



**INGENIEURS CONSEILS**  
*26160 Félines sur Rimandoule*  
**☎ 04 75 90 18 54 - [sidler@enertech.fr](mailto:sidler@enertech.fr)**

# **PRATIQUE DE LA RENOVATION A BASSE CONSOMMATION D'ENERGIE**

## **Les Solutions Techniques de Rénovation**

**Juin 2015**

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION : POURQUOI RENOVER LES BATIMENTS ANCIENS</b>	<b>4</b>
<b>CHAPITRE 1 : DEFINITION DES OBJECTIFS A ATTEINDRE</b>	<b>12</b>
1-1 La contrainte du changement climatique	12
1.1.1 Le chauffage	13
1.1.2 L'eau chaude sanitaire	14
1.1.3 L'électricité spécifique	15
1-2 Caractéristiques du parc à rénover	16
1-3 La vente des logements anciens en France	18
1-4 Faut-il exclure de la rénovation les logements d'avant 1948 ?	19
<b>CHAPITRE 2 : QUELLES CONTRAINTES ET QUELLE STRATEGIE POUR LA RENOVATION DES LOGEMENTS</b>	<b>22</b>
2-1 Le niveau de performance à atteindre : 50 kWh/m <sup>2</sup> /an	22
2-2 Faire les travaux en une seule fois pour ne pas « tuer » le gisement d'économie	23
2.2.1 Etaler les travaux dans le temps est toujours plus cher et pas finançable	23
2.2.2 La gêne des travaux n'est pas très appréciée des usagers	24
2.2.3 La redoutable théorie de la rentabilité décroissante	24
2.2.4 Certains travaux doivent obligatoirement être couplés	25
2.2.5 Des réglages impossibles	25
2 - 3 Faut-il démolir puis reconstruire, ou bien rénover ?	26
2 - 4 Le rôle des artisans dans la rénovation du parc de logements	26
2 - 5 Le coût plafond des rénovations	29
2 - 6 Energie primaire ou énergie finale ?	29
<b>CHAPITRE 3 : LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RENOVATION (STR)</b>	<b>32</b>
3-1 Comment déterminer les moyens à mettre en œuvre pour rénover à « 50 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>shab</sub> /an » ?	32
3-2 L'utilisation de la simulation dynamique pour construire des bouquets de solutions – Principes méthodologiques	33
3.2.1 Les principes de la méthode	
3.2.2 Les hypothèses faites et utilisées pour les calculs de besoin par simulation	34
3.2.2.1 L'échantillon	34
3.2.2.2 Le type d'isolation	34
3.2.2.3 Le niveau d'étanchéité à l'air	34
3.2.2.4 Les résistances additionnelles des parois opaques	34
3.2.2.5 Les menuiseries extérieures	34
3.2.2.6 La ventilation	34

3.2.2.7 Apports internes	36
3.2.2.8 Zones climatiques	36
3.2.3 Le traitement des résultats de simulation – Les combinaisons de travaux	36
3-2-4 Les Solutions Techniques de Rénovation (STR)	39
3.2.4.1 Cas des systèmes de chauffage par combustible ou PAC	39
3-2-4-2 Cas des solutions de chauffage par effet Joule	41
3-2-4-3 Les STR et le traitement des cas particuliers	46
3-2-4-4 Cas particulier des planchers bas impossibles à isoler	46
3-2-4-5 Cas particulier d'un logement isolé à la fois par ITI et par ITE	49
3-2-4-6 Impossibilité d'isoler la totalité des murs par l'intérieur ou par l'extérieur	49
3-2-4-7 Impossibilité d'isoler un mur par l'intérieur ou par l'extérieur	50
3-2-4-8 Intervention sur un bâtiment construit après 1975	50
3-2-4-9 Impossibilité d'intégrer au logement un réseau de soufflage double flux	51
3-2-5 Les contraintes à respecter sur l'installation de chauffage	53
3-2-5-1 Le changement du générateur de chaleur par combustion	53
3-2-5-2 Règles pour le changement d'énergie	54
3-2-5-3 Règles propres aux générateurs à combustion et aux pompes à chaleur	55
3-2-5-4 Règles propres aux réseaux de chaleur	55
3-2-5-5 Règles pour le chauffage par effet Joule	55
3-2-5-6 Règles pour la distribution hydraulique	55
3-2-5-7 Règles pour la régulation terminale	56
3-2-5-8 Règles pour l' ECS	57
3-2-6 Les premiers enseignements des STR	58
3-2-7 Le confort d'été	60
3.2.7.1 Contrôler les apports solaires	61
3.2.7.2 Réduire les apports internes	61
3.2.7.3 Mettre en œuvre une inertie thermique importante	62
3.2.7.4 Evacuer la chaleur des structures pendant la nuit	63
3-2-8 Intérêt des Solutions Techniques de Rénovation (STR)	64
3-2-9 Les STR vont-elles conduire à uniformiser toutes les rénovations ?	66

## **CHAPITRE 4 : OBJECTIONS ET IDEES FAUSSES SUR LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RENOVATION ET LE PROGRAMME NATIONAL DE RENOVATION**

**67**

### POURQUOI RENOVER LES BÂTIMENTS ANCIENS ?

Au début des années 80, à la suite du second choc pétrolier, le baril coûtait tellement cher que le déficit commercial de la France se montait à 200 milliards de francs par an. Des programmes de maîtrise de l'énergie se mettaient en place. Puis brusquement, la tension s'est relâchée vers 1985, le baril a atteint 10 dollars, et la France s'est endormie. D'un coup les réserves semblaient inépuisables, les problèmes disparus, et l'arrivée sur le marché de l'électricité nucléaire semblait résoudre toutes nos difficultés pour l'éternité. La France a complètement arrêté de réfléchir à des solutions efficaces, et aux difficultés pourtant évidentes qui nous attendaient.

On peut donc effectivement se demander ce qui a changé depuis, et pourquoi essayer aujourd'hui de rénover des bâtiments pour réduire leur consommation de chauffage, comme on le verra, pour les amener à un niveau de consommation égal à la moitié de celui des constructions neuves RT 2005. Les raisons de ce choix sont guidées par une analyse globale de la situation énergétique mondiale en ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle. Cette approche se fonde sur une analyse en trois parties : l'épuisement des ressources, les tensions géopolitiques et les nuisances environnementales.

Au rythme de consommation actuel, les réserves prouvées d'énergie fossile sont d'environ 40 ans pour le pétrole, 60 pour le gaz et 200 pour le charbon et 70 pour l'uranium. Si, au lieu de raisonner à consommation constante (ce qui est évidemment faux), on tient compte de l'augmentation annuelle de la demande (égale à 2%/an depuis 30 ans), dans une quarantaine d'années l'ensemble des réserves prouvées sera épuisé.

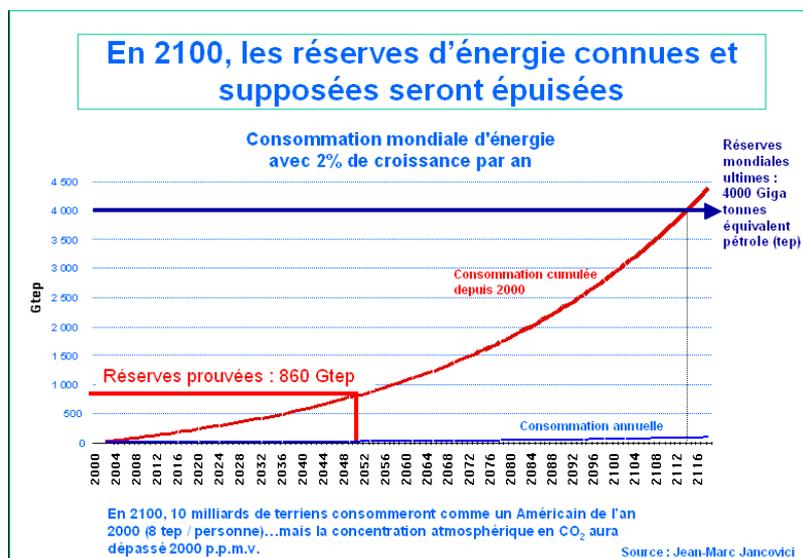
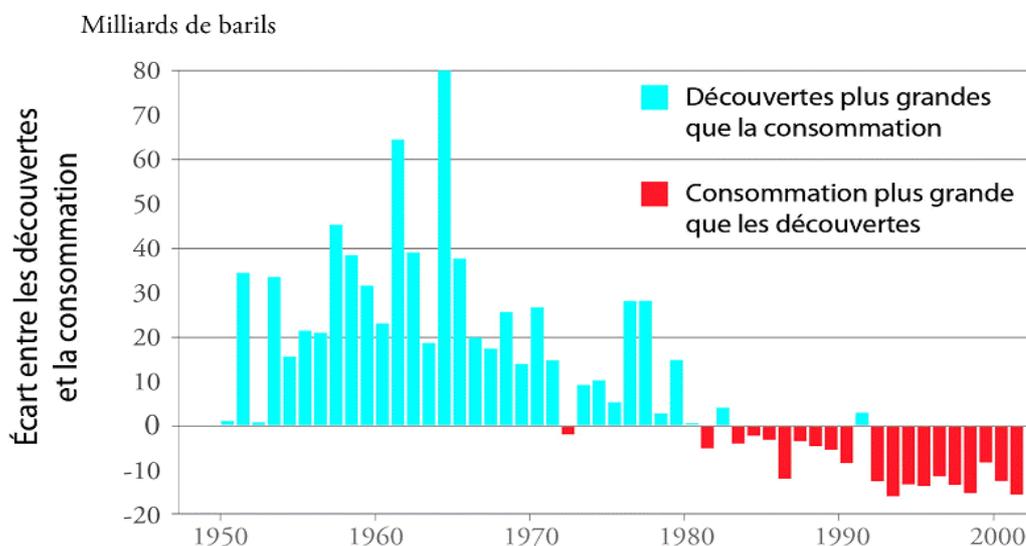


Figure I-1 : Ressources énergétiques fossiles et consommation d'énergie

On découvrira bien sûr d'autres gisements (plus chers). Mais il faut rappeler que depuis 1980, on découvre chaque année moins de pétrole qu'on en extrait, si bien que les réserves fondent.



