du Collectif Effinergie  
Président du Conseil Régional Rhône-Alpes*



## Apprenons à rénover ensemble !

Réduire de 38 % la consommation énergétique de nos bâtiments, rénover 400 000 logements par an, tel est le défi que nous avons commencé à relever avec le Plan Bâtiment du Grenelle de l'Environnement.

Plus de 250 000 logements ont été rénovés entre l'été 2009 et l'été 2010. Avec la prise de conscience croissante des ménages sur l'importance d'habiter un logement sobre en énergie, pour en maîtriser à la fois le montant des charges et la valorisation, les travaux de rénovation énergétique sont, sans aucun doute, appelés à se démultiplier.

Il appartient donc à l'ensemble des professionnels de se préparer à cette révolution verte. Pour atteindre des objectifs BBC-effinergie Rénovation, la coordination entre les différents acteurs de la filière est primordiale. Ensemble, ils doivent organiser la rénovation des bâtiments en respectant les

caractéristiques architecturales et thermiques du bâti et en recherchant la meilleure performance.

Illustrés par des opérations exemplaires, ce sont ces messages essentiels que le guide « Réussir un projet bâtiment basse consommation en rénovation » nous présente. Par cette initiative utile, le collectif Effinergie contribue pleinement à l'action du Plan Bâtiment Grenelle : sensibiliser les maîtres d'ouvrage, accompagner les professionnels, participer à l'effort de formation, éveiller la conscience des ménages et des entreprises, pour conduire ensemble le grand chantier de la rénovation énergétique des bâtiments de notre pays.

### **Philippe PELLETIER**

*Avocat,*

*Président du comité stratégique  
du Plan Bâtiment Grenelle*



De la volonté politique  
à la réalité du terrain :  
Un des acteurs clés  
de la performance énergétique  
du bâtiment.



[www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)





De la volonté politique  
à la réalité du terrain :  
Un des acteurs clés de  
la performance énergétique  
du bâtiment.



## Nos objectifs



Créée en 2006, l'association s'est donné comme objectif de développer sur le marché de la construction neuve et rénovée, une véritable dynamique afin de générer des bâtiments confortables et performants d'un point de vue énergétique.

Elle se donne les moyens de :

- Développer des référentiels et des outils.
- Fédérer tous les acteurs.
- Mettre en avant les dynamiques régionales et les acteurs de terrain.
- Assurer la coordination entre les pouvoirs publics et les initiatives régionales.
- Démontrer la faisabilité technico-économique de la basse énergie par le retour d'expérience.

## Nos actions

- **Animation d'une plateforme d'échange et de partage** mise en place et ancrage d'une dynamique territoriale avec les acteurs de terrain pour répondre aux objectifs du Grenelle.
- **Labels effinergie** : Développement de référentiels liés à la performance énergétique du bâtiment par une commission technique composée d'experts, en concertation avec le Ministère.
- **Création et diffusion d'outils pédagogiques**  
Formations, observatoire des bâtiments basse consommation, catalogue des projets, base documentaire...

## Nos outils

À découvrir sur [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

- **Agenda des événements**
- **Formations BBC-effinergie**
- **Base documentaire**
- **Guides techniques**
- **Catalogue des bâtiments**
- **Observatoire BBC**  
(en partenariat avec le Ministère et l'Ademe)  
Outil de partage et d'expérience dans le but d'assister les professionnels dans la généralisation des Bâtiments Basse Consommation, dans le neuf et la rénovation.

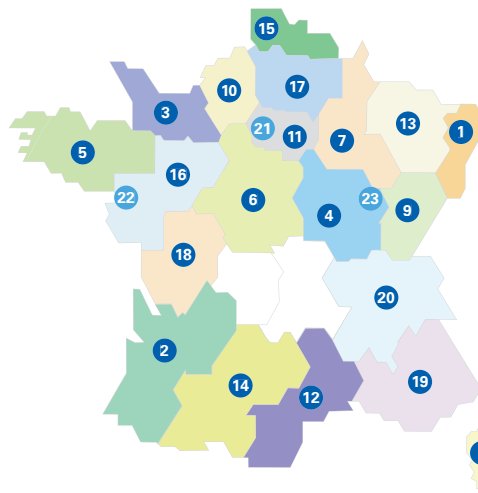


## Notre réseau

La quasi-totalité des Régions (20), le Département de Loire-Atlantique, la Ville de Paris, le Grand Dijon, ainsi qu'un large panel d'adhérents et d'experts soutiennent Effinergie.

La force d'effinergie est d'avoir su réunir un large panel d'adhérents et d'experts, qui suivent à chaque étape les projets de construction neuve et de rénovation :

- Centres techniques et de recherche
- Banques
- Syndicats et fédérations professionnelles
- Maîtres d'ouvrage, architectes et bureaux d'études
- Associations
- Industriels
- Organismes de formation
- Professionnels de la construction



1. Alsace
2. Aquitaine
3. Basse-Normandie
4. Bourgogne
5. Bretagne
6. Centre
7. Champagne-Ardenne
8. Corse
9. Franche-Comté
10. Haute-Normandie
11. Île-de-France
12. Languedoc-Roussillon
13. Lorraine
14. Midi-Pyrénées
15. Nord-Pas-de-Calais
16. Pays de la Loire
17. Picardie
18. Poitou-Charentes
19. Provence-Alpes-Côte d'Azur
20. Rhône-Alpes
21. Ville de Paris
22. Département Loire-Atlantique
23. Le Grand Dijon

# Pourquoi ce guide ?

## Contexte

Le secteur résidentiel représente environ 30 % des consommations d'énergie et 13 % des émissions de gaz à effet de serre en France. Et le renouvellement annuel du parc n'est que de 0,3 % par an.

**La rénovation énergétique de ces millions de logements est un enjeu environnemental, économique et social majeur.**

La mise en place d'une stratégie de rénovation énergétique peut contribuer à relever le défi de l'indépendance énergétique et de la maîtrise des impacts environnementaux et économiques liés aux consommations. Pour cela, nous ne devons pas nous tromper sur les objectifs de performance à atteindre : **ne pas tuer le gisement d'économies d'énergie !** (Voir encadré page 8).

La France s'est fixé deux objectifs énergétiques majeurs repris dans les lois Grenelle<sup>1</sup> :

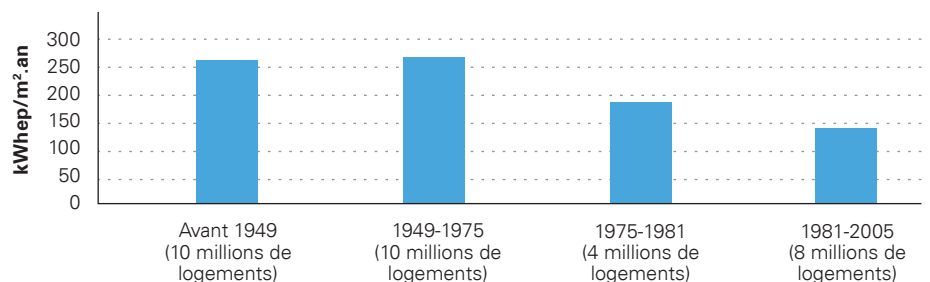
- la diminution de 38% des consommations des bâtiments d'ici 2020
- la division par 4 de sa consommation d'énergie et/ou des émissions de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2050 (le facteur 4).

**Pour atteindre ces objectifs, l'effort des particuliers, des bailleurs publics et privés et des institutions doit se concentrer sur la performance effinergie. Si certaines opérations de rénovation ne peuvent pas atteindre ce niveau en une seule fois, il est possible de les mener par étape. Toutefois, il est impératif que le niveau**

**de performance BBC-effinergie soit réfléchi en amont dans sa globalité et que le phasage soit cohérent (voir chapitre Rénovation par étapes).**

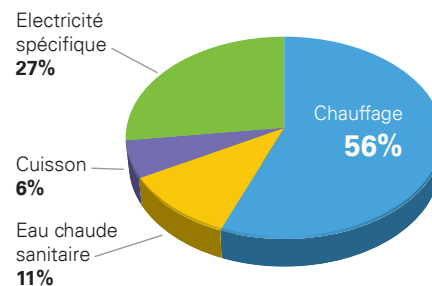
Une vision patrimoniale de ses biens par le maître d'ouvrage peut être un levier d'action pour mener à bien ce type de travaux.

**Estimation de la consommation de chauffage du parc français**  
selon la date de construction du bâtiment



Les émissions de gaz à effet de serre de ce parc s'élèvent à 67 Mteq CO<sub>2</sub>. (source : CITEPA)

**Répartition des consommations par usage**  
en % d'énergie primaire, secteur résidentiel



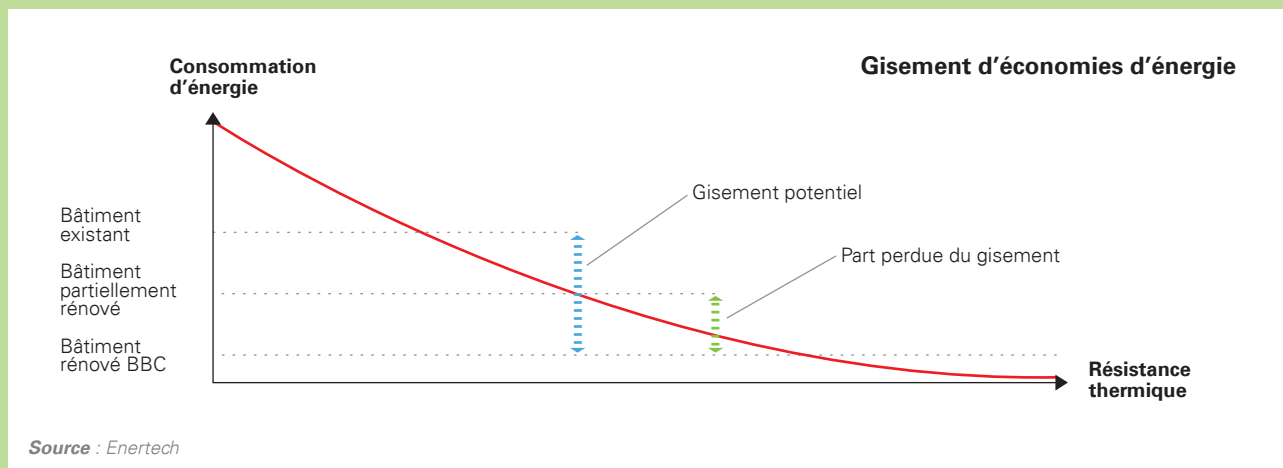
Source : CEREN

<sup>1</sup> Loi Grenelle 1, n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement et loi Grenelle 2 n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement

## NE PASTUER LE GISEMENT D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE !

Cette expression d'Olivier Sidler est issue d'une stratégie de rénovation des bâtiments très pertinente. Actuellement, la réglementation et les aides financières qui incitent à effectuer des travaux pour une meilleure efficacité énergétique sont basées sur des performances énergétiques très en dessous du niveau correspondant à la basse consommation. Les propriétaires qui ne connaissent pas les enjeux énergétiques s'orientent le plus souvent vers ces performances minimales exigées. C'est là où le bât blesse : **pour rester cohérent avec les objectifs d'économies d'énergie, chaque élément du bâti doit être traité de la manière la plus performante possible.**

Par exemple lors d'une rénovation, si la résistance thermique des isolants est sous-estimée, le gisement potentiel d'économies d'énergie s'épuisera rapidement. En effet, le coût de ces travaux est composé en grande partie de main d'œuvre et de travaux de finition. Quelques années plus tard, le propriétaire aura du mal à rentabiliser ou à effectuer la mise en œuvre d'une deuxième couche d'isolant sur la même paroi !



## Objectifs du guide

**Afin de mettre à disposition du plus grand nombre de professionnels, l'expérience de quelques précurseurs, Effinergie a rédigé ce guide dédié à la rénovation BBC-effinergie des logements. Il est le fruit d'un travail collectif.**

Il a pour objectif d'être un premier instrument de partage des connaissances pour mieux rénover ensemble : il ne s'agit ni d'une bible des rénovations basse consommation, ni d'un catalogue

des solutions ou des règles pour rénover un bâtiment.

De nombreuses solutions de combinaisons architecturales et techniques existent pour réussir une rénovation BBC-effinergie. Ce guide ne vise pas à toutes les présenter mais plutôt à illustrer leur variété en relevant leurs avantages et les précautions nécessaires pour choisir les options les plus appropriées à chaque projet.

En effet, ce n'est pas la juxtaposition des produits ou systèmes les plus performants qui définit exclusivement

l'efficacité énergétique de la rénovation et le confort qu'elle procure, mais bien la combinaison de solutions offrant une véritable synergie permettant d'atteindre plus efficacement et de manière moins coûteuse l'objectif fixé.

Les solutions présentées dans ce guide sont regroupées par thème.

Ce guide est loin d'être exhaustif. En particulier, il ne traite, pour cette version, que des bâtiments de logements alors que le label s'applique aussi aux bâtiments du secteur non résidentiel.



## Notes au lecteur

- Nous avons souhaité illustrer ce guide par des exemples chiffrés. Ceux-ci ont été établis à partir d'exemples de rénovation en maison individuelle et en immeuble collectif, chauffés au gaz. Pour traduire l'impact du climat sur les consommations et le confort d'été, ces bâtiments ont été placés

successivement à Nancy (zone H1b) et à Nice (zone H3). Les résultats des calculs présentés à titre pédagogique sont des illustrations restituant des ordres de grandeur utiles pour comprendre les enjeux, mais ne peuvent en aucun cas remplacer les études à faire pour chaque bâtiment.

- Pour chaque demande de label BBC-effinergie Rénovation, l'étude thermique utilisant la méthode

Th-CE Ex, permet de vérifier que les exigences sont bien atteintes.

- Pour la réalisation des travaux, il convient de respecter les règles de l'art : les DTU, les Avis Techniques (ATEC) ou les documents techniques d'application (DTA) précisent les conditions de mise en œuvre des principaux matériaux et composants.



<b>Exigences à atteindre</b> .....	10
<b>Gestion du projet de rénovation</b> .....	12
<b>Études de diagnostic</b> .....	15
• Les étapes de prise de décision en copropriété .....	16
<b>Choix des solutions architecturales &amp; techniques</b> .....	17
• Enjeu architectural et thermique .....	17
• Un bâtiment bien isolé .....	21
• Menuiseries extérieures .....	29
• Étanchéité à l'air du bâtiment .....	33
• Ventilation .....	37
• Systèmes de chauffage .....	41
• Production d'eau chaude sanitaire .....	44
• Confort d'été .....	46
• Autres points importants .....	49
• Quelques solutions & performances courantes .....	51
<b>Rénovation par étapes</b> .....	52
<b>Approche économique</b> .....	56
<b>Attribution du label</b> .....	60
<b>Bibliographie</b> .....	63



Ce guide a été rédigé par un groupe de travail constitué d'adhérents et de partenaires de l'association effinergie.

De gauche à droite et de haut en bas :

**H. Lamy** (FFB, groupe métallier), **S. Charbonnier** (Collectif Isolons la Terre contre le CO<sub>2</sub>), **R. Beuhorry** (Somfy), **N. Loppin** (SNFA), **S. Maillard** (Conseil Général Loire-Atlantique), **E. Bertho** (Énergies vertes du Bourbonnais), coordination du projet, **J. Daliphard** (AICVF), **O. Jourdan** (Promotelec), **S. Grandviennot** (Veka), **A. Pouget** (Pouget Consultants), **F. Pelegrin** (UNSFA), **C. Bonduau** (Effinergie), **S. Delmas** (Effinergie)

Sont absents de la photo :

**A. Alfaré** (GDF), **S. Bapt** (Aldes), **E. Demangeon** (SER), **B. Jarno** et **T. Wyss** (Ajena), **D. Marie** (Conseil Régional Bourgogne), **O. Sidler** (Enertech), calculs confort été, **N. Tchang** (Tribu Énergie), calculs consommation, **J-C. Visier** (CSTB)

Effinergie remercie également tous les membres des groupes de travail « Référentiel » et « Réseau », P. Bardou, A-M. Bernard (Allie'air), V. Leprince (CETE Lyon), E. Rautier ainsi que tous ceux qui nous ont soutenus dans ce projet.

# Exigences

## À ATTEINDRE



### Des exigences simples

Pour pouvoir obtenir le label BBC-effinergie Rénovation<sup>1</sup>, l'exigence principale est de ne pas dépasser une valeur de consommation de :

**80 kWh<sub>ep</sub> par m<sup>2</sup> de SHON-RT<sup>2</sup> et par an corrigé d'un coefficient de rigueur climatique**

Les calculs sont faits en utilisant la méthode Th-CE Ex qui est celle de la Réglementation Thermique « bâtiment existant »<sup>3</sup>. Les résultats sont donc présentés en kWh d'énergie primaire<sup>4</sup> par m<sup>2</sup> de surface de plancher hors œuvre nette au sens de la RT (SHON-RT<sup>2</sup>).

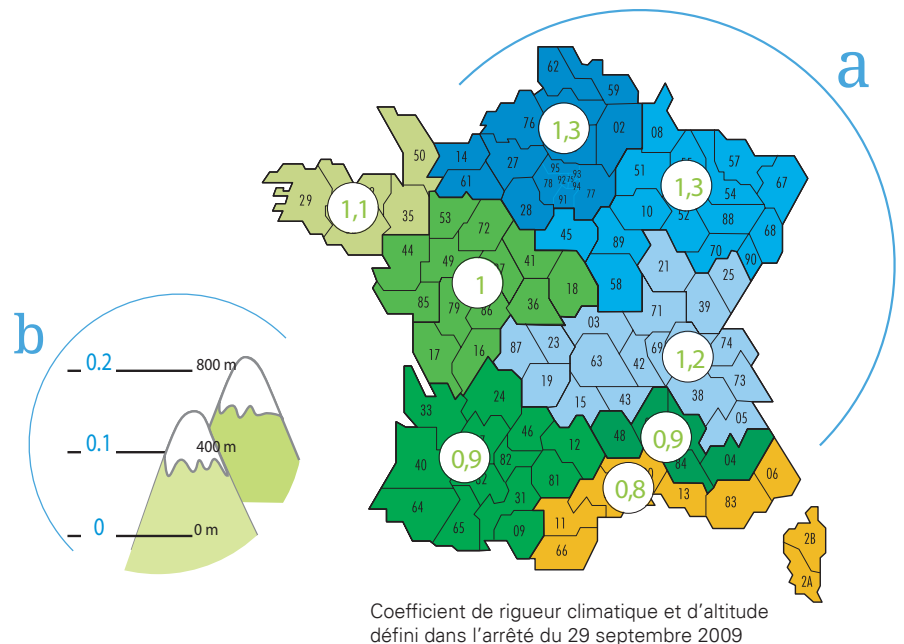
On tient compte de la diversité des climats en multipliant cette valeur de 80 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>SHON.an par un coefficient de rigueur climatique. Les valeurs de l'exigence varient donc, selon les régions, entre 64 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>SHON.an (zone méditerranéenne) et 104 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>SHON.an (nord et nord-est de la France).

Le coefficient de rigueur climatique est augmenté de 0,1 si l'altitude de la construction est comprise entre 400 et 800 m et de 0,2 si l'altitude de la construction est supérieure à 800 m.

**Par ailleurs, la perméabilité à l'air du bâtiment rénové doit être mesurée par un opérateur autorisé (voir [www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr)).**

Pour le moment, aucune valeur limite n'est exigée, mais le résultat de la mesure doit être inférieur à la valeur prise dans l'étude thermique.

**L'étanchéité à l'air du bâtiment est un élément prépondérant dans la qualité d'une rénovation, il est impératif d'être très exigeant sur ce point (voir p. 33 à 36).**



<sup>1</sup> Le label BBC - effinergie® est la marque de promotion du label officiel « Bâtiment Basse Consommation Énergétique, BBC Rénovation 2009 » mis en place par l'arrêté du 29 septembre 2009, publié au J.O. du 1er octobre 2009.

<sup>2</sup> Surface hors œuvre brute de ce bâtiment ou de cette partie de bâtiment, au sens du premier alinéa de l'article R. 112-2 du code de l'urbanisme, après déduction :

- a) Des surfaces de plancher hors œuvre des combles et des sous-sols non aménagés ou non aménagés pour l'habitation ou pour des activités à caractère professionnel, artisanal, industriel ou commercial ;
- b) Des surfaces de plancher hors œuvre des toitures-terrasses, des balcons, des loggias, des vérandas non chauffées ainsi que des surfaces non closes situées au rez-de-chaussée ou à des niveaux supérieurs ;
- c) Des surfaces de plancher hors œuvre des bâtiments ou des parties de bâtiment aménagés en vue du stationnement des véhicules ;
- d) Dans les exploitations agricoles, d'autres surfaces sont déduites»

<sup>3</sup> Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants

<sup>4</sup> L'énergie primaire permet de prendre en compte les pertes énergétiques lors de la transformation de l'énergie. Elle correspond à l'énergie achetée au distributeur d'énergie (que l'on appelle énergie finale) multipliée par un coefficient conventionnel qui vaut 2,58 pour l'électricité, 0,6 pour le bois et 1 pour les autres énergies. Ce coefficient 2,58 pour l'électricité prend en compte la chaleur générée par la centrale électrique dans le processus de production d'électricité et qui n'est pas utilisée, mais évacuée dans l'environnement (air, mer, rivière...).

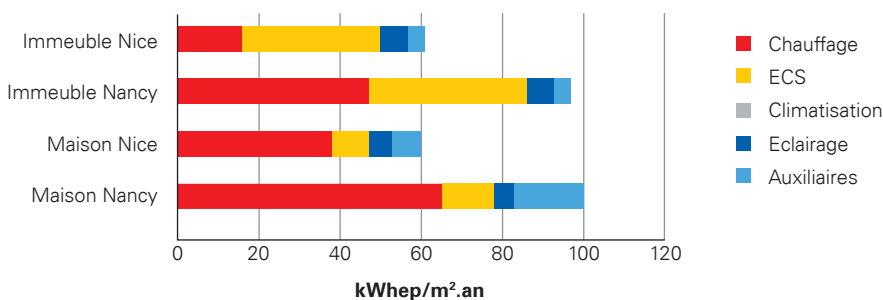
## Cinq usages de l'énergie

La réglementation thermique des bâtiments existants comptabilise, comme la RT2005, les cinq usages de l'énergie sur lesquels on peut facilement agir dès la conception du projet de rénovation :

- Le chauffage
- L'eau chaude sanitaire
- La climatisation
- Les auxiliaires de ventilation et de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de refroidissement
- L'éclairage<sup>1</sup>

Les usages domestiques (électro-domestique, l'audiovisuel, cuisson...) ne sont pas pris en compte dans l'exi-

Exemple de répartition de consommation en rénovation BBC-effinergie



gence de consommation et représentent couramment à eux seuls plus de 50 kWhep/m<sup>2</sup>.an de consommation supplémentaire.

Pour maîtriser tous les usages du bâtiment, il faut aussi inciter les

occupants à faire non seulement les bons choix, mais aussi les bons gestes (voir p. 14 Phase utilisation et maintenance du bâtiment).

## Compléments par rapport au calcul réglementaire (RT Existante dite Globale)

Certains critères et leur expression complètent la démarche de la Réglementation Thermique des bâtiments existants sur deux points dans le cadre du label BBC-effinergie Rénovation :

1. Les émissions de CO<sub>2</sub> et la part d'énergies renouvelables utilisées dans le bâtiment doivent être calculées et fournies dans le cadre de la demande de label.
2. Un des objectifs étant une bonne performance thermique du bâtiment, la production locale d'électricité (photovoltaïque, micro-éolien...) n'est déduite des consommations d'énergie qu'à concurrence de 12 kWhep/m<sup>2</sup>.an (cette valeur représente la part moyenne d'électricité spécifique prise en compte

dans les usages réglementaires en kWhep/m<sup>2</sup>.an d'un projet BBC-effinergie).

En cas de production d'eau chaude sanitaire par électricité (totalement ou partiellement), la limitation de la compensation par production locale d'électricité est portée à 35 kWhep/m<sup>2</sup>.an.

Pour les systèmes ou produits innovants, qui ne seraient pas pris en compte dans la méthode de calcul Th-C-E ex, une procédure particulière de conformité réglementaire est prévue par l'arrêté du 13 juin 2008 (annexe V).

Certains éléments de ce référentiel sont susceptibles d'évoluer. Une description actualisée du référentiel BBC-effinergie est disponible sur [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org) rubrique BBC-effinergie Rénovation.

## Atteindre un niveau plus ambitieux

La performance des éléments (isolation, étanchéité à l'air, systèmes...) pour une rénovation BBC-effinergie est la même que pour le neuf. Cependant, dans l'existant, des contraintes techniques obligent parfois le concepteur à choisir des options moins performantes. C'est pourquoi **l'objectif BBC-effinergie Rénovation, a été fixé à 80 kWhep/m<sup>2</sup>.an.**

**Cette valeur ne doit pas être considérée comme un objectif en soi : un certain nombre de bâtiments a les potentialités** (compacité, orientation, traitement aisé des ponts thermiques et de l'étanchéité à l'air, etc.) **pour atteindre le niveau BBC-effinergie du neuf, soit 50 kWhep/m<sup>2</sup>.an**

Par ailleurs, une rénovation mobilisera moins d'énergie grise qu'une construction. Ainsi, la performance énergétique globale ne sera pas forcément moins bonne en rénovation que dans le neuf.

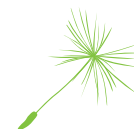


## Notes au lecteur

Pour permettre une lecture facile et une comparaison avec l'objectif de 80 kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de SHON-RT et par an, toutes les consommations

d'énergie présentées dans ce guide sont exprimées dans cette même unité : le kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de Surface Hors Œuvre Nette au sens de la RT et par an.

**Pour alléger le texte, l'unité kWhep/m<sup>2</sup> SHON-RT.an est écrite kWhep/m<sup>2</sup>.an.**



<sup>1</sup> Calcul conventionnel qui prend en compte la possibilité de recours à l'éclairage naturel.



# Gestion du projet

## DE RÉNOVATION



Se poser les questions clés à chaque phase du projet du diagnostic jusqu'à l'exploitation du bâtiment

La qualité d'une rénovation et les performances atteintes en matière de confort et de consommation d'énergie sont le résultat des choix et actions conjointes de la maîtrise d'ouvrage, du maître d'œuvre, des bureaux d'études, des entreprises, des gestionnaires, des occupants des bâtiments...

À chaque phase d'un projet BBC-effinergie Rénovation, la coordination entre les acteurs est un point essentiel pour atteindre l'objectif d'un bâtiment confortable et très économe en énergie.



Photo : Ajena  
Archi : Atelier d'architecture et de design / Alain Brustel

### Phase diagnostic

- À qui le maître d'ouvrage a-t-il confié la constitution du dossier d'instruction du label BBC-effinergie ? (voir chapitre Attribution du label)
- Le maître d'ouvrage a-t-il mandaté un architecte et/ou un bureau d'études pour réaliser l'état des lieux initial ?

- Le(s) professionnel(s) qui réalise(nt) ces études est-il (sont-ils) reconnu(s) par l'organisme certificateur qui délivrera le label BBC-effinergie Rénovation (voir chapitre Attribution du label) ?

- Cet état des lieux comprend-il :
  - une identification des caractéristiques et contraintes architecturales et techniques du bâtiment et du site : caractère patrimonial, migration d'humidité, orientation, masques, etc. ?
  - un historique technique (interventions sur l'entretien et la maintenance, travaux déjà réalisés, existence d'ouvrages de sécurité...) du/des bâtiment(s) ?
  - le niveau de consommation initial, réel si possible ou sinon estimé ?
  - les diagnostics réglementaires (plomb, amiante...) ?

- Le maître d'ouvrage a-t-il bien fait évaluer le potentiel de mise en œuvre de solutions d'alimentation en énergies renouvelables ?

- Dans le cas de logements locatifs rénovés en site occupé, le bailleur a-t-il prévu des réunions d'échange avec les locataires ?

- L'ensemble des états, constats et diagnostics ainsi réalisés, permet-il de prioriser les travaux de rénovation mis en évidence ? Par exemple : des travaux d'assainissement des murs sont-ils nécessaires avant la mise en œuvre de l'isolation ? Quel choix entre ITI (Isolation Thermique par l'Intérieur) ou ITE (Isolation Thermique par l'Extérieur) paraît le plus opportun ?...

- Le maître d'ouvrage a-t-il établi ou fait établir la liste des désordres actuels auxquels la rénovation thermique devra aussi répondre (humidité, bruit, etc.), réalisée en fonction des études de diagnostic ?

### Phase programme

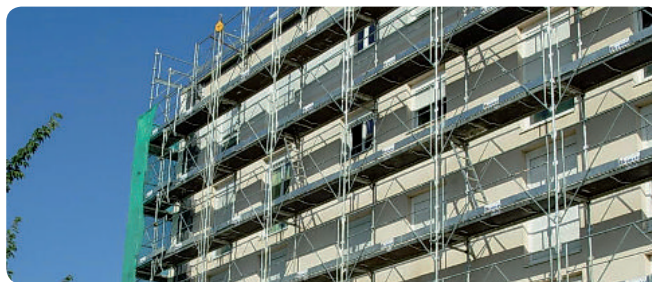
- Le maître d'ouvrage a-t-il prévu de :
  - se renseigner auprès d'organismes compétents sur les possibilités techniques et réglementaires de rénovation (CAUE, Espace Info énergie, etc.), avant de rédiger son programme ?
  - indiquer clairement dans son programme qu'il veut que son bâtiment soit labellisé BBC-effinergie ?
  - indiquer dans le programme qu'un test de perméabilité à l'air sera réalisé sur le bâtiment ?
  - attribuer des honoraires permettant à l'équipe de maîtrise d'œuvre de mener un travail d'optimisation énergétique du bâtiment ?
  - confier la mission d'exécution à la maîtrise d'œuvre ?
  - mettre en œuvre des dispositifs permettant d'informer et sensibiliser les futurs utilisateurs (guide d'utilisation du bâtiment, existence et visibilité des compteurs individuels, suivi des consommations par usage...) ?
  - organiser des réunions d'information et d'échange avec les usagers actuels du bâtiment ?
- Est-ce que l'équipe de maîtrise d'œuvre a des compétences en rénovation BBC-effinergie ? A-t-elle des références ? Peut-elle justifier de formation(s) ?

### Phase conception

- La maîtrise d'œuvre a-t-elle :
  - associé un thermicien dès le début des réflexions ?
  - optimisé l'enveloppe du bâtiment et ses équipements en étudiant l'ensemble des possibilités évoquées dans ce guide ?



**Archi** : Atelier d'architecture et de design /  
Alain Brustel



**Photo** : SCIC Habitat Bourgogne  
Nuits-Saint-Georges (21)

- pris en compte la préoccupation du confort d'été ? En cas de doute, une simulation thermique dynamique a-t-elle été réalisée ?
- vérifié que l'ensemble des solutions constructives et des équipements prévus répond aux règles de l'art, est conforme aux normes ou a été validé par rapport à un référentiel normalisé ?
- Le maître d'ouvrage a-t-il été informé :
  - de la procédure particulière de conformité réglementaire prévue par l'arrêté du 13 juin 2008 (annexe V) si le projet comprend un système ou produit non pris en compte dans la méthode de calcul Th-C-E ex (voir [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org))
  - des impacts des choix retenus sur les coûts d'investissement et de fonctionnement, mais également sur la gestion, l'entretien et la maintenance du bâtiment et de ses composants par le concepteur et le thermicien ?
  - de la valorisation patrimoniale liée à une rénovation performante ?
- Les résultats de l'étude thermique permettent-ils d'atteindre les exigences du label BBC-effinergie Rénovation ?

## Phase consultation des entreprises

- Le CCTP comporte-t-il bien et de manière très précise la liste exhaustive des caractéristiques des produits à mettre en œuvre ?
- L'ensemble des détails de réalisation, qui permettra au final d'atteindre la performance escomptée et particulièrement le traitement des ponts thermiques et de l'étanchéité à l'air, est-il bien notifié dans des schémas ou notes spécifiques réalisés par la maîtrise d'œuvre pour les différents corps de métiers ?

Un processus de contrôle tout au long du chantier est-il prévu ?