**Figure I-2 : Ecart entre découvertes et consommations annuelles de pétrole**

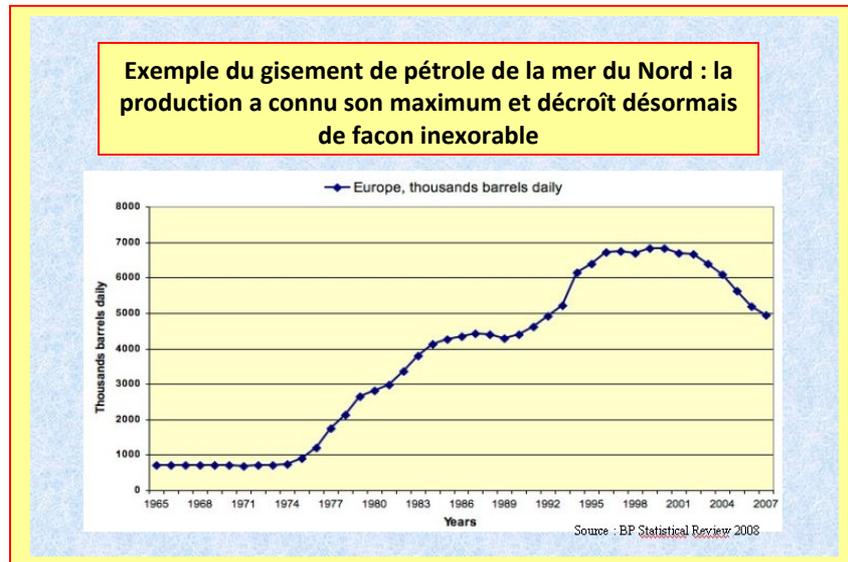
Donc, si on ne change toujours rien à nos modes de consommation mais si on considère maintenant les réserves ultimes d'énergie, c'est à dire la totalité de celles que l'on pense pouvoir découvrir et extraire un jour dans le meilleur des cas, la croissance de la demande aura eu raison de ce gisement ultime...vers 2100, soit d'ici un siècle (voir fig I-1). Il n'y aura alors plus une seule « goutte » d'énergie fossile à disposition de l'homme (les choses ne se passeront pas brutalement et on ne se réveillera pas un matin avec des puits soudainement vides !). A l'évidence nous sommes condamnés à nous adapter rapidement.

Ce délai d'un siècle, même s'il peut paraître énorme à l'échelle individuelle, reste ridiculement court au regard des enjeux et du problème posé. Il va en effet falloir adapter nos systèmes de production et de consommation d'énergie. Et ces transformations seront longues : bâtiments, machines, véhicules, sont conçus pour durer plusieurs décennies. Le choix des infrastructures (rail ou route par exemple) a des effets pendant parfois un siècle. Loin de permettre de « voir venir » les quelques décennies de ressources seront tout juste suffisantes pour opérer ces transformations lourdes qui devront en plus commencer par vaincre l'inertie de nos mentalités.

Nous avons tous de grosses difficultés à modifier nos habitudes, à changer nos pratiques, à modifier nos comportements. C'est une constante de l'homme depuis la nuit des temps : fondamentalement il a horreur du changement. Celui-ci requiert un effort, même lorsqu'il s'agit de petites transformations. Et cet effort est un véritable repoussoir à l'entrée en action. La plus grosse difficulté dans la transition énergétique annoncée est donc bien l'homme lui-même qui, contrairement à ce que ses intérêts exigeraient, va tout faire....pour ne rien faire et minimiser les risques.

Voilà pour la question du « réservoir ». Mais l'humanité a en plus un problème de « robinet ». C'est le fameux « pic de Hubbert ». Ce géophysicien américain avait observé dans les années 50 que la production d'un gisement, quelle que soit la matière première extraite (étain, plomb, fer, charbon, pétrole, bauxite, etc), augmentait au cours des

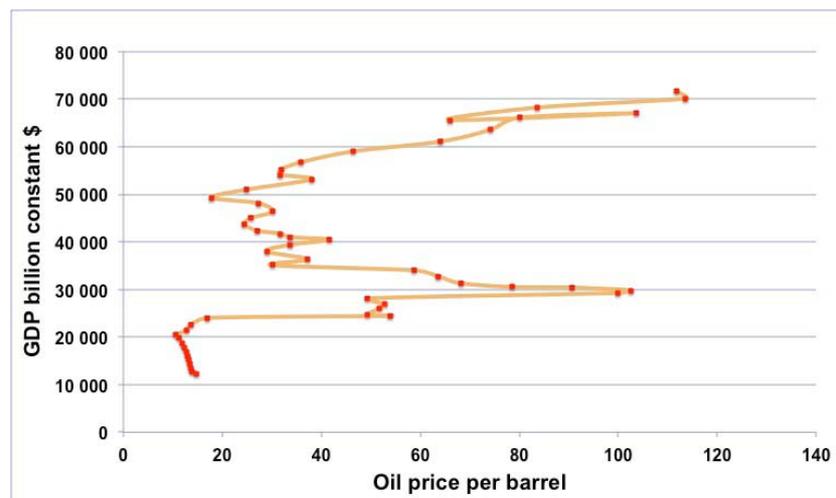
premières années d'exploitation, passait ensuite par un maximum correspondant à l'exploitation de la moitié des réserves totales, puis diminuait inéluctablement pour s'éteindre enfin. On l'a cru quand ses prédictions s'avérèrent exactes concernant les réserves américaines totales de pétrole.



**Figure I-3 : Historique de la production du pétrole en mer du Nord**

Le passage du pic de Hubbert (qui est plus un plateau qu'un pic) constitue le moment irréversible à partir duquel l'offre d'énergie fossile devient inférieure à la demande, quoiqu'on fasse. Ceux qui pourront alors avoir de l'énergie seront ceux qui la payeront le plus cher. C'est ainsi que le marché arbitrera. Le Premier Ministre de la France, François Fillon, a déclaré le 5 avril 2011 à l'Assemblée Nationale « nous avons, en 2009, atteint le pic de production en matière de pétrole. La production ne peut maintenant que décroître ».

A l'exception de périodes conjoncturelles spéculatives (été 2008 conduisant à un baril de 148 \$) ou de guerre des prix (2015 où le baril s'est vendu à moins de 50 \$), on va assister avec certitude à une envolée des prix de l'énergie. Mais il est impossible de dire à combien ce prix se stabilisera : 200, voire 300 dollars le baril ?



**Figure I-4 : Prix du pétrole (abscisse) et PIB en \$ constants pour le monde de 1965 à 2012 – Source : Jancovici d'après Banque Mondiale 2013 et BP Statistical Review 2012**

Savoir si cette hausse des prix de l'énergie aura ou non un impact sur l'économie n'est pas très simple. On pense en général que oui, car ce que les ménages dépenseront en énergie réduira inévitablement leur pouvoir d'achat. Mais la figure I-4 semble montrer que depuis 50 ans, il n'y a eu aucune corrélation entre le prix de l'énergie et l'évolution du PIB. Quel que soit le prix de l'énergie, le PIB a toujours augmenté : c'est bien ce qu'on a observé depuis 1999 où le baril valait 10 \$ courant et 2014 où il en valait plus de 100 (soit une hausse moyenne de 17%/an). Dans ce même intervalle, le PIB a augmenté de 40%.

En revanche, on peut craindre une tension sociale très forte, lorsque les ménages les moins aisés seront dans l'incapacité totale de payer une facture énergétique quatre fois plus chère que celle, parfois déjà élevée, qu'ils payent aujourd'hui.

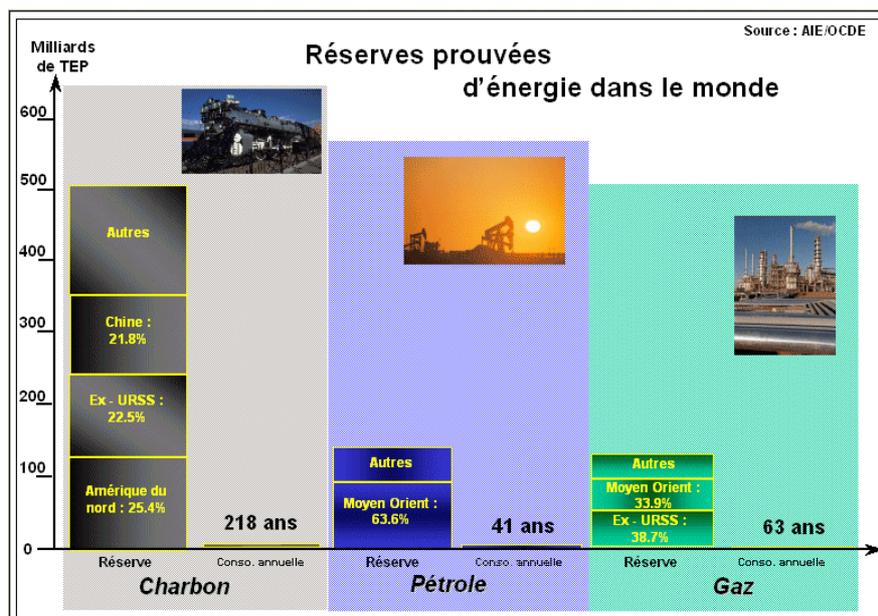
Le pic de Hubbert étant derrière nous, le prix du pétrole ne peut plus qu'augmenter, en dehors bien sûr des phases conjoncturelles de hausse ou de baisse anormales. L'envolée des prix constatée est donc compréhensible. Mais surtout, elle ne va pas s'arrêter et on doit se préparer pour éviter ses conséquences douloureuses, notamment sur les ménages les plus fragiles.

Le pic de Hubbert n'affecte pas que le pétrole. Ainsi, l'approvisionnement énergétique chinois est fondé pour les deux tiers sur le charbon, particulièrement abondant dans ce pays qui possède 22% des réserves mondiales. Or le pic de Hubbert pour le charbon chinois (peak coal) est prévu en....2020 !

De manière paradoxale, dans ce contexte de relative pénurie, les lois du marché fonctionnent de manière peu claire. L'économie enseigne que le prix d'un bien est le reflet de sa rareté. Or même à 100 dollars le baril, le pétrole est deux fois moins cher que l'eau minérale ! Que faut-il en conclure ? Les outils qui régulent si bien la vente en supermarché ne fonctionnent plus de manière satisfaisante dès qu'il s'agit de l'énergie...L'économie nous envoie un signal brouillé quant à la rareté des énergies fossiles, ce qui ne permet pas aux opérateurs d'agir comme pour une pénurie de sucre ou d'eau minérale, c'est à dire en anticipant.

La première conclusion face à la raréfaction des ressources est que, **malgré les apparences, on dispose de peu de temps pour trouver de nouvelles solutions et s'adapter à cette situation de pénurie.**

La seconde observation qui s'impose concerne la localisation géographique des ressources d'énergie fossiles. Ces ressources se trouvent réparties de façon peu homogène à la surface de la Terre : 65 % des réserves de pétrole et 35% des réserves de gaz sont au Moyen Orient, seule région à pouvoir offrir au monde riche sa croissance et ses ajustements de consommation dans le futur. Mais 70% des réserves de charbon sont regroupées dans les trois régions potentiellement les plus puissantes du monde : les USA, la Chine et l'ex URSS.