- Les données et performances des produits ainsi que les détails de réalisation ont-ils bien été intégrés dans les dossiers de consultation des entreprises et dans les marchés ? Ces informations sont-elles bien conformes à l'étude thermique ?
- Dans le marché des entreprises, a-t-il été précisé qu'un test de perméabilité à l'air sera réalisé sur le bâtiment ?
- Un test d'étanchéité à l'air intermédiaire a-t-il bien été prévu ?

**Note** : Il est recommandé de réaliser un test d'étanchéité non quantifié avant la fermeture des parois et après les passages de câbles. Il permet de réaliser facilement les éventuelles mesures correctives. Celui-ci est différent du test d'étanchéité nécessaire pour l'obtention du label, réalisé à la réception du chantier.

- Les entreprises consultées ont-elles une expérience dans les bâtiments basse consommation et une reconnaissance de leurs qualifications ? Disposent-elles de qualifications spécifiques, notamment en termes d'étanchéité à l'air ?
- Les entreprises d'installation de solutions utilisant des sources d'énergies renouvelables sont-elles bien qualifiées et/ou possèdent-elles les appellations adéquates (QualiPAC, QualiBois, QualiSol, QualiPV) ?
- Le maître d'ouvrage a-t-il vérifié que les marchés des entreprises respectent toutes les prescriptions sur la performance énergétique du bâtiment avant de les signer ?

## Phase travaux

- Les carnets de détails et les plans d'exécution ont-ils été transmis par la maîtrise d'œuvre aux entreprises concernées dès le début du chantier ? Ont-ils été validés et acceptés par celles-ci ? Le travail réalisé respecte-t-il ces spécifications ?
- L'organisme contacté pour faire les mesures de perméabilité du bâtiment a-t-il bien l'accréditation officielle pour réaliser les mesures ? (liste disponible sur le site [www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr))
- La maîtrise d'œuvre a-t-elle bien vérifié que les performances des produits et équipements mis en œuvre sont celles prévues dans le CCTP ? Dispose-t-elle des preuves et certificats des performances validées par un organisme officiel ?
- La maîtrise d'œuvre a-t-elle bien une mission de suivi de chantier ? A-t-elle vérifié au moment de la pose :
  - le marquage des fenêtres et produits verriers et les étiquettes des isolants de l'enveloppe du bâtiment et des réseaux d'eau chaude sanitaire et du chauffage ?
  - la qualité et la mise en œuvre de l'étanchéité à l'air, notamment les passages des canalisations de toute nature et câbles électriques, jointoiements de perforations, membrane d'étanchéité à l'air, etc. ?
  - l'ensemble des caractéristiques des équipements techniques ?

## Phase réception

- La perméabilité à l'air du (ou des) logement(s) a-t-elle été mesurée et les éventuels défauts corrigés ?
- Les débits des dispositifs hydro-économiques mis en place sur les lavabos, les éviers et les douches ont-ils été mesurés ? Correspondent-ils à ce qui était prévu ?
- Les débits des installations de ventilation ont-ils été bien réglés ? Ont-ils été mesurés ? Le maître d'ouvrage a-t-il le rapport de réception ?
- Les dispositifs de régulation et programmation des installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et de gestion de l'air ont-ils été réglés et testés ? Correspondent-ils à ce qui a été prévu ?
- Un guide de gestion du bâtiment<sup>1</sup> a-t-il été rédigé à l'attention du maître d'ouvrage ? Comporte-t-il l'ensemble des renseignements techniques permettant un entretien régulier et un pilotage efficace des équipements ?
- Un guide d'utilisation du bâtiment a-t-il été rédigé à l'intention des occupants (voir ci-après) ?

## Phase utilisation et maintenance du bâtiment



Photo : Ajena

- Le maître d'ouvrage a-t-il préparé un guide d'utilisation et de maintenance pour les occupants en y intégrant bien les impacts énergétiques ? Ce guide a-t-il été expliqué et remis aux occupants ? Comporte-t-il des parties à remplir permettant, entre autres, d'enregistrer les actions réalisées sur les installations et le bâti ?

La performance de consommation d'un bâtiment BBC-effinergie est très sensible à son utilisation et à sa maintenance. Il est essentiel de fournir aux occupants d'un logement des informations simples leur permettant de :

- ne pas détériorer la qualité des parois et de l'étanchéité à l'air,
- savoir agir sur les installations pour adapter le fonctionnement aux besoins et maîtriser le confort et la consommation d'énergie,
- comprendre l'utilité de l'entretien et la maintenance des installations et du bâti.

Ce guide pourra en particulier insister sur :

- **Les fréquences de maintenance des systèmes de chauffage et d'ECS** et la nécessité d'un contrat d'entretien, notamment pour maintenir les performances.
- **L'entretien nécessaire des systèmes de ventilation** et la nécessité de nettoyer régulièrement les bouches d'entrée et d'extraction d'air et, si on utilise un système double flux, les divers filtres.
- **La gestion de la température dans les pièces** en décrivant les dispositifs mis à la disposition des habitants et leur mode d'utilisation. En bâtiment basse consommation, une augmentation de 1°C de la température intérieure augmente la consommation d'environ 15 % soit environ 2 kWhep/m<sup>2</sup>.an en zone méditerranéenne et 6 kWhep/m<sup>2</sup>.an en zone froide.
- **La gestion de la ventilation** Il est parfaitement possible d'ouvrir chaque jour pendant un quart d'heure les fenêtres du logement sans augmenter notablement la consommation de chauffage. En revanche, il est déconseillé de laisser sa fenêtre ouverte plus longtemps. Cette ventilation par ouverture des fenêtres ne compense pas la nécessité d'une ventilation continue du logement (voir chapitre Ventilation).
- **L'utilisation de l'eau chaude sanitaire** et le coût énergétique du gaspillage.

La consommation peut en effet varier du simple au triple en fonction de l'usage. L'installation de dispositifs économiseurs d'eau est un des moyens essentiels pour réduire les consommations d'énergie.

- **La gestion des volets en hiver** L'ouverture des volets pendant la journée permet de profiter des apports solaires, leur fermeture la nuit permet de réduire les consommations de chauffage.
- **La gestion des protections solaires et de l'ouverture des fenêtres en été** pour, à la fois, se protéger du soleil et profiter de la climatisation naturelle et gratuite qu'offre l'air extérieur la nuit.
- **La pertinence de faire sécher le linge en extérieur** ou dans une pièce non chauffée et fortement ventilée.

Par ailleurs, le choix des équipements et leur utilisation est prépondérant vis-à-vis des consommations d'électricité spécifique. Le guide insistera sur l'intérêt :

- du choix de produits électroménagers (réfrigérateur, congélateur, lave-linge...) correspondant à l'étiquette énergie A++ ou A+++ et dimensionnés correctement vis-à-vis des besoins, ce qui peut permettre d'économiser près de la moitié de ces consommations ;
- du choix de lave-linge et lave-vaisselle pouvant être branchés sur l'eau chaude sanitaire, si celle-ci est produite de manière efficace (à partir d'énergie renouvelable) ;
- de l'utilisation de lampes fluo compactes voire de LED dans certains cas, au moins pour toutes les pièces principales, ce qui peut permettre d'économiser les 3/4 de leur consommation ;
- d'alimenter, par une multiprise commandée par un interrupteur facilement accessible, les ordinateurs, consoles de jeux, lecteurs de DVD, décodeurs et autres pour les éteindre lorsque l'on ne les utilise pas. Il existe aussi des multiprises « coupe veille » qui coupent automatiquement les appareils à la mise en veille et des interrupteurs radio avec prises de courant radio associées.

<sup>1</sup> Voir « Guide pour l'élaboration de notices de surveillance et d'entretien des immeubles collectifs de logements ou de bureaux » AFNOR (référence FD P 05-101) de septembre 2003

# Études de diagnostic

## Réaliser une analyse globale du bâtiment avant toute intervention !

Avant toute intervention, une analyse globale du bâtiment (bâti et équipements) en relation avec les usages et fonctionnalités attendues sera réalisée au travers des études de diagnostic<sup>1</sup>.

Une analyse globale et objective est essentielle afin de :

- **Lister la totalité des travaux à réaliser y compris les travaux induits** : les différentes caractéristiques techniques sont interdépendantes, agir sur l'une crée des interférences sur les autres et les choix architecturaux et techniques peuvent obliger à réaliser des travaux induits.
- **Établir un plan pluriannuel d'action** en fonction des contraintes budgétaires, il doit répondre à l'ensemble des contraintes de vie du bâtiment.
- **Permettre de mieux comprendre l'ensemble des enjeux, des besoins et des délais des travaux de rénovation à réaliser et de les hiérarchiser.**

De telles études de diagnostic comprennent les éléments suivants :

### Analyse urbaine et architecturale du site et du bâtiment

- Respecter les obligations liées aux documents d'urbanisme (PLU, SCOT, PADD...) et d'architecture (ZPPAUP, monument historique...) et aux diverses réglementations concernant surtout les immeubles collectifs (accessibilité, ascenseur, incendie...).
- Identifier les éléments architecturaux caractéristiques pour permettre un choix pertinent des solutions



Photo : SCIC Habitat Bourgogne Nuits-Saint-Georges (21)



Photo : Ville & Aménagement Durable - Archi : Richard Gasseng et Martine Solère - Jaujac (07)



Photo : Ville de Grenoble (38)

techniques, par exemple : les parois devraient-elles plutôt être isolées par l'extérieur ou par l'intérieur ou les deux ? La mise en place d'une épaisseur d'isolant importante poserait-elle des problèmes spécifiques (débord sur le domaine public, intégration en charpente, positions des ouvrages extérieurs : descentes EP, etc.) ?

### Bilan ou audit énergétique

Les performances thermiques du bâti et l'efficacité énergétique des équipements sont relevées et permettent d'effectuer une modélisation. Celle-ci doit être comparée aux consommations réelles, évaluées à partir des factures d'énergie, si elles existent.

### Audit technique

Si des pathologies, des sinistres ou une dégradation ou vétusté d'éléments constructifs ou d'équipements sont observés, il faut en déterminer la cause exacte et définir les méthodes pour y remédier, notamment sur les points suivants :

- **Parois : définir si chaque paroi est plus ou moins perméable à la**

**vapeur d'eau afin de déterminer les solutions ne provoquant pas de désordres (blocage de la migration de vapeur d'eau, condensation d'eau dans le mur...).** Voir p. 22.

- Équipements de chauffage : établir l'état de vétusté et la nécessité de remplacer les équipements de chauffage.
- Système de ventilation : il peut être utile d'utiliser la méthode DiagVent développée dans le guide pratique du même nom pour effectuer un diagnostic complet. (Voir chapitre ventilation).
- Installations électriques, hydrauliques et de télécommunication : évaluer l'état de ces installations.
- **Étanchéité à l'air (enjeu important et nouveau dans la rénovation) : repérer d'ores et déjà les fuites qui risquent de perdurer après la rénovation** (fourreaux électriques et « chauffage » laissés en place ou installations refaites, volets roulants maintenus ou remplacés...) et les ouvrages particuliers qui devront traverser la barrière d'étanchéité à l'air.

<sup>1</sup> Les études de diagnostic sont définies par le décret n° 93-1268 du 29 novembre 1993 relatif aux missions de maîtrise d'œuvre confiées par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé. Elles ont pour objet : a) D'établir un état des lieux ; b) De fournir une analyse fonctionnelle, urbanistique, architecturale et technique du bâti existant ; c) De permettre d'établir un programme fonctionnel d'utilisation du bâtiment ainsi qu'une estimation financière et d'en déduire la faisabilité de l'opération.

Voir aussi les médiations n° 20 de la MIQCP « Réhabilitation et amélioration de l'efficacité énergétique : diagnostic stratégique de patrimoine et montage d'opération », décembre 2009.

## Enquête d'usage Analyse fonctionnelle

Les bâtiments existants ont souvent été construits à une époque où les modes de vie étaient différents. Les habitants doivent pouvoir faire part de leurs besoins (gestion des déchets, local à vélos, utilisation des espaces communs, etc.) et des problèmes occasionnés par le bâti ou les équipements (VMC trop bruyante, problèmes d'humidité, bruit extérieur, problème de chauffage ou de confort d'été...).

**Cette analyse permet à la fois de faciliter la réalisation du diagnostic et d'impliquer les habitants en les rendant actifs dans les démarches de travaux.**

**Tous ces éléments favorisent une analyse exhaustive de la situation du bâtiment pour déterminer les décisions de rénovation nécessaires en connaissance de cause.**



Photo : J.-P. Cattelain - Besançon (25)

**Les certificateurs attribuant les labels « BBC-effinergie Rénovation » et « effinergie Rénovation » proposent des certifications multicritères traitant de ces sujets. Aussi intègrent-ils dans les démarches de certification un bilan technique du bâtiment concerné (voir chapitre Attribution du label).**



Photo : François Buffard  
Archi : SICA Jura - Morez (39)



## Les étapes de prise de décision en copropriété

### Premier état des lieux

Il doit être initié par le conseil syndical et réalisé en partenariat avec le syndic. Il s'agit d'une première analyse des consommations énergétiques, des contrats liés aux équipements, de l'état du bâti et des équipements, des besoins des usagers, etc. Sa restitution permet d'engager une réflexion au sein de la copropriété et de repérer les éventuelles réticences.

### Audit global ou études de diagnostic

- Le conseil syndical, accompagné du syndic, établit un cahier des charges. Celui-ci devra idéalement comporter un volet social (enquête après des usagers) et un volet technico-architectural (état et pérennité du bâti et des équipements, confort acoustique, sécurité...) en plus de l'aspect énergétique<sup>1</sup>.
- Le syndic consulte plusieurs professionnels et inscrit le vote de l'audit à l'ordre du jour d'une assemblée générale.
- Une fois le vote effectué, le professionnel réalise l'audit en concertation avec le conseil syndical et les copropriétaires volontaires.

La participation du plus grand nombre facilite le recueil d'informations et l'accès à un maximum de parties du bâtiment (caves, garages, toitures, locaux techniques, appartements, etc.)

- En assemblée générale, le prestataire fait la restitution de cette étude et propose des scénarios d'intervention. Cette étape sert à la sensibilisation et à l'information argumentée des copropriétaires favorisant une prise de conscience collective au-delà des intérêts individuels et ainsi permet de lever les freins et les obstacles. Les scénarios de travaux sont présentés et votés en assemblée générale.

### Choix de la maîtrise d'œuvre

Cette phase d'analyse et de propositions doit aboutir à une étude de faisabilité technique et financière, voire architecturale du ou des scénarios retenus. Elle est réalisée par l'équipe de maîtrise d'œuvre du projet. Le conseil syndical et le syndic établissent un cahier des charges de maîtrise d'œuvre pour consulter les professionnels. Le choix d'une équipe de maîtrise d'œuvre se fait en assemblée générale.

### Étude de faisabilité

Celle-ci doit bien distinguer la nature des sujets à traiter : techniques, administratifs, financiers et sociaux. Cette étape doit contribuer à l'adhésion des copropriétaires au projet.

### Conception du projet et consultation des entreprises

Sur la base du scénario de travaux retenu, la maîtrise d'œuvre réalise l'Avant Projet Sommaire (APS), l'Avant Projet Détaillé (APD), puis établit les cahiers des charges des travaux et consulte les entreprises. Le maître d'œuvre justifie et argumente ses choix auprès du syndic et du conseil syndical.

### Réunion de restitution des résultats de l'appel d'offre

Pour impliquer les copropriétaires, il est recommandé de préparer le vote des travaux lors d'une réunion où les entreprises pressenties peuvent être invitées à répondre aux questions.

### Vote des travaux

L'assemblée générale choisit et vote la réalisation des travaux.

<sup>1</sup> La loi du 10 juillet 1965 fixant le statut des copropriétés a été modifiée par la loi Grenelle 2 n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement. Désormais, elle impose notamment la réalisation d'un diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments à usage principal d'habitation en copropriété de moins de cinquante lots équipés d'une installation collective de chauffage ou de refroidissement dans un délai de cinq ans à compter du 1er janvier 2012 et un audit énergétique pour les bâtiments à usage principal d'habitation en copropriété de cinquante lots ou plus, antérieure au 1er juin 2001.



# Choix des solutions

## ARCHITECTURALES & TECHNIQUES

### Enjeu architectural et thermique

Conjuguer  
enjeu thermique et  
requalification globale  
du bâtiment !

### Nécessité d'une approche globale

Quitte à faire des travaux d'amélioration thermique, autant chercher à améliorer, dans la mesure du possible, d'autres points faibles.

**L'enjeu est la requalification architecturale et thermique. L'isolation thermique doit se conjuguer avec l'amélioration acoustique, une nouvelle « image » du bâtiment, une augmentation de la valeur d'usage, des économies de charges, une valorisation patrimoniale...**

### L'isolation thermique

L'isolation thermique permet d'abaisser les besoins en énergie du bâtiment, c'est donc une étape essentielle de la rénovation. Le dispositif généralement le plus efficace consiste à « envelopper » le bâtiment dans une isolation continue, c'est-à-dire à isoler par l'extérieur (ITE), qui permet en particulier de traiter plus facilement les ponts thermiques des planchers intermédiaires et murs de refend, sans diminuer la surface habitable. La mise en œuvre de l'ITE est

aussi l'occasion de donner une nouvelle jeunesse aux façades et de les embellir, surtout lorsqu'elles n'ont pas de qualité architecturale.

Lorsque la qualité architecturale de la façade existante est à préserver, l'isolation par l'intérieur (ITI) est la solution pertinente.

Dans ce cas, il est intéressant de retenir que les travaux peuvent se faire appartement par appartement.

En matière d'isolation il faut aller à l'excellence tout de suite.

La plupart des maisons et immeubles collectifs sont en classe E, F, G. L'objectif ne doit pas être de les rehausser d'une classe ou deux mais de viser directement l'étiquette A ou B, ce qui est efficace et rentable du point de vue économique, environnemental et thermique.

Ce qui coûte dans l'isolation thermique, ce n'est pas l'isolant, mais la mise en œuvre complète des systèmes (les finitions, l'échafaudage dans le cas de l'ITE, etc.). Par exemple en mur, se limiter à un isolant de  $R = 2$  ou  $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  épuise de fait le gisement d'économies d'énergie : dès que le prix du baril de pétrole ou de l'énergie aura à nouveau augmenté, on s'apercevra que la performance aurait dû être du double. La mise en place de la bonne résistance thermique<sup>1</sup> valable pour les 50 prochaines années nécessitera alors de repayer la main d'œuvre, les finitions, l'éventuel échafaudage...

À noter qu'une épaisseur de 20 ou 25 cm d'isolant en mur posé par l'intérieur et/ou par l'extérieur permet d'intégrer les coffres de volets roulants extérieurs, les gaines d'une VMC, voire de refaire l'électricité par l'extérieur ou l'intérieur.

### L'acoustique

Il est nécessaire de choisir les caractéristiques de l'ensemble des systèmes et produits pour un double gain thermique et acoustique (fenêtres, isolation des planchers intermédiaires, des murs...). Afin de ne pas dégrader l'isolement acoustique entre logements, il est important d'évaluer sur le plan du confort acoustique les solutions envisagées.

Les actes du colloque « Isolation thermique, isolation acoustique, ventilation : compatibilité ou incompatibilité ? »<sup>2</sup>, téléchargeables sur le site [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org), fournissent des informations très pertinentes sur ce sujet.

### La sécurité incendie

En immeuble collectif, il y a lieu de valider les choix des techniques d'isolation avec la commission de sécurité compétente, notamment vis-à-vis de la propagation du feu en façade (ou de la résistance au feu des parois) en regard des réglementations relatives à la sécurité incendie et de leur application en rénovation.

<sup>1</sup> Voir chapitre « Un bâtiment bien isolé »

<sup>2</sup> Colloque organisé le 26 novembre 2008, par le Centre d'information et de documentation sur le bruit (CIDB) en partenariat avec le Groupement de l'ingénierie acoustique (GIAc) et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

## L'aspect bioclimatique

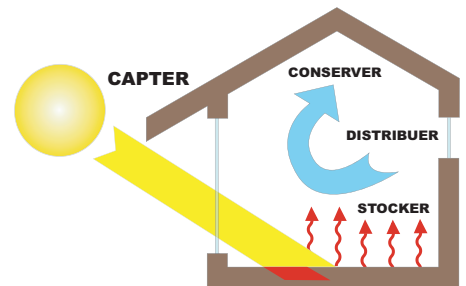
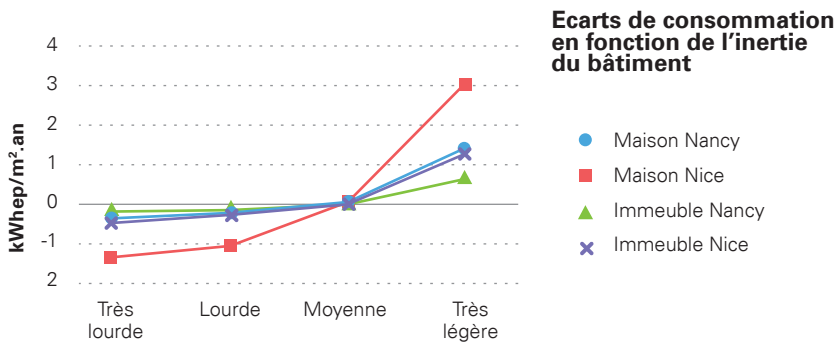
Il suffit parfois de peu de chose pour augmenter les performances d'un bâtiment existant :

- Mettre en jeu des espaces tampons protecteurs au nord ou côté vents dominants : garages, buanderie, cellier...
- Disposer d'espaces capteurs de chaleur au sud tels que baies vitrées, serre, etc.

- Tirer parti de la végétation : utiliser à bon escient les essences à feuilles persistantes pour se protéger du vent et celles à feuilles caduques pour créer de l'ombre en été.
- Conserver voire améliorer l'inertie globale du bâtiment et la masse accumulatrice interne, constituées par :
  - les murs de refend, qui peuvent stocker sur les deux faces,
  - la ou les dalle(s), qui reçoivent généralement le rayonnement solaire

- les murs extérieurs dans le cas d'une ITE,
- des parements de finition en contact avec l'ambiance des parois sol et murs, dans une moindre mesure.

Au-delà de son intérêt vis-à-vis du confort d'été (voir p. 48), cette inertie stocke la chaleur des apports gratuits, pendant la saison de chauffe, ce qui permet de mieux les valoriser.



Source : D'après UC Louvain / Architecture et climat

## L'aspect architectural

**Respecter la qualité architecturale d'un bâtiment tout en améliorant sa performance énergétique est possible. Dans le cas d'une architecture quelconque, on peut aussi redonner du caractère et du charme à une construction. Avec un peu de réflexion, l'architecte pourra améliorer l'image du bâtiment, corriger des erreurs commises au fil du temps, redonner de la compacité, donc réduire les déperditions globales, proposer les couleurs appropriées pour les façades, les volets.**

Parfois, pour préserver la qualité d'une façade sur rue, il sera nécessaire d'utiliser plusieurs techniques : choisir l'isolation par l'intérieur pour la façade noble et par l'extérieur pour la façade sur jardin ou sur cour et pour les pignons. À l'inverse, c'est la qualité des décors intérieurs qu'il faudra préserver : les moulures, les corniches, les encadrements de baies.

Le conseil de l'homme de l'art sera d'éviter de commettre des erreurs irréparables qui auraient pour conséquence la dévalorisation du patrimoine.

Par ailleurs, l'implantation éventuelle de nouveaux locaux techniques, de capteurs solaires, etc. doit être intégrée en amont de la réflexion sur la qualité architecturale.

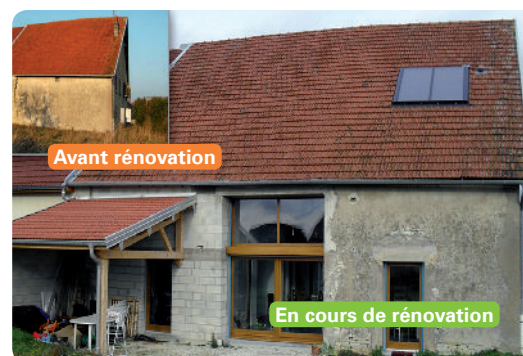
## L'aspect confort visuel

**Il suffit parfois de supprimer ou d'ouvrir une cloison intérieure pour que la lumière obtenue offre un nouveau plaisir d'habiter, redonne de la clarté, fasse bénéficier les habitants de nouvelles transparences, du soleil levant et du soleil couchant.**

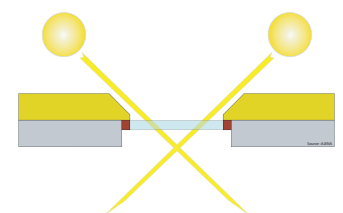
L'isolation, qu'elle soit intérieure ou extérieure, risque d'engendrer un « effet tunnel » et donc de réduire la surface d'éclairage (plus la surface vitrée sera petite, plus l'effet sera marqué).

Il est donc recommandé de pratiquer un ébrasement.

En cas d'isolation par l'extérieur, il faut autant que possible, replacer les fenêtres au nu extérieures de la maçonnerie existante, ce qui permet de supprimer le pont thermique et d'améliorer le taux de transmission de chaleur et de lumière. Le tableau intérieur qui en résulte gagnera à être peint de couleur claire pour mieux réfléchir la lumière vers la pièce<sup>1</sup>. Parfois, la création d'ouverture peut être souhaitable (en particulier au sud) voire nécessaire. Mais il faut faire très attention de ne pas trop augmenter la surface vitrée, car il pourrait en résulter des surchauffes irréversibles en été que même les occultations solaires ne pourraient pas corriger (voir chapitre Confort d'été).



Archi : Bergeret & Associés - Pusey (70)



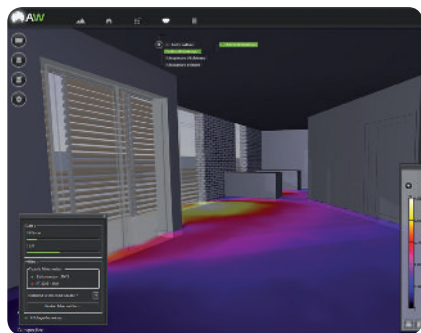
Embrasements pour limiter l'effet tunnel

<sup>1</sup> L'appui intérieur de baie orientée sud, peut être revêtu d'un miroir, qui apporte une nouvelle clarté en reflétant le rayonnement vers le fond de la pièce ou le plafond.

Les fenêtres de toit sont caractérisées par une inclinaison qui favorise les risques de surchauffe en été. L'implantation privilégiée d'une fenêtre de toit est l'orientation nord. Cependant, même au nord, leur prescription devra être accompagnée de la mise en place d'une protection solaire extérieure telle que  $Sw$  de la baie  $\leq 0,15$ , conformément à la RT « bâtiment existant ». Le vitrage devra être à contrôle solaire aussi pour éviter les surchauffes.

## Les protections solaires

**Elles sont un des moyens essentiels d'obtention du confort d'été. Elles doivent être intégrées à l'architecture du bâtiment ou de la façade dès la phase de conception du programme et de l'esquisse du projet de rénovation.** (voir chapitre Confort d'été)



Des modules de simulation d'ensoleillement permettant d'évaluer l'efficacité des protections solaires sont disponibles sur la plupart des logiciels de CAO.

## Réhabilitation - extension

Il peut être intéressant de profiter de la réhabilitation de l'enveloppe - isolation des murs, changement des fenêtres - pour proposer, lorsque cela est possible, de nouvelles valeurs d'usage en créant des extensions : balcons, terrasses, loggias, jardins d'hiver qui, outre l'agrément, peuvent dans le cas d'ajout de surfaces vitrées orientées au sud, augmenter les apports solaires passifs. La fermeture de balcons ou loggias permet de plus d'améliorer le confort thermique et acoustique notamment en zone urbaine<sup>1</sup>.

Ces espaces peuvent aussi être le support de capteurs solaires.

Le dépassement du COS (Coefficient d'Occupation des Sols) est souvent possible si l'amélioration thermique est démontrée.

<sup>1</sup> Cela permet la création d'un espace tampon ou d'un jardin d'hiver. Celui-ci ne devra surtout pas être chauffé, sous peine d'annuler les gains sur la consommation d'énergie voire d'en rajouter.



Photo : Pouget Consultants

C'est aussi l'occasion, en fonction des limites budgétaires, d'entreprendre une requalification globale.

**Dans le cas d'extension ou de surélévation**, quel que soit le système constructif choisi (ITI, ITE, ITR ou à ossature), la performance de ces nouveaux espaces devra respecter le niveau BBC-effinergie bâtiments neufs : voir le guide Effinergie, « Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation, logements neufs ».

## Réorganisation spatiale

**Les bâtiments anciens ont été conçus pour des modes de vie bien différents de ceux d'aujourd'hui. C'est l'occasion de repenser la façon de les habiter.**

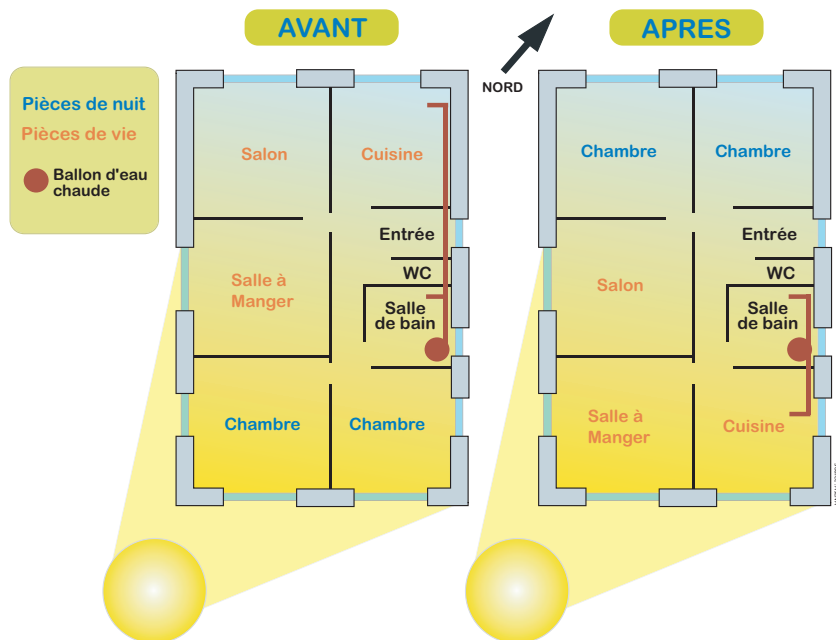
Lors de cette réorganisation spatiale, on cherche à :

- Regrouper les points de puisage d'eau chaude sanitaire et les rapprocher de la production,
- Disposer les pièces de vie au sud,
- Etc.

Par ailleurs, il est judicieux dans certains cas de réduire le volume chauffé en gérant des espaces tampons intérieurs.

## Ventilation nécessaire

Le confort intérieur, la qualité de l'air, le fait d'avoir bien isolé le bâtiment (murs et fenêtres), de l'avoir rendu étanche à l'air imposent la mise en place d'une gestion de l'air efficace (voir chapitre Ventilation).



## De nouvelles sensations de confort

Dans un bâtiment BBC les sensations de confort sont modifiées :

- la mise en œuvre de menuiseries performantes et de l'isolation de l'enveloppe élimine la sensation de paroi froide.
- L'élimination des bruits extérieurs grâce au double vitrage thermique et acoustique, ainsi que la mise en œuvre d'une ITE a pour effet de mettre davantage en relief les bruits émis au sein du logement et entre logements juxtaposés ou superposés.
- L'isolation modifie le comportement thermique du mur et les variations de la température intérieure du mur et donc le confort ressenti.

**On le comprend les sensations de confort sont largement modifiées. Les dispositifs de ventilation, avec un renouvellement d'air adéquat, ainsi que la régulation du chauffage sont essentiels en bâtiment rénové BBC. Il est également important d'apprendre à l'occupant à gérer son habitat selon ces nouvelles caractéristiques.**

## Le budget et le phasage des travaux

Requalifier durablement un habitat, offrir un nouveau plaisir d'habiter, améliorer ses performances thermiques, acoustiques, environnementales et sa valeur patrimoniale, suppose de consacrer les moyens nécessaires à la conception et à la réalisation de la rénovation.

Malheureusement, le propriétaire n'a pas toujours la possibilité de réaliser les travaux nécessaires en une seule fois. Le professionnel doit alors concevoir des bouquets de travaux compatibles entre eux et étalés dans le temps (voir chapitre Rénovation par étape).

La réussite de la conception repose sur les compétences de l'équipe de maîtrise d'œuvre.

Au-delà de l'étude réglementaire, les concepteurs ont intérêt à effectuer une simulation thermique dynamique, afin d'évaluer les conditions de confort thermique résultant de leurs choix techniques et des scénarios d'usage du bâtiment exprimés par le maître d'ouvrage.

Une bonne conception et une bonne exécution des travaux sont nécessaires pour apporter de substantielles économies.

Il faut bien sûr qu'elles soient justement rémunérées, car le temps nécessaire aux missions de conception et de suivi de chantier est conséquent. Cet investissement dès l'amont de l'opération permet de générer des économies financières et de temps au moment de la réalisation.

**On le voit bien, l'enjeu thermique, s'il est essentiel aujourd'hui, ne saurait être isolé d'autres réflexions.**

**D'où la nécessité du recours à des professionnels qualifiés aptes à accompagner le client dans son projet de requalification globale du bâti.**



Photo : J.-P. Cattelain - Besançon (25)



## Un bâtiment bien isolé

Bien isoler les parois et traiter l'ensemble des ponts thermiques !

### Niveaux d'isolation des parois opaques

Le graphe ci-contre illustre des ordres de grandeur de résistances thermiques de l'isolation par parois opaques pour atteindre le niveau BBC-effinergie Rénovation.<sup>1</sup>

Bien sûr, les performances d'isolation sont à adapter selon la zone climatique et l'analyse des parois à isoler (composition, surface...).

Le système d'isolation est composé :

- d'un ou plusieurs isolant(s) qu'il(s) soi(en)t à base minérale, végétale, animale ou organique,
- d'un système de fixation (chevilles, ossatures, colles, rails...),
- d'un parement ou revêtement.

#### Recommandations

- Vérifier que les performances des isolants sont certifiées ou à défaut adopter les valeurs de conductivités fournies dans les règles Th Bât<sup>2</sup>. Choisir les isolants en fonction de leur aptitude à l'emploi selon l'application et la technique d'isolation.
- **Veiller à une mise en œuvre minimisant les ponts thermiques intégrés, afin de conserver la performance des produits et assurer une homogénéité thermique de la paroi garantissant ainsi une bonne durabilité de l'ouvrage.**

#### La résistance globale $R_{global}$ , $R_{isolant}$ et ponts thermiques intégrés

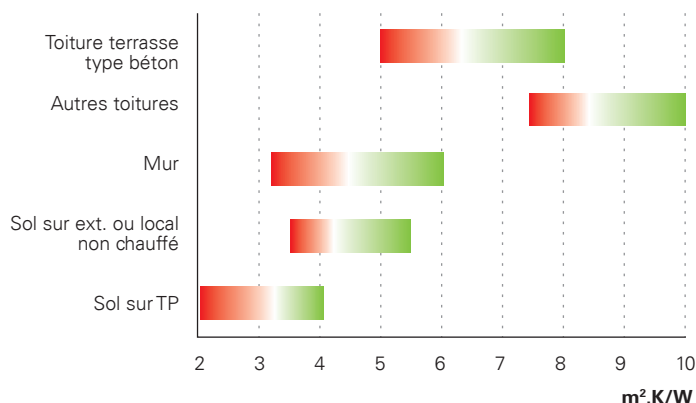
Le  $R_{global}$  ( $=1/U_p$ ) prend en compte notamment les ponts thermiques intégrés, liés à la mise en œuvre de l'isolant ou à la structure de la paroi (poteaux, chevrons, pannes...).

D'une manière générale pour limiter ces ponts thermiques :

- préférer les ossatures en bois ou ossatures métalliques avec des fixations à rupture thermique,

### Une isolation optimale de toutes les parois

Impact des ponts thermiques intégrés selon la mise en œuvre de l'isolation



■ Valeurs minimales réservées aux régions les plus chaudes

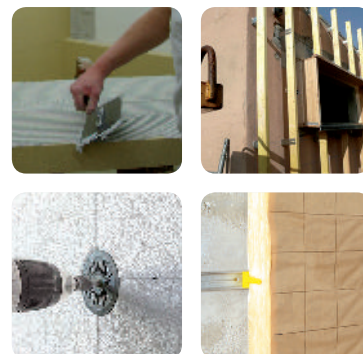
■ Valeurs permettant d'obtenir plus facilement le label BBC-effinergie Rénovation

**Note :** les valeurs de résistances thermiques de l'isolation données ici supposent des ponts thermiques intégrés très limités (voir ci-après)

### Impact des ponts thermiques intégrés selon la mise en œuvre de l'isolation

Description	$\Delta p$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_p$ W/m <sup>2</sup> .K	% Pts Int
Profilé métallique vertical en forme de U. Interruption de l'unique couche d'isolant	0,216	0,44	49%
Profilé métallique vertical en forme de U. Interruption d'une couche sur 2	0,071	0,30	24%
Ossature bois verticale. Interruption de l'unique couche d'isolant	0,0501	0,28	18%
Ossature bois verticale. Interruption d'une couche d'isolant sur 2	0,0334	0,26	13%
Isolation calée/chevillée	0,024	0,25	10%
Isolation collée	0	0,23	0%

Calcul mené selon les règles Th-U, avec une isolation rapportée de 16 cm d'épaisseur,  $R = 4,2$  m<sup>2</sup>.K/W, soit  $U_c = 0,23$  W/m<sup>2</sup>.K. Il s'applique tant en ITI qu'en ITE.



- éviter les ossatures traversantes (en croisant ou mieux en plaçant une couche d'isolant continu devant la structure),
- utiliser si possible des fixations peu conductrices<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Une synthèse des valeurs clé des réglementations thermiques pour l'existant, ainsi que celles des aides financières, comparées aux niveaux recommandés en basse consommation d'énergie, est disponible sur le site d'effinergie.

<sup>2</sup> Voir également l'annexe IX de l'arrêté 26 octobre 2010 (performance par défaut des isolants bio-sourcés)

<sup>3</sup> Avis Techniques obligatoires

### Autres ponts thermiques

Le choix de la technique d'isolation que l'on rapporte (ITI ou ITE) est notamment influencé par les possibilités de traitement des ponts thermiques de structure et ceux liés aux éventuels balcons, coffres de volets roulants, baies, loggias, etc.

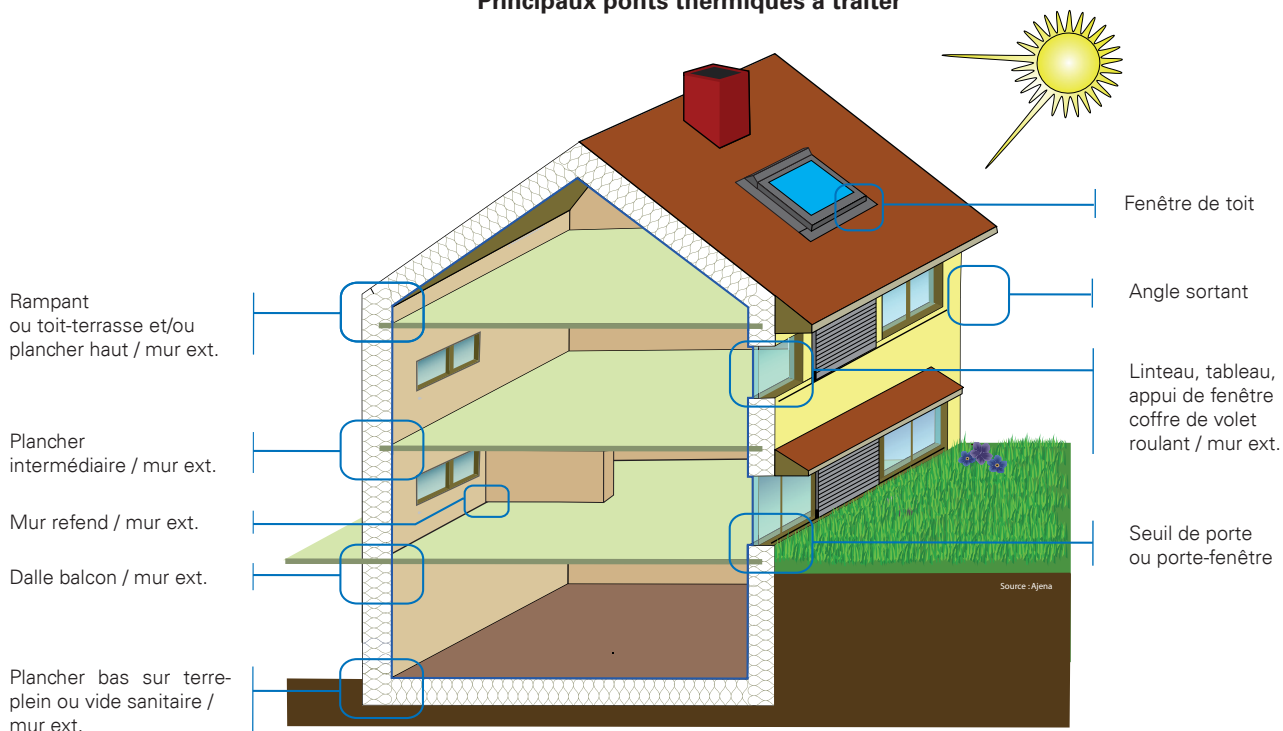
En rénovation, il arrive souvent qu'il soit nécessaire de travailler certaines parties du bâtiment par l'extérieur et d'autres

par l'intérieur. Les points de liaison de ces différentes parties sont alors à traiter.

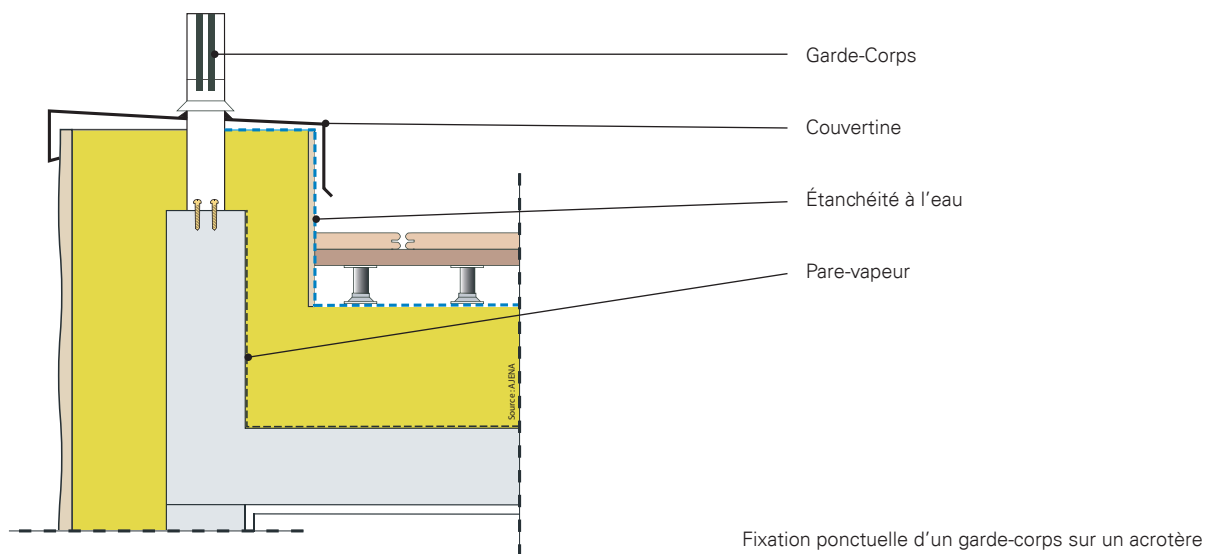
**Au-delà des déperditions et de l'inconfort, les ponts thermiques peuvent représenter des risques de condensation et engendrer des désordres irréversibles. C'est pourquoi une attention particulière doit être portée au traitement de l'ensemble de ces points sensibles :** la maîtrise d'œuvre doit réaliser des carnets de

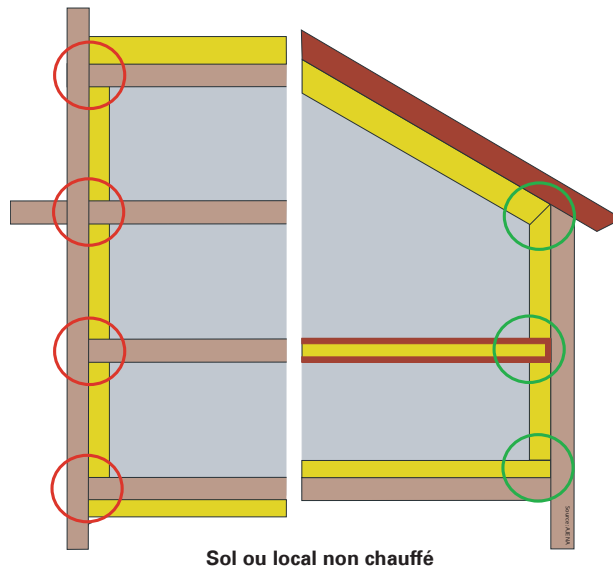
détails d'exécution, en collaboration avec les entreprises concernées et en s'appuyant sur les règles de l'art et les spécifications des fabricants.

### Principaux ponts thermiques à traiter

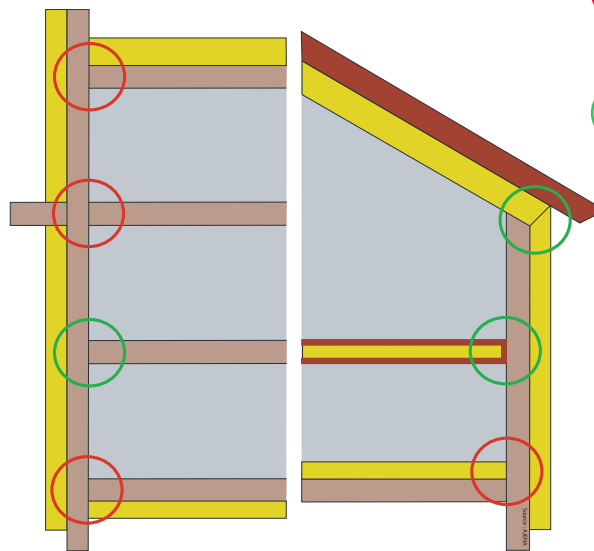


### Exemple de principe de traitement de ponts thermiques à titre illustratif, cas d'un acrotère de toit-terrasse



**Ponts thermiques et ITI**

Sol ou local non chauffé

**Ponts thermiques et ITE**

Sol ou local non chauffé

○ Forts ponts thermiques à traiter

○ Faibles ponts thermiques

**Incidence de l'isolation thermique sur l'isolement acoustique entre logements**

L'isolation thermique des parois influe en particulier sur les transmissions des bruits aériens. Les bruits de choc peuvent être concernés par des isolations rapportées sous des chapes flottantes et éventuellement sous les planchers.

La performance in situ va dépendre de certains paramètres :

- type de doublage (thermique ou thermo-acoustique) existant,
- paroi support (lourd, léger, isolation répartie...),
- situation architecturale (façade filante en bande, pignon, logements superposés de différentes dimensions...).

Chaque situation est différente et il convient en collectif de concevoir les solutions avec un acousticien, ce d'autant que les travaux acoustiques et thermiques doivent faire l'objet d'une attestation de prise en compte des réglementations (loi Grenelle 2).

La qualité de mise en œuvre est très importante, car elle conditionne la performance thermique et acoustique, la durabilité de l'ouvrage ainsi que l'étanchéité à l'air du bâtiment (voir chapitre Perméabilité à l'air).

Il faut se souvenir qu'un petit orifice non traité dans une paroi annule à lui seul les efforts faits sur le plan acoustique et augmente les consommations d'énergie.



## Systèmes d'isolation des murs

Il n'y a pas, à priori, de technique plus performante que les autres.

**Toutefois, quelle que soit la technique choisie, les soins apportés à la qualité de la réalisation et des finitions sont primordiaux pour que le niveau de performance corresponde aux prévisions. La pose des isolants doit être faite en bonne intelligence avec une mise en œuvre extrêmement soignée de l'étanchéité à l'air du bâtiment.**

Une résistance thermique de l'ordre de 4,5 m<sup>2</sup>K/W est requise, avec minimisation des ponts thermiques intégrés (voir tableau p. 21).

Le choix des technologies d'isolation thermique des parois verticales en rénovation dépend des contraintes et opportunités de chaque projet décliné selon deux axes :

- Parti pris architectural, contraintes d'environnement urbanistique, exposition climatique des façades et toiture, inertie thermique en regard du confort et de la consommation d'énergie, procédé constructif, isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur et de l'intérieur
- Logement occupé ou non, contraintes de sécurité (incendie, etc.), contraintes d'usage (détériorations, etc.), capacité de maintenance et coûts

### Les technologies d'isolation les plus répandues

#### Isolation thermique par l'intérieur (ITI)

- Isolation par complexe de doublage collé
- Isolation avec contre-cloison maçonnée
- Isolation par système sur ossature en bois ou en métal

#### Isolation thermique par l'extérieur (ITE)

- Système ETICS<sup>1</sup> enduit sur isolant > isolant sous un ou plusieurs enduits de nature différente (hydraulique, organique, mixte)<sup>2</sup>
- Bardage ventilé > ossature primaire dans laquelle l'isolant est inclus, et ossature secondaire avec lame d'air et parement (bois, métal, terre cuite, verre, composite...)

**Pour maintenir une ambiance saine, quelle que soit la technique d'isolation choisie, on veillera à mettre en œuvre une ventilation efficace et une bonne étanchéité à l'air du bâtiment.** (Voir p. 33)



- Vêtures > cassettes manufacturées incluant un isolant et posées sans lame d'air par agrafage
- Vêtages > petits éléments cloués sur la façade

### Éléments de choix

#### Isolation par l'extérieur

L'ITE peut être préférable dans les cas suivants :

- Difficulté voire impossibilité de réduire la surface habitable
- Architecture quelconque
- Aspect extérieur détérioré
- Locaux occupés
- Planchers intermédiaires maçonnés

Les systèmes d'isolation thermique par l'extérieur suppriment les ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires et des refends.

Cependant, ils impliquent des dispositions spécifiques de mise en œuvre pour garantir la performance thermique de la jonction avec les planchers bas, les encadrements de fenêtres, portes, loggias, balcons, etc., et les acrotères des toitures plates ou les combles (voir exemple de traitement p. 22). Les ponts thermiques relatifs aux menuiseries peuvent être aussi importants en poids que ceux des planchers intermédiaires. Ainsi, préalablement à la mise en œuvre, les détails de traitement de ces points singuliers doivent être

étudiés pour chaque chantier et faire l'objet de consignes précises, afin d'avoir des ponts thermiques les plus réduits possible et une bonne étanchéité à l'eau en périphérie.

À titre d'exemple :

- Dans le cas de la présence de loggias, une solution consiste à les « fermer » par un vitrage à isolation renforcée (et si besoin à contrôle solaire pour éviter une surchauffe en été) dans la continuité du plan de l'isolation extérieure<sup>3</sup>.
- Dans le cas où la fenêtre n'a pas pu être posée au nu extérieur de la maçonnerie, la résistance thermique de la paroi courante et celle des retours en tableau doivent avoir un rapport le plus faible possible pour que le traitement soit efficace.



Exemple de traitement thermique d'un balcon  
Photo : Pouget Consultants



Photo : Latere  
Archi : Beraud Architecture Ingénierie  
Saint-Chamond (42)



Photo : Detry & Levy SARL d'architecture  
Archi : Detry & Levy SARL d'architecture  
Caluire et Cuire (69)

<sup>1</sup> Selon l'abréviation d'origine anglaise « External Thermal Insulation Composite System »

<sup>2</sup> L'enduit extérieur doit impérativement être plus ouvert à la diffusion de la vapeur d'eau que les différents composants de la paroi. Voir encart p. 26.

<sup>3</sup> Cela permet la création d'un espace tampon ou d'un jardin d'hiver. Celui-ci ne devra surtout pas être chauffé, sous peine d'annuler les gains sur la consommation d'énergie voire d'en rajouter.



### Isolation par l'intérieur

L'ITI peut être préférable dans les cas suivants :

- Contrainte architecturale ou urbanistique forte (conservation de la façade, façade complexe, nombreux ouvrants, décrochements, modénatures, balcons, débords interdits ou limités sur le domaine public...).
- Programmation d'une rénovation par tranche, par appartement ou par étage.
- Nécessité d'une rénovation intérieure des locaux : reprise de l'électricité, des parements intérieurs et /ou réorganisation de l'espace.

Cette technique est traditionnelle, elle permet de traiter l'isolation thermique et acoustique et la réfection du réseau électrique. Le traitement des ponts thermiques aux jonctions mur/toiture dans le cas de combles à plancher légers et rampants est généralement plus aisé.

En revanche, elle induit des ponts thermiques liés au gros œuvre au niveau des planchers intermédiaires et des refends<sup>1</sup> lorsque ceux-ci sont maçonnés. En maison individuelle et petit collectif, les déperditions liées à ces ponts

thermiques sont souvent mineures (planchers légers et peu de murs refends). En revanche, en immeuble collectif, lorsque les planchers sont en béton ou autres matériaux lourds, la part des ponts thermiques des planchers intermédiaires est importante.

Lorsqu'il est possible de faire une rénovation des planchers, il est recommandé de réaliser une chape flottante sur isolant qui a l'avantage de traiter en partie le pont thermique de jonction du plancher/façade<sup>2</sup>, mais aussi d'augmenter l'isolement aux bruits d'impact et aux bruits aériens entre les logements superposés. Le traitement est aussi possible quand il s'agit de planchers légers.

### Points particuliers

- Le traitement des allèges, tableaux, linteaux de fenêtre est important quelle que soit la technique d'isolation retenue.
- Des conduits de cheminées inutilisés peuvent représenter des faiblesses thermiques, en particulier en ITE : il convient de les obturer.

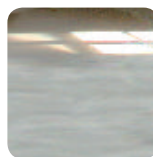
- Pour avoir un bon rendement thermique avec la technologie ITE, les menuiseries sont positionnées au nu extérieur de l'isolation ou de la maçonnerie.
- Pour avoir un bon rendement thermique avec la technologie ITI, les menuiseries sont positionnées au nu intérieur de l'isolant ou du mur.
- La distribution des réseaux d'électricité et fluides (gainés, câbles, prises...) est conçue pour s'adapter à l'isolation par l'extérieur et de même ne doit pas détériorer la performance thermique et l'étanchéité à l'air en ITI.

### Dans le cas de logements collectifs

Les exigences applicables en matière de sécurité incendie (résistance au feu, réaction au feu) doivent être vérifiées au début de la conception de la rénovation (avis de la Commission de Sécurité), car elles ont une incidence sur le choix d'une technologie d'isolation.



Photo : Ajena  
Archi : Bergeret & Associés  
Pusey (70)



<sup>1</sup> Un retour d'isolant de l'ordre de 60 cm permet un traitement satisfaisant de ce point faible.

<sup>2</sup> Les pertes par le pont supérieur sont réduites, voire supprimées, mais celles par la sous-face de la dalle restent importantes



## Mur ancien, remontées capillaires en pied de façade, porosité des parois, migration de la vapeur d'eau

**1. Si le mur existant présente des désordres d'humidité, il faut en déterminer la cause exacte, la traiter et remettre en état avant d'envisager toute intervention d'isolation.**

Les causes courantes sont les suivantes :

- **Défauts d'étanchéité à l'eau des façades, des toitures ou des réseaux** (infiltrations, dégâts des eaux, fuites...)
- **Condensations à la surface des parements intérieurs**

En paroi courante, les risques de condensation en surface se réduisent lorsque le mur est isolé, car la température de surface augmente et devient proche de l'ambiance intérieure. Mais ces risques restent importants aux points froids non traités (ponts thermiques et tours de baies). Une ventilation efficace des locaux est un élément majeur pour limiter ces risques de condensation en surface. Pour rappel, un des objectifs de la ventilation est d'évacuer la vapeur d'eau produite par les activités des occupants (douches, lavage du linge, occupation des locaux, cuisine...). Même si le logement est caractérisé par des parois perméables à la vapeur d'eau, celles-ci ne peuvent pas assurer intégralement ce rôle.

Note : les activités d'une famille de 4 personnes correspondent à la production journalière de 6 à 12 litres d'eau sous forme de vapeur d'eau.

- **Infiltrations d'eau provenant du sol par capillarité en absence de drain ou de rupture de capillarité des pieds de murs**, ce qui est souvent le cas des constructions pré-industrielles. Les murs de ces ouvrages, tels qu'ils ont été conçus, ne peuvent évacuer par évaporation qu'une partie de l'humidité remontée du sol par capillarité. Conserver des murs humides augmente la difficulté à chauffer et donc la consommation, tout en créant de l'inconfort.

Ce phénomène est aggravé par :

- des descentes des eaux pluviales vers le mur : pente de trottoir inversée, etc.
- une imperméabilisation des sols : dalle ciment, etc.
- l'absence de mise en place de drain lors de ces travaux
- la présence d'enduits très imperméables (RCE, système I4, ciment...) **Un traitement est nécessaire avant toute intervention pour permettre aux parois et au sol d'évacuer l'eau et de retrouver un équilibre.**

**2. Pour éviter les sources de pathologies en rénovation thermique, il y a lieu de s'assurer que les systèmes d'isolation choisis et leur mise en œuvre ne conduisent pas à des condensations de vapeur d'eau dans les parois.**

**En isolation par l'extérieur**, les risques de condensation dans la masse sont faibles à condition qu'il n'y ait pas de composant du système d'isolation dont le  $S_d^1$  soit trop élevé, afin de ne pas bloquer la migration de la vapeur d'eau vers l'extérieur. Et le parement extérieur doit être le plus ouvert possible à la vapeur d'eau ( $S_d$  faible).

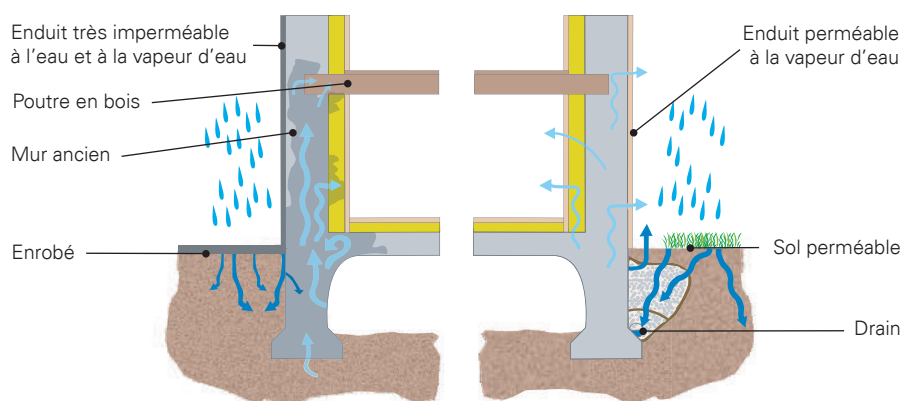
**En isolation par l'intérieur**, il convient de s'assurer que la vapeur d'eau ne soit pas bloquée dans la masse de la paroi. La mise en place d'un pare vapeur<sup>2</sup> ou équivalent, indépendant, continu et de perméance supérieure à celles des autres composants de la paroi est souvent nécessaire. Il permet aussi d'assurer l'étanchéité à l'air.

Il est nécessaire de maîtriser la migration de la vapeur d'eau en veillant à ce que la perméance des composants de la paroi soit décroissante de l'intérieur vers l'extérieur. Il convient pour chaque cas de faire un calcul de diffusion de vapeur d'eau<sup>3</sup> qui permet de définir les caractéristiques du système d'isolation et de maîtrise de la diffusion de la vapeur d'eau.

La mise en œuvre du pare-vapeur<sup>2</sup> doit être soignée pour éviter tout point faible (jonction non jointive, perforations...) qui concentre la condensation de cet air humide. D'une manière générale, **l'étanchéité à l'air d'une paroi permet d'éviter toute entrée par convection d'air humide dans la paroi.**

Il arrive parfois que certains types de planchers (bois/métal) existants nécessitent la présence de grilles de ventilation en façade : en ITI le traitement de l'étanchéité à l'air devra composer avec la conservation de cet élément qui permet de réduire ou annuler tout risque de condensation à la jonction façade / poutre.

### Gestion de l'humidité dans le cas d'un bâtiment ancien



Source : D'après «La rénovation écologique», Pierre Lévy, Éditions Terre Vivante

<sup>1</sup> Le  $S_d$  caractérise la résistance à la diffusion de vapeur d'eau d'un élément d'une paroi, il s'agit de l'épaisseur d'une couche d'air ayant une résistance à la diffusion de vapeur d'eau équivalente à celle de l'élément considéré. Plus le  $S_d$  d'un élément est élevé, plus sa résistance à diffusion de vapeur d'eau est élevée. Exemples :  $S_d$  de 200 mm d'isolant fibreux = 0,2 m environ ;  $S_d$  de 200 mm de mur en béton plein = 20 m environ.

<sup>2</sup> Pare-vapeur : posé côté chaud des parois, feuille mince en plastique ou élastomère dont la propriété principale est d'offrir une résistance plus ou moins grande à la diffusion de la vapeur d'eau. Les pare vapeur relèvent des normes et marquage CE. Source : NF EN 13984 et NF EN 12317-2

Pare-vapeur Hygroréglable ou membrane hygrorégulante : posé côté chaud des parois, feuille dont les caractéristiques de perméance varient selon le sens de flux de vapeur d'eau, ouvert à la diffusion en ambiance d'humidité relative élevée en été et plus fermée à la diffusion en hiver. La dénomination frein vapeur, barrière de vapeur, pare-vapeur ou autre ne permet pas de caractériser la perméance des systèmes. Seule la valeur  $S_d$  le permet. La fonction de régulation de la diffusion de la vapeur d'eau d'un élément peut faire l'objet d'un Avis Technique.

<sup>3</sup> Selon les normes NF EN 13788 ou NF EN 15026

Ces principes sont valables tant pour les isolants poreux que pour les isolants alvéolaires si leur continuité n'est pas assurée.

## Systèmes d'isolation des toitures

**La toiture est la paroi la plus déperditive, elle doit donc être traitée en conséquence. Parallèlement, elle reçoit le plus de soleil en été et permet de rentabiliser le mieux l'isolation (sans oublier l'isolement acoustique par rapport aux bruits extérieurs).**

### Recommandations

- **Prévoir une résistance thermique importante** pour réduire fortement les déperditions thermiques en hiver et contribuer significativement au confort d'été :

- **toiture terrasse type « béton » :**  
 $R_{\text{isolant}} > 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ,
- **autre toiture (toiture plate légère, rampant, comble,...) :**  
 $R_{\text{isolant}} \geq 7,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ,

- Prendre des précautions spécifiques afin de limiter les risques de surchauffe en été (voir chapitre Confort d'été).

- Selon la nature du support (béton, acier, bois), vérifier les charges supplémentaires admises pour déterminer le type d'isolation rapporté.

### Dans le cas de toitures en pente

Les règles de l'art sont à respecter pour les techniques traditionnelles, les autres relevant de l'Avis Technique, il faut donc en suivre les instructions :

- Mettre en place un écran de sous toiture<sup>1</sup> HPV (Haute Perméance à la Vapeur d'eau,  $S_d^2 < 0,09 \text{ m}$ ) quand on rénove la couverture.
- En cas de présence préalable d'écran de sous toiture, il est important d'en connaître la nature : HPV ou non. Si HPV alors l'isolant peut être au contact de la sous-face de l'écran, sinon une lame d'air de 2 cm doit être préservée entre l'isolant et la sous-face de l'écran de sous toiture.



Photo : Énergies Vertes du Bourbonnais Blomard (03)



- La mise en œuvre de l'isolation doit garantir une certaine continuité thermique à la liaison mur/toiture ainsi qu'en partie courante (éviter les chevrons ou fermettes traversant l'isolant et prévoir deux couches croisées).
- Côté intérieur, mettre en place une membrane pare-vapeur<sup>2</sup> et d'étanchéité à l'air.



### Dans le cas des toitures plates ou terrasses

Il est impératif de traiter le pont thermique de l'acrotère, dont le pourtour est entièrement isolé.

Selon que la terrasse soit accessible ou non, circulaire ou non, supporte des équipements techniques (chaufferie, centrale de traitement d'air, installations de capteurs solaires...) les techniques d'isolation diffèrent et relèvent obligatoirement de l'Avis Technique ou DTA lequel définit précisément la technologie de fixation admise ainsi que la pose pour que l'ouvrage soit durable et qu'il soit assuré. Dans tous les cas, la performance thermique de l'isolant mis en place doit être la plus élevée possible, car la durée de vie des traitements d'étanchéité est très longue.