**Figure I-5 : Origine géographique des principales ressources fossiles**

L'Irak dispose probablement des plus grosses réserves de pétrole du monde. Ce pétrole est de la meilleure qualité qui existe, il est de surcroît très facile à extraire (par endroit il affleure) et c'est donc sans surprise celui qui est le meilleur marché de la planète. Il pourrait vraisemblablement constituer demain le prix directeur de l'énergie. Dans ce contexte, la guerre en Irak trouve une explication simple. Elle aurait pu préfigurer d'autres guerres à venir si l'entreprise américaine n'avait échoué lourdement (mais on peut penser que cet échec aura mis fin aux vellétés du même type), toutes destinées à contrôler l'approvisionnement en énergie du monde riche. Puis viendront les guerres pour le partage de ces ressources, donc entre pays riches. Ces guerres là seront de type économique, et elles opposeront un tripôle de nations regroupées autour des Etats Unis, de l'Europe et de la Chine. Et ceci se déroulera sur fond de pénurie dans les pays les plus pauvres.

Mais on ne peut aussi exclure d'autres conflits, consécutifs aux désordres climatiques eux-mêmes, comme les inondations de certaines régions par l'élévation du niveau des mers, ou la désertification de certaines zones du globe et l'exode des populations vers des pays qui, évidemment, les combattront pour ne pas être envahis. D'ores et déjà l'ONU a prévu que 250 millions de personnes seront des « déplacés du climat » en 2050 (dépêche ONU du 10/12/2008).

La seconde conclusion face au regain de ces tensions géopolitiques est que les stratégies énergétiques actuelles des pays riches mènent avec certitude à une recrudescence des guerres et de la misère sur Terre. Nous sommes et resterons longtemps les principaux consommateurs d'énergie sur cette planète, même si on observe une augmentation de la demande des pays émergents. Nous sommes donc les principaux responsables de ce qui pourrait se passer dans les années à venir. Nous avons en conséquence le devoir moral de réduire notre pression sur le marché de l'énergie en modifiant radicalement nos politiques énergétiques, en réduisant nos besoins et en recourant à d'autres ressources. Pour les pays pauvres, tous les scénarii du futur sont des scénarii catastrophes dont ils ne sortiront pas vainqueurs. Nous ne pouvons accepter de transformer cette planète en un immense champ de bataille et de misère. Nous devons relever le défi.

Enfin, l'énergie est grande responsable dans les problèmes environnementaux. A tous les stades de sa transformation, l'énergie est source de nuisances : marées noires, effet de serre, couche d'ozone, déchets radioactifs, la liste est longue et l'impact environnemental de ces nuisances n'est plus nié par quiconque. La plus grave et la plus immédiate de ces menaces est le réchauffement climatique (majoritairement dû au CO<sub>2</sub>), dont d'origine anthropique est aujourd'hui bien établie : le monde libère déjà deux fois plus de carbone que ce que la Terre peut absorber (essentiellement par les océans). Si les pays riches ne divisent pas très vite par 4 ou 5 (voire 10 pour certains pays) leurs rejets de gaz à effet de serre (donc aussi leurs consommations d'énergie), les désordres observés se multiplieront : inondations, tempêtes, modification des régimes de climats et de pluies, inversion des grands courants marins, voire « débullage » de l'océan qui au lieu d'absorber le CO<sub>2</sub> relarguerait celui qu'il contient déjà, ou libération dans l'atmosphère des immenses quantités d'hydrates de méthane contenu dans les terres gelées (Sibérie) ou au fond des océans.

D'ores et déjà, on sait que l'élévation de température au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle se situera, si on ne fait rien, entre 4 et 5 °C. Les « archives » climatologiques contenues dans les glaces polaires et vieilles de 800.000 ans ne contiennent aucune température terrestre correspondant à 5°C de plus que la température actuelle. L'élévation de température la plus importante a eu lieu il y a 125.000 ans. Elle était de 2°C. En revanche, il y a 18.000 ans, à la fin de la dernière ère glaciaire, la température de la Terre a été inférieure de 5°C à la température actuelle. Le niveau des océans était inférieur de 120 m au niveau actuel et on se rendait à pied sec de France en Angleterre. Comme le niveau des mers était plus bas, il fallait bien que cette eau soit quelque part : l'Amérique du Nord, le Groenland, l'Europe du Nord et l'Allemagne étaient recouverts par 3 km de glace, et ce glacier mesurait 2 km sur Briançon et encore 1 km aux abords de Lyon. La colline de Fourvière est d'ailleurs une ancienne moraine glaciaire (des cailloux apportés par le glacier) datant de cette époque. Ailleurs en France, le sol était du permafrost.... Il est donc clair que 5°C de moins conduisent à un changement d'ère climatique. Autant dire qu'à la fin du siècle, 5°C de plus correspondront eux aussi à un changement d'ère climatique, et pas à un banal changement de temps permettant de bronzer un peu plus l'été et de se chauffer un peu moins l'hiver. C'est une révolution qui nous attend, et peu de Français, même parmi les décideurs et les élus, en sont vraiment conscients. Le problème tient à ce que ce changement d'ère climatique sera tellement brutal et important que tout laisse penser que nous ne serons absolument pas capables de nous adapter à de telles transformations....

Les conditions de l'équilibre en carbone sur Terre sont simples : le seul puits de carbone à long terme est l'océan (un peu aidé par la forêt...). Il absorbe, bon an mal an, 3 milliards de tonnes de carbone annuellement. En réalité il en absorbe 51 milliards de tonnes dans les zones froides de l'océan (l'atlantique Nord) mais en libère 48 milliards de tonnes dans les zones intertropicales. Présenté de façon un peu caricaturale, on pourrait considérer que l'océan transfère le gaz carbonique des riches pays émetteurs du Nord vers les pays les plus pauvres, donc les moins émetteurs, situés dans la zone intertropicale. Tout en absorbant quand même 3 milliards de tonnes de carbone qui constituent notre « poumon ». Signalons en passant que cette absorption de carbone n'est pas sans inconvénients majeurs : l'océan s'acidifie, et si son pH varie de 0,1 une multitude de micro-organismes seront dans l'incapacité de constituer leur squelette et disparaîtront. Or, les mécanismes d'absorption du carbone reposent en grande partie sur ces micro-organismes qui vivent en surface,

absorbent le CO<sub>2</sub>, puis lorsqu'ils meurent, tombent au fond de l'océan en emportant avec eux le carbone autorisant ainsi le stockage de celui-ci dans les fonds marins (les seules couches superficielles de l'océan seraient insuffisantes).

L'existence de notre « poumon » océanique n'est donc pas sans « effets secondaires », mais nous n'avons que lui. Et nous devons le partager équitablement entre les 7 milliards d'habitants de la Terre. Chacun a donc droit de rejeter 0,43 tonne de carbone/an. Globalement la Terre rejette déjà le double, et la France 2,2 tonnes. Cela signifie pour les pays riches de réduire par un facteur 5 à 7 leurs émissions de gaz à effet de serre actuelles, donc aussi à peu de choses près leurs consommations d'énergie. A ce jour, la plupart des instances internationales et des chefs d'Etats raisonnables ont admis cette idée, mais ils ne l'ont pas encore traduite sérieusement en actions (crise économique oblige), même si l'Union Européenne est le dernier îlot de résistance sur Terre à vouloir réellement réduire les émissions des pays membres.

Ouvrons un instant une parenthèse sur ce calcul d'équilibre en carbone de la planète. Il est effectué avec la population actuelle (7 milliards de personnes), alors qu'il se propose d'atteindre l'équilibre en 2050, une époque où nous serons... 10 milliards d'habitants. **Il serait donc plus honnête et plus juste d'admettre que l'effort à faire n'est pas le facteur 4, mais le facteur 7.**

Enfin, le climatologue James Hansen, l'un des meilleurs climatologues du monde, par ailleurs directeur du Goddard Institute de la NASA, prétend à la suite d'une analyse paléontologique, que ses collègues ont placé les objectifs à atteindre en terme de concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère au mauvais niveau (450 ppm), et à la mauvaise échéance (2100). Il pense qu'il faut aller plus loin (viser 350 ppm) et beaucoup plus vite (2050). Or la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est déjà de 403 ppm (en 2015). Ce que propose Hansen (et que tout le monde semble avoir accepté) est donc désormais non pas de réduire le taux de croissance de la concentration en CO<sub>2</sub> sur Terre, mais de réduire cette concentration elle-même. Inquiétant. Mais pour Hansen, c'est la vitesse d'élévation du niveau des mers qui est en jeu (rappelons que la fonte totale des glaces polaires conduirait à une élévation de 80 m du niveau des mers : la ville de Valence serait au bord de la mer).

Pour notre malheur, il est conforté dans son raisonnement par R.Pachauri, président du Giec, qui a affirmé en 2008 que si nous voulions contenir l'élévation de température terrestre à 2°C au-dessus du niveau actuel, il faudrait que nous inversions la courbe des émissions terrestres des gaz à effet de serre d'ici 2015. Pourquoi cette barrière de 2°C ? Parce qu'au-delà les climatologues pensent que l'océan changera de comportement et que le climat risque alors de s'emballer, ce qui serait assurément notre perte puisque plus aucune action corrective n'aurait alors d'utilité.

L'emballlement du climat est une situation dans laquelle les phénomènes auto alimentent leur développement et leur croissance. Ainsi, tant que la température sur Terre est contenue, la banquise (qui est blanche et réfléchissante) joue le rôle de repoussoir en évitant d'absorber le rayonnement du soleil. Mais plus la température sur Terre augmente, plus la banquise fond et plus, à sa place, l'océan (qui paraît noir vu du soleil) absorbe la chaleur. Ainsi, plus ça fond, plus ça va fondre vite. Phénomène typique d'emballlement.

Que peut-on en conclure concrètement de toutes ces observations ? Seulement qu'il faut aller très vite dans notre lutte, et très loin. Ce n'est pas facteur 2 qui nous tirera d'affaire, c'est facteur 7 tout de suite.

En ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle nous sommes donc confrontés à une double problématique : celle du réchauffement climatique qui menace notre survie sur Terre et celle de la pénurie en énergie fossile, avec pour corollaire une grave crise sociale si la facture énergétique n'est pas contrôlée.

A ce stade on peut donc se poser la question : faut-il réduire nos besoins (par la maîtrise de l'énergie) ou bien chercher des sources d'énergie de substitution ?

La réponse est simple : il faut faire les deux. Dans la situation d'urgence actuelle, il faut d'abord maîtriser l'énergie parce que c'est facile et spectaculaire. Et il faut effectivement rechercher des solutions énergétiques de substitution pérennes capables de répondre à nos besoins à long terme.

Dans ce contexte, la réduction des consommations du bâtiment est donc une priorité. D'abord parce que le bâtiment est le secteur le plus consommateur d'énergie (46 % de la consommation totale), l'un des plus gros émetteurs de gaz à effet de serre (23 % des émissions totales), et c'est surtout là qu'il est le plus facile d'agir, à la fois techniquement et rapidement. L'ensemble de la profession doit donc s'en persuader et s'engager dans un programme volontariste.