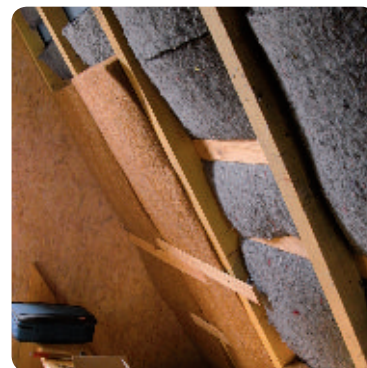


Photo : Ajena Dole (39)



Photo : Ajena Salvigny-le-Sec (21)

<sup>1</sup> Écran de sous-toiture : posé à l'extérieur sous les éléments de couverture, il est destiné à éviter la pénétration de neige poudreuse et de pluie. Il répond à un référentiel d'homologation et un classement EST qui traduit leur aptitude de résistance au passage de l'eau « E » leur perméance à la vapeur d'eau « S » leur résistance mécanique « T ». Il ne se substitue pas aux membranes. Il peut être totalement étanche à la vapeur d'eau  $S_d > 18 \text{ m}$  ou Haute Perméance à la Vapeur d'eau  $S_d < 0,09 \text{ m}$ .

<sup>2</sup> Voir définitions p. 26

## Systèmes d'isolation des planchers bas

Dans de nombreux cas (présence d'un local sous le rez-de-chaussée, réfection du plancher bas possible et hauteur de plafond suffisante), l'isolation du plancher bas ne pose pas de problème technique. Une résistance thermique globale de 3,5 à 5,5 m<sup>2</sup>K/W est alors requise, avec mise en place d'une membrane d'étanchéité à l'air côté chaud, si nécessaire.

Pour isoler un vide sanitaire, un sous-sol de faible hauteur sous plafond, un plancher sur terre-plein à reprendre, des isolants de faible conductivité thermique sont privilégiés pour gagner en épaisseur d'isolant tout en répondant aux valeurs de références BBC-effinergie Rénovation.

### Dans le cas de difficultés techniques

- On peut souvent pratiquer une désolidarisation thermique par le dessus (sur dalle, ragréage...), avec la mise en place d'une résistance thermique de l'ordre de 1,5 à 2 m<sup>2</sup>K/W, réduisant l'effet de paroi froide.
- Dans le cas d'une remise en état des planchers bois, il est souvent possible d'intervenir par remplissage : Il est alors nécessaire de mettre en place une membrane hygro-régulante ou pare vapeur<sup>1</sup> continue sous le parquet, avant de la clouer sur les lambourdes. Ce film permet la maîtrise de la migration de vapeur d'eau et assure l'étanchéité à l'air.
- Si aucune isolation continue du plancher n'est possible, la rénovation doit compenser cet important point faible par des performances accrues sur les autres parois. Une isolation périphérique des sous-bassements peut éventuellement permettre de corriger partiellement ce point faible, lorsqu'elle est envisageable : c'est-à-dire si les fondations ou les murs descendent suffisamment sous le niveau de la dalle<sup>2</sup>. On peut dans ce cas traiter aussi la rupture de capillarité (mise en place d'un drain et reprise d'étanchéité en sous-œuvre).



Photo : Ajena



Si la structure du plancher doit être reconstruite, les techniques avec hourdis isolants ou planchers légers ou collaborants satisfont à la fois les contraintes mécaniques et thermiques pour une épaisseur totale de l'ouvrage réduite.

La liaison plancher bas /mur doit être traitée avec soin (étanchéité à l'air et continuité thermique). Comme pour tous les points singuliers, celui-ci fera l'objet d'éléments dans le carnet de détails d'exécution réalisé par l'équipe de conception.



Photo : Ajena - Samson (39)

**Note** : Les produits isolants relèvent de l'obligation de conformité selon la norme NF P 61 203 et leur pose doit respecter les NF DTU 26.2 , 52.1 ; 51.11 et 51.3.



Dans la mesure du possible, on désolidarise les escaliers, balcons, etc. de la dalle de planchers sur sous-sol.

Photo : Ajena - Dole (39)

<sup>1</sup> Voir définitions p. 26.

<sup>2</sup> En aucun cas on ne devra descendre plus bas que l'élément le plus bas du mur : un sondage sur une petite partie du mur permettra de connaître les possibilités d'isolation des sous-bassement sans risque.

## Menuiseries extérieures

Veiller non seulement à la qualité des menuiseries extérieures, mais aussi à leur mise en œuvre !

Les défauts d'étanchéité à l'air des anciennes menuiseries font fréquemment office de ventilation inconfortable et source de consommations d'énergie non maîtrisées. Le fait de supprimer ces fuites d'air par le changement des ouvrants améliore nettement le confort et doit impérativement être associé à la mise en œuvre d'une ventilation efficace, pour maintenir une ambiance saine. (Voir chapitre Ventilation)

Dans un bâtiment BBC-effinergie Rénovation, le choix des fenêtres, portes et portes-fenêtres (cadre et vitrage) intervient sur trois des paramètres incontournables d'un bâtiment confortable et économe en toute saison :

- le confort visuel (apport de lumière et vision vers l'extérieur),
- la consommation d'énergie (isolation et apports solaires passifs),
- le confort d'été (apports solaires à maîtriser, surventilation naturelle nocturne).

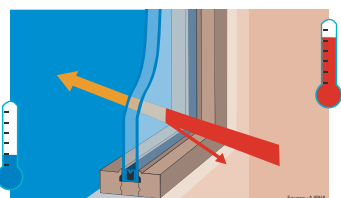
Sans oublier les autres aspects non liés à l'énergie, l'accessibilité, le confort acoustique, la sécurité... (non traités dans ce guide).

### Caractéristiques des menuiseries

L'habitude consiste souvent à analyser les fenêtres uniquement à partir du coefficient de déperdition thermique ( $U_w$ ), qui ne prend en compte que les pertes de chaleur par la fenêtre.

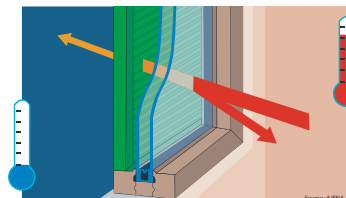
Pourtant, la capacité de la baie à capter la chaleur du soleil ( $Sw$ ) et la lumière du jour ( $Tlw$ ), celle des volets à améliorer la performance thermique ( $U_{jn}$ ) et celle des protections solaires à protéger des excès de chaleur en été ( $Sws$ ) doivent également être considérées :

- le coefficient de transmission thermique ( $U_w$  ou  $U_{jn}$ ) influence la consommation de chauffage



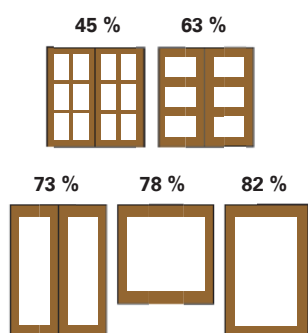
Le coefficient  $U_w$  de la fenêtre dépend :

- du  $U_g$  : transmission thermique du vitrage
- du  $U_f$  : transmission thermique du cadre
- du  $\Psi_g$  : transmission thermique linéique du vitrage monté dans le cadre



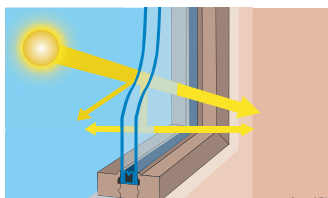
le coefficient  $U_{jn}$  dépend en plus de la résistance thermique de la fermeture

### Coefficient de jour de différentes fenêtres

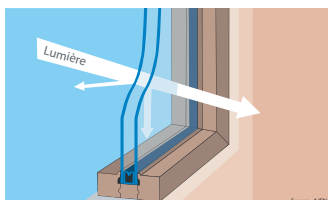


Le facteur solaire et le facteur de transmission lumineuse augmentent avec le coefficient de clair

Source : D'après La Conception Bioclimatique, Terre Vivante, J.-P. Oliva, S. Courgey



- Le facteur solaire de la fenêtre ( $Sw$ ) et le facteur solaire du complexe fenêtre + protection solaire ( $Sws$ ) influencent la consommation d'énergie en réduisant les besoins de chauffage et éventuellement les besoins de rafraîchissement l'été.



- Le facteur de transmission de lumière de la fenêtre ( $Tlw$ ) et le facteur de transmission de lumière de l'ensemble fenêtre + protection solaire ( $Tlws$ ) influencent la consommation d'énergie pour l'éclairage artificiel et le confort visuel.



<sup>1</sup> Coefficient de jour ou coefficient de clair : rapport entre la surface vitrée et la surface totale de la fenêtre

## Recommandations

- En hiver pour bénéficier d'un apport solaire optimal au travers des vitrages, retenir des cadres aux largeurs les plus fines avec le meilleur  $U_f$  et  $\Psi_g$ , sans négliger le coefficient de transmission thermique  $U_w$  et déposer, quand c'est possible, les anciens dormants.
- A l'occasion de travaux de rénovation, choisir les largeurs de passage compatibles avec l'accessibilité des personnes à mobilité réduite.

### VALEURS COURAMMENT RENCONTRÉES DANS DES PROJETS BBC-EFFINERGIE RÉNOVATION :

$U_w/U_{jn}$ en $W/m^2.K$	1,7 à 0,7
Facteur solaire, protection solaire comprise	0,1 à 0,5
Transmission lumineuse	0,5 à 0,7
Protections solaires	A conserver voire à améliorer selon le besoin

## Influence de l'exposition et de la zone géographique dans le choix

La situation géographique, l'orientation de chaque baie, les masques architecturaux, protections solaires, etc. guident le concepteur sur les critères de choix des fenêtres.

On peut distinguer quatre cas :

### 1. Zone froide et apports solaires passifs faibles (ex : Zone H1 et H2, exposition Nord) :

La fenêtre complète doit être très performante en termes d'isolation thermique ( $U_w$  ou  $U_{jn} \leq 1,4$ ) pour un bon confort l'hiver tout en maximisant les apports lumineux ( $T_{lw} \geq 0,5$ ). Prévoir une fermeture isolante permet d'améliorer la performance thermique de la fenêtre ( $\Delta R^1 \geq 0,2$ ). Caractéristiques prépondérantes :  **$U_w$  ou  $U_{jn}$  faible,  $T_{lw}$  élevé**

### 2. Zone froide et apports solaires passifs à valoriser (ex : Zone H1 et H2, exposition Sud) :

La fenêtre complète doit être performante en termes d'isolation thermique ( $U_w$  ou  $U_{jn} \leq 1,4$ ) pour un bon confort l'hiver. Cependant, on veillera à maximiser les apports lumineux et thermiques en hiver et en mi-saison par un  $Sw \geq 0,4$ . Prévoir une fermeture isolante permet d'améliorer la performance thermique de la baie ( $\Delta R^1 \geq 0,2$ ). Caractéristiques prépondérantes :  **$U_w$  ou  $U_{jn}$  faible et  $Sw$  élevé**

### 3. Zone froide, apports solaires passifs à valoriser et risque de surchauffe ou climat tempéré et apports solaires passifs à valoriser (ex : Zone H1 et H2, exposition Ouest) :

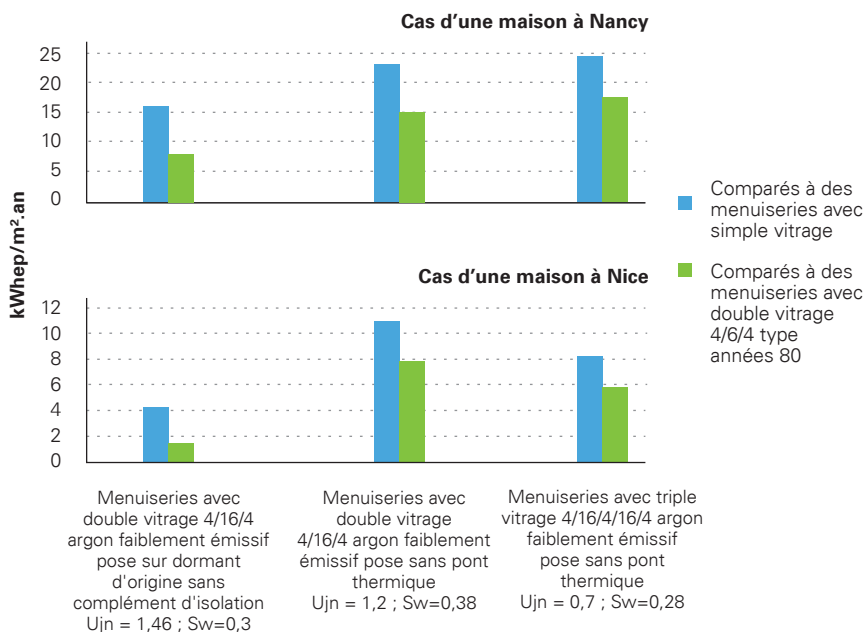
La fenêtre complète doit être performante en termes d'isolation thermique pour un bon confort l'hiver ( $U_w$  ou  $U_{jn} \leq 1,4$ ) tout en maximisant les apports solaires pendant la saison de chauffe et en les minimisant en cas de forte chaleur. Il faut donc choisir des fenêtres avec un facteur solaire élevé ( $Sw \geq 0,4$ ) et les munir

d'une protection solaire mobile efficace ( $S_{ws} \leq 0,1$ ), privilégier une fermeture isolante permet d'améliorer la performance thermique d'hiver. Caractéristiques prépondérantes :  **$U_w$  ou  $U_{jn}$  faible,  $Sw$  élevé et  $S_{ws}$  faible**

### 4. Zone chaude et zone de climat tempéré avec risque de surchauffe en été et à mi-saison (ex : Zone H2 et H3, exposition Sud et Ouest) :

La fenêtre complète doit être performante en termes d'isolation thermique ( $U_w$  ou  $U_{jn} \leq 1,6$ ) et avoir une bonne protection solaire afin d'éviter les surchauffes dans les bâtiments et limiter le recours au système de refroidissement pour un bon confort d'été. Cette protection solaire peut être obtenue par le choix de la fenêtre ( $Sw \leq 0,35$ ) et par le recourt à une protection solaire ( $S_{ws} \leq 0,1$ ). Caractéristiques prépondérantes :  **$U_w$  ou  $U_{jn}$  faible,  $S_{ws}$  faible**

### Gains de consommations énergétiques en fonction du type de fenêtres et de la mise en oeuvre



<sup>1</sup>  $\Delta R$  caractérise l'isolation thermique de la fermeture



## Occultations et protections solaires

Elles sont un des moyens essentiels d'obtention du confort d'été et complètent efficacement la performance énergétique de la menuiserie.



Photo : O. Smits

	Protection solaire	Amélioration thermique d'hiver	Remarques
<b>Volets pleins extérieurs battants, coulissants ou encore repliables</b>	Très bonne, mais ne laisse pas passer la lumière	Moyenne à très bonne si étanchéité périphérique	Ventilation nocturne facile si les volets peuvent être bloqués entrouverts.
<b>Volets roulants avec tabliers ajourables</b>	Très bonne, mais ne laisse que très peu passer la lumière	Bonne si tablier étanche et coffre très bien isolé et étanche à l'air	Automatisation facile <sup>1</sup> . Les coffres de volets roulants doivent avoir une isolation thermique homogène avec celle du mur et être parfaitement étanchéité à l'air. S'ils sont intégrés à la fenêtre de rénovation, ils réduisent la surface vitrée et donc le niveau d'éclairage naturel.
<b>Persiennes repliables, coulissantes, battantes ou à projection</b>	Bonne à très bonne si lames orientables	Moyenne	Les persiennes à projection permettent une bonne protection solaire tout en laissant passer la quantité de lumière souhaitée par l'utilisateur et en permettant une ventilation nocturne estivale.
<b>Stores extérieurs, dont brise-soleil orientables</b>	Moyenne à très bonne	Faible	
<b>Stores intérieurs</b>	Médiocre	Nulle	
<b>Volets intérieurs ou rideaux intérieurs isolants</b>	Mauvaise	Évite l'effet « paroi froide »	Si la menuiserie présente des défauts d'étanchéité ou manque de performance, on s'expose à des risques de condensation entre le volet et la menuiserie.
<b>Pare-soleil extérieurs fixes</b>	Moyenne	Nulle	Ne nécessite pas de manipulation, mais peut pénaliser les apports solaires d'hiver et/ou l'éclairage naturel : à dimensionner finement.

### Importance de la qualité de la mise en œuvre

Afin de limiter les ponts thermiques et d'améliorer l'étanchéité à l'air à la jonction des menuiseries avec le bâti, souvent source d'inconfort, de dégradation des revêtements muraux et siège des condensations, le respect des points suivants et une réalisation soignée sont essentiels :

- En ITI : Jonction entre le cadre de menuiserie, la tapée et le mur d'une part et le cadre et le pare vapeur<sup>2</sup> ou autre système d'étanchéité à l'air en parties courantes, d'autre part.

- En ITE : Jonction entre le cadre de menuiserie, le mur et le système d'étanchéité à l'air en partie courante.
- Utilisation des produits spécifiquement dédiés à l'étanchéité à l'air (joint pré-comprimé<sup>3</sup>, membrane munie d'une bande adhésive, joint mastic acrylique plasto-élastique...).
- Calfeutrement ou recouvrement des isolants sur les cadres des menuiseries.
- Traitements et ventilation des pièces bois ajoutées et/ou conservées.



Photo : Ajena

<sup>1</sup> L'automatisation peut permettre une gestion optimisée des occultations même en cas d'absence de l'occupant.

<sup>2</sup> Voir définitions p. 26

<sup>3</sup> Mousse précomprimée imprégnée de résines synthétiques de Classe 1 (cf. Norme FF P 85-570)

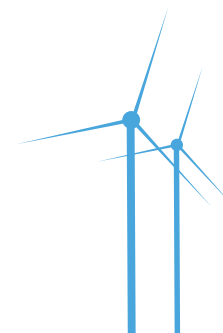


- Soins particuliers aux tolérances de pose, aux qualités de réglage des quincailleries et à la bonne compression des joints d'étanchéité.
- Haute performance d'isolation thermique associée à une étanchéité à l'air parfaite des coffres de volets roulants.

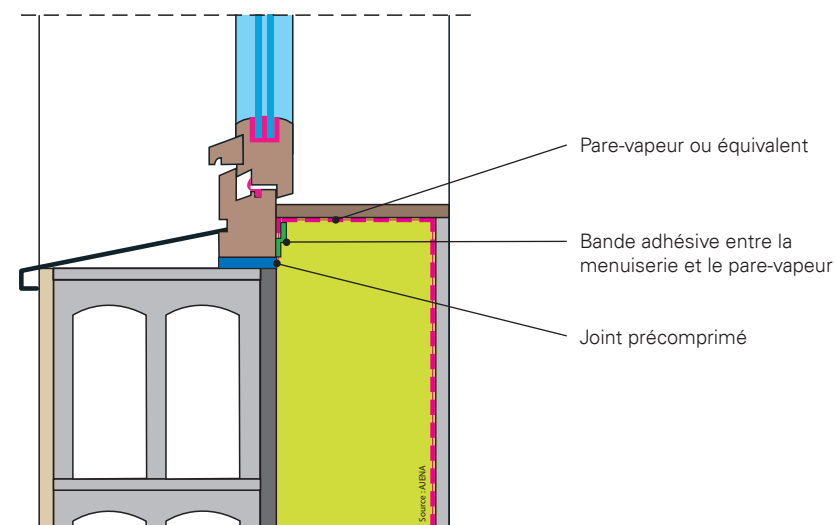
La mise en œuvre des menuiseries doit respecter le DTU 36.5 - Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures - version 2010, pour satisfaire aux exigences d'étanchéité à l'air et de pérennité du bâtiment.

**Note :** D'après le CETE de Lyon, le sur-investissement nécessaire à une pose de qualité est amorti en 6 mois à 2 ans grâce aux économies d'énergie générées<sup>1</sup>.

**Voir chapitre Étanchéité à l'air, cas des menuiseries extérieures**

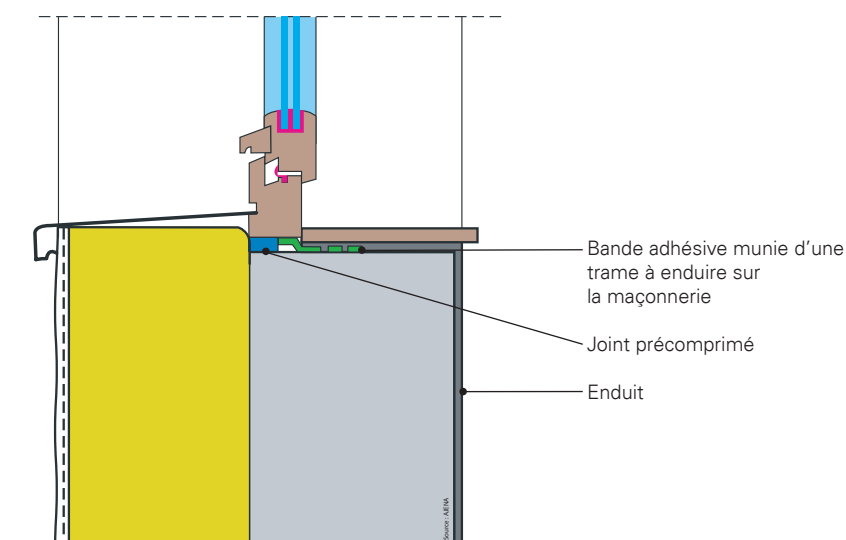


### Exemples de principe de traitement des ponts thermiques et de l'étanchéité à l'air : pose de menuiseries



Ext.

Int.



<sup>1</sup> Projet PREBAT « PAM », Développement et mise en œuvre d'un outil de mesure in situ de la perméabilité à l'air des menuiseries, programme 2005



## Étanchéité à l'air du bâtiment

Un critère essentiel pour garantir la basse consommation d'énergie !

Les défauts d'étanchéité à l'air du bâtiment se traduisent par des infiltrations d'air parasites.

Ils ont un impact sur :

- les déperditions énergétiques,
- le confort thermique,
- le confort acoustique,
- la santé des occupants,
- la durabilité du bâti,
- l'efficacité du fonctionnement des installations de ventilation.

Dans l'existant, ces infiltrations d'air peuvent engendrer une surconsommation de plusieurs dizaines de kWhep/m<sup>2</sup>.an. En rénovation BBC-effinergie, elles représentent jusqu'à 40 % des besoins de chauffage.

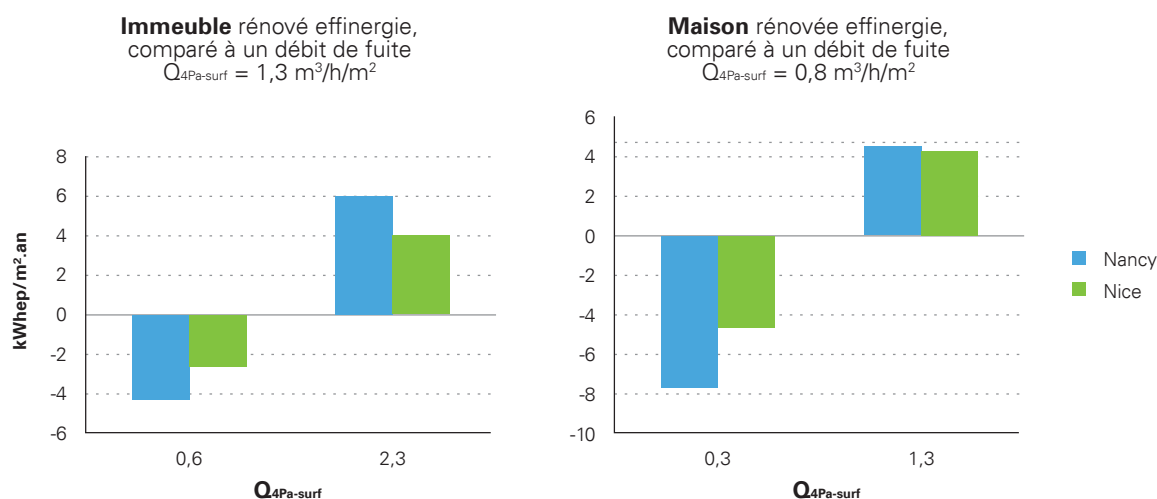
Plus le climat est froid ou venté, plus leur impact énergétique est défavorable, l'effet est encore plus important lorsque les bâtiments sont peu compacts.

La perméabilité à l'air a aussi une incidence sur l'efficacité des systèmes de ventilation, en particulier en VMC double flux avec échangeur. En cas de mauvaise étanchéité à l'air du bâtiment, l'air neuf pourra rentrer directement dans le logement par les infiltrations, il ne passera donc plus exclusivement dans l'échangeur : la récupération d'énergie du logement ne sera plus optimale.

Par ailleurs, un défaut d'étanchéité à l'air se traduit par des infiltrations et des exfiltrations d'air chargées d'humidité. Si cet air qui transite atteint le point de rosée, la vapeur d'eau qu'il contient se condense dans la paroi, d'où un risque de dégradation du bâti. Les dégâts probables sont d'autant plus importants que la quantité de vapeur d'eau est concentrée en des points particuliers de la paroi.

Un renouvellement d'air maîtrisé et de qualité nécessite une bonne étanchéité à l'air des bâtiments et une ventilation efficace (voir chapitre Ventilation).

### Écarts de consommation due à la perméabilité à l'air



L'impact de l'étanchéité à l'air sur la consommation d'énergie est important, qu'on soit en maison individuelle ou en collectif.

### Valeurs requises

Le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre doivent fixer un objectif d'étanchéité à l'air à atteindre et obtenir un engagement de tous les acteurs de la rénovation. Le test d'étanchéité à l'air est obligatoire pour l'obtention du label BBC-effinergie Rénovation et la valeur mesurée à la réception des travaux doit être inférieure ou égale à celle prise en compte dans le calcul thermique. Ce test permet de restituer la qualité des mises en œuvre des produits et systèmes, la cohérence d'intervention des lots et le contrôle continu de la qualité de l'opération de rénovation.

Considérant la diversité des typologies des bâtiments existants et le peu de retour d'expérience sur les niveaux d'étanchéité à l'air obtenus après travaux, il n'y a pas de valeur butoir.

Un débit de fuite  $Q_{4Pa-surf} \leq 0,8 \text{ m}^3/h/m^2$  en maison individuelle et  $Q_{4Pa-surf} \leq 1,3 \text{ m}^3/h/m^2$  en logement collectif est souhaitable et nécessaire pour garantir le bon fonctionnement des équipements, une bonne maîtrise des consommations et la conservation du bâti. Pour un bâtiment construit en béton, un débit d'environ  $0,3 \text{ m}^3/h/m^2$  en maison individuelle et  $0,6 \text{ m}^3/h/m^2$  en logement collectif est accessible.

Au-delà des moyens mis en œuvre pour obtenir ces résultats, il est conseillé d'utiliser une valeur pessimiste dans l'étude thermique réglementaire, afin de ne pas remettre en cause l'obtention du label si le débit de fuite mesuré après travaux est légèrement supérieur à cet objectif et qu'aucune mesure corrective n'est possible.

**Une mesure d'évaluation intermédiaire avant finition et fermeture des parois permet de présumer correctement du résultat final** (voir méthodologie p 36).

## Points de vigilance

Le schéma ci-dessous illustre les principales fuites d'air.



### Liaisons périphériques

Liaison mur/dalle sur terre-plein, liaison mur/dalle ou plancher en partie courante, joints de dilatation...



### Menuiseries extérieures

Seuil de porte palière, seuil de porte-fenêtre, liaison mur / fenêtre au niveau du linteau, coffre de volets roulants...



### Équipements électriques et canalisation de fluides

Passages des câbles et fourreaux des canalisations de fluide...



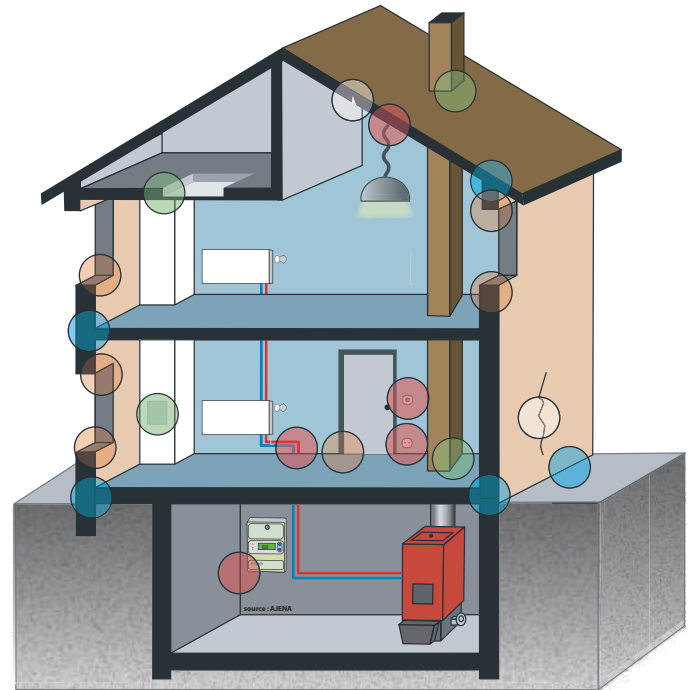
### Trappes et les éléments traversant les parois

Trappe d'accès (combles, gaines techniques...), arrivée d'air, extraction d'air, conduits de fumée...



### Parties courantes de l'enveloppe

Fissures ou microfissures, endommagement de la membrane d'étanchéité à l'air...



Source : D'après CETE de Lyon

De plus, les éléments suivants sont également une source potentielle de défauts d'étanchéité :

- Hotte de cuisine à extraction d'air direct vers l'extérieur : préférer une hotte à recyclage et informer les occupants des conditions d'entretien.
- Conduit de fumée : utiliser les systèmes spécialement conçus pour assurer l'étanchéité à l'air à la jonction entre le conduit et la paroi<sup>1</sup> et occulter le conduit en cas de non-fonctionnement.
- Évacuation d'air de sèche-linge : éviter cet équipement et prévoir un espace non chauffé et ventilé pour le séchage du linge en toute saison ; sinon, utiliser les produits et systèmes spécialement conçus pour assurer l'étanchéité à l'air à la jonction entre le conduit et la paroi<sup>1</sup> ou conseiller aux utilisateurs d'acheter un sèche-linge à condensation.
- Arrivée d'air pour système de chauffage à combustion présent dans l'espace chauffé : elle devra être reliée de manière étanche à l'appareil, lui-même étanche à l'air. Tous les appareils prélevant de l'air à l'intérieur du bâtiment (cheminée à foyer ouvert, four à pain, appareil de

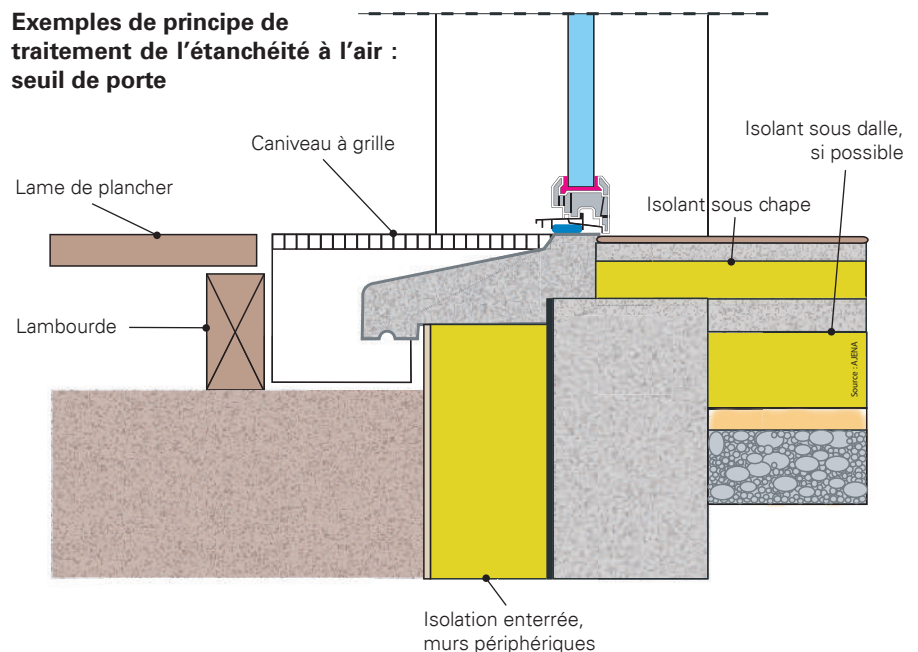
chauffage mobile à combustion...) sont à proscrire dans les bâtiments BBC-effinergie, (voir encart p. 38)

- Spots encastrés, interrupteurs, prises électriques : disposer le tableau électrique dans l'espace étanche à l'air.
- Seuils de portes extérieures : pour être compatible avec la réglementation accessibilité, le point peut être délicat à traiter. Cependant, des solutions existent, voir par exemple le schéma ci-dessous.

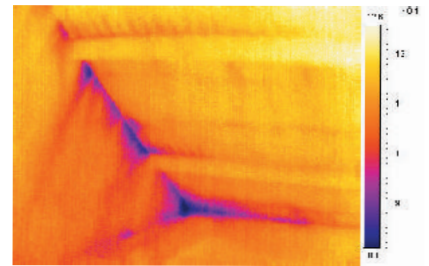
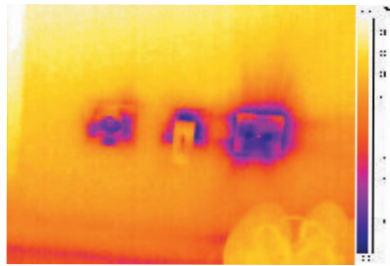
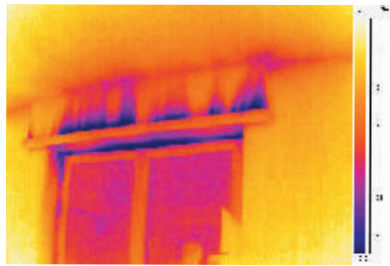
- Ascenseurs : les fabricants devraient prochainement être en mesure de proposer des portes d'accès aux ascenseurs étanches à l'air. En attendant, des solutions peuvent être trouvées au cas par cas, comme par exemple la mise en place de sas.

Cette liste n'est pas exhaustive et le maître d'œuvre doit, pour chaque opération, minimiser le nombre de percements de l'enveloppe du bâtiment et traiter chaque traversée de paroi et liaison pour limiter les risques d'infiltrations (voir Méthodologie p. 36).

### Exemples de principe de traitement de l'étanchéité à l'air : seuil de porte



<sup>1</sup> Se renseigner auprès des bureaux d'études spécialisés dans l'accompagnement de projets en étanchéité à l'air et la réalisation de test. Ces systèmes relèvent d'Avis Technique



### Cas des menuiseries extérieures

La qualité de la pose et la performance des menuiseries extérieures (classement AEV) influent sur la consommation de chauffage dans des proportions très significatives.

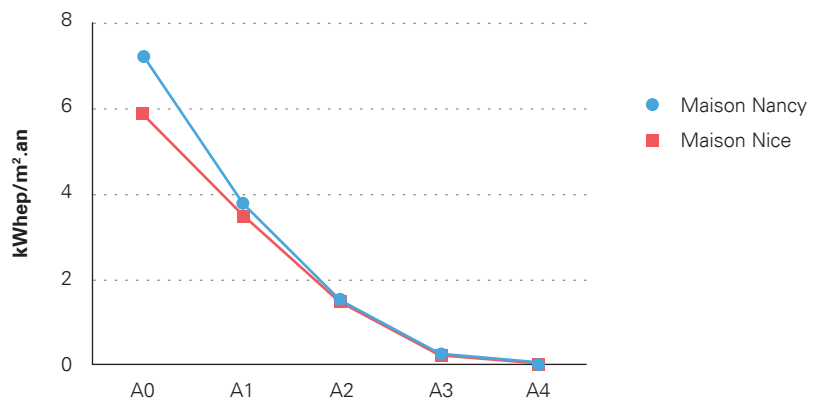
La perméabilité à l'air des menuiseries mises en œuvre (sans entrées d'air de ventilation) est habituellement la classe A2<sup>1</sup>.

**Pour un bâtiment BBC-effinergie Rénovation, la perméabilité à l'air des menuiseries (sans entrées d'air de ventilation) devrait être de classe A3<sup>2</sup> à minima et idéalement de classe A4<sup>3</sup> afin de ne pas pénaliser la performance globale du bâtiment.**

Le graphique ci-contre décrit l'impact des défauts d'étanchéité des menuiseries en œuvre sur la consommation de chauffage en maison individuelle.

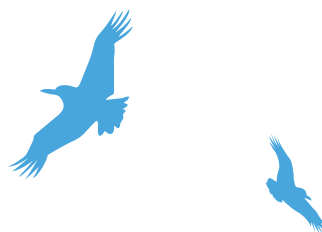
On compare la classe d'étanchéité d'une menuiserie posée selon différents niveaux de performances par rapport à une menuiserie de référence de classe A4.

**Surconsommation due à la perméabilité à l'air des menuiseries extérieures comparée au cas des menuiseries A4**



*Simulation réalisée en collaboration avec le Laboratoire d'Énergétique du Bâtiment, du CEA, au sein de l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES).*

**Note :** Les classements (A1 à A4) créés pour qualifier la menuiserie seule sont utilisés ici, par extension, pour qualifier la menuiserie en œuvre. A0 est une classe d'étanchéité fictive qui correspond à une perméabilité détériorée par des joints abimés ou des jeux dus au vieillissement de la menuiserie.



<sup>1</sup> Soit 27 m³/h/m² à 100 Pa, ce qui correspond à un débit de fuite de 3,16 m³/h/m² de baie sous une différence de pression de 4 Pa (selon mesure NF EN 12-207)

<sup>2</sup> Soit un débit de fuite non souhaité de 9 m³/h/m² à 100 Pa, ou encore 1,05 m³/h/m² de baie à 4 Pa

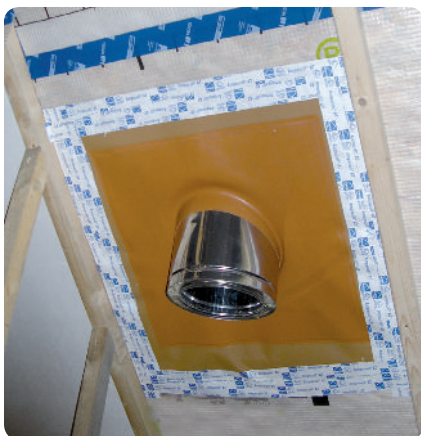
<sup>3</sup> Soit un débit de fuite non souhaité < 6 m³/h/m² à 100 Pa, ou 0,35 m³/h/m² de baie à 4 Pa

## Méthodologie



Réfection de plancher intermédiaire :  
Pose d'un morceau de membrane  
d'étanchéité entre le sabot et le mur pour  
faciliter le raccordement ultérieur à la  
membrane en partie courante.

Photo : Ajena



Traitement du passage du conduit de fumé  
Photo : Énergie Positive



Jointement de chaque laize de pare-vapeur  
Photo : DER

### Programmer

**Pour obtenir une bonne étanchéité à l'air, il est nécessaire d'intégrer cette préoccupation très en amont, notamment en :**

- formalisant l'engagement pris par toute l'équipe de construction ou d'intervention,
- déterminant le rôle et les points clés de chaque intervenant et en formalisant sa contribution au résultat final,
- programmant un premier test de recherche des fuites (sans mesure de débit) au moment où le clos et couvert est terminé, en présence de l'ensemble des entreprises (c'est à la fois pédagogique et permet à chacun de voir ses erreurs). Ceci permet assez facilement de remédier aux principaux défauts.

### Concevoir et prescrire les bons produits

**Une bonne étanchéité à l'air relève d'abord d'un « bon dessin », donc d'une bonne conception.**

**L'architecte doit faire l'inventaire des zones fragiles de son bâtiment et doit donner une réponse constructive (nature des assemblages, membrane, ruban d'étanchéité, etc.), notamment en :**

- figurant le tracé de l'étanchéité des parois sur tous les plans,
- définissant les systèmes d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment en parties courantes,
- limitant autant que possible le nombre de pénétrations de l'enveloppe étanche,
- réalisant ensuite des carnets de détails d'exécution du traitement de l'étanchéité à l'air à chaque jonction<sup>1</sup>,
- décrivant ces exigences dans les CCTP par lots et en les budgétant.

**La conception s'appuie sur l'offre des produits/accessoires spécifiquement dédiés au traitement de l'étanchéité à l'air** (et/ou des systèmes complets de traitement sous Avis Techniques), dont les composants sont évalués et compatibles entre eux : membranes d'étanchéité à l'air, calfeutrements, passe-câbles et passeconduits, adhésifs à longue durée de vie, enduits, mastics, etc.

### Sensibiliser et réaliser

**La qualité de la mise en œuvre est essentielle. Il est donc important :**

- de fournir aux entreprises des détails constructifs clairs et finaliser les carnets de détails d'exécution avec les entreprises concernées, notamment pour s'assurer que le concepteur et le faiseur se sont bien compris,
- d'organiser des réunions d'information et de sensibilisation auprès des entrepreneurs en amont du chantier et au début des travaux,
- de bien coordonner les interventions des entreprises,
- de se déplacer sur le chantier pour « former » les faiseurs,
- d'accompagner les entreprises tout au long du chantier,
- de suivre soigneusement le chantier, notamment en faisant un point sur le sujet à chaque réunion de chantier,
- de respecter les destinations des systèmes et leur association (ou les Avis Techniques).

### Vérifier

**Le maître d'œuvre doit assurer tout au long du chantier un suivi rigoureux du traitement des points sensibles. Le test intermédiaire d'auto-évaluation est particulièrement utile et doit être réalisé en présence de toutes les entreprises**, avant la mise en place des parements de finition et l'habillage des gaines techniques, pour identifier les fuites et effectuer les corrections. Le test d'étanchéité final est réalisé à la réception du chantier par un opérateur autorisé. Le procès-verbal du test est un des éléments de la certification.

### Corriger

**Suite à chacun des tests, exécuter les mesures correctives**, ce qui est facilité par la description des responsabilités de chacun dans les CCTP.

**Les Régions Alsace, Bourgogne Franche-Comté, Pays de la Loire et les Directions de l'Ademe de ces mêmes régions réalisent un film et un guide sur l'étanchéité à l'air. Ce film présente les défauts à éviter et les corrections à mettre en œuvre pour atteindre une bonne étanchéité à l'air<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> Il peut pour cela se référer au cahier de recommandations du CETE de Lyon issu du projet MININFIL qui détaille avec précision le traitement de l'ensemble de ces points.

<sup>2</sup> Plus d'informations sur [www.effnergie.org](http://www.effnergie.org)

## Ventilation

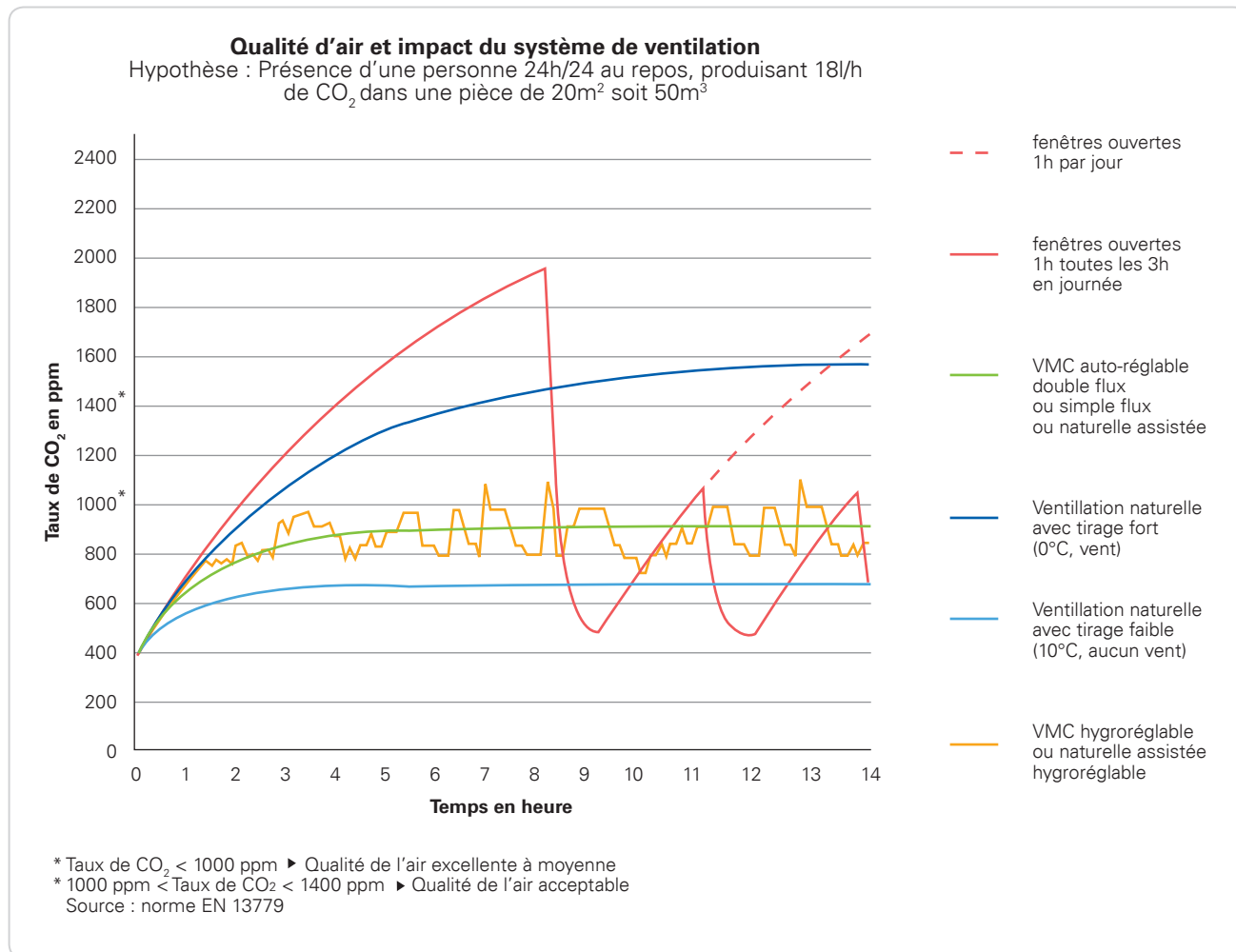
Garantir la qualité de l'air intérieur et maîtriser les consommations !

Les travaux de rénovation modifient et déséquilibrent « l'aération historique » du logement. Le bâtiment est plus étanche à l'air.

Il est impératif d'installer une ventilation générale et permanente (ou de la rénover), dimensionnée correctement afin d'assurer un air

sain et d'éliminer les risques de condensation sur les parois.

Le rôle essentiel d'une ventilation de qualité est donc de garantir la qualité sanitaire de l'air tout en limitant les consommations d'énergie pour le chauffage de l'air et le fonctionnement des ventilateurs.



Un manque de renouvellement d'air peut être à l'origine de traces d'humidité à la surface des parements intérieurs, particulièrement au niveau des points froids non traités.

Photo : Actimur

Le graphique ci-dessus présente le calcul de l'évolution du taux de CO<sub>2</sub> (indicateur majeur de la qualité sanitaire de l'air), dans une pièce étanche à l'air, occupée par une personne pendant 24h, sans considérer les activités de type douche, cuisine, etc.

Il démontre que :

- **L'ouverture des fenêtres ne constitue pas une ventilation efficace.**
- **L'efficacité de la ventilation naturelle par conduits est fonction des conditions climatiques.** Les débits de renouvellement d'air sont généralement :
  - soit trop élevés, induisant une surconsommation d'énergie
  - soit trop faibles pour assurer la qualité de l'air intérieur du logement.

**Une ventilation mécanique s'impose.**





La ventilation a aussi pour objectif d'évacuer les différents polluants présents dans le logement, dont les composés organiques volatiles (COV) émis par les produits de construction et de décoration, la présence et l'activité humaine (tabagisme, activités de cuisine ou d'entretien, bureautique...).

Un classement des polluants de l'air intérieur a été effectué par l'observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur<sup>2</sup>. La famille des aldéhydes est identifiée comme un des polluants prioritaires à gérer du fait de leur caractère cancérigène<sup>3</sup> et de leur présence très fréquente dans nos environnements intérieurs (panneaux de particules, meubles, produits d'entretien ou de bricolage, cuisine, cosmétiques...). A ce jour, des documents sont parus<sup>4</sup>,

**Tout foyer de combustion ouvert devient très dangereux dans un bâtiment étanche à l'air et disposant d'une ventilation mécanique puisqu'il y a risque de combustion incomplète et donc de dégagement de monoxyde de carbone, qui est un gaz mortel.<sup>1</sup> N'utiliser que des foyers dits « étanches ». Il existe aussi des solutions spécifiques de couplage VMC-chaudière gaz.**

mais il n'y a pas de consensus entre les différentes instances sur des protocoles de mesure associés à des valeurs seuils et autres exigences (débit de renouvellement d'air associé, etc.).

**Au-delà de la nécessité de limiter les sources d'émission de COV<sup>5</sup>, il est essentiel de concevoir, dimensionner, installer et entretenir un système de ventilation qui permette d'assurer**

**l'évacuation de l'air vicié, de manière adaptée au bâtiment, à son utilisation et aux possibilités de maintenance.**

De plus, il convient de respecter à minima les débits de ventilation donnés dans l'Arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements, même si le respect de ce texte n'est pas obligatoire dans l'existant.

## Ventilation mécanique contrôlée centralisée

Systèmes adaptés aux maisons individuelles (avec ou sans système de ventilation existant). En habitat collectif, ces systèmes seront en fonction des cas, collectifs ou par appartement (voir encart p. 39 dans le cas de conduits « shunt » ou individuels existants).

La VMC permet de satisfaire le double objectif de qualité sanitaire de l'air et de maîtrise des consommations d'énergie :

- par la modulation des débits d'air ou
- par la récupération de la chaleur

Pour assurer l'efficacité de ces systèmes, la bonne étanchéité à l'air des réseaux aérauliques est essentielle et doit être vérifiée. Elle est plus facile à atteindre et plus pérenne lorsque le réseau est fait de conduits rigides.

### **Moduler les débits d'air en fonction de l'occupation des logements.**

On ventile ainsi plus pendant les périodes où le bâtiment est très occupé et moins pendant les périodes de moindre occupation.

**La ventilation mécanique contrôlée simple flux hygroréglable type B** est le système le plus couramment installé.

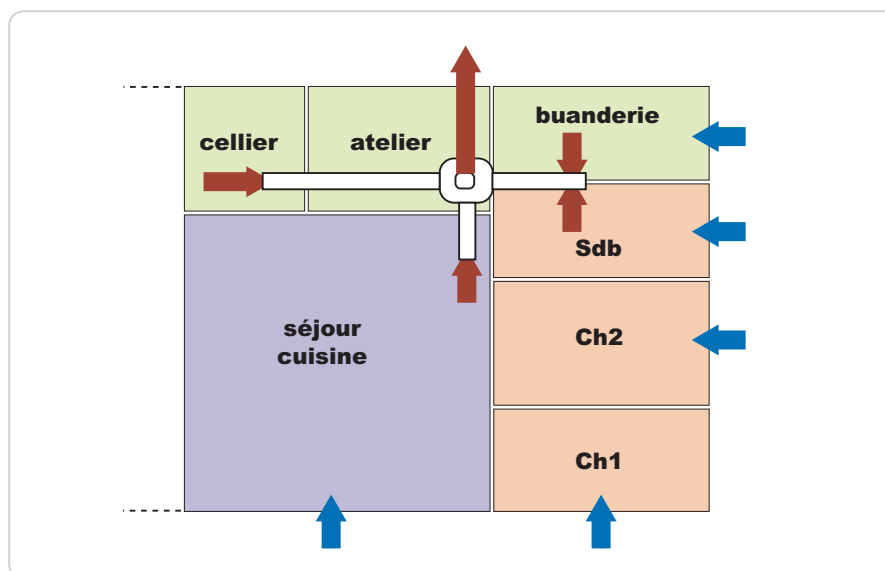
Les entrées d'air et les bouches d'extraction modulent le débit de renouvellement d'air en fonction de l'humidité intérieure liée à l'occupation. Ce système est adapté aux logements dont l'occupation va fortement varier au cours de la journée ou de la semaine. Pour un bâtiment soumis à des risques sanitaires intérieurs ou extérieurs, le système de ventilation doit être conçu spécifiquement.

### **Cas des bâtiments collectifs déjà équipés d'une VMC avant rénovation**

Intervention nécessaire :

- reprendre la géométrie et le dimensionnement des parties collectrices horizontales,
- remplacer le ventilateur d'extraction pour disposer d'une courbe caractéristique plus adaptée et absorbant une puissance moindre.

L'objectif est de diminuer les pertes de charge et leurs écarts pour respecter les grandes variations engendrées par les fonctions hygrorégulantes mises en place dans les logements et assurer le confort acoustique.



<sup>1</sup> voir Arrêté du 23 février 2009 relatif à la prévention des intoxications par le monoxyde de carbone dans les locaux à usage d'habitation.

<sup>2</sup> www.air-interieur.org

<sup>3</sup> En 2004, le Centre international de recherche sur le cancer a classé le formaldéhyde cancérigène certain pour l'Homme (groupe 1)

<sup>4</sup> Voir bibliographie, partie qualité de l'air intérieure

<sup>5</sup> Voir la brochure « Les bons gestes pour un bon air, quelques conseils pour améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des logements », de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur



### Préchauffer l'air entrant par récupération de la chaleur sur l'air extrait du logement

Le système double flux avec échangeur récupère la chaleur de l'air extrait du logement pour préchauffer directement l'air neuf insufflé dans le logement.

De plus, ce système permet d'améliorer la qualité de l'air entrant grâce à un système de filtres qui doit être entretenu régulièrement pour garder son efficacité (en moyenne tous les 3

**Une vérification des débits de renouvellement d'air à la réception des travaux est indispensable.**

ou 4 mois et plus fréquemment en zone très empoussiérée). Les gaines d'amenée d'air et l'échangeur doivent être accessibles pour faciliter l'entretien.

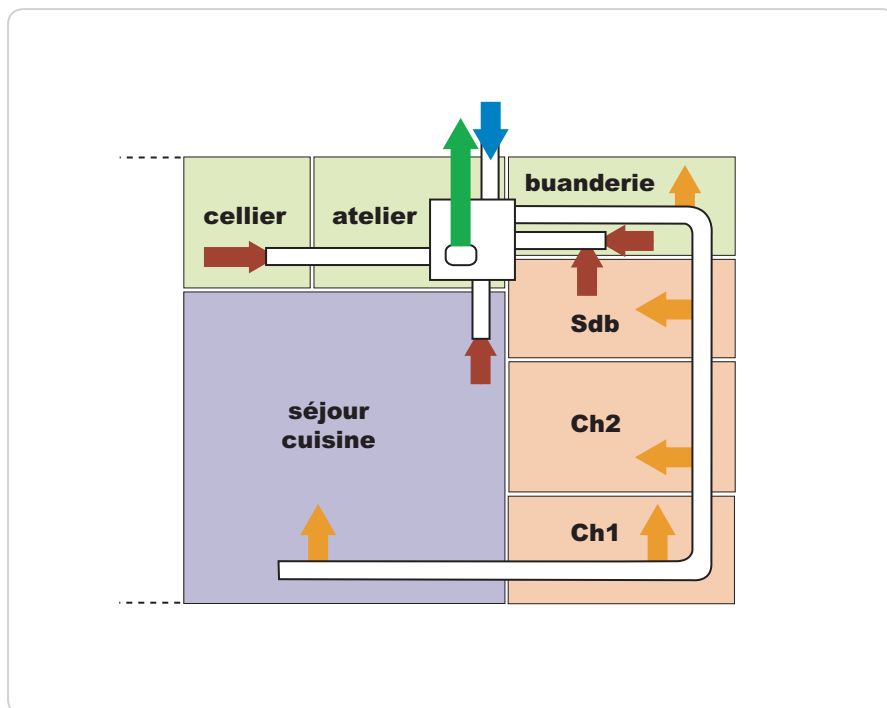
Le système double flux nécessite des travaux d'aménagements intérieurs plus importants qu'une ventilation simple

flux, mais il permet un confort optimal pour les occupants par une distribution d'air neuf réchauffé et filtré. L'absence d'entrées d'air directes dans les pièces de vie améliore l'isolation acoustique par rapport aux bruits extérieurs. La maîtrise d'œuvre doit être vigilante lors de la conception et du dimensionnement des systèmes, pour éviter tout problème de bruit des bouches d'insufflation et d'extraction.

La présence de deux ventilateurs peut rendre le double flux moins performant en consommation globale en énergie primaire qu'un système hygroréglable de type B, en particulier dans le cas d'un rendement d'échangeur inférieur à 80%. Ce point faible peut être compensé par des réseaux bien conçus (peu de pertes de charge) associés à des ventilateurs à vitesse variable et faible consommation.

### **Moduler les débits d'air tout en récupérant la chaleur de l'air extrait pour préchauffer l'air entrant du logement.**

De nouveaux systèmes double-flux hygroréglables, qui modulent les débits en fonction de l'humidité intérieure tout en récupérant la chaleur de l'air extrait apparaissent sur le marché.



### **Cas des bâtiments collectifs équipés de systèmes de ventilation par tirage thermique**

Dans les bâtiments d'habitat collectif munis de conduits unitaires ou Shunt, il faut au préalable traiter si nécessaire :

- la perméabilité à l'air des conduits,
- la rugosité et/ou la section des conduits induisant des pertes de charges trop importantes,
- les écarts de pertes de charge entre logements.

Cette opération doit être conduite impérativement dès la phase APS ou APD.

Un état des lieux détaillé des conduits existants, de leurs raccordements à la ventilation haute en place ainsi que de leurs débouchés en têtes et pieds de colonne doit déjà être entrepris avec méticulosité pour définir des travaux

d'adaptations et de réparations et lever une partie des origines des fuites mesurées.

Lorsque des conduits de fumée non utilisés en bon état (étanches) et bien situés sont disponibles, il est souvent intéressant de les préférer aux conduits de ventilation.



## Autres systèmes de ventilation

### Ventilation mécanique contrôlée répartie

L'installation d'un système de Ventilation Mécanique Contrôlée répartie peut être envisagée, lorsqu'un système de ventilation centralisé s'avère complexe, voire impossible.

Ce système induit une consommation d'électricité généralement supérieure à celle d'une VMC centralisée et peut être plus bruyant (les ventilateurs sont en contact direct avec les pièces aérées).

Des nouvelles solutions de ventilation double flux décentralisée (ou pièce par pièce) apparaissent sur le marché<sup>1</sup>, certaines nécessitent le recours à la procédure prévue par l'arrêté du 13 juin 2008 dite de « titre V » (voir [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org) rubrique BBC-effinergie Rénovation).

### Ventilation naturelle assistée modulée

Un système de ventilation naturelle assistée modulée est un système de ventilation naturelle équipé de ventilateurs qui se mettent en route lorsque les conditions naturelles du tirage thermique sont insuffisantes. Pour être optimisée, celle-ci doit également être modulée en fonction de l'hygrométrie.

Ce système relève d'un Avis Technique qui détermine sa plage de fonctionnement ainsi que le domaine d'emploi. Il est actuellement réservé à l'habitat collectif déjà équipé de conduits de ventilation naturelle.

### Récupérer la chaleur de l'air extrait pour la production d'eau chaude sanitaire

Il est possible de combiner ventilation et production d'ECS avec le recours à un chauffe-eau thermodynamique puisant ces calories sur l'air extrait par le système de ventilation.

On récupère ainsi la chaleur de l'air extrait sans passer par un système double flux.



## CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ DES VENTILATEURS

**Dans tous les cas, les ventilateurs des systèmes de ventilation fonctionnant toute l'année, on utilisera exclusivement des moteurs à vitesse variable et faible consommation.**

**Comme le montrent le tableau suivant, l'écart de consommation entre l'utilisation de ventilateurs les plus performants et les moins performants peut aller jusqu'à 11 kWhep/m<sup>2</sup>.an.**

**La consommation des auxiliaires de ventilation dépend aussi de la conception des réseaux de ventilation, dont il est primordial de limiter au maximum les pertes de charge.**

Consommation d'électricité pour les auxiliaires de ventilation en kWhep/m <sup>2</sup> .an		Ventilateurs les plus énergivores	Ventilateurs les plus économes	Écarts de consommation
En maison individuelle	VMC hygro	7 (34 WThC*)	2 (9 WThC*)	5
	VMC double-flux	10 (48 WThC*)	4 (20 WThC*)	6
En collectif	VMC hygro	8 (700 WThC*)	3 (250 WThC*)	5
	VMC double-flux	23 (2000 WThC*)	12 (1040 WThC*)	11

\* : WThC : Puissance moyenne pondérée calculée selon la RT2005.

**Note** : les consommations données ici sont issues d'exemples (maison 90 m<sup>2</sup> et collectif de 20 logements).



<sup>1</sup> Voir Notes techniques et réflexions, Principes et matériels de ventilation double flux décentralisée avec récupération de chaleur, Bastien Garbay, Enertech Mars 2009



## Systèmes de chauffage

### Réduire les besoins de chauffage et sélectionner les meilleures technologies !

Le chauffage représente un poste important de consommation dans un logement. Pour un logement BBC-effinergie Rénovation, il peut encore représenter de 30 à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an dans les zones climatiques les plus

froides, mais devient très faible en zone méditerranéenne où il peut être inférieur à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an.

**Après avoir réduit le plus possible les besoins de chauffage par des travaux sur les parois et la ventilation, les équipements doivent être les plus performants possible pour réduire au maximum la consommation.**

**Répondre à un besoin de confort tout en réduisant la consommation revient à sélectionner les meilleures technologies présentes sur le marché, tout en privilégiant les sources d'énergie renouvelables.**

- Étudier avec soin à la phase conception de l'installation : la génération de chaleur, la distribution, l'émission et la régulation
- Veiller à la cohérence de l'installation complète et de son adaptation aux nouveaux besoins, en prenant en compte l'état initial, le projet de rénovation et ses éventuelles étapes, ainsi que les contraintes d'usage du système.
- Se poser les bonnes questions : faut-il conserver l'ancien générateur devenu trop puissant ? Est-il possible de conserver les émetteurs existants ?...

## Système de Génération

Les critères de choix des systèmes de génération sont :

- l'adaptation aux caractéristiques et à l'utilisation du bâtiment,
- l'efficacité énergétique,
- l'impact environnemental (notamment leur consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre),
- la disponibilité à long terme de la ressource,
- la facilité d'entretien et de maintenance performante du point de vue environnemental.

Dans le cadre du label BBC-effinergie Rénovation, les techniques de génération de chaleur suivantes peuvent être pertinentes :

### La chaudière à condensation au gaz ou au fioul

Grâce à la récupération de la chaleur latente rejetée par les produits de combustion, son rendement dépasse les 100 %, à condition que les émetteurs fonctionnent à basse température. Le conduit d'évacuation doit être adapté.

### La pompe à chaleur avec un COP annuel<sup>1</sup> supérieur ou égal à 3,5

Cette performance peut être atteinte si la PAC est :

- dimensionnée au plus juste (dans certains cas, en fonction du type de

machine, elle devra même être sous-dimensionnée),

- associée à un système d'émission basse température,
- entretenue correctement : nettoyage régulier des filtres en particulier,
- composée d'un système qui prélève les calories :
  - sur nappe phréatique, si le débit de la source est suffisant (COP normalisé<sup>2</sup> (10°C/35°C) ≥ 3,5),
  - ou dans le sol : forages ou capteurs horizontaux si la qualité du sol s'y prête (COP normalisé<sup>2</sup> (0°C/35°C) ≥ 3,5),
  - ou sur l'air extérieur, à condition que le climat ne soit pas trop rude et avoir un COP normalisé<sup>2</sup> (7°C/35°C) ≥ 4.

### Recommandations

- Privilégier, dans la mesure du possible, une pompe à chaleur disposant d'une modulation de puissance (type « Inverter » pour les petites puissances ou à compresseurs étagés pour les puissances plus importantes).
- Le choix de produits portant la marque NFPAC garantit la conformité des pompes à chaleur aux normes en vigueur ainsi que le respect des performances minimales.<sup>3</sup>
- Sur nappe phréatique, forages ou capteurs enterrés, ce système permet un rafraîchissement passif en faisant seulement circuler le fluide du circuit primaire dans le plancher, sans faire fonctionner la pompe à chaleur.