Cette stratégie aurait par ailleurs un intérêt social évident : il y a en France 8 millions de personnes en situation de précarité énergétique. Avec la hausse programmée du prix de l'énergie, de plus en plus de Français seront dans l'incapacité de payer leurs factures. La rénovation des bâtiments est la seule réponse à apporter à cette situation d'urgence.

Enfin, on construit environ 300 000 logements par an et on en démolit 30 000. Le parc actuel est d'environ 30 millions de logements. De ces chiffres, la plupart des analystes déduisent qu'il faudra un siècle pour renouveler le parc de logements. Mais c'est faux. Il faudra en réalité mille ans ! Les logements que l'on construit chaque année augmentent en fait la taille du parc mais ne se substitue à lui qu'à hauteur de 30 000 par an.

Il n'y a donc qu'une seule façon de transformer rapidement la consommation dans le bâtiment : par la rénovation thermique massive des constructions anciennes.

Ne rien faire aujourd'hui dans le bâtiment serait un aveu de totale impuissance face aux enjeux climato-énergétiques.

**CHAPITRE 1 : DEFINITION DES OBJECTIFS A ATTEINDRE**

En France la première réglementation thermique dans les bâtiments neufs est apparue en deux étapes entre 1974 et 1975 (Arrêté du 10 Avril 1974) pour les logements et en 1976 pour le tertiaire. À partir de ces dates, les bâtiments ont commencé à être un tant soit peu calorifugés. Dans l'urgence, il faut considérer que la priorité est donc de rénover tous les bâtiments d'avant 1975. Et c'est sur ce parc que la rentabilité économique sera la plus intéressante. Au fur et à mesure que le prix de l'énergie augmentera, on pourra commencer à rénover les bâtiments postérieurs à 1975. Dans ce qui suit, nous nous intéresserons donc uniquement au parc d'avant 1975.

A quoi correspondent, pour le parc de bâtiments anciens (c'est à dire d'avant 1975), les contraintes concernant la limitation des gaz à effet de serre et la pénurie des ressources fossiles définies dans le chapitre précédent?

**1 - 1 La contrainte du changement climatique**

Si l'idée de rénover le parc de bâtiments en France fait consensus, ce n'est pas le cas du niveau de performance énergétique à atteindre. Il règne aujourd'hui sur ce sujet une grande confusion, les objectifs assignés pouvant varier dans des proportions allant de un à trois. Tout se passe comme si ces objectifs étaient négociables, alors que le niveau de performance est en réalité imposé par le contexte climatique...

Rénover les bâtiments, et notamment le parc de logements anciens, est nécessaire pour des raisons économiques et sociales (le coût de la facture énergétique des ménages), des raisons environnementales (le changement climatique) et des raisons liées aux ressources (épuisement des réserves d'hydrocarbures). Mais de toutes ces raisons, celle qui nécessite de se mobiliser avec la plus grande urgence est à l'évidence le changement climatique. Il nous reste très peu de temps pour réagir de manière forte et ambitieuse.

C'est donc lui qui va dimensionner l'effort à accomplir et le niveau de la performance à imposer aux rénovations. Il restera bien sûr à savoir ensuite si les équilibres économiques peuvent être satisfaits par cette disposition très volontariste.

Secteur	Usage	Bâtiments <1975	Ensemble actuel	Valeurs cibles (Facteur 4)	Valeurs cibles (Facteur 7)
Résidentiel	Chauffage kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	322	210	50	30
	ECS* kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	39	37,5	9,5	6
Tertiaire	Chauffage kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	209	196	50	30
	ECS* kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	19	29	7	4

\* : Eau Chaude Sanitaire

Source : Observatoire de l'Énergie et INSEE

1 : énergie primaire et m<sup>2</sup> habitable ou utile

Figure 1.1 : Consommation d'énergie primaire et cibles à atteindre par usage dans les parcs de bâtiments résidentiels et tertiaires

### Précisions :

Les unités utilisées dans ce qui suit pour les usages thermiques (chauffage et ECS) sont des **kWh d'énergie primaire**, et des **m<sup>2</sup> habitables**. Pourquoi ce choix ?

**L'énergie primaire** mesure le prélèvement à la source (c'est à dire dans la nature), que l'on effectue pour produire de l'énergie finale (celle que l'on utilise). Entre les deux énergies, il y a un ensemble de transformations plus ou moins efficaces pour convertir l'énergie d'une forme à une autre, ou bien pour la transporter. Raisonner en énergie primaire, c'est donc créer une incitation pour améliorer les chaînes de transformation et rendre obligatoire la maîtrise de l'énergie. C'est utiliser au mieux **la ressource planétaire dont on dispose et qui est finie**.

Dans cette perspective, toutes les tentatives actuelles de ceux qui veulent contre vents et marées, contre les lois même de la physique, revenir à tout prix à des bilans en énergie finale, sont des tentatives qui ne peuvent qu'amener une grande confusion et surtout qui vont poser la question énergétique de façon partisane et désordonnée. Comment peut-on apporter des réponses réellement efficaces à cette grave question de l'énergie lorsque les règles du jeu sont fausses ? On a par exemple entendu dire que pour le chauffage électrique par effet Joule il fallait raisonner en énergie finale, sinon il était défavorisé. Non, il n'est pas défavorisé : son bilan est alors présenté tel qu'il est dans la réalité, c'est à dire très consommateur en énergie primaire ! Le fait d'avoir bénéficié d'un certain nombre de largesses pendant des années a fini par lui faire croire qu'il était effectivement vertueux sur le plan énergétique. Il ne l'est pas et Monsieur Carnot est là pour nous le rappeler. Ne nions pas les lois de la physique et ne leur tordons pas le cou, elles se rappelleront un jour ou l'autre à nous, et ce sont toujours elles qui auront raison. Apprenons la rigueur de pensée, même quand elle ne sert pas les intérêts que l'on veut défendre. C'est une règle impérative que nous devons collectivement nous imposer pour arriver à un résultat réellement pertinent, lisible et intelligible par tous.

Le choix de la surface habitable (ou chauffée) plutôt que celui de la SHON (surface hors œuvre nette) est le choix du bon sens. La surface habitable (ou chauffée) est le seul dénominateur commun réaliste et réellement représentatif entre deux projets. C'est la surface qu'on utilise, celle qui rend le service figurant au cahier des charges du bâtiment.

Par définition, la SHON est égale à la surface brute (SHOB) après déduction des combles et sous-sols non aménageables < 1.80m, des balcons, surfaces non closes, espaces de stationnement. Et la surface hors œuvre brute est la somme des surfaces de chaque niveau, y compris les combles et les sous-sols aménageables ou non, l'épaisseur des murs et des cloisons, les terrasses inaccessibles formant toiture.

On en déduit que la SHON est constituée par exemple des surfaces de vérandas ou de celles encore plus importantes des atriums, puisqu'il s'agit de surfaces closes. Une coursive extérieure close fera aussi partie de la SHON. La SHON inclut donc des surfaces qui ne sont pas chauffées, du moment qu'elles sont closes. C'est évidemment la plus mauvaise référence qui soit pour qualifier une consommation....de chauffage.

Il n'est pas possible, comme le fait la réglementation française actuelle, de s'appuyer sur une telle surface de référence (la SHON), même corrigée en SHON RT, car elle introduit des aberrations et des distorsions trop importantes dans les résultats dont elle rend l'interprétation complètement impossible.

Partant des consommations actuelles moyennes du parc, on peut déterminer les consommations cibles de chaque usage.

#### 1.1.1 Le chauffage

En se fixant *a minima* pour cible le facteur 4 sur les consommations moyennes actuelles, **la cible à atteindre est une consommation de chauffage de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an**. Il s'agit d'énergie primaire et de surface habitable, ou chauffée.

**Réaliser cet objectif ne présente pas de difficultés techniques particulières et ne nécessite aucune rupture technologique.** En Allemagne ou en Autriche, il existe des rénovations au standard passif correspondant à des besoins inférieurs à 15 kWh/m<sup>2</sup>/an. Même en France, des rénovations ont été faites à ce niveau. A Valence (26), le bureau

d'études ENERTECH a même été encore plus loin en rénovant les locaux de la Fédération Drôme-Ardèche du Bâtiment en bâtiment à énergie positive.

Il est à noter que, si on visait le facteur 7 (le seul vraiment réaliste), il faudrait rechercher une consommation de  $30 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{Shab}}/\text{an}$ .

Mais la question n'est pas vraiment de savoir si réaliser une rénovation à  $50 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$  est techniquement possible ou si c'est cher. La question est plutôt de savoir quand est-ce qu'on commence à transformer les bâtiments et donc quand est-ce qu'on aura trouvé les moyens techniques et économiques pour y parvenir. Car nous n'avons pas le choix. Nous sommes condamnés à réussir ce pari technologique, ou à disparaître petit à petit. **Toute discussion, toute procédure tentant de prouver le contraire ou visant à entraver cette démarche conduit à une perte de temps qui pourra coûter cher à l'humanité dans la course contre la montre qu'elle doit aujourd'hui entreprendre.**

Faut-il rechercher le facteur sept dans la rénovation des bâtiments ? Vraisemblablement non. C'est techniquement possible, mais cela peut devenir coûteux et le résultat dépend fortement d'usagers qui ont pris l'habitude de se chauffer à des températures trop élevées, en tout cas très supérieures aux valeurs réglementaires (Code de la Construction et de l'Habitation – Art R 131-20). Si ce comportement s'inversait, si les usagers acceptaient des températures relativement basses, il ne serait pas interdit de penser que, même avec des logements «  $50 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{an}$  » il soit possible d'atteindre le facteur 7...

Dernière précision : les valeurs indiquées précédemment sont des valeurs physiques, mesurables. Elles n'ont aucun rapport avec les valeurs issues des calculs réglementaires qui fixent un objectif également de  $50 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{an}$  mais pour cinq usages et pas seulement pour le chauffage. Il faut attirer l'attention sur le caractère conventionnel de ce calcul réglementaire qui n'est en aucune manière une prévision de consommation. Toutes les mesures faites jusqu'à présent montrent de façon récurrente qu'il y a un lien pour le moins assez flou entre lui et les valeurs réelles.

### 1.1.2 L'eau chaude sanitaire

Pour l'ECS, la cible est de  $10 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{an}$ . Technologiquement, cela semble accessible car le rendement actuel des installations de production et de distribution d'eau chaude sanitaire est de très mauvaise qualité, et il apparaît que les besoins réels « au robinet » ne dépassent pas 7 ou 8  $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{an}$ . Des expériences récentes et des campagnes de mesure laissent entrevoir des possibilités d'amélioration très conséquentes.



**Figure 1.2 : Limiteurs de débit calibrés et autorégulés**

La contribution des chauffe-eau solaires, même si elle ne pourra pas tout régler, est très significative au regard des expériences faites, car ce type de chauffe-eau apporte directement de la chaleur, majoritairement en été, à un moment où la chaudière d'appoint est très peu chargée et où son rendement est donc très dégradée. Il s'ensuit que, lorsque le chauffe eau solaire fournit un kWh de chaleur, celui-ci se substitue à 3 kWh d'énergie primaire consommée par la chaudière dont le rendement est alors de 30%. L'économie est donc considérable.

### 1.1.3 L'électricité spécifique

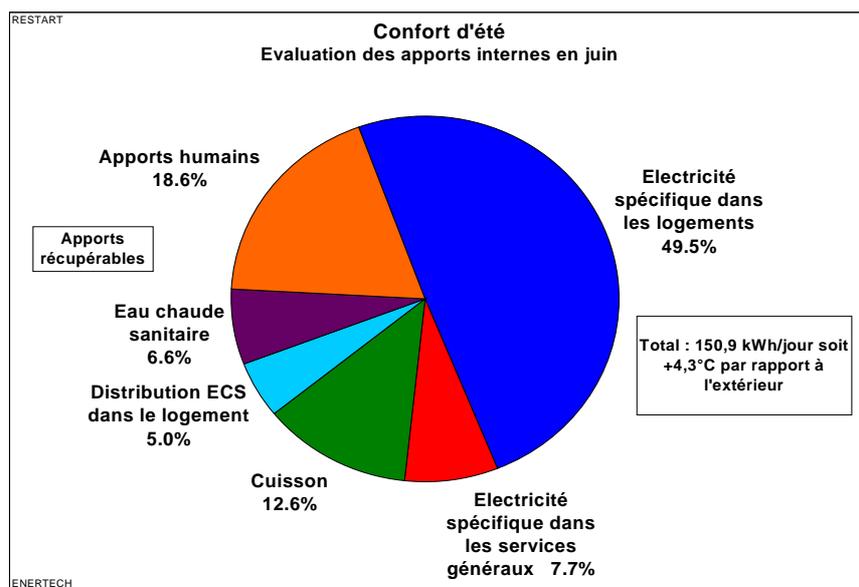
On peut se demander pourquoi réduire aussi les consommations d'électricité spécifique, puisqu'on cherche d'abord à réduire les émissions de gaz à effet de serre et que la majorité de l'électricité, en France, est produite par du nucléaire et de l'hydraulique considérés comme peu émetteurs de gaz à effet de serre. Pour plusieurs raisons à cela :

- L'électricité n'est pas une source d'énergie. C'est un vecteur, c'est à dire la forme que prend l'énergie pour son transport et son stockage. Mais comme l'hydrogène, lui aussi un vecteur, l'électricité ne se trouve pas dans la nature et il faut la produire. Malheureusement il n'existe aucun moyen « propre » de produire de l'électricité : l'énergie nucléaire laisse des déchets radioactifs pour quelques milliers d'années et peut à tout moment supprimer de la carte toute une région et irradier des milliers de personnes les condamnant ainsi à une mort parfois lointaine mais certaine, les centrales au fioul, au gaz ou à n'importe quel combustible produisent des gaz à effet de serre en abondance, les barrages hydrauliques nécessitent d'inonder des vallées et de noyer des villages (comme Tignes), le silicium des photopiles est une industrie très sale même si elle a fait de gros progrès, et tout le monde n'aime pas les éoliennes dans le paysage. En conséquence, moins on consommera d'électricité, mieux se portera notre environnement et donc mieux nous nous porterons,

- ensuite, la ressource électrique, même si elle ne subit pas actuellement une tension similaire à celle des hydrocarbures, est une ressource limitée, située géographiquement dans des zones en fortes tensions conflictuelles (Niger, Centrafrique, ect) et rien ne justifie son gaspillage. Il serait même incompréhensible pour la population qu'on l'astreigne à économiser certaines ressources énergétiques et pas d'autres. Or dans les logements très performants, le chauffage ne compte plus que pour 10 ou 20 % (voire moins de 10% dans les logements les plus performants) et l'électroménager peut représenter 60, voire 70 % de la consommation totale, tous usages confondus. Cette situation ne peut rester en l'état, et on doit aussi agir, et vite, sur la consommation électrodomestique,

- ceci conduit à ce que dans les logements à très faible consommation d'énergie, l'électroménager coûte 3 à 5 fois plus cher que le chauffage (jusqu'à plus de dix fois) !

- dans les bâtiments à très faible consommation, la période estivale présente des risques de surchauffe importants liés à l'effet « bouteille thermos » : tout apport de chaleur dans la bouteille, qu'il soit externe (solaire) ou interne (électrodomestique), provoque une forte élévation de température. Or l'électricité spécifique représente au moins 50 % des apports de chaleur d'un logement en été.



**Figure 1.3 : Bilan des apports internes (la plupart mesurées) en été dans un immeuble**

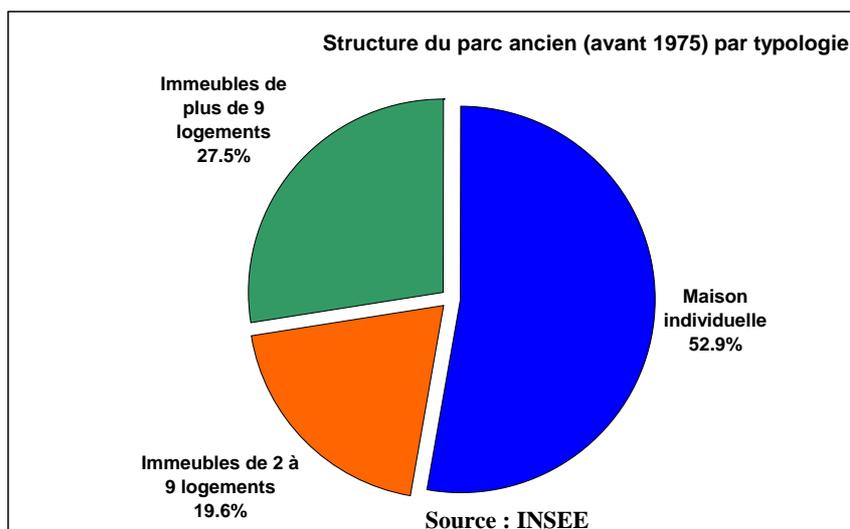
L'obtention d'un bon confort sans ou avec peu de climatisation passe donc inévitablement par une réduction des niveaux de consommation électrodomestique.

Il paraît donc impératif de réduire également les consommations d'électricité spécifique des logements. Actuellement, cette consommation est de 1160 kWh/personne/an (on utilise la référence aux personnes et pas à la surface car elle est plus adaptée). Il est donc proposé de viser à terme la consommation de 290 kWh/personne/an, ce qui est un objectif difficile à atteindre et qui nécessitera probablement, dans l'état actuel de la technologie, des choix individuels excluant ou réduisant fortement certains usages (mais ceux-ci sont-ils tous si nécessaires que cela ?).

### 1 - 2 Caractéristiques du parc à rénover

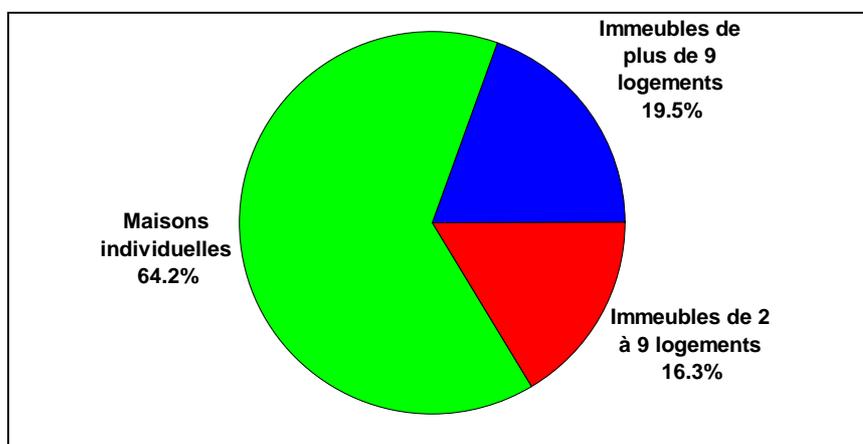
En 1974 il y avait selon l'INSEE 17,124 millions de résidences principales. Leur surface moyenne était de 72 m<sup>2</sup>. Mais on démolit en moyenne depuis 30 ans 30.000 logements/an. On estime donc qu'il subsiste aujourd'hui environ 16 millions de résidences principales datant d'avant 1975, dont la surface totale est de 1155 millions de m<sup>2</sup>.

La structure de ce parc fait apparaître une prédominance forte de la maison individuelle. Il y a effectivement 8,4 millions de maisons individuelles (résidences principales), soit 53% du total, et encore plus de 3,1 Millions de logements dans des bâtiments collectifs de moins de 10 logements.



**Figure 1.4 : Structure du parc de résidences principales d'avant 1975 en France (total : 16,0 Millions de logements)**

Si on pondère ces parcs par la consommation spécifique de chauffage de chacune des typologies de bâtiments (figure 3), il apparaît que le poids de la maison individuelle dans la consommation de chauffage des logements d'avant 1975 est de 64,2% et celle des bâtiments de moins de 10 logements de 16,3 %. Les « petits » bâtiments (moins de 10 logements et maisons individuelles) représentent donc plus de 80 % de la consommation de chauffage du parc de logements d'avant 1975. **Donc aussi sensiblement 80 % du gisement d'économie.**



**Figure 1.5 : Structure de la consommation de chauffage dans le parc de résidences principales d'avant 1975 en France**

Cette spécificité, rarement mise en avant dans les analyses sur la rénovation, paraît pourtant essentielle. Elle met en évidence que les entreprises concernées par un grand programme de rénovation des logements sont les artisans et les petites structures. Les « majors » et les entreprises de grande taille ne disposent pas d'une implantation territoriale et d'une organisation adaptées pour intervenir sur de la maison individuelle. En conséquence, le démarrage d'un grand programme de rénovation suppose d'adapter au monde des artisans et des TPME la formulation des exigences. Inutile avec eux de parler de

calcul réglementaire ou de classe énergétique. Ce serait la manière la plus sûre de les détourner de l'objectif. Les moyens à mobiliser, notamment en matière de formation, devront également être adaptés à ces acteurs bien spécifiques.

Ce ciblage est une clé majeure pour initier la rénovation des bâtiments en France. Malheureusement, il n'est pour ainsi dire jamais pris en compte.

On peut conclure deux choses de ces observations :

1 - s'il faut rénover 17,1 millions de logements (résidences principales) datant d'avant 1975 d'ici à l'an 2050 (donc en 35 ans à compter de 2015), cela signifie **qu'il faut en rénover 489.000 par an**,

2 - le parc ancien de logements (c'est à dire pour nous celui qui date d'avant 1974) est constitué très majoritairement de petites unités de bâtiments puisque 73 % correspond à des bâtiments de moins de 10 logements, et 53 % à des logements individuels. Cette structure très particulière devra conduire à une réponse des professionnels adaptée à cette taille très réduite des chantiers.