### La chaudière à bois automatisée

### de classe 3

Elle utilise une énergie renouvelable et offre, via son système automatisé, une garantie de combustion régulée et optimisée suivant les besoins.

Il convient de faire intervenir des professionnels spécialisés en bois-énergie : installateur et bureau d'études pour les logements collectifs. Dans le cas du bois déchiqueté, la qualité du combustible (humidité, calibrage...) doit être adaptée à l'appareil (suivre les normes et certifications). Le maître d'ouvrage gagne à demander un contrat d'approvisionnement et à prévoir le stockage adapté.

### Recommandations

L'utilisation d'une chaudière labellisée Flamme Verte<sup>4</sup> est une garantie de performance.

Il est essentiel de choisir un appareil avec un taux d'émission de particules le plus bas possible et d'utiliser les filtres adéquats si besoin. La réglementation sur ce point évolue très vite : il faut donc se renseigner pour la respecter voire la devancer<sup>5</sup>.

Ce type de système ne doit pas être utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire en dehors de la période de chauffe.

<sup>1</sup> Le COP annuel, ou coefficient d'exploitation annuel, est le coefficient de performance moyen annuel du système de production de chaleur, y compris ses auxiliaires. Il peut être très différent du COP normalisé, qui correspond à des conditions de température fixes.

<sup>2</sup> Le COP normalisé est le rapport entre la chaleur fournie et l'électricité consommée par le compresseur, à des conditions de température prédéfinies selon des normes et différentes selon les sources froides (par exemple sur l'air extérieur : T° émission=30/35°C et T° extérieure=7°C). Il ne prend pas en compte les consommations des auxiliaires.

<sup>3</sup> Liste des pompes à chaleur admises à la marque NFPAC disponible sur <http://www.certita.org/listePompes.php>

<sup>4</sup> Liste des produits labellisés Flamme Verte disponible sur <http://www.flammeverte.org>

<sup>5</sup> Voir sur [www.bienergie-promotion.fr](http://www.bienergie-promotion.fr) et [www.cibe.fr](http://www.cibe.fr)



## Le chauffage solaire

Il est envisageable lorsque :

- l'installation de capteurs solaires orientés au maximum à 30° du Sud et inclinés à plus de 35° est possible (de préférence comme élément architectural : toit, auvent...),
- le logement peut être équipé d'émetteurs à basse température (plancher chauffant) et d'un système de stockage (ballon surisolé ou dalle épaisse).

Le chauffage solaire peut alors couvrir 30 à 60 % des besoins de chauffage et est utilisé conjointement à un autre système.

Un Système Solaire Combiné (SSC) doit respecter les exigences normatives et réglementaires. La liste Ô Solaire<sup>1</sup> répertorie l'ensemble des systèmes apportant une garantie de conformité.

### Le raccordement à un réseau de chaleur Enr ou avec cogénération

Celui-ci doit utiliser des énergies renouvelables (à plus de 50%) et/ou un système de cogénération (production simultanée de chaleur et d'électricité).

### Le chauffage électrique direct en zone H3 avec surisolation

Celui-ci peut être envisagé en zone méditerranéenne moyennant un effort important sur les autres postes comme l'isolation et l'étanchéité à l'air.

## Recommandations

**Le choix d'une production performante doit toujours être associé à un bon dimensionnement. En effet, un surdimensionnement de la génération conduit à un surinvestissement inutile et généralement à une perte d'efficacité.**

### L'écogénérateur ou micro-cogénération au gaz.

L'association d'un brûleur gaz naturel et d'un moteur Stirling permet de produire simultanément de la chaleur (chauffage et ECS) et de l'électricité. Celle-ci peut être revendue ou autoconsommée. Le rendement de production de chaleur est de l'ordre de celui des chaudières à condensation de dernière génération. D'autres solutions peuvent être également envisagées. Certaines nécessitent le recours à la procédure prévue par l'arrêté du 13 juin 2008 (voir [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org) rubrique BBC-effinergie Rénovation).

### La PAC Gaz à absorption sur air extérieur ou avec capteurs verticaux.

Ce système peut produire de la chaleur pour le chauffage et l'ECS pour les logements collectifs (des modèles petite puissance pour le logement individuel sont en développement). Les COP nominaux PCI atteignent 1,65 pour la solution aérothermique et 1,70 pour la version géothermique.

**L'appareil de chauffage au bois indépendant** utilise une énergie renouvelable (bûches ou granulés). Poêles, inserts ou cuisinières peuvent

être utilisés en appoint ou en chauffage principal pour de petits logements suffisamment compacts. Les modèles munis d'un bouilleur peuvent être raccordés au circuit de chauffage, l'utilisation d'un ballon tampon est alors recommandée. **Le choix d'un système étanche muni d'une prise d'air extérieur reliée de manière étanche à l'appareil est impératif.** Il est essentiel de respecter les mêmes recommandations que pour la chaudière à bois automatisée. (voir page précédente).

**La PAC sur air extrait**, associée à l'échangeur de la ventilation double-flux, peut permettre de réaliser la couverture du besoin de chauffage, si celui-ci est suffisamment faible (de l'ordre de 10W/m<sup>2</sup>). En immeuble collectif, chaque logement doit alors être équipé de son propre système (échangeur - PAC).

Dans le cas d'un chauffage individuel, placer le générateur en volume chauffé permet de réduire sensiblement les consommations, attention cependant aux risques de surchauffe d'été si le système fait aussi la production d'eau chaude sanitaire.

## Réseau de distribution et émetteurs

Le réseau de distribution doit être le plus court possible, ce qui réduit les pertes... et les coûts.

**Les travaux d'isolation ayant supprimé les parois froides, il n'est plus nécessaire de placer les radiateurs sous les fenêtres. On peut alors souvent imaginer des réseaux beaucoup plus compacts, plus courts et moins déperditifs, tout en évitant les passages en extérieur.**

## Recommandations

- Bien isoler le réseau de distribution, surtout hors volume chauffé (classe 4 minimum<sup>2</sup>).
- Privilégier les circulateurs à vitesse variable pilotés par la régulation et de classe énergétique A<sup>3</sup>. Attention : pour que le débit d'un circulateur varie, la régulation terminale doit être faite par variation de débit !
- Limiter le nombre de circulateurs ou plus généralement d'auxiliaires électriques, ainsi que les pertes de charges du réseau de distribution.



Photo : Ajena

<sup>1</sup> Liste des matériels référencés sur <http://www.o-solaire.fr>

<sup>2</sup> Un tableau donnant les épaisseurs d'isolant équivalentes en fonction notamment du diamètre du tube est disponible sur le site [rt-batiment.fr](http://rt-batiment.fr) rubrique fiche d'application de la RT 2005 / Isolation des réseaux de distribution d'eau chaude.

<sup>3</sup> Une labellisation européenne des circulateurs est désormais mise en place (classement de A à G, comme pour l'électroménager).

- En logement collectif, opter pour un emplacement en position centrale permet de réduire les longueurs et donc les pertes de distribution.

Les émetteurs à basse température et en particulier le plancher chauffant, procurent un meilleur confort thermique que d'autres émetteurs, pour une température d'air plus faible (donc moins de consommation d'énergie), grâce à une diffusion de la chaleur bien répartie majoritairement par rayonnement. De plus, la plupart des systèmes de production de chaleur sont plus

performants s'ils sont installés avec des émetteurs basse température.

**Une fois les besoins de chauffage très fortement diminués, il est généralement possible de faire fonctionner les radiateurs initiaux (à l'origine dimensionnés pour des besoins de chaleur élevés) à basse température, sous réserve du réglage et de l'équilibrage de l'installation.**

Prévoir de désembouer le réseau de distribution s'il est conservé avant toute intervention.

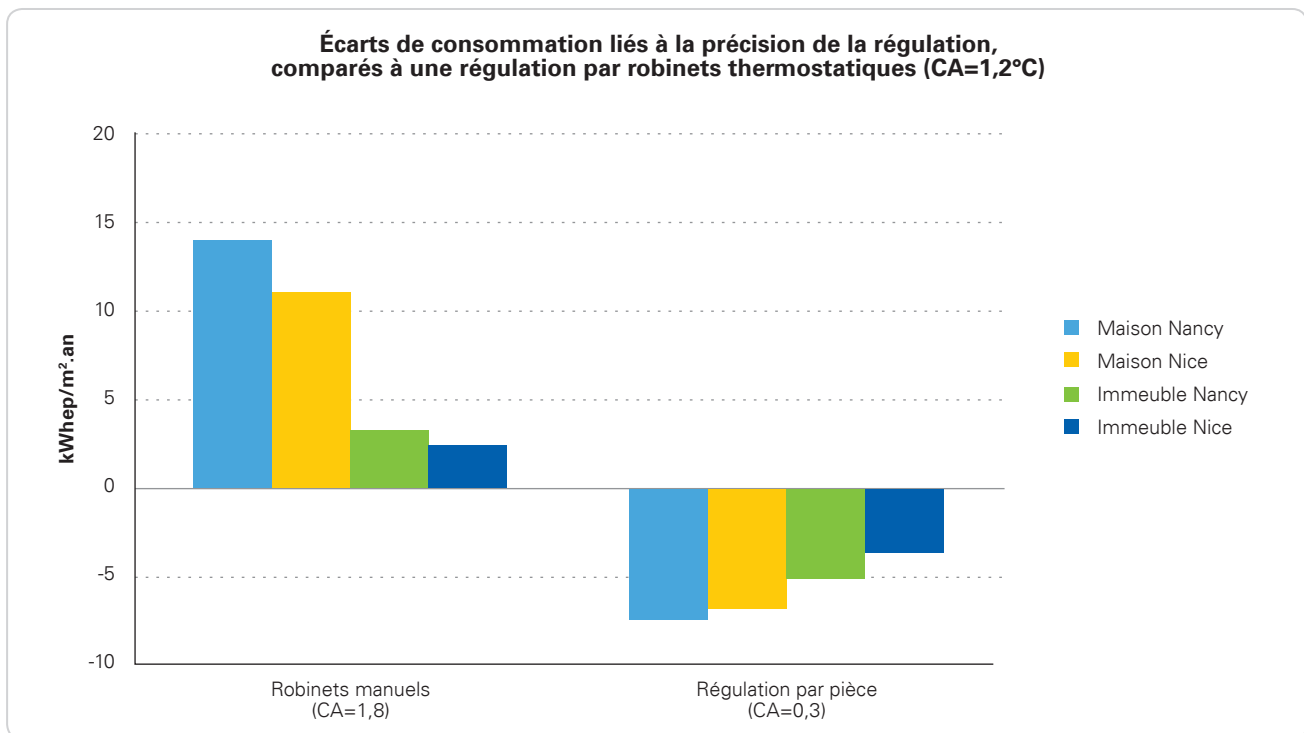


## Régulation/programmation

**La régulation performante des émetteurs de chaleur est indispensable pour créer les conditions de confort optimal et tirer parti des apports solaires et internes, qui peuvent couvrir jusqu'à 50 % des besoins de chauffage, dans un logement BBC-effinergie Rénovation. Pour cela, la régulation terminale doit être capable de réagir localement, rapidement et de façon précise.**

On peut par exemple, substituer aux robinets thermostatiques traditionnels des régulations par pièce capables de réagir beaucoup plus rapidement et avec une valeur de précision de la régulation (CA) inférieure à 0,8°C<sup>1</sup>. Ceci permet de rester très proche de la température de consigne : à 21°C on consomme déjà 30% de plus qu'à 19°C, l'enjeu est donc considérable.

L'installation d'une programmation permettant de gérer les absences et abaissement de température est absolument obligatoire. Trop d'équipements fonctionnent alors qu'ils devraient être à l'arrêt. Pour une maison individuelle située à Nancy, les économies sont d'environ 3 kWhep/m<sup>2</sup>.an.



**Les performances du système sont liées au dimensionnement, à une mise en œuvre de qualité et à un bon réglage et équilibrage.**

<sup>1</sup> Régulation terminale de type robinets à moteur électrothermique : tête thermostatique munie d'une petite résistance chauffante de 1,5 W, permettant une fermeture rapide dès que la consigne de température est dépassée. Liste des produits et valeurs de la précision de régulation (CA) sur <http://www.eubaccert.eu/licences-by-criteria.asp>

## Production d'eau chaude sanitaire

Limiter la consommation d'énergie liée à la production d'eau chaude sanitaire !



Photo : Ajena

En rénovation BBC-effinergie, la consommation d'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire peut être du même ordre de grandeur que celle du chauffage. **Mal maîtrisée, elle peut conduire à elle seule à des consommations d'énergie incompatibles avec le label BBC-effinergie Rénovation.**

En zone H3, elle peut être largement supérieure aux consommations conventionnelles de chauffage.

### Volumes puisés

**Réduire préalablement les volumes d'eau puisés.** Pour cela, utiliser les dispositifs suivants :

- réducteurs de pression (<3 bars) à l'entrée des bâtiments,
- limiteurs de débit autorégulés et calibrés (à 4 l/min) au nez des robinets des lavabos et des éviers,
- douchettes à économie d'eau de type à turbulence ou à effet Venturi.

### Génération

Dans le cas d'un générateur commun au chauffage et à l'ECS, il convient d'éviter une production d'eau chaude sanitaire instantanée qui conduit à une puissance surdimensionnée pour le chauffage en rénovation BBC-effinergie.

Par ailleurs, le recours à l'un des systèmes suivants permet d'optimiser ce poste de consommation d'énergie.

**Eau chaude solaire :** L'utilisation d'un chauffe-eau solaire peut permettre de diviser par deux la consommation d'énergie de ce poste. Il faut pour cela pouvoir installer les capteurs solaires au maximum à 45° du Sud, de préférence comme élément architectural (toit, auvent...). Un chauffe-eau solaire individuel doit respecter les exigences normatives et réglementaires, notamment la norme NF CESI.

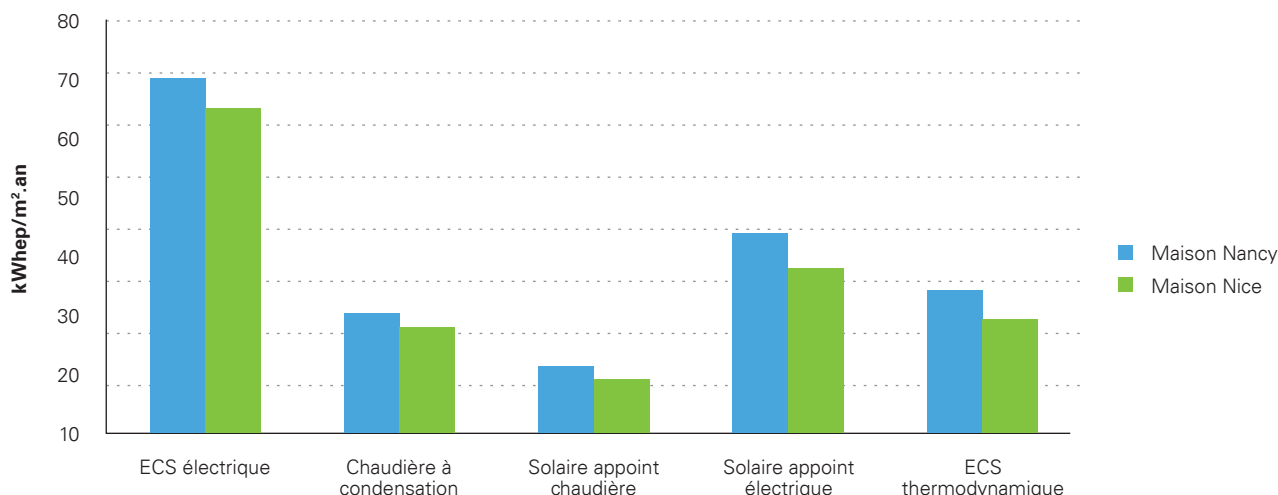
A défaut, la liste « Ô Solaire » répertorie le matériel apportant une garantie de conformité<sup>1</sup>.

**ECS thermodynamique :** L'utilisation d'une pompe à chaleur spécialement optimisée pour la production d'ECS peut être judicieuse. La source froide de la pompe à chaleur peut être :

- l'air extérieur, lorsque le climat n'est pas trop rude avec un COP normalisé<sup>2</sup> (7°C/60°C)  $\geq 2,8$
- le sol avec des capteurs enterrés avec un COP normalisé<sup>2</sup> (0°C/60°C)  $\geq 3$
- une nappe phréatique si un débit suffisant est disponible, avec un COP normalisé<sup>2</sup> (10°C/60°C)  $\geq 3$
- l'air extrait du logement avec un COP normalisé<sup>2</sup> (20°C/60°C)  $\geq 2,5$

Pour les logements collectifs, on peut aussi maintenant trouver sur le marché des systèmes utilisant comme source froide des capteurs solaires basse température ou les eaux usées.

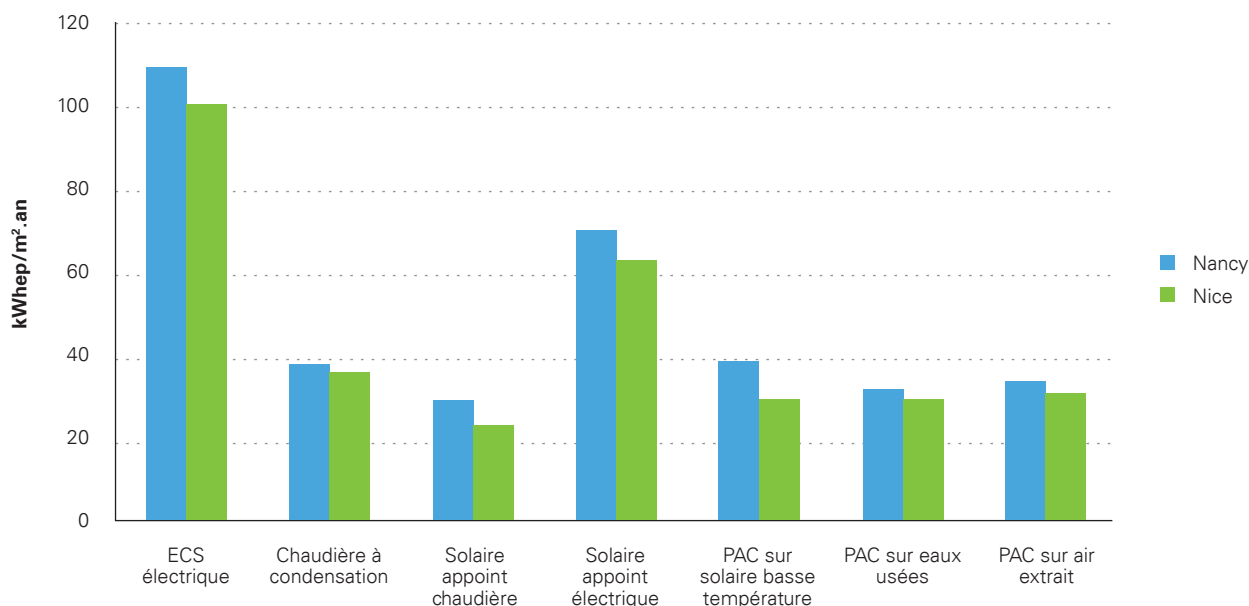
Consommation d'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire selon les systèmes en maison individuelle



<sup>1</sup> Liste des matériels référencés sur <http://www.o-solaire.fr>

<sup>2</sup> Le COP normalisé est le rapport entre la chaleur fournie et l'électricité consommée par le compresseur, à des conditions de température prédéfinies selon des normes et différentes selon les sources froides. Il ne prend pas en compte les consommations des auxiliaires.

### Consommation d'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire selon les systèmes en immeuble collectif



### Stockage

Les ballons de stockage présentent des pertes de chaleur considérables : ils doivent donc obligatoirement être très fortement isolés (80 mm minimum d'isolant de conductivité thermique inférieure à 32 mW/m.K, avec jaquette).

**Note :** Dans un bâtiment classique, une partie des pertes de chaleur est récupérée comme apport interne diminuant les besoins de chauffage, or dans un bâtiment BBC-effinergie Rénovation, qui a très peu de besoins de chauffage, elles se traduisent par des risques de surchauffe en été et par un gaspillage d'énergie inutile.



### Distribution

**Au même titre que la distribution de chauffage, la distribution d'ECS doit être isolée en classe 4 minimum<sup>1</sup>.** Les circulateurs retenus sont des circulateurs à vitesse variable pilotés par la régulation et de classe énergétique A<sup>2</sup>.

#### Recommandations

Veiller à réduire au maximum la distance entre les points de puisage et la génération, pour économiser l'énergie et pour le confort des occupants. Si cette distance est trop importante, un système de bouclage peut s'avérer nécessaire. S'il ne peut pas être évité, le bouclage doit impérativement être surisolé (isolant classe 5)<sup>1</sup> pour réduire les déperditions, ainsi que la puissance de la pompe de bouclage. De plus, une isolation de bouclage insuffisante contribue largement au risque de surchauffe d'été.



<sup>1</sup> Un tableau donnant les épaisseurs d'isolant équivalentes en fonction notamment du diamètre du tube est disponible sur le site [rt-batiment.fr](http://rt-batiment.fr) rubrique fiche d'application de la RT 2005 / Isolation des réseaux de distribution d'eau chaude.

<sup>2</sup> Une labellisation européenne des circulateurs est désormais mise en place (classement de A à G, comme pour l'électroménager).

## Confort d'été

### Des clés pour éviter les surchauffes !

**Le référentiel du label BBC-effinergie Rénovation ne prévoit pas d'exigence supplémentaire par rapport à la réglementation thermique en matière de confort d'été. Ceci signifie que les solutions retenues pour réduire la consommation doivent conduire à un confort d'été au moins aussi bon que dans une rénovation standard.**

La limitation des consommations d'énergie est essentielle, mais elle ne doit pas se traduire par une diminution du confort en hiver comme en été dans les bâtiments. L'inconfort provoque le recours à des systèmes de refroidissement actifs plus ou moins performants, augmentant de fait les consommations, ce qui est contraire au label BBC-effinergie Rénovation. Le recours à un système de rafraîchissement actif peut quasiment toujours être évité. S'il s'avère indispensable, on peut, grâce à une bonne conception, mettre en œuvre une solution performante et sobre en énergie, comme par exemple refroidir le logement en préchauffant l'eau chaude sanitaire.

Le confort thermique ne dépend pas seulement de paramètres définis scientifiquement, il est également lié à des facteurs sociaux culturels, psychologiques et physiques, propre à la perception de chaque individu. L'état de santé ou de fatigue ainsi que l'activité au cours de la journée font varier considérablement la capacité des individus à gérer la chaleur.

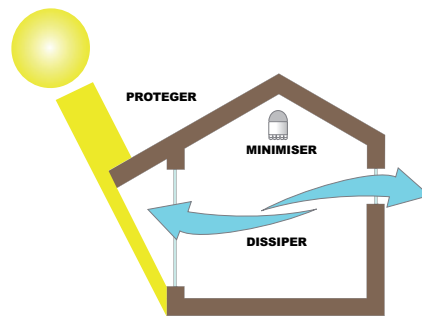
Les principaux paramètres scientifiques qui influent sur le confort thermique sont :

- la température de l'air et la température des parois
- l'humidité de l'air
- la vitesse de l'air



**Afin de limiter les surchauffes en dehors de la saison de chauffe, il est essentiel de :**

- **limiter les apports de chaleur** : apports internes et apports solaires par les vitrages et par absorption par le toit
- **et amortir les apports de chaleur, grâce à l'inertie globale du bâtiment, associé à l'évacuation de la chaleur, grâce à la ventilation nocturne** : stockage de l'énergie dans les masses accumulatrices des matériaux de contact le jour et refroidissement de ces masses la nuit.
- **une fois ces dispositions appliquées, si nécessaire, utiliser un système de rafraîchissement passif.**



Source : d'après UC Louvain / Architecture et climat

## La réduction des apports internes

Les apports internes liés à l'usage du bâtiment peuvent se traduire par une contribution de 3 à 5 °C de plus.

Il est donc nécessaire de limiter au maximum ces apports de calories indésirables, voici quelques clés :

- Choisir des appareils électrodomestiques efficaces et bien dimensionnés.
- Choisir un éclairage artificiel créant peu d'échauffement.

## La protection solaire du bâtiment

La protection solaire des parois vitrées est obligatoire pour pouvoir maîtriser l'augmentation de température des pièces. Comme le montre le graphique ci-dessous, c'est un élément essentiel pour la maîtrise des surchauffes. Elle joue un rôle aussi important en été qu'en hiver pour l'isolation.

La protection solaire des parois vitrées est caractérisée par le facteur solaire : Sw et Sws (Voir chapitre Menuiseries extérieures).

### Impact des protections solaires (exemple d'une maison)



Des protections performantes et bien gérées sont indispensables en particulier dans le midi

Par exemple, un double vitrage 4/16/4, couche faiblement émissive en face 3, remplissage argon a pour caractéristiques.

- vitrage nu : facteur solaire  $Sw = 0,59$
- vitrage nu à contrôle solaire :  $Sw = 0,30$
- vitrage avec store extérieur foncé : facteur solaire  $Sws = 0,09$

La réglementation impose de prendre en compte cette caractéristique lors de travaux de rénovation dans les bâtiments. Le tableau ci-dessous présente les points liés au confort d'été donnés dans la RT élément par élément.

### Recommandations

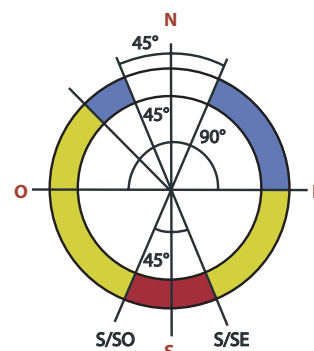
- **Pour être efficace, la protection solaire doit permettre de réduire l'apport de chaleur tout en permettant un éclairage naturel suffisant aux heures de jour.** Les solutions à privilégier sont des protections extérieures mobiles telles

que des volets ou stores qui peuvent être complétées par des protections solaires végétales à feuilles caduques. Ces dernières permettent de laisser passer la chaleur en hiver et de la bloquer en été.

- L'utilisation de solutions de protections fixes ou de verres à contrôle solaire doit être analysée à la fois en condition d'hiver et d'été pour éviter que la protection, souhaitable en été, ne se fasse pas au détriment de l'éclairage naturel et de la captation des apports solaires en hiver.
- Lorsque les protections solaires sont mobiles, les occupants doivent être sensibilisés et formés sur leur bonne utilisation, qui conditionne leur efficacité. On peut également envisager la mise en place d'un système d'automatisation des occultations et protections solaires.



Photo : S. Delmas



- Protection mobile extérieure avec un facteur solaire  $< 0,20$
- Protection mobile intérieure
- Pas de Protection requise
- Débords, casquettes auvents

Source : La conception bioclimatique, Terre Vivante, J.-P. Oliva, S. Courgey

doivent avoir une isolation de résistance thermique supérieure à  $7,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}^1$ , y compris dans le sud, où l'ensoleillement direct représente un apport de l'ordre de  $800 \text{ W}/\text{m}^2$ . La résistance thermique de l'isolation a une influence sur le confort d'été bien plus importante que celle de la nature de l'isolant, même si la capacité thermique des matériaux varie du simple au double. Les fenêtres de toit doivent être orientées si possible vers le nord et toujours munies de vitrage à contrôle solaire et de protections solaires extérieures.

Les pièces du dernier niveau doivent bénéficier d'une ventilation efficace (mécanique) qui permet de porter le débit de renouvellement d'air nocturne à environ 3 volumes/heure.

INSTALLATION OU REMPLACEMENT DE		
<b>Fenêtre ou porte-fenêtre</b>	Maintenir ou remplacer la protection solaire/fermeture existante	
<b>Fenêtre de toit</b>	Installation d'une protection solaire/fermeture Sws de la baie $\leq 0,15$	
<b>Installation d'un Système de refroidissement</b>	Installation de protections mobiles sur les baies non orientées au nord	
	Locaux d'habitation	
	ou	Sws de la baie $\leq 0,15$ Protection solaire de classe 3 ou 4 au sens de la NF EN 14501
	Autres locaux	
ou	Sws de la baie $\leq 0,35$ Protection solaire de classe 2, 3 ou 4 au sens de la NF EN 14501	

### La taille et l'orientation des parois vitrées

Dans le cas de création d'ouverture, attention aux grandes parois vitrées qui laissent rentrer la chaleur en été et peuvent donc, même si elles sont occultées, entraîner un inconfort important en saison chaude, en particulier sur l'orientation ouest.

Jusqu'à un rapport surface vitrée sur surface habitable inférieur à 17%, les risques de surchauffe liés aux surfaces vitrées sont généralement limités. En revanche, si ce rapport  $Sv/Shab$

dépasse 25%, les risques sont beaucoup plus élevés.

Ces ratios ne prennent pas en compte les châssis fixes, qui ne permettent pas de surventiler la pièce quand l'air est plus frais dehors et peuvent ainsi dégrader le confort d'été.

### Limiter les apports de chaleur par la toiture

Pour obtenir un bon confort en été, il est nécessaire d'isoler les toitures, en particulier les combles aménagés sous toiture traditionnelle en pente

<sup>1</sup> Ou plus précisément  $Up < 0,15 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$  au nord et  $Up < 0,12 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$  au sud

## L'inertie thermique

Les bâtiments anciens non rénovés construits en murs épais (de plus de 50 cm) en pierre ou de forte masse, au sol en pavage lourd, avec de petites fenêtres conservent généralement, une ambiance fraîche et confortable, même les jours très chauds lorsque les volets sont fermés toute la journée.

**Il est nécessaire de tirer parti de la masse de la structure du bâtiment (murs, planchers) et de celle des revêtements dits froids (tel que le carrelage) pour bénéficier de l'effet lié à la masse accumulative interne.**

L'utilité de l'inertie du bâtiment n'est avérée que si l'on peut ventiler très largement pendant la nuit pour évacuer les calories accumulées la journée et stocker la fraîcheur de la nuit.

## Utiliser la fraîcheur du soir et de la nuit

Pendant une très grande partie de l'été, l'air extérieur peut être une source de fraîcheur du soir au matin.

**Ainsi, pour un bâtiment à forte inertie, la surventilation nocturne permet d'évacuer la chaleur accumulée durant la journée.**

Cette source naturelle de fraîcheur pourra être utilisée par simple ouverture des fenêtres lorsque cela est possible la nuit. Ceci suppose de ne pas avoir de problème de bruit ou de risques d'effraction (certains types d'occultations solaires permettent également d'assurer une protection anti effraction tout en laissant passer l'air).

Il convient de concevoir le système de ventilation pour que les débits du renouvellement d'air la nuit soient fortement augmentés en période chaude et pour qu'ils fonctionnent silencieusement.

## Utiliser la fraîcheur du sol

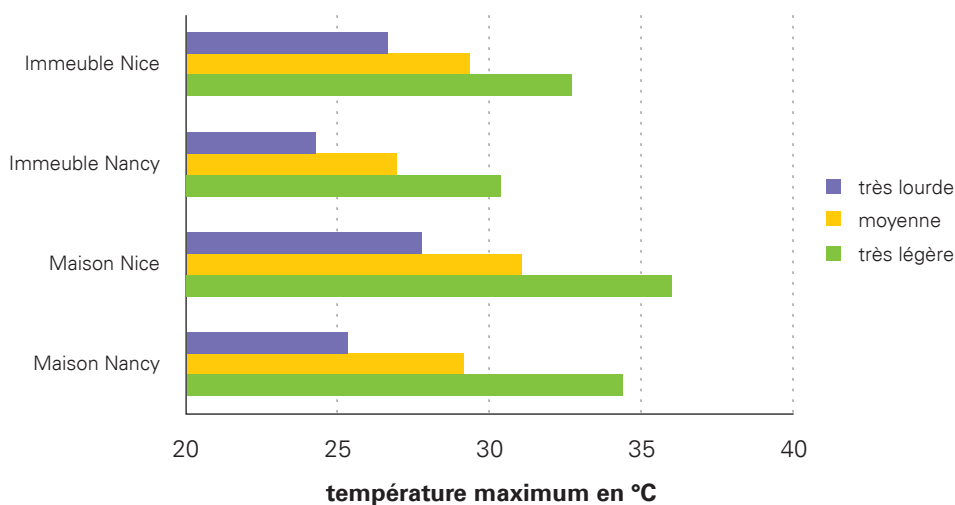
La mise en œuvre d'un puits provençal (ou puits climatique ou canadien), qui permet de tempérer l'air de ventilation en hiver et de le rafraîchir en été, peut être économiquement intéressante si la rénovation nécessite des travaux de terrassement. Il peut contribuer à obtenir des réductions de quelques degrés de la température en été, y compris dans des zones bruyantes où l'ouverture des fenêtres peut être problématique.