### 1 - 3 Vente des logements anciens en France

Le débat ne manquera pas de porter sur le fait de rénover les logements lorsqu'ils sont occupés, ou lorsqu'ils sont vides. C'est évidemment beaucoup plus simple de rénover un logement vide que l'inverse. Or les logements sont vides au moment des mutations. Connaître le nombre annuel de ces mutations pour les logements d'avant 1975 est donc intéressant.

Nous disposons de deux types d'évaluation :

1 - un document de la DGUHC et DAE/SESP<sup>1</sup> fondé sur l'analyse de mutations à titre onéreux de logements anciens (par opposition à des logements neufs). L'évolution des ventes est importante. A titre indicatif, voici l'évolution du nombre de ventes de logements anciens depuis quelques années :

Année	1995	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
N	532.000	658.000	785.000	778.000	792.000	803.000	804.000	802.000	801.000

La période du milieu des années 90 était une période peu représentative de l'activité du bâtiment qui subissait alors une crise aiguë. On peut donc partir sur une valeur moyenne du nombre annuel de transactions de 800.000, selon la DGUHC.

2 - le second document (revue Etudes Foncières n°126) cite une source émanant de la chambre syndicale des notaires faisant état de 770.000 transactions en moyenne depuis 2000.

---

<sup>1</sup> DGUHC et DAE/SESP - « Compte du logement 2005 et premiers résultats 2006 - Le nombre de transactions de logements anciens »

L'écart entre les deux sources est expliqué (notamment dans la première source) par une différence des méthodes utilisées. Mais ces sources étant proches, on retiendra le chiffre de 770.000 transactions comme le chiffre actuel moyen.

Ce nombre de transactions inclut les résidences principales, secondaires, et les logements vacants. Si on corrige ce chiffre du nombre de résidences secondaires (qui sortent de notre propos) et qui représentent 9,2 % du parc, on arrive à la conclusion qu'il y a environ 700.000 mutations annuelles dans le logement, tout âge confondu.

Enfin, si on ne s'intéresse maintenant qu'aux logements d'avant 1974 qui représentent 67 % du total, on peut en déduire que **le nombre de ventes de logements anciens d'avant 1974 (hors résidences secondaires) est annuellement de 469.000 en France**. On observe donc que, même en rénovant pendant 35 ans la totalité des logements mis en vente, on ne parviendrait pas à rénover la totalité du parc de logements d'avant 1975. Il faudra pour cela forcément rénover des logements en site occupé.

### 1 - 4 Faut-il exclure de la rénovation les logements d'avant 1948 ?

La France a cette particularité de vouloir distinguer les logements d'avant et d'après 1948. C'est le seul pays d'Europe à vouloir procéder ainsi, alors que les techniques de construction ont subi les mêmes évolutions dans tous les autres pays. Cette option est poussée, au plus au niveau de certains ministères, par des amoureux du patrimoine considérant que celui-ci mérite qu'on n'y touche pas. Mais pas du tout. On ne lui apporte aucune amélioration, car selon les rapports qui ont été commandités, il s'agirait de bâtiments dont la consommation est sensiblement équivalente à celle des bâtiments des années 90 !

Très franchement, si tel était le cas, ça se saurait !!! Quiconque s'est intéressé de près, sérieusement et sans *a priori* idéologiques, à ces bâtiments d'avant 1948 sait pertinemment qu'il s'agit de bâtiments très peu confortables pour ceux qui les habitent (notamment à cause de l'effet de parois froides et par la présence insupportable de nombreux courants d'air), et surtout très consommateurs en énergie, puisque les mesures honnêtes font apparaître des consommations pouvant atteindre  $400 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2_{Shab}/\text{an}$ .

La première réglementation thermique des bâtiments neufs date en France de 1974-1975 (la réglementation a été mise en place en deux temps, d'abord en 1974 puis en 1975). C'est pourquoi le vrai gisement d'économie d'énergie réside dans le parc d'avant 1974 et non dans celui des années suivantes puisque les bâtiments neufs ont commencé à être isolés. C'est donc une contre vérité flagrante, qui contredit toutes les données disponibles (Ministère de l'Industrie, INSEE) d'affirmer que les bâtiments d'avant 1948 consomment la même chose que ceux des années 90 (la France est alors sous contrainte de sa troisième réglementation thermique et les exigences sont devenues sévères). Les chiffres importants et non trompeurs à mettre en avant sont donc :

- 63,2 % des maisons individuelles d'avant 1974 datent d'avant 1948 et, sur la totalité du parc d'avant 1974, 52,6 % des logements datent d'avant 1948. Les logements d'avant 1948 représentent donc plus de la moitié des logements sur lesquels l'effort d'efficacité énergétique doit être fait.

- compte tenu de la consommation de chauffage spécifique plus élevée des maisons individuelles par rapport aux logements collectifs, **le gisement d'économie du parc de logements français se situe à environ 60 % dans les logements d'avant 1948.**

■ à partir des informations fournies par le Ministère de l'Industrie et l'INSEE, on peut déterminer qu'en 1975, la consommation moyenne du parc de logements était de **322 kWh/m<sup>2</sup>Shab/an**. Certes ce parc a été un peu amélioré depuis, mais ceci concerne surtout le logement social. Pour le reste, les français ont un peu changé leurs fenêtres et mis de l'isolation (modestement) en toiture (travail souvent à reprendre totalement). La consommation des bâtiments des années 1990 n'est pas connue avec une grande précision mais peut être estimée entre 120 et 140 kWh/m<sup>2</sup>Shab/an. **Se passer de rénover le parc des bâtiments d'avant 1948 c'est donc renoncer à l'essentiel du gisement d'économie associé à la rénovation des bâtiments en France.**

**Conclusion n°1** : c'est une contre vérité grave d'affirmer que le parc de logements d'avant 1948 représente peu de choses en matière énergétique comme le laissent entendre certains.

**Conclusion n°2** : il y a peu de chauffage électrique dans les logements d'avant 1948. Il s'ensuit que l'essentiel du chauffage est assuré par des systèmes utilisant des hydrocarbures. Renoncer à rénover cette partie du parc, c'est **s'interdire de limiter les émissions de GES**, donc de lutter efficacement contre le changement climatique. Il ne paraît pas non plus possible que sans la rénovation de cette partie de notre patrimoine il nous soit possible de tenir nos engagements européens en matière de lutte contre le changement climatique.

Mais une certaine mauvaise foi anime ceux qui veulent exclure de la rénovation le parc de logements d'avant 1948, puisqu'ils n'hésitent pas à affirmer que rénover ces logements conduira à générer de nombreuses pathologies : *« Les façades traditionnelles ont pour propriété de « respirer », ce qui permet notamment à l'humidité intérieure des habitations d'être naturellement évacuée. L'application en façade de matériaux d'isolation inappropriés à ces édifices anciens supprimera ces caractéristiques en provoquant une dégradation du bâti et de la salubrité des logements (moisissures, particules fines), dégradation déjà observée après de simples changements de fenêtres. »*

Cette remarque comporte un tissu de contre vérités ou d'approximations parmi lesquelles :

■ un mur ne « respire » pas. Il n'y a aucune circulation d'air dans un mur correctement réalisé. En revanche il existe des phénomènes de migration de vapeur et une science qui s'attache à comprendre et contrôler cette migration de vapeur. Il n'y a donc pas de fatalité dans ce phénomène dès lors qu'on l'étudie.

■ Affirmer que l'humidité d'une habitation est « naturellement » éliminée par les murs en laissant entendre que c'est la seule manière d'éliminer la vapeur d'eau du logement est une assertion qui va permettre dans l'argumentaire d'affirmer qu'il ne faut donc pas toucher à ces murs. Or tous les professionnels du bâtiment le savent, et toutes les réglementations l'obligent : il faut mettre en place des dispositifs de ventilation qui sont les seuls moyens efficaces d'éliminer la vapeur d'eau dans les logements. La partie transitant dans les murs est volontairement très réduite.

Il est très grave de laisser entendre que toutes les entorses aux règles de l'art (mettre en œuvre des matériaux d'isolation inappropriés, etc) constituent la norme, ce qui évidemment générerait d'horribles pathologies. Les professionnels savent depuis longtemps choisir un isolant et son revêtement, mettre en place une ventilation, respecter des règles permettant une migration contrôlée de la vapeur et il est inconcevable de mettre en place

une réglementation pour le cas, bien improbable, où toutes les opérations réalisées le seraient de manière pathogène.

- L'ignorance feinte ou réelle de l'existence des systèmes de ventilation (en général mécanique) semble d'ailleurs une tendance récurrente chez les détracteurs de la rénovation. Car affirmer que des pathologies arrivent lorsqu'on change les fenêtres si on a aussi isolé les murs ne serait même pas digne d'un artisan non labellisé RGE ! Chacun sait en France, et toutes les formations le répètent, qu'un changement de fenêtre DOIT s'accompagner de la pose d'une ventilation mécanique.

- De très nombreuses rénovations très concluantes ont été réalisées en France depuis longtemps sur de nombreux bâtiments d'avant 1948.

- L'Allemagne, leader incontesté de la rénovation énergétique en Europe, n'a jamais partagé son patrimoine en deux. Le patrimoine allemand d'avant guerre n'a pourtant rien à envier au patrimoine français ! En Allemagne on rénove tous les types de bâtiments quel que soit leur âge. Pourquoi la France ne maîtriserait-elle pas les techniques pour le faire ?

Mais exclure de la rénovation des bâtiments d'avant 1948 aurait d'autres conséquences extrêmement fâcheuses pour les Français et pour la France. **Ce serait une disposition injuste car elle créerait une ségrégation entre les usagers des bâtiments d'avant et d'après 1948. Ceux d'avant 1948 continueraient à souffrir de l'inconfort qui caractérise ces bâtiments pas isolés et sièges de courants d'air froids permanents. Ils continueraient aussi à payer une facture d'énergie qui ne pourra qu'augmenter dans le futur. Ipso facto, et on l'observe déjà, ces bâtiments d'avant 1948 vont perdre toute leur valeur patrimoniale. Une étude récente a déjà montré que les logements de classe énergétique B valent 25% de plus que ceux de classe D qui valent eux-mêmes 25% de plus que ceux de classe G. Demain, les logements d'avant 1948 ne vaudront plus rien. Pour leurs usagers, déjà pénalisés comme indiqué précédemment, ce sera une double peine.**

Enfin, pour la France cette disposition serait **ruineuse**. D'une part elle ne permettrait pas de réduire la facture énergétique qui se monte à 60 milliards d'euros, ce qui alourdirait chaque année notre dette, mais en plus il la priverait de la création de nombreux emplois.

**CHAPITRE 2 : QUELLES CONTRAINTES ET QUELLE STRATEGIE  
POUR LA RENOVATION DES LOGEMENTS**

**2 - 1 Le niveau de performance à atteindre : 50 kWh/m<sup>2</sup>/an**

Comme indiqué au paragraphe précédent, le niveau de la performance énergétique à atteindre n'est pas négociable. Hormis quelques cas d'impossibilités majeures, il faudra toujours viser, en moyenne nationale, les performances suivantes :

- chauffage : 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an
- ECS : 10 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an
- Electroménager : 290 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an

Pourquoi la consommation de chauffage visé n'est-elle pas négociable ?

Les raisons sont simples et relèvent d'un certain bon sens pratique :

- il est évident pour commencer que, si l'on ne rénove pas à « 50 kWh », on n'atteindra pas la réduction des émissions de gaz à effet de serre que l'on attend, et on n'évitera pas les effets destructeurs du changement climatique,

- l'argument souvent avancé par ceux qui prônent la performance « dégradée » est que cela coûte cher d'atteindre « 50 kWh ». C'est probablement le plus faux et le plus irréaliste des arguments qui circule, et il est le fait d'acteurs ne connaissant pas bien la rénovation. Car ce qui coûte cher dans des travaux de rénovation, c'est la main d'œuvre, la préparation du chantier, mais pas l'épaisseur d'isolant (le coût d'un cm supplémentaire d'isolant varie d'un isolant à l'autre de 0,1 à 1 € maximum par m<sup>2</sup>). Tous les professionnels de terrain pourront en témoigner,

- certains, grands théoriciens mais piètres praticiens, suggèrent de ne pas faire une rénovation globale, mais seulement une rénovation partielle (certaines parois mais pas d'autres par exemple). Cette approche se termine en général par des hétérogénéités fortes de l'amélioration thermique selon les pièces du logement et par l'impossibilité de chauffer correctement les différentes pièces (il faudrait des températures de l'eau de chauffage différentes d'une pièce à l'autre, ce qui est impossible), ce qui conduit à surchauffer les parties rénovées pour que celles qui ne le sont pas, ou qui le sont moins, puissent quand même être utilisées. Le résultat est un déséquilibre total du bilan financier imaginé au départ : les économies attendues ne sont pas là.

Il reste plus simple, plus intelligent et généralement beaucoup moins coûteux de procéder à une rénovation de très haut niveau énergétique en adoptant les valeurs cibles fixées précédemment.

### 2 - 2 Faire les travaux en une seule fois pour ne pas « tuer » le gisement d'économie

L'une des questions les plus débattues aujourd'hui est de savoir s'il faut faire des rénovations en une seule fois ou bien si on peut faire les travaux sur plusieurs années en fonction de ses moyens financiers.

La question des moyens financiers est effectivement pertinente, mais la solution consistant à rénover progressivement, même si elle tombe sous le sens commun, est ce que l'on pourrait appeler une « fausse bonne idée ». Pourquoi ?

#### 2.2.1 Etaler les travaux dans le temps est toujours plus cher et pas finançable

L'argument le plus couramment utilisé pour justifier l'échelonnement des travaux dans le temps est la difficulté de financement. Peut-être, mais échelonner ses travaux c'est avoir la certitude qu'ils ne pourront pas être financés par 95% des ménages. En effet, actuellement, la source de financement la plus intéressante à disposition des Français est l'ECOPTZ. Il s'agit d'un prêt à taux zéro dédié à la rénovation. Il ne comporte aucune limitation de ressources, et permet de bénéficier d'un prêt de 30 000 € sur 15 ans sans aucun intérêt. Malheureusement, on ne peut le solliciter que deux fois à trois ans d'intervalle maximum. Pour bénéficier d'un ECOPTZ il faudrait donc que la rénovation par étapes se déroule en 3 ans maximum.... Autant faire les travaux en une seule fois !

La seconde raison plaidant en faveur d'un échelonnement des travaux, est ce qu'on appelle « l'embarquement de la performance ». Un particulier voulant refaire sa toiture doit être incité à le faire en traitant également l'isolation de celle-ci de manière efficace, c'est-à-dire dans l'optique du facteur quatre. Les difficultés que pose une approche de ce type sont qu'elle renchérit le coût final de la rénovation globale d'une part, et d'autre part qu'il faut, dès l'engagement de la première tranche de travaux, définir avec soin les dispositions qu'il faudra mettre ultérieurement en oeuvre, compte tenu de celles adoptées dans cette première tranche, pour obtenir à la fin le niveau de performance de « 50 kWh ». C'est tout l'objet qui doit être assigné au « Passeport rénovation » : son rôle sera de définir, à partir d'une première tranche de travaux, les niveaux de performance (par exemple : résistance thermique additionnelle sur les parois) à mettre en oeuvre lors des tranches de travaux qui auront lieu dans le futur.

Revenons maintenant à la question économique liée à l'échelonnement des travaux. Il y a deux manières d'atteindre l'objectif du facteur quatre (c'est-à-dire  $50 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2_{\text{shab}}/\text{an}$  en moyenne nationale) en échelonnant les travaux :

- mettre en oeuvre une rénovation globale en s'appuyant sur les réglementations en vigueur en France pour la rénovation des bâtiments. La valeur des résistances thermiques imposées est tellement faible qu'il faudra effectivement dans quelques années recommencer l'ensemble des travaux pour augmenter les résistances mises en place. Ce cas est effectivement le plus dramatique sur le plan économique, car le prix nécessaire pour atteindre la performance finale sera pratiquement le double de celui qu'il aurait été si les travaux avaient été faits correctement dès la première fois (il faut en effet savoir que le coût du cm marginal d'isolant est inférieur à  $0,5 \text{ €/m}^2$ ). Il est donc inutile de chercher la rentabilité dans une opération de ce type. On serait tenté d'en conclure qu'il ne faut surtout

pas respecter la réglementation « rénovation » en vigueur, mais qu'il faut à tout prix aller beaucoup plus loin pour ne pas perdre d'argent.

- procéder par étape pour faire une rénovation globale. Cette solution est forcément beaucoup plus coûteuse que celle consistant à faire les travaux en une seule fois, car il faudra mettre en place plusieurs fois les échafaudages (pour l'isolation par l'extérieur, puis pour les menuiseries), préparer plusieurs fois le chantier, etc. Tous les professionnels le savent.

Enfin, l'optimisation économique que l'on peut faire devant un devis global incluant tous les travaux afin de « rentrer » dans le budget du propriétaire amène une réduction moyenne des coûts de 15 à 20%, grâce à un travail sur les solutions techniques proposées et sur les prix eux-mêmes. Cette approche n'est pas possible quand on change seulement la chaudière ou les fenêtres, et ce d'autant plus que le crédit d'impôt finance en partie ce type d'investissement et se trouve détourné par les professionnels la plupart du temps.

**Il s'ensuit que l'équilibre économique d'une rénovation thermique étagée sur plusieurs années sera impossible à atteindre.**

Le risque à faire des rénovations en plusieurs étapes est que la première vague de travaux ne soit suivie d'aucune autre. Les économies d'énergie seraient alors beaucoup plus faibles que prévues initialement, et le solde du gisement serait totalement perdu. Une politique de cette nature conduirait donc à « **tuer le gisement d'économies d'énergie** ». Perdre ce gisement, essentiel au regard de toutes les contraintes évoquées précédemment, serait catastrophique.

### **2.2.2 La gêne des travaux n'est pas très appréciée des usagers**

Faire des travaux, surtout en site occupé, constitue une gêne incontestable pour les usagers : déplacement des meubles, bruit, poussières, etc.. L'expérience montre qu'une première vague de travaux est rarement suivie d'une seconde uniquement parce que la première a laissé un souvenir peu agréable dans les mémoires. C'est une réalité, il faut l'accepter. On n'empêchera jamais le bruit, la poussière, les dérangements matinaux que constitue un chantier. Les usagers subissent ce type de nuisance, mais n'en gardent jamais un très bon souvenir. Au moment de décider d'une seconde tranche de travaux, il est évident que ce critère du dérangement risque d'arbitrer dans un sens défavorable au lancement d'une seconde tranche de travaux. Ceci est d'autant plus vrai que les personnes rénovant sont fréquemment des personnes proches de la retraite ou à la retraite, et elles sont encore plus sensibles à ces dérangements inévitables.

Il y a donc un véritable risque dans le séquençage des travaux au regard de la gêne qu'ils occasionnent.

### **2.2.3 La redoutable théorie de la rentabilité décroissante**

Certains ne voient la rénovation thermique que comme une opération financière parmi d'autres. Elle doit donc impérativement être très rentable au sens le plus étroit du terme, c'est-à-dire à partir d'un calcul sans grande signification du temps de retour brut consistant à diviser le coût des travaux par l'économie d'énergie annuelle, sans tenir compte bien sûr de la hausse prévisible des prix de l'énergie, du mode de financement pas plus que de la valeur résiduelle du bien (une maison rénovée prend beaucoup de valeur)....

Cette procédure très bancale donne ensuite naissance à une liste de travaux que l'on peut classer par temps de retour croissant. Et bien sûr, on ne procède qu'aux travaux les plus immédiatement rentables. Ce faisant, on est absolument certain que tous les travaux ne seront jamais réalisés. Donc que la rénovation ne sera jamais terminée au niveau de performance qu'elle devait atteindre....

Alors qu'une approche globale, prenant en compte l'ensemble des opérations de la rénovation, peut parfaitement être rentable, certains travaux compensant la faiblesse de certains autres. Celui qui procéderait à un calcul de rentabilité intégrant la valeur résiduelle conclurait à chaque fois que la rénovation énergétique est une opération très rentable.

On retiendra bien sûr de tout ceci qu'il ne faut surtout pas faire des travaux de rénovation en n'engageant que ceux paraissant *a priori* les plus rentables, lorsque le critère de rentabilité est le temps de retour brut. C'est la meilleure façon de ne pas faire grand-chose, ce qui nous conduira à des bouleversements du climat dont les coûts, bien sûr, ne sont jamais pris en compte dans ce type de calcul à trop courte vision....

### **2.2.4 Certains travaux doivent obligatoirement être couplés**

Faire une rénovation de manière séquentielle suppose d'avoir à l'esprit qu'on ne peut faire certains travaux sans en faire obligatoirement certains autres.

Par exemple, changer des fenêtres et étancher à l'air le logement, suppose impérativement de mettre en place simultanément une ventilation mécanique. Les rénovations qui ont été faites sans tenir compte de cette exigence ont conduit à de graves pathologies sanitaires et donnent de surcroît de la rénovation en général une image tout à fait catastrophique. La cohérence des dispositions partielles à mettre en oeuvre n'est pas connue de tous loin s'en faut, et le risque de dysfonctionnements multiples est à redouter.

Dans une rénovation par étape, on peut aussi se demander à quel moment sera faite l'étanchéité à l'air globale du logement. Les infiltrations d'air en rénovation sont tout à fait spécifiques et peuvent apparaître sur des cloisons intérieures, sur des hourdis ébréchés, sur l'ensemble des fourreaux de l'installation électrique existante, surtout lorsque la distribution se fait en comble à partir de boîtes de dérivation multiples, etc.. Si les travaux se sont faits au fur et à mesure du temps, il est peu probable que les tâches « transversales » comme l'étanchéité à l'air soient un jour réalisées.