Celui-ci devra être correctement conçu pour être efficace et pouvoir être facilement entretenu pour éviter tout risque sanitaire sur la qualité de l'air. Il est impératif de prévoir un contrat de maintenance sanitaire.

Pour ne pas risquer de dégrader la qualité de l'air, il est préférable d'utiliser un échangeur à eau glycolée, avec tubes enterrés.

Une étude technique est requise systématiquement pour dimensionner le puits, le débit de ventilation et définir son mode de gestion<sup>1</sup> et les économies d'énergie qui en découlent par rapport à un système de rafraîchissement. Il est conçu pour fonctionner avec la ventilation. générale, une régulation permet la coordination des deux systèmes.

La température maximum atteinte en été diminue quand l'inertie augmente



<sup>1</sup> Voir la Thèse de Pierre Hollmuller, Université de Genève, Utilisation des échangeurs air/sol pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments - 2002



## Autres points importants

### Suivi des consommations

**Le suivi des consommations pour le chauffage, l'ECS (y compris par énergie solaire le cas échéant), l'éventuel rafraîchissement et les autres usages électriques (services**

**généraux en immeuble, compteur général en logement) sont nécessaires pour contrôler les niveaux de consommation réels et leur évolution.**

Cependant, les valeurs de consommations du label BBC-effinergie Rénovation ne sont pas une prévision de consommation réelle exacte. Elles sont conventionnelles : elles s'appuient

sur des scénarios d'usage, de régulation et de programmation et une occupation donnée conventionnellement. Il ne faut surtout pas les comparer à une mesure. Le comptage permet de maîtriser le fonctionnement réel et d'optimiser l'usage des équipements du logement et des installations.

### Autres usages de l'énergie

Le référentiel BBC-effinergie Rénovation, dans sa version 2009, ne prend en compte que les consommations d'énergie liées au bâtiment sur lesquelles le concepteur peut en principe agir, c'est-à-dire :

- le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire et leurs auxiliaires (pompes),
- les auxiliaires de ventilation (ventilateurs),
- le rafraîchissement, si celui-ci n'a pas pu être évité,
- les consommations d'éclairage, calculées de manière conventionnelle, principalement à partir de l'accès des différentes pièces à l'éclairage naturel (les données pour un calcul réel n'étant pas connues dans un logement livré non équipé). Le calcul se base sur un éclairage à basse consommation il est donc important que ce soit cette technologie qui soit mise en place et de sensibiliser l'occupant sur ce sujet (voir p. 14).

Le référentiel n'intègre donc pas les consommations des équipements apportés par l'occupant : appareils de cuisson, électroménager, audiovisuel...

**Pour que la facture énergétique d'un logement BBC-effinergie Rénovation soit effectivement modérée, il est également important de maîtriser ces consommations électrodomestiques qui représentent à elles seules à peu près la même consommation que celles liées aux cinq usages réglementaires du bâtiment rénové.**

Le comportement joue un rôle important sur ces consommations : un guide d'utilisation doit être délivré aux occupants (voir p. 14).

Cependant, certains choix de conception ont également une influence non négligeable. Voici quelques critères à retenir dès le début de la conception de la rénovation énergétique :

- Commander les éclairages extérieurs via des systèmes automatiques (horloge, détecteurs de mouvement, détecteur crépusculaire...),
- Permettre de disposer le réfrigérateur loin de toute source de chaleur (cuisinière, lave-vaisselle, radiateur...),
- Prévoir un espace pour mettre le linge à sécher l'été et l'hiver,
- Prévoir un espace pour le congélateur dans une pièce non chauffée,

- Commander les prises du poste audiovisuel par un interrupteur,
- Lorsque le bâtiment est livré équipé, munir la robinetterie de régulateurs de débits : limiteurs autorégulés et calibrés / pommes de douche à effet venturi ou à turbulence (7,5 l/min sous 3 bar),

Et, dans les parties communes des immeubles collectifs :

- Commander les éclairages de couloir des différents étages indépendamment les uns des autres et choisir la technologie d'éclairage la plus sobre en consommation,
- Munir les locaux utilisés de façon brève (locaux poubelles, couloirs, parking...) de minuteriers ou de détecteurs de présence et affiner leur réglage,
- Régler au plus court la temporisation après sortie du champ des détecteurs de présence (10 secondes).



### Rappel des exigences du label BBC-effinergie Rénovation

**Chauffage  
Climatisation/refroidissement  
Eau chaude sanitaire  
Auxiliaires (pompes, ventilateurs...)  
Éclairage conventionnel** CONSOMMATION

**Déduction de la production locale d'électricité  
(photovoltaïque, micro-éolien...):  
max. 12 ou 35 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>** PRODUCTION

**Usages domestiques  
(cuisson, audiovisuel,  
électroménager...)**

**Ventilation et éclairage  
des communs, des parkings...**

NON COMPTABILISÉ

Consommations  
d'énergie primaire

kWh ep

S.H.O.N - RT

/m<sup>2</sup>.an

Efficienc  
BBC-effinergie  
Rénovation

≤ 80

## Production locale d'électricité

**Une fois le bâtiment isolé et les systèmes optimisés pour avoir une faible demande en énergie, recourir à une installation locale de production d'électricité permet de réaliser une valorisation énergétique du bâtiment encore plus importante.**

Aujourd'hui, l'offre technologique orientée bâtiment est variée et ne cesse de s'améliorer. Par exemple, les capteurs photovoltaïques peuvent être intégrés dans les bâtiments de multiples façons tant en toiture qu'en façade : auvent, brise-soleil... Ils peuvent faire partie de la structure, de la paroi ou y être juxtaposés.

Une installation photovoltaïque peut compenser sur l'année :

- Les consommations des usages électrodomestiques qui représentent à elles seules près de 25 kWh d'énergie finale par m<sup>2</sup> et par an, ce qui correspond à 65 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an.
  - Voir aussi les consommations des usages réglementaires, pour des bâtiments très économes situés dans des zones climatiques favorables du point de vue de l'ensoleillement.
- Le bâtiment devient aussi producteur d'énergie, il est alors considéré « bâtiment à énergie positive ».**

D'autres productions locales d'électricité, dont la source d'énergie est elle aussi locale, se développent et peuvent être envisagées (micro éolien, micro hydraulique...).

Une production d'électricité par cogénération est un système optimisé, qui peut permettre de réduire les consommations d'énergie primaire, mais n'est a priori pas considéré comme une production du bâtiment étant donné que la source d'énergie est non locale.

**Attention : L'implantation d'une installation locale de production d'électricité ne peut en aucun cas se substituer à l'approche globale d'efficacité énergétique du bâtiment. Ce sont des approches complémentaires.**

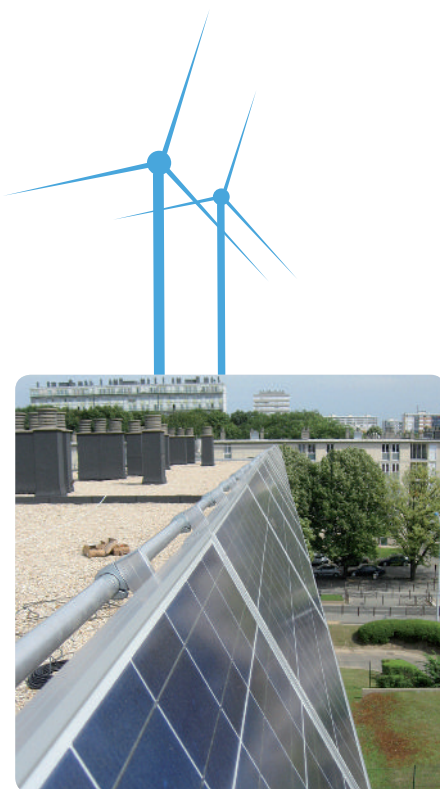


Photo : Tribu énergie

# Quelques solutions & performances courantes

## DANS LES PROJETS EFFINERGIE RÉNOVATION

### VENTILATION

- Ventilateurs basse consommation
- VMC hygroréglable B ou VMC double flux avec un rendement échangeur  $\geq 80\%$

### VIGILANCE CONFORT D'ÉTÉ

<b>Surface vitrée</b>	En fonction du climat local $S_v/S_{hab} \leq 17\%$ ou $S_v/S_{hab} \leq 23\%$
<b>Protections solaires</b>	Indispensables
<b>Apports internes</b>	À limiter au maximum
<b>Inertie et ventilation nocturne</b>	À favoriser



### MENUISERIES EXTÉRIEURES

<b>Uw/Ujn en W/m<sup>2</sup>.K</b>	1,7 à 0,7
<b>Facteur solaire Sw (vitrage + cadre)</b>	0,1 à 0,5
<b>Transmission lumineuse</b>	0,5 à 0,7
<b>Occultation</b>	Indispensables : à conserver voire à améliorer si nécessaire

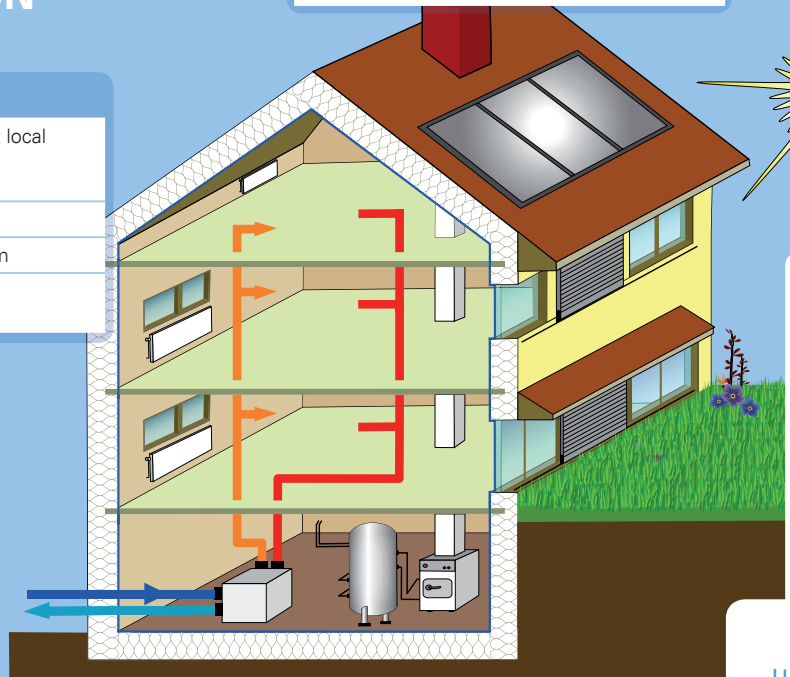
### ISOLATION PAROIS OPAQUES

<b>R isolant en m<sup>2</sup>.K/W</b>	
<b>Toiture/terrace type béton</b>	5 à 8
<b>Autres toitures</b>	7,5 à 10
<b>Mur</b>	3,2 à 6
<b>Sol sur TP</b>	2 à 4
<b>Sol sur ext. ou local non chauffé</b>	3,5 à 5,5
<b>Pt thermiques</b>	Très faibles

Note : les valeurs de résistances thermiques de l'isolation données ici supposent des ponts thermiques intégrés très limités (voir chapitre Isolation)

### AUTRES POINTS

<b>Autres usages de l'énergie</b>	Prévoir un guide d'usage du bâtiment
<b>Suivi</b>	Suivre la consommation de tous les usages
<b>Production locale d'électricité</b>	A envisager après optimisation thermique du bâtiment



Une synthèse des valeurs clés des réglementations thermiques pour l'existant, ainsi que celles des aides financières, comparées aux niveaux recommandés en basse consommation d'énergie, est disponible sur le site d'effinergie.

### CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE<sup>1</sup>

	Chauffage	Optimisation de l'ECS
<b>Électricité</b>	PAC COP <sup>2</sup> $\geq 4$ à 3,5 en fonction de la source froide	Chauffe-eau thermodynamique avec COP <sup>2</sup> $\geq 2,5$ ou Chauffe-eau solaire appoint électrique
<b>Gaz</b>	Chaudière à condensation	Un chauffe-eau solaire est à privilégier, avec une couverture des besoins de l'ordre de 40 à 50 %
<b>Fioul</b>		
<b>Bois</b>	Chaudière automatique classe 3 ou appareil indépendant avec prise d'air extérieur	
<b>Réseau de chaleur</b>	50 % énergies renouvelables ou cogénération	

### ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

<b>Tests</b>	- Un test obligatoire en fin de chantier - Un test intermédiaire recommandé
<b>Valeurs recommandées</b>	- Q <sub>4Pa-Surf</sub> $\leq 0,8$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> et si possible $\leq 0,3$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> en maison individuelle - Q <sub>4Pa-Surf</sub> $\leq 1,3$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> et si possible $\leq 0,5$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> en immeuble collectif

<sup>1</sup> D'autres solutions performantes peuvent être envisagées, par exemple la PAC Gaz ou l'écogénérateur ou microcogénération, certaines nécessiteront l'utilisation d'une procédure titre V (voir [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org) rubrique BBC-effinergie Rénovation)

<sup>2</sup> COP nominal : voir chapitres chauffage et production d'eau chaude sanitaire

# RÉNOVATION PAR ÉTAPES

## Préliminaire

La rénovation de bâtiments pour atteindre des niveaux « Facteur 4 » conduit inévitablement à intervenir à la fois sur le bâti et sur les équipements. Il existe généralement des couples d'intervention obligatoires et des interférences entre les différentes mesures d'amélioration proposées.

L'idéal est donc de réaliser l'ensemble des interventions en une seule fois. C'est techniquement et économiquement préférable, c'est la rénovation globale BBC-effinergie.

Cependant, dans la majorité des cas, souvent pour des raisons financières, il n'est pas possible d'envisager simultanément la totalité des travaux. Même si cela est globalement moins efficace et moins rentable, on peut si nécessaire envisager de « segmenter » le projet en différentes étapes cohérentes, afin de satisfaire les exigences d'une rénovation globale et performante, grâce à **des bouquets de travaux « BBC compatibles »**.

A la fin d'une étape, il doit être possible de reprendre le chantier ultérieurement, pour passer à l'étape suivante et enfin atteindre l'objectif BBC-effinergie Rénovation sans pénalisation économique importante.

Le processus, proposé ci-dessous, concerne les bâtiments d'habitation<sup>1</sup> construits avant 1975 (date de dépôt de permis de construire avant juillet 1974). Avant cette date, il est supposé (à vérifier au cas par cas) que les parois opaques

de ces bâtiments ne sont pas ou peu isolées. Cette période couvre deux grandes typologies de construction, celle construite avant 1948, couramment dénommée « bâtiments anciens » et celle d'après 1948, « bâtiments récents ». Les solutions d'isolation des façades sont bien sûr à adapter à la typologie et selon la nature et état du bâti rencontré.

**Dans tous les cas, la performance visée à la fin de l'ensemble des travaux doit respecter le niveau BBC-effinergie Rénovation. Pour cela, le projet de rénovation est conçu dans sa globalité dès le départ et les études réalisées permettent d'évaluer chaque action, son interaction avec les autres travaux et de s'assurer du niveau attendu, dans l'objectif de la performance finale.**

Les interventions de rénovation doivent respecter un ordre précis :

- La première étape « passage obligé » consiste à réduire les besoins de chauffage par une amélioration de l'enveloppe (isolation toiture, mur, plancher) et la recherche d'une bonne étanchéité à l'air, associée à la mise en place d'une ventilation mécanique efficace et surtout économe en énergie (ou son réaménagement pour la rendre performante). Cette association est cruciale pour ne pas générer de pathologies et assurer le renouvellement d'air hygiénique.
- La deuxième étape vise la mise en place d'équipements performants de

puissance adéquate avec les nouveaux besoins de chaleur afin de diminuer les consommations pour tous les usages (chauffage, ECS, auxiliaires, etc.).

**Ce processus répond au concept moins consommer puis mieux répondre à la demande en énergie !**

Il importe de nuancer cette approche selon des situations d'interférence entre les deux actions « bâti/ équipements », dont voici quelques exemples parmi d'autres :

- Remplacement des menuiseries  
Cette action doit s'accompagner obligatoirement d'un diagnostic sur l'aération des locaux et conduit bien souvent à revoir la gestion de la ventilation de façon concomitante.
- Réfection d'une toiture (terrasse ou non)  
Cette intervention suppose<sup>2</sup> une étude de l'intégration des solutions solaires (photovoltaïque et/ ou thermique) et leurs éventuelles conséquences sur les équipements associés.
- Isolation thermique par l'extérieur  
Cette technique peut offrir la possibilité d'intégrer des réseaux de ventilation en limitant les nuisances en site occupé (en collectif, des précautions spécifiques devront être prises dans ce cas pour éviter les ponts phoniques entre les logements). La mise en place d'isolation par l'extérieur nécessite de vérifier que les fenêtres sont performantes, car on ne pourra plus intervenir sur les fenêtres après coup.

<sup>1</sup> La démarche présentée peut convenir aussi à d'autres secteurs, par exemple des bâtiments tertiaires courants.

<sup>2</sup> Outre la mise en œuvre d'une isolation adéquate

- Rénovation et isolation des planchers  
La dalle flottante sur isolant peut recevoir l'émetteur d'un plancher chauffant. Cette rénovation doit améliorer le confort thermique et acoustique notamment aux bruits d'impact.
- Etc.

Par ailleurs, des opportunités ou des « urgences », peuvent également intervenir dans la planification des étapes, par exemple :

- Le fait de disposer de logements non occupés est intéressant pour l'isolation des planchers bas par-dessus si cela ne peut être fait par-dessous et pour l'isolation de combles aménagés.
- L'isolation par l'intérieur peut être réalisée lorsque l'on reconstruit un appartement ou une maison.

- La nécessité de refaire l'étanchéité de la toiture ou la rénovation de la couverture amène la possibilité de l'isoler ou de compléter l'isolation existante.

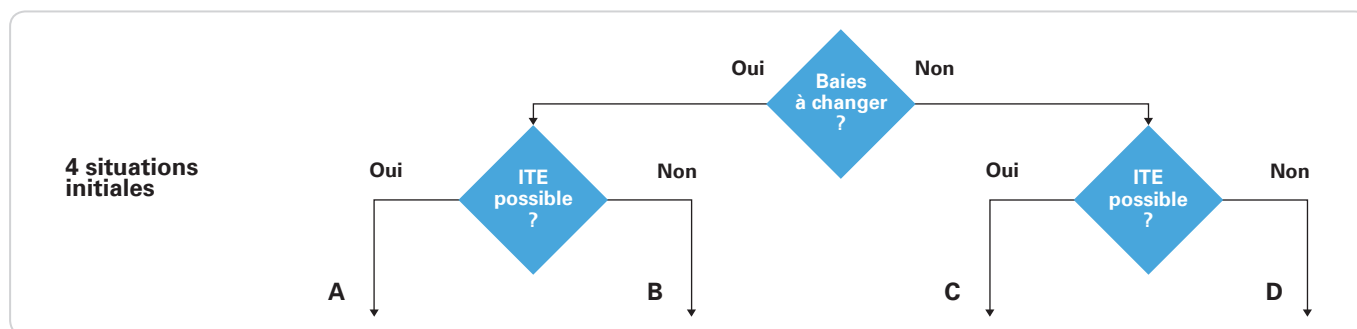
- Ou encore, le ravalement des façades est l'occasion par excellence pour réaliser une isolation par l'extérieur.

Mais cette démarche a quelques limites : le cas du remplacement de la chaudière en est un bon exemple. Pour ne pas installer un équipement surdimensionné, selon les cas :

- il sera peut-être plus pertinent de prolonger la durée de vie du système de chauffage en attendant d'avoir complété l'isolation,
- ou bien il peut être pertinent d'installer deux chaudières en cascade, dont une aura la puissance requise pour le bâtiment totalement rénové.

**Par ailleurs, l'une des difficultés que pose la rénovation par étapes est l'adaptation des caractéristiques de l'installation de chauffage aux caractéristiques thermiques du bâtiment qui changent au fur et à mesure de la mise en œuvre des étapes.**

Cette adaptation est d'autant plus délicate à réaliser que l'isolation des différentes pièces ou différents appartements n'est pas homogène. En effet, dans ce cas, la modification de la température de départ chaudière qu'implique cette adaptation, ne doit en principe pas être la même pour toutes les pièces ou logements du bâtiment. A chaque étape, on procède donc à un équilibrage de l'installation.



## Définitions des quatre situations initiales

**Le choix des interventions d'amélioration du bâti est fonction de la situation initiale du bâtiment à rénover. Nous proposons ci-après quatre situations typiques découlant des réponses aux deux questions suivantes :**

- **Question 1 : les baies sont-elles à changer ?** Pour des raisons multiples liées au confort, à l'esthétique, à l'acoustique, à la sécurité, aux déperditions, à l'étanchéité à l'air...
- **Question 2 : l'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) est-elle possible ?** Les façades existantes autorisent-elles la mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur<sup>1</sup> quel que soit le procédé projeté.

La réponse par oui ou non à ces deux questions conduit à 4 combinaisons, appelées ici **situations initiales**, soit :

- Situation initiale A : baies à changer et ITE possible
- Situation initiale B : baies à changer et ITE impossible
- Situation initiale C : baies opérationnelles et ITE possible
- Situation initiale D : baies opérationnelles et ITE impossible

**À propos du changement des fenêtres,** la présence d'un double vitrage existant ne signifie pas systématiquement que les « baies sont opérationnelles ». L'état de la menuiserie, son étanchéité à l'air, la performance du double vitrage (peu émissif ou pas, avec argon ou pas, sur vitrage)<sup>2</sup> sont à connaître pour apprécier la performance initiale de la baie.

Dans certaines situations initiales (copropriétés par exemple), l'état des menuiseries n'est pas absolument homogène et donc la situation initiale se trouve pour le moins plus variée que celles proposées... La décision de changement de tout ou partie des baies sera étudiée au cas par cas et notamment en cas de réfection de la façade avec une isolation par l'extérieur.

**À propos de l'isolation des façades,** là aussi, sur un même bâtiment il est possible de rencontrer des situations initiales diverses, donc à adapter aussi. Quant à la décision du choix de l'ITE selon l'aspect extérieur initial du bâtiment, la décision reviendra au maître d'ouvrage et à l'architecte de l'opération, selon les cas dans le respect des règles de la collectivité locale.

<sup>1</sup> NB : attention la question est bien différente de « est-ce que la façade a besoin d'être ravalée ? »

<sup>2</sup> Le coefficient U<sub>v</sub> des menuiseries en double vitrage « premières générations » (4/6/4), les plus courantes, est de l'ordre de 3W/m<sup>2</sup>.K, alors que celui des menuiseries en double vitrage actuelles les plus performantes est de l'ordre de 1,4 W/m<sup>2</sup>.K.

## Arbre décisionnel

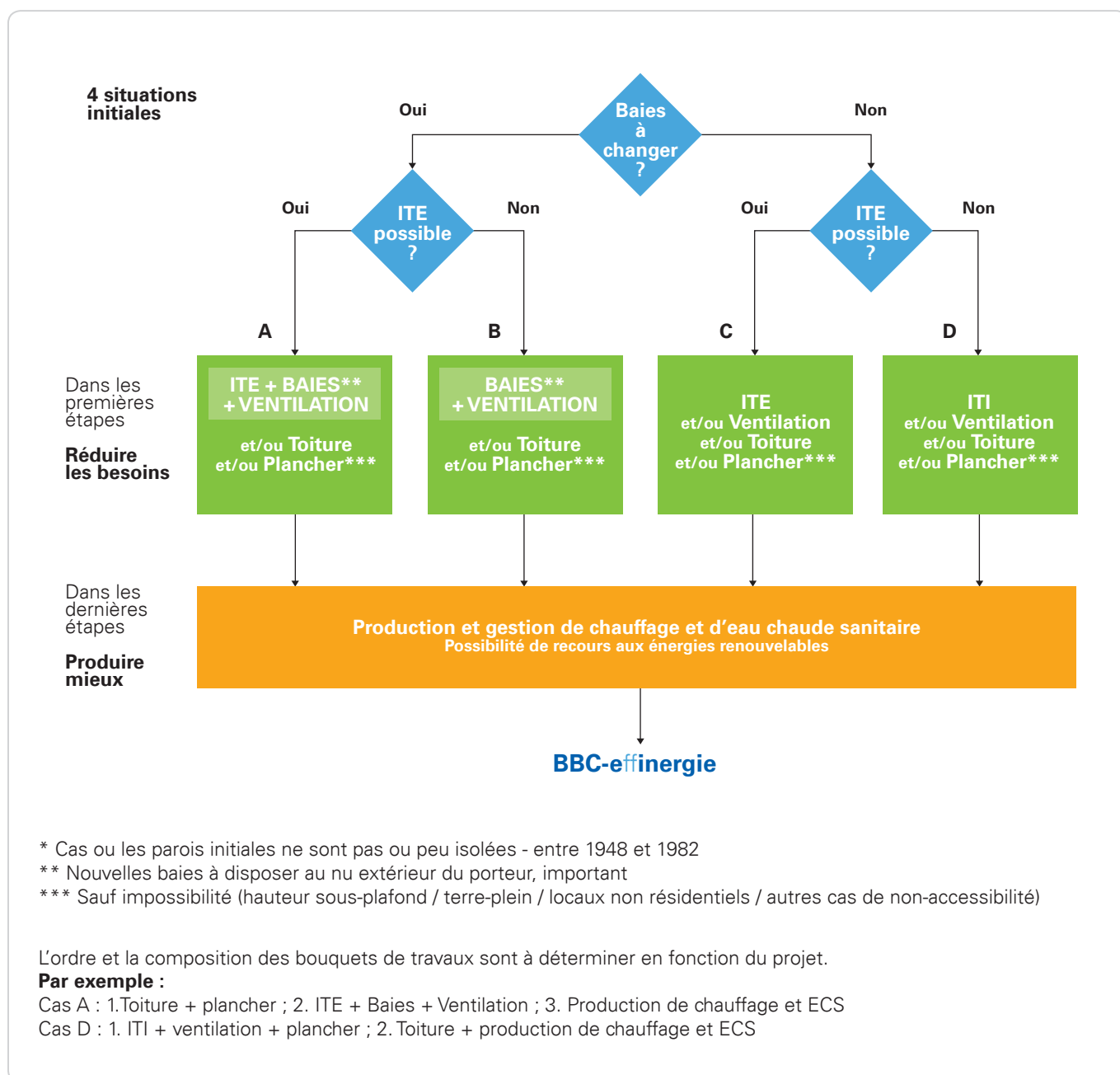
Les quatre situations définies précédemment conduisent donc à quatre scénarios d'actions pour atteindre l'objectif de performance visé. Globalement, on rencontre un **bouquet initial** suivi d'un ou plusieurs bouquets intermédiaires pour terminer sur le **bouquet final**... Même s'il paraît théoriquement possible de fractionner en de nombreuses étapes, se cantonner à deux ou trois semble technico-économiquement plus intéressant. La meilleure solution économique restant, et de loin, la réalisation en une seule fois de l'ensemble des travaux. **Organiser la rénovation en trois étapes est un maximum pour avoir la capacité de bien les gérer et aussi**

**de ressentir les effets d'amélioration à chaque étape. De plus, la durée globale des étapes ne doit pas être trop longue, pour éviter tout découragement et abandon de la suite du projet (en particulier dans les copropriétés à «turnover» important).**

**Cette présentation volontairement simplifiée propose d'une part, l'ordre des interventions et, d'autre part, les possibilités de phasage des travaux. La définition précise de ces solutions est à nuancer selon les situations initiales rencontrées pas obligatoirement aussi lisibles sur le terrain, à étudier au cas par cas.** Les choix seront fondés sur une analyse multicritère incluant la performance énergétique, le confort d'été, l'acoustique, la pérennité des

bâti, l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite, la sécurité incendie... **La réhabilitation performante suppose donc bien cette polyvalence des compétences dès la conception des solutions envisagées et une vision globale sur les contraintes rencontrées spécifiques au projet.**

La bonne étanchéité à l'air du bâti rénové n'apparaît pas de façon explicite sur l'arbre, mais est évidemment à traiter obligatoirement pour les quatre situations initiales, remplacement des baies ou pas. La difficulté du séquençage des travaux sera précisément d'assurer une bonne continuité de cette étanchéité lors des différentes phases de la réalisation.



Il est important de préciser aux occupants que le confort et les réelles économies d'énergie ne seront au rendez-vous qu'après la réalisation de la dernière phase des travaux.

À chaque phase ce sont les meilleures performances qui doivent être retenues faute de quoi la performance du résultat final ne sera pas atteinte. La première condition est de fixer le niveau de résultat final à atteindre dès la conception des phases de travaux pour déterminer leur performance individuelle et leur contribution au résultat final.

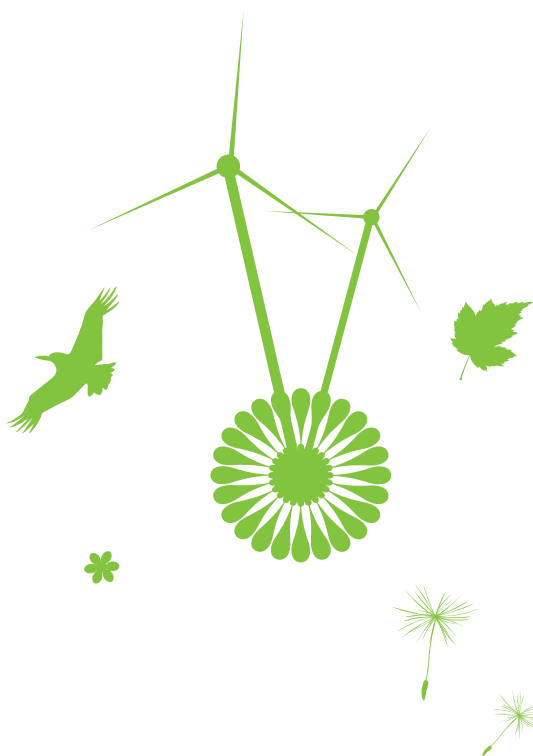


## Traitement des points singuliers

La rénovation par étape pose de manière accrue la question des points singuliers de traitement des ponts thermiques et de l'étanchéité à l'air. En effet, ceux-ci étant à la frontière entre deux interventions différées dans le temps, **il est important de bien anticiper leur liaison**. Par exemple, la question de l'étanchéité à l'air entre les

nouvelles menuiseries et les parois doit être examinée, sachant que la finition de cette étanchéité ne pourra parfois se faire que lorsque l'isolation des murs sera aussi mise en œuvre.

Dans certains cas, le traitement du point singulier nécessitera le « couplage » des deux travaux, comme par exemple pour la mise en œuvre des menuiseries et de l'isolation par l'extérieur illustré dans l'arbre décisionnel p.54.





# Approche économique



## Optimiser l'investissement

En s'affranchissant des réflexes associés à une rénovation peu performante (production de chauffage surdimensionnée, un radiateur sous chaque fenêtre...) et grâce à une réflexion complète dès le début du projet, l'investissement est optimisé et rentable.

## Évaluer la rentabilité d'une opération

**La rentabilité d'une rénovation basse consommation repose sur deux critères :**

- **La valeur immobilière « ajoutée » du bien**
- **Les économies de charges**

Pour ce dernier point, il est indispensable de distinguer le calcul conventionnel réglementaire, qui permet de comparer plusieurs scénarios de rénovation, et les consommations réelles, qui dépendront obligatoirement d'un nombre important de paramètres : taux d'occupation, choix de la température de consigne, réduit d'inoccupation, utilisation même du bâtiment...

## La valeur immobilière « ajoutée » du bien

Attractivité du logement économe en charge et confortable

**Les économies de charges importantes et l'amélioration du confort et de la qualité du bâti entraînent une augmentation de la valeur du logement rénové BBC-effinergie lors de la revente, que l'on peut estimer, d'après les premiers retours, à 10 % minimum.**

De plus, le niveau BBC-effinergie anticipe les réglementations thermiques à venir et il permet de s'adapter plus facilement aux prix croissants des énergies. Une évolution de la demande, que ce soit à l'achat ou à la location, est déjà sensible : l'étiquette énergie du logement est de plus en plus demandée, et ce, dès la première visite. Son affichage est obligatoire sur toutes les annonces immobilières depuis le début de l'année. Il est aussi prévu d'améliorer cet outil qu'est le diagnostic de Performance Énergétique (DPE).



## Opportunité pour des changements d'usages et/ou extensions

Il peut être prévu une modification des usages lors de la rénovation, ainsi les surfaces ou les dispositions des pièces pourront être optimisées.

Il est aussi possible de prévoir la création de surfaces habitables supplémentaires. Cela a le double avantage de générer des recettes qui paieront une partie des coûts des travaux d'amélioration et de participer pleinement à un urbanisme durable en favorisant la reconstruction de la ville sur la ville :

- En toiture : en collectif, créer un ou deux logements par cage d'escalier en surélévation engendrera une diminution des charges collectives grâce à la création de millièmes supplémentaires.
- Sur la parcelle : il peut être intéressant de réétudier l'implantation du bâti, de construire sur des garages ou de créer des extensions.



La surélévation peut être un moyen de financer tout ou partie de travaux de réhabilitation, par la vente des nouveaux appartements

**Archi** : Architecture Pelegrin, projet lauréat du PUCA/REHA - Paris (75)



## Les économies de charges

**Un rapide calcul montre qu'en divisant les notes de chauffage par 3 ou 5, l'efficacité énergétique est d'abord synonyme de « bonne gestion financière ».**

Un raisonnement consiste à appréhender le projet de rénovation comme un investissement économiquement équilibré au fil des années selon le principe simple suivant : **les annuités de remboursement de l'emprunt nécessaire aux travaux sont inférieures ou égales aux économies financières du poste énergie générées par ces travaux. En d'autres termes, les kWh non consommés (négaWatt) financent les travaux !**

En intégrant en plus d'autres données économiques comme l'inflation ou encore l'augmentation du coût de l'énergie, ce raisonnement permet une approche financière cohérente.

Cette notion s'applique très bien au cas d'une rénovation énergétique puisqu'elle donne des informations quant à la pertinence économique des travaux d'amélioration énergétique de l'opération.

Deux projets réels de rénovations BBC-effinergie, donnés en exemple,

donnent une idée des économies de charges et de la rentabilité économique des projets, sans compter la valeur ajoutée du bien immobilier.

### Exemple en immeuble collectif

Le graphique ci-dessous met en évidence les coûts d'investissement et de fonctionnement (charges énergétiques) d'une rénovation BBC-effinergie en une ou en trois étapes « BBC compatibles » (voir chapitre Rénovation par étape), comparés au coût de fonctionnement sans travaux sur 30 ans.

Il s'agit d'un bâtiment collectif situé à Lons le Saunier de 50 logements et de surface habitable égale à 3 145 m<sup>2</sup>.

Du point de vue financier, la solution la plus intéressante est la solution de rénovation BBC-effinergie en une seule étape. La solution par étape reste encore intéressante : le gisement d'économie d'énergie est pleinement exploité à partir de 2025. De plus, dès la fin des travaux, le bâtiment bénéficie d'un confort thermique accru, d'une attractivité plus grande et donc d'une revalorisation du patrimoine existant.

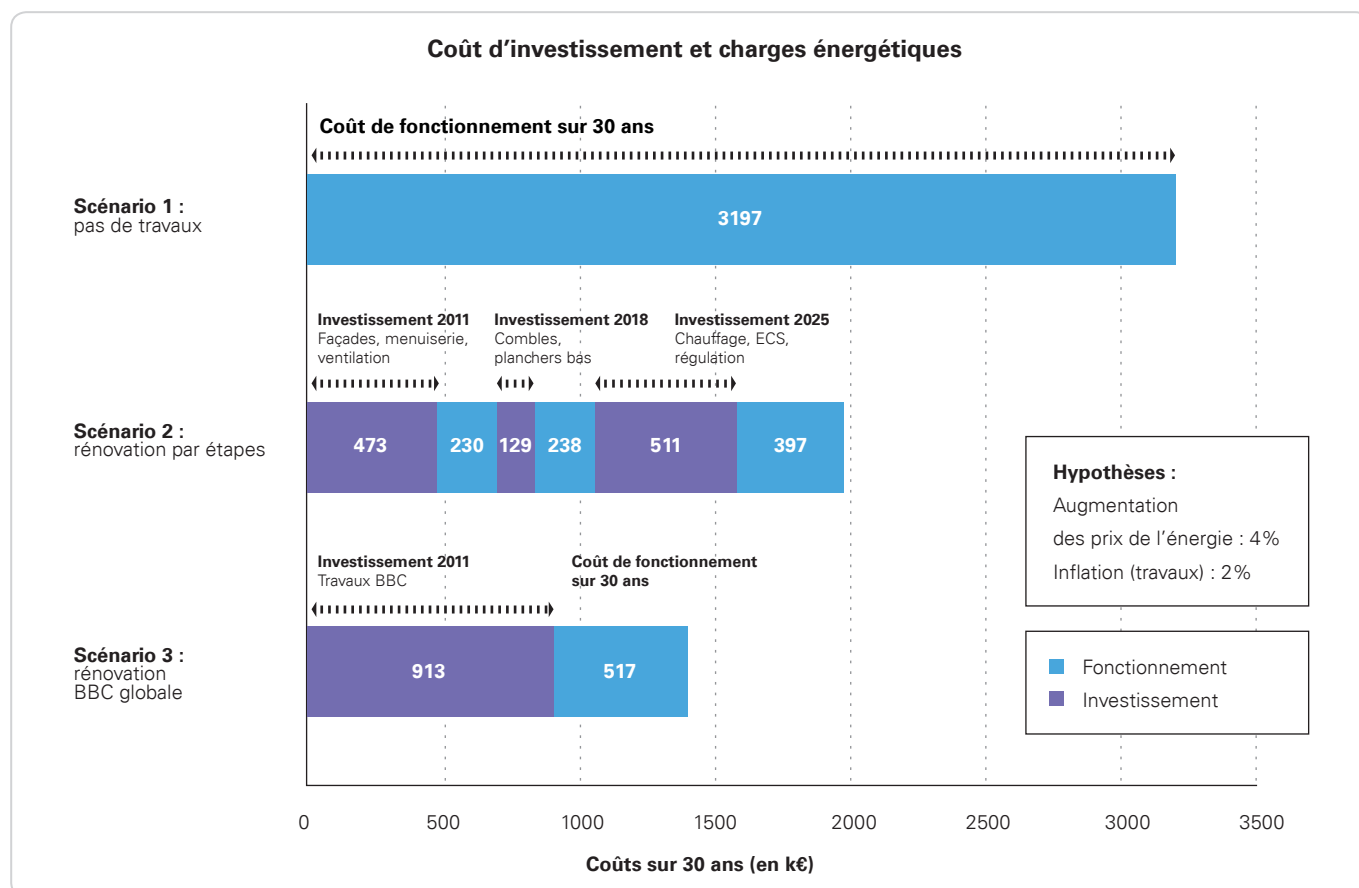
Pour cette approche économique du point de vue de l'énergéticien, il n'a pas été tenu compte d'aides aux travaux de rénovation qui s'élèvent sur ce projet à :



Photo : OPH du Jura  
Lons-le-Saunier (39)

- 140 000 € pour le programme d'aide régionale en Franche-Comté Effilogis,
- 220 150 € d'aide FEDER au titre de l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments.

En prenant en compte ces aides financières, le total «investissement plus charge» en rénovation BBC-effinergie globale est alors de 1 000 k€ sur 30 ans, soit plus de 2 000 k€ d'économie par rapport au scénario sans travaux



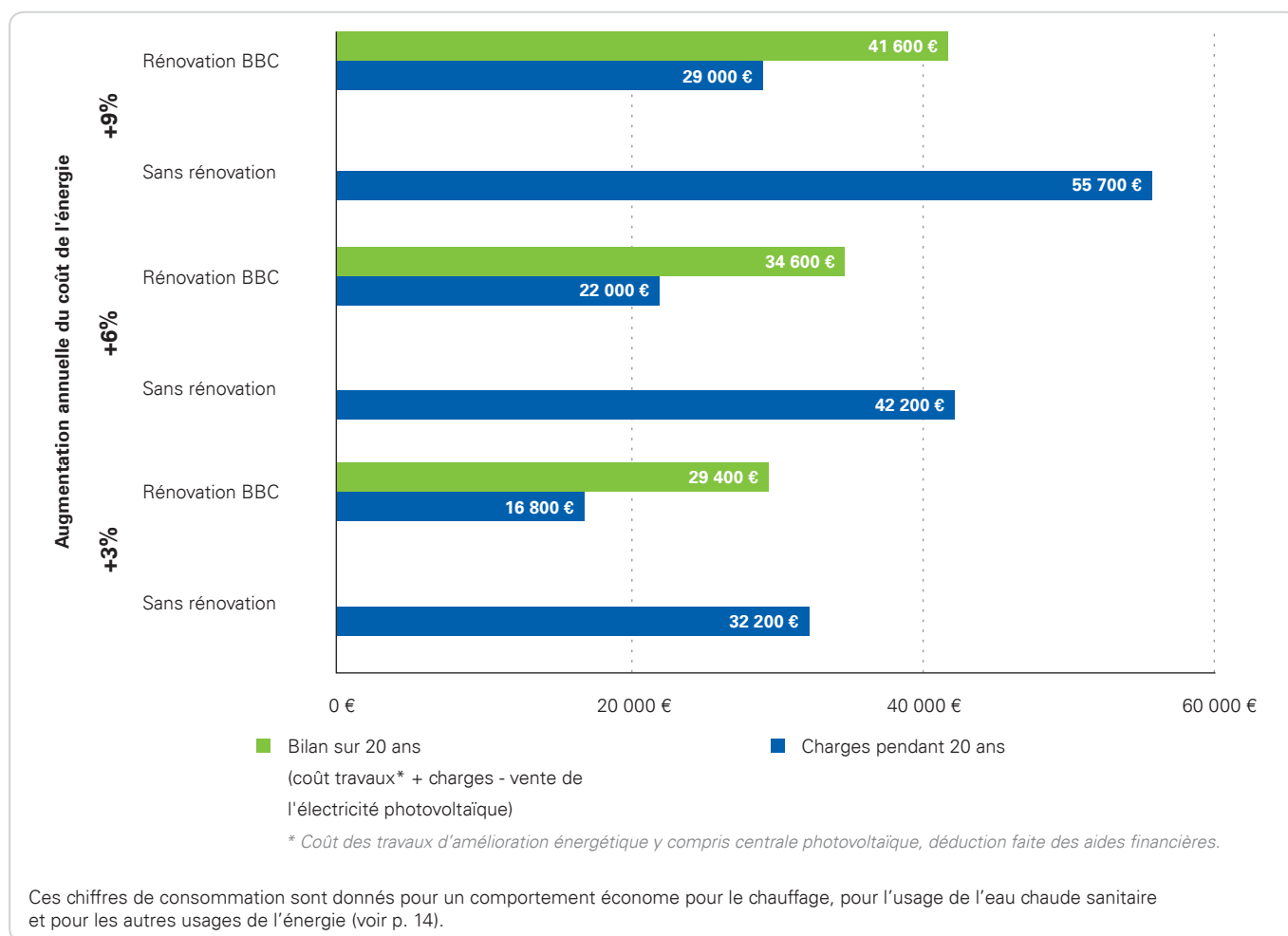
## Exemple en maison individuelle

Il s'agit d'une maison située à Limoux, dans le département de l'Aude (11), zone H3, altitude inférieure à 400 m, d'une surface habitable après rénovation de 100 m<sup>2</sup> (133 m<sup>2</sup> SHON), contre 80 m<sup>2</sup> habitables avant.

Le montant de la part thermique de la rénovation au niveau BBC-effinergie est d'environ 43 000€TTC, l'investissement pour la centrale photovoltaïque est de 23 500€ TTC et les aides financières (subvention de la Région et de l'ADEME et crédit d'impôt) s'élèvent à 27 000€. À euros constants et selon trois scénarios d'augmentation annuelle du coût de l'énergie de 3,6 et 9 %, on compare les charges sur 20 ans et les coûts des travaux entre une rénovation BBC-effinergie Rénovation et la maison sans travaux.



Photo : Vincent Waessem - Limoux (11)



En BBC-effinergie Rénovation, le propriétaire bénéficie, en plus des charges moins élevées et beaucoup moins sensibles aux fluctuations du coût de l'énergie, d'une plus-value du bien, d'un confort thermique accru et d'une

garantie de la qualité des travaux, grâce notamment au test d'étanchéité à l'air. De plus, dans cet exemple la surface habitable est de 20 m<sup>2</sup> supérieure (le coût de l'extension n'a pas été considéré dans l'étude économique, mais les

consommations d'énergie pour chauffer ces 20 m<sup>2</sup> supplémentaires ont été comptabilisées).

## Les postes à prendre en compte

Pour définir la rentabilité financière d'une opération, il est aussi nécessaire de bien définir les postes pris en compte dans le calcul de rénovation énergétique d'un bâtiment. Ces postes varient beaucoup d'un projet à un autre : la reprise de l'électricité est-elle induite par la mise en place d'une isolation par l'intérieur ou bien celle-ci était de toute manière nécessaire ? Etc.

De plus, pour pouvoir réellement parler d'investissement dans la performance énergétique d'une opération, il faudrait aussi pouvoir isoler les coûts d'entretien courant comme le ravalement de façade, le remplacement des menuiseries simple vitrage en très mauvais état ou celui d'une chaudière collective désuète, de ceux qui permettent l'obtention d'un niveau BBC-effinergie (épaisseurs d'isolant supplémentaires, traitement de l'étanchéité à l'air, ventilation efficace...).

Par ailleurs, les surfaces de toitures rénovées peuvent être des ressources financières pour l'installation d'un système de production d'électricité photovoltaïque.

## Les aides financières

Pour encourager les rénovations thermiques, des aides financières existent (ANAH, collectivités locales, etc.), ainsi que des solutions de financement avantageuses proposées par les banques (notamment grâce aux aides de l'État). Ces financements sont soumis à des procédures strictes : se renseigner auprès des banques pour connaître les bonnes pratiques à respecter (formulaires types, devis types, nomenclatures...) pour faire passer plus facilement les dossiers de financement.

Plus de précisions sur les différentes aides financières sur [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

## Cas particulier du locatif

### Attractivité du logement BBC-effinergie Rénovation

Les économies d'énergie deviennent une préoccupation grandissante. L'attention des locataires se portera de plus en plus sur la performance énergétique des logements.

Les performances thermiques et le confort afférent rentreront prochainement dans les premiers critères de choix entre deux logements : les passoires thermiques deviendront difficiles à louer !

### Partage des économies de charges résultant de travaux d'économies d'énergie

Dans le cas du logement locatif, les investissements doivent être justement répartis entre le propriétaire qui bénéficiera d'une augmentation sensible de la valeur de son bien et l'usager qui bénéficiera d'une baisse significative de ses charges de chauffage. Un décret et un arrêté, datant du 23 novembre 2009 précisent les modalités de cette répartition des coûts : dans tous les cas, la participation du locataire ne pourra pas être supérieure à la moitié du montant de l'économie de charges estimée<sup>1</sup> et cette démarche nécessite une explication et une négociation avec le ou les locataires.

### Moins de logements vacants et une solvabilité des locataires plus durable

L'augmentation du coût de l'énergie met en difficulté financière de plus en plus de locataires, ce qui tend à augmenter le risque des impayés de loyer.

De plus, cette difficulté amène les locataires à ne plus chauffer correctement les logements ce qui entraîne des pathologies lourdes sur le bâti.

Proposer à la location des logements BBC-effinergie Rénovation limite fortement ce risque et le phénomène de vacance rencontré sur des logements non confortables et dont les charges sont trop importantes.



<sup>1</sup> Décret n° 2009-1439, 23 novembre 2009. Arrêté du 23 novembre 2009 relatif à la contribution du locataire au partage des économies de charges issues des travaux d'économie d'énergie réalisés par un bailleur privé.



# Attribution







## DU LABEL



**Les certificateurs :**  
une garantie de  
sérieux et de qualité

L'association Effinergie n'a pas vocation à délivrer elle-même le label. Elle s'appuie sur **quatre organismes certificateurs** reconnus par l'État et accrédités par le **COFRAC** qui vont utiliser la marque effinergie® pour la certification au niveau BBC.

Le label d'état « BBC rénovation 2009 »<sup>1</sup>, s'applique aux bâtiments achevés après le 1er janvier 1948. La marque de promotion de ce label officiel est BBC-effinergie Rénovation®. Pour les bâtiments achevés au plus tard le 1er janvier 1948, les certificateurs utilisent la marque effinergie Rénovation®.

Certificateur	Type de construction	Label BBC-effinergie Rénovation et effinergie Rénovation associés aux certifications suivantes :	Champ de la certification	Pour en savoir plus
	Maisons individuelles en secteur diffus		Accordé aux professionnels en charge de la rénovation : architectes, artisans, bureaux d'études, constructeurs, entreprises, experts... pour l'ensemble de sa production et par maison pour le label HPE Rénovation et BBC-effinergie Rénovation	Pour les particuliers et les professionnels : <a href="http://www.mamaisoncertifiee.com">www.mamaisoncertifiee.com</a>
	Maisons individuelles groupées et logements collectifs		Certification multicritères accordée par opération	Pour les particuliers : <a href="http://www.bienvivrechezmoi.com">www.bienvivrechezmoi.com</a> Pour les professionnels : <a href="http://www.cerqual.fr">www.cerqual.fr</a>
	Maisons individuelles et logements collectifs toutes solutions de chauffage		Certification accordée par opération assurant la qualité des matériaux et équipements mis en œuvre ainsi que la sécurité du logement	Pour vous informer sur le Label Rénovation Énergétique <a href="http://www.promotelec-services.com">www.promotelec-services.com</a> Pour déposer votre dossier <a href="http://www.labelrenovation-energetique.promotelec.com">www.labelrenovation-energetique.promotelec.com</a>

Pour les bâtiments non résidentiels, l'organisme de certification est Certivea. ([www.certivea.fr](http://www.certivea.fr))



<sup>1</sup> Label « Bâtiment Basse Consommation énergétique, BBC Rénovation 2009 » mis en place par l'arrêté du 29 septembre 2009, publié au J.O. du 1er octobre 2009

Processus d'attribution		CERQUAL PATRIMOINE
		Demande de certification
<b>Études de diagnostic</b>		Bilan Patrimoine Habitat, réalisé selon un cahier des charges précis, par un professionnel reconnu par Cerqual
<b>APS, APD</b>		Étude préparatoire
<b>DCE</b>		Évaluation provisoire
<b>Passation des marchés</b>		Évaluation définitive Délivrance de la certification PH ou PH&E avec Option BBC-effinergie Rénovation ou effinergie Rénovation
<b>Fin de chantier</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure de perméabilité par un opérateur autorisé</li> <li>• Délivrance du PV des résultats</li> <li>• Vérification in situ</li> </ul>
<b>Réception</b>		Maintien Option BBC-effinergie Rénovation ou effinergie Rénovation

Processus d'attribution		PROMOTELEC SERVICES Label Rénovation Énergétique
<b>Étapes</b>	<b>Intervenants</b>	Promotelec Services
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le demandeur</li> <li>• L'expert</li> <li>• L'entreprise</li> </ul>	
<b>Avant le début des travaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choix de l'Expert Rénovation Énergétique (ERE) par le demandeur parmi la liste de professionnels reconnus par Promotelec Services</li> <li>• Réalisation par l'expert d'un bilan thermique initial, de préconisations de travaux et d'un bilan thermique projeté <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choix de la mention BBC-effinergie Rénovation ou effinergie Rénovation en fonction de la date de construction du bâtiment</li> <li>• Envoi à Promotelec Services de la demande d'attribution</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réception du dossier</li> <li>• Analyse de la recevabilité du dossier</li> <li>• Examen des pièces techniques</li> <li>• Vérification de l'étude énergétique</li> <li>• Validation du projet</li> </ul>
<b>En cours de travaux</b>	Réalisation des travaux par les entreprises	
<b>En fin de travaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure de perméabilité par un opérateur autorisé choisi par le demandeur de label</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visite de chantier (100% des opérations)</li> <li>• Analyse du rapport d'inspection et du rapport de mesure de perméabilité</li> <li>• Délivrance du certificat</li> </ul>

Processus d'attribution		
CÉQUAMI NF Maison Rénovée – NF Maison Rénovée démarche HQE		
Intervenants	Le demandeur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• architecte</li> <li>• artisan</li> <li>• entreprise générale</li> <li>• constructeur</li> <li>• bureau d'études</li> <li>• expert</li> </ul> Titulaire du droit d'usage de la marque NF Maison Rénovée	Céquami
Étapes		
Pré requis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professionnel de la rénovation titulaire du droit d'usage de la marque NF Maison Rénovée</li> <li>• Maison bénéficiant d'une attestation de conformité aux exigences du référentiel NF Maison Rénovée</li> </ul> Information pour les professionnels souhaitant obtenir la certification NF Maison Rénovée : <b><a href="http://www.mamaisoncertifiee.com">www.mamaisoncertifiee.com</a></b>	
Avant le début des travaux	Demande de label en fonction de la date de construction : BBC-effinergie Rénovation ou effinergie Rénovation Évaluation initiale de la maison existante Constitution du dossier de rénovation : plans existants et descriptifs techniques, diagnostics techniques. Contrat de rénovation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réception du dossier</li> <li>• Analyse de la recevabilité de la demande</li> <li>• Examen des pièces techniques</li> <li>• Contrôle de cohérence de l'étude thermique</li> <li>• Validation du projet</li> </ul>
En cours de travaux	Réalisation des travaux par les entreprises conformément aux exigences des référentiels concernés.	
En fin de travaux	Mesure de perméabilité par un opérateur autorisé choisi par le demandeur de label	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visite de chantier (100 %)</li> <li>• Au regard du résultat du test de perméabilité et de la vérification de chantier, délivrance de l'attestation de conformité complémentaire à la certification NF</li> </ul>





# Bibliographie

## Conception d'ensemble

- **Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques**  
Alain Liébard et André DeHerde, Observ'ER, 2005
- **Rénovation à basse consommation d'énergie des logements en France**  
Programme européen CONCERTO, Olivier Sidler, Enertech, Août 2007, [www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)
- **La conception bioclimatique - des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation**  
Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, éditions Terre Vivante, Mens, Isère, 2006
- **Eco-conception des bâtiments**  
Bruno Peuportier, Presses de l'École des Mines de Paris, 2003
- **L'isolation thermique écologique**  
Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, éditions Terre Vivante, Mens, Isère, 2010
- **La rénovation écologique**  
Pierre Lévy, éditions Terre Vivante, Mens, Isère, 2010
- **Le guide ABC « Amélioration thermique des bâtiments collectifs »**  
POUGET Consultants, CSTB, Marin & De Jean Architectes, Ebök, Transsolar, édition EDIPA, 2011.
- **Publications de l'Agence Qualité Construction**, [www.qualiteconstruction.com](http://www.qualiteconstruction.com), dont :
  - Perméance des façades à la vapeur d'eau
  - Amélioration de la performance thermique du bâti en rénovation
  - Efficacité énergétique des logements individuels existants
  - Isolation thermique par l'extérieur

## Copropriété

- **Rénovation énergétique des copropriétés : Le guide des bonnes pratiques**  
Planète Copropriété, juillet 2010
- **Copropriété, le temps des économies d'énergie et du développement durable**  
ARC-Vuibert, première édition 2008, deuxième édition prévue pour le 4<sup>ème</sup> trimestre 2011

## Règles de calcul

- **Règles Th-U ex, 5 fascicules**  
[www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr) > Bâtiments existants > RT Existante globale  
Les règles Th-U Ex renvoient au besoin, aux règles Th-U pour les bâtiments neufs :
- **Réglementation thermique 2005, guide réglementaire**  
CSTB, ISBN : 978-2-86891-342-5

## Études de diagnostic

- **Réhabilitation et amélioration énergétique : diagnostic stratégique de patrimoine et montages d'opération** MIQCP médiations 20

## Ponts thermiques

- **Les ponts thermiques dans le bâtiment, mieux les connaître pour mieux les traiter**  
Salem Farkh, guide pratique CSTB, ISBN : 2-86891-333-4

## Humidité

- **Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique, Document Technique d'Application ou Constat de Traditionalité**  
Cahier de prescriptions techniques, e-cahier du CTSB, Cahier 3647 - novembre 2008
- **Transferts d'humidité à travers les parois**  
Guide technique du CSTB, septembre 2009

- **Évaluation des risques liés à l'humidité dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur de murs anciens : étude de cas.**

Antoine Dugué, Frédéric Betbeder, Jérôme Lopez de NOBATEC et Philippe Lagièrre du Laboratoire TREFLE, ENSAM, 2010

## Perméabilité à l'air

- **Perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments, Généralités et sensibilisation**  
CETE de Lyon, octobre 2006
- **Perméabilité à l'air des bâtiments en maçonnerie ou en béton**  
Alain Grelat, guide de bonnes pratiques, SEBTP, 2-915162-07-7
- **Perméabilité à l'air d'une maison individuelle en ossature bois**  
Sylvain Berthault, CETE de Lyon, rapport LRA n° : 16053-2, juin 2005
- **Étanchéité à l'air dans les logements collectifs et les bâtiments tertiaires**  
Guide à l'usage des maîtres d'ouvrage - Rhonalpénergie Environnement - février 2010

## Qualité de l'air intérieur

- **Le Guide de l'Habitat Sain**  
Suzanne Déoux, Pierre Déoux, éditions Medieco, septembre 2004
- **Nos maisons nous empoisonnent : Guide pratique de l'air pur chez soi**  
Georges Méar, Éditions Terre Vivante, 2003
- **Campagne nationale Logements : État de la qualité de l'air dans les logements français - Rapport final**  
Observatoire de la qualité de l'air intérieur, novembre 2006 - Mise à jour en mai 2007
- **État de la ventilation dans le parc de logements français**  
Observatoire de la qualité de l'air intérieur, juin 2007
- **Valeurs guides de qualité de l'air intérieur, le formaldéhyde**  
AFSSET, juillet 2007
- **Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos**  
Haut Conseil de la Santé Publique, octobre 2009
- **Arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements**  
Legifrance
- **Arrêté du 22 octobre 1969 relatif aux conduits de fumée desservant des logements**  
Legifrance
- **Arrêté du 23 février 2009 relatif à la prévention des intoxications par le monoxyde de carbone dans les locaux à usage d'habitation**  
Legifrance
- **WHO handbook on indoor radon - a public health perspective**  
Organisation mondiale de la santé

## Confort d'été

- **Fraîcheur sans clim'**  
Thierry Salomon et Claude Aubert, éditions Terre Vivante, Mens, Isère, 2004
- **Guide de la fermeture et de la protection solaire**  
SNFPSA, coédité par le SEBTP et Métal'Services, 2010

## Acoustique

- **Guide concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment**  
CSTB, ref :Y09 12 0000494

## Sécurité

- **Instruction technique 249, arrêté du 24 mai 2010 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public**  
Legifrance

Sans oublier des brochures et documents des partenaires industriels de l'association Effinergie sur les systèmes, procédés et produits destinés à satisfaire les exigences des labels BBC-effinergie, disponibles sur le site [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

## Sites web

Les adresses des sites de référence pouvant changer, vous les trouverez sur le site [effinergie www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)  
Voir notamment les 3 projets lauréats de la FONDATION BÂTIMENT ÉNERGIE pour la requalification des maisons construites entre 1950 et 1975





# Membres

## D'EFFINERGIE



Effinergie est une association indépendante de promotion de la basse consommation dans le bâtiment dont la gouvernance relève de ses membres fondateurs et des collectivités locales adhérentes.

### Collège « Collectivités »

- Région **Alsace\***
- Région **Aquitaine**
- Région **Basse-Normandie**
- Région **Bourgogne**
- Région **Bretagne**
- Région **Centre**
- Région **Champagne-Ardenne**
- Collectivité Territoriale de **Corse**
- Région **Franche-Comté\***
- Région **Haute-Normandie**
- Région **Île-de-France**
- Région **Languedoc-Roussillon\***
- Région **Lorraine**
- Région **Midi-Pyrénées**
- Région **Nord-Pas-de-Calais**
- Région **Pays de la Loire**
- Région **Picardie**
- Région **Poitou-Charentes**
- Région **Provence-Alpes-Côte d'Azur**
- Région **Rhône-Alpes**
- Département **Loire-Atlantique**
- Ville de **Paris**
- Grand **Dijon**

### Collège « Associations et Acteurs Régionaux »

- **AICVF** Association des ingénieurs en climatique, ventilation et froid
- **AJENA** Énergie et environnement\*
- **Amorce**
- **ARC** Association des Responsables de Copropriété
- **CEFIIM** Centre d'Études, de Formation, d'Informations, d'Innovations Méditerranéen\*
- **CLER** Comité de Liaison Énergies Renouvelables
- **ICO** Ingénierie du confort et de l'eau
- **Pôle Énergie Franche-Comté**
- **RAEE** Rhônalpénergie Environnement\*

### Collège « Organismes »

- **ADEME** Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
- **ANAH** Agence Nationale de l'Habitat
- **Caisse des Dépôts et Consignations\***
- **CERIB** Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton
- **CICF** Syndicat de professionnels de l'ingénierie et du conseil
- **CNDB** Comité National pour le Développement du Bois
- **COSTIC** Centre d'études et de formation génie climatique équipement technique du bâtiment
- **CSTB** Centre Scientifique et Technique du Bâtiment\*
- **Collectif « Isolons la terre contre le CO<sub>2</sub> »\***
- **Énergies et Avenir**
- **FCBA** Institut technologique
- **FEDENE** Fédération des services Énergie Environnement
- **FFB** Fédération Française du Bâtiment
- **FFTB** Fédération Française des Tuiles et Briques
- **FILMM** Syndicat national Fabricants Isolants en Laines Minérales Manufacturées
- **Banque Populaire\***
- **QUALIBAT**
- **QUALITEL**
- **SCET** Service Conseil Expertises Territoires
- **SER** Syndicat des Énergies Renouvelables
- **SNFA** Syndicat National des Fenêtres Aluminium
- **SNPA** Syndicat National des Plastiques Alvéolaires
- **UCI-FFB** Union des Constructeurs Immobiliers de la Fédération Française du Bâtiment
- **UMF** Union des Maisons Françaises
- **UNSAFA** Union Nationale des Syndicats Français d'Architecte

### Club des Partenaires

- **Aéroport de Paris**
- **Aldes**
- **Boisabita**
- **Dalkia**
- **France Air**
- **ICF Immobilière des Chemins De Fer**
- **Itga**
- **Knauf**
- **Legrand**
- **Monné-Decroix Crédit Agricole**
- **Saint-Gobain - Isover**
- **Samse**
- **Somfy**
- **Terreal**
- **Ursa France Sas**
- **Veka**
- **Veritas**
- **Xella Thermopierre**



\* Membres fondateurs



## effinergie

**Siège social** : 4 avenue Recteur Poincaré - 75016 Paris

**Antennes** : Tour Europa – 101 Allée de Délos – 34000 Montpellier (adresse postale)  
7 rue du Lac – 69003 Lyon

[www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

- **Création graphique** : Pedro Vitorino - [www.pedrovitorino.com](http://www.pedrovitorino.com)
- **Illustrations** : AJENA Énergie & Environnement - [www.ajena.org](http://www.ajena.org)
- **Impression** : Ce document a été réalisé à partir de papier blanchi sans chlore issu de forêts gérées durablement et ayant obtenu la certification PEFC, imprimé avec des encres végétales par Pure Impression, entreprise certifiée : ISO 14001 (management environnemental), 9001 (qualité) et labellisée Imprim'vert et Print environnement.
- **Crédits photographiques** : Ajena, Actimur, F. Buffard, J.-P. Cattelain, S. Delmas, DER, Énergie Positive, Detry & Levy SARL d'architecture, Énergies Vertes du Bourbonnais, OPH du Jura, O. Smits, Pouget Consultants, Latere, SCIC Habitat Bourgogne, Ville & Aménagement Durable, Ville de Grenoble, V. Waessem, Tribu Énergie.

Version **mars 2011**