On voit également assez mal comment une isolation extérieure et un changement des menuiseries peuvent être mis en oeuvre à des moments différents. Il y a tant de détails à coordonner entre ces deux corps de métier, que ne pas les faire travailler ensemble conduira avec certitude à un résultat de mauvaise qualité négligeant par exemple le traitement des ponts thermiques ou peut-être tout simplement l'aspect esthétique (habillage des tableaux, etc).

Là aussi le risque est donc grand pour les ménages d'être profondément insatisfaits du travail exécuté, ce qui alourdira encore le contentieux latent existant entre les artisans (qui n'y seront pourtant pour rien !) et les usagers, à en croire les associations de consommateurs par exemple.

### **2.2.5 Des réglages impossibles**

Lorsque des travaux de rénovation partielle sont entrepris, il est nécessaire de modifier les caractéristiques de l'installation de chauffage. Chacun conçoit en effet que le chauffage d'une pièce mal isolée nécessite de l'eau très chaude (par exemple 90°C), mais

qu'une fois isolée une température plus basse suffira (par exemple 40°C). Sinon le bâtiment sera en surchauffe et les économies d'énergie absentes. Le gros risque d'une rénovation partielle est que, toutes les pièces d'un bâtiment ne bénéficiant pas du même niveau d'amélioration, il soit impossible de déterminer une température de distribution d'eau unique, et qu'en définitive ce soit, dans le meilleur des cas, la pièce la plus défavorisée qui fixe le niveau de la température de consigne. Ceci conduira irrémédiablement à des surchauffes dans la majeure partie du bâtiment et à des surconsommations de l'ordre de 40 ou 50 % par rapport aux valeurs attendues, donc à des économies beaucoup plus faibles que prévues. Ceci s'observe de manière très fréquente, avec pour conséquence un grave déséquilibre du bilan financier.

**La conclusion de toutes ces observations est simple : pour satisfaire les objectifs énergétiques fixés, les travaux de rénovation thermique devront être exécutés, dans la mesure du possible, en une seule fois. Envisager leur étalement en procédant par étapes conduirait inexorablement à détruire le gisement d'économies d'énergie potentiel et à ruiner tout espoir de lutter efficacement contre le changement climatique, la pénurie énergétique et la maîtrise de leurs charges par les ménages.**

### **2 - 3 Faut-il démolir puis reconstruire, ou bien rénover ?**

Voilà encore une question souvent débattue. De nombreuses voix s'élèvent pour expliquer, en s'appuyant sur des raisons et des motivations très variées, qu'il est préférable de détruire les logements anciens, notamment en centre-ville, pour les reconstruire. Leurs performances énergétiques seront bien meilleures.

En dehors des questions énergétiques, il y a de multiples raisons parfaitement justifiées pour démolir un bâtiment et le reconstruire. Cela peut concerner des problèmes d'insalubrité, de solidité de l'édifice, de restructuration urbaine, etc. Toutes ces raisons sont évidemment prioritaires sur les questions énergétiques, mais il arrive parfois qu'aucune d'entre elles ne soit à l'origine de l'interrogation « Faut-il démolir ou bien rénover ? ». Le débat peut alors avoir lieu.

Il est exact qu'une construction neuve a des performances un peu meilleures qu'une rénovation. Mais, si on se borne à des considérations strictement énergétiques, il est nécessaire de prendre en compte ce qu'on appelle couramment « l'énergie grise ». Il s'agit de l'énergie investie dans l'élaboration des matériaux, leur transport, leur mise en oeuvre et leur neutralisation en fin de vie. L'énergie grise d'un bâtiment neuf se situe entre 1700 et 2000 kWh/m<sup>2</sup>. Soit environ 40 années de chauffage pour un bâtiment performant. Alors que la rénovation n'exigera que 5 à 700 kWh/m<sup>2</sup> d'énergie grise (des études approfondies sont en cours actuellement sur le sujet). Devant l'urgence de la situation, **il faudra toujours choisir la rénovation plutôt que la destruction et la reconstruction.**

Enfin, sans faire preuve d'un conservatisme excessif, on peut souhaiter des stratégies visant à préserver le patrimoine architectural, culturel et historique des villes. Rénover s'inscrit bien dans cette optique.

### **2 - 4 Le rôle des artisans dans la rénovation du parc de logements**

On observe que le parc de logements anciens (avant 1975) est constitué très majoritairement de maisons individuelles (53 %) et de très petits bâtiments collectifs (20%

de bâtiments comprenant de 2 à 9 logements). La rénovation thermique de ce parc est donc un marché destiné *a priori* à de petites structures implantées de manière très dense sur l'ensemble du territoire national. Seuls les artisans et les TPME répondent aujourd'hui à ces caractéristiques. Mais dans l'état actuel de la situation, il n'existe aucune offre technico-économique de la part de ces acteurs, et eux-mêmes n'ont pas encore pris conscience des enjeux et de l'existence potentielle d'un grand programme de rénovation. La situation est donc bloquée. Mais quelles sont les raisons de cette situation ?

Lorsqu'un particulier veut aujourd'hui faire des travaux, il doit lui-même chercher les artisans des différents corps de métier dont il a besoin. Il doit les coordonner, leur fixer un objectif de performances et même les moyens techniques pour l'atteindre, ou alors laisser chacun faire selon son bon vouloir ce qui conduira avec certitude à un résultat très inférieur aux objectifs ambitieux assignés que la plupart des acteurs ignorent en totalité. Il doit aussi négocier avec chacun d'entre eux, bien que leurs offres ne soient pas complémentaires, etc. Seul un professionnel du bâtiment est donc aujourd'hui en mesure de conduire une rénovation thermique pour sa propre maison ! Il n'existe effectivement aucune offre cohérente et constituée face à une demande certes peu importante, mais pas inexistante. Et si demain la puissance publique décidait réellement d'un grand programme de rénovation, les professionnels ne seraient pas en capacité de le mettre en oeuvre au niveau de performance nécessaire. Même si de très nombreux artisans prétendent être qualifiés pour cela, la pratique du terrain montre que ce n'est pas vrai dans l'immense majorité des cas, aussi bien pour des questions techniques (appropriation des techniques nouvelles) que pour des questions d'organisation tournant essentiellement autour de la capacité de travailler au sein d'un groupement de compétences (et pas seulement de business).

Pour qu'une offre de qualité puisse intéresser le public il faudrait que les artisans :

- **constituent des groupements** possédant l'ensemble des compétences techniques nécessaires (ce qui représente six à huit corps d'état différents). Chaque groupement serait conduit par un pilote (choisi parmi eux). Il serait l'interlocuteur unique des particuliers, ce qui faciliterait les relations et les rendrait possibles. Le pilote serait aussi chargé d'un travail de coordination interne visant à construire une offre technique et économique optimisée. Aujourd'hui le coût d'une opération faite par des artisans est la somme de leurs propositions individuelles, sans qu'il y ait eu la moindre optimisation interne. Il est pourtant nécessaire de supprimer toutes les redondances techniques et de faire une proposition économique en rapport avec ce que les particuliers peuvent payer (ce qui implique de connaître les mécanismes de financement à disposition de ceux-ci). Cela suppose une recherche des solutions techniques les plus adaptées et les plus économiques, ce qui est rarement fait aujourd'hui. Il est aussi nécessaire de vérifier que les solutions mises en oeuvre sont techniquement optimum. On a par exemple découvert que certains artisans prévoyaient 12 fixations au m<sup>2</sup> pour une isolation extérieure sur un mur en béton d'une maison R+1 ce qui est pléthorique, et coûte donc inutilement cher en main d'oeuvre.

- **se forment aux techniques de la rénovation.** Le savoir-faire est encore peu répandu en France quoi qu'en disent certains milieux professionnels, et il suffit d'aller en Allemagne, en Autriche ou en Suisse pour s'en rendre compte. La maîtrise de l'isolation par l'extérieur doit être parachevée, la réalisation d'installations de ventilation double flux doit être maîtrisée, l'étanchéité à l'air des enveloppes doit être apprise. Ce dernier sujet est

## **CHAPITRE 2 : Quelles contraintes et quelle stratégie pour la rénovation des logements ?**

---

nouveau. Il est à l'heure actuelle très peu connu et très peu pratiqué par les petites structures, mais il est incontournable dans une rénovation à très basse consommation.

Au titre des connaissances à approfondir, il y a aussi tout ce qui concerne le chauffage. L'usage immodéré de surpuissances inutiles, coûteuses et peu performantes en est une illustration. Elle conduit à dégrader le rendement des installations, et donc à s'écarter fortement des prévisions de consommation faites sur le bâtiment une fois rénové. Mais l'une des caractéristiques principales des bâtiments rénovés est la nécessité de réglages très fins destinés à adapter l'installation aux nouvelles caractéristiques des besoins.

■ **Apprennent à travailler sans maître d'œuvre** (ce qui est déjà souvent le cas), mais surtout sans un bureau d'étude : ils doivent donc maîtriser les méthodes de détermination des solutions techniques sans calcul (ce qui est peut-être le cœur du sujet) qui leur permettront de répondre en respectant les impératifs performanciers définis précédemment. Il s'agit de déterminer les résistances thermiques à utiliser sur chaque type de parois, de choisir le type de vitrage et de menuiserie, de trouver une bonne solution à la question de la ventilation, de se positionner sur la qualité de l'étanchéité à l'air des enveloppes, d'apporter une réponse satisfaisante à la génération de chaleur et à la régulation des émetteurs.

Ils doivent aussi procéder à un autocontrôle sur les chantiers de manière à livrer des installations conformes au cahier des charges.

■ **Apprennent à optimiser le coût** de leur prestation. Il est inutile de proposer des prix qui sortent du marché. Or, contrairement à ce que beaucoup croient, il n'y a pas UN prix pour rénover, mais toute une gamme. Car il existe de multiples solutions techniques, des produits nouveaux facilitant les travaux, différentes manières de faire et de procéder. De cette multitude de possibilités naît une grande variété de prix. A chaque groupement de rechercher les solutions les plus adaptées cas par cas et surtout de les optimiser entre les membres du groupement. Cette manière de faire, courante avec les grandes entreprises, est inexistante avec les artisans parce qu'ils n'ont pas la culture du travail en groupe. Elle doit faire partie des éléments à acquérir pour que les offres rencontrent la demande.

Evidemment, la mise en place par l'Etat d'une politique basée sur l'artisanat et les TPME plutôt que sur les grandes entreprises du bâtiment implique une stratégie opérationnelle spécifique. Il faudra des éléments de communication particulièrement adaptés à ces acteurs, et des contraintes elles-mêmes adaptées. Il est notamment nécessaire de savoir traduire l'exigence énergétique en des termes simples, compréhensibles par des artisans, et ne nécessitant aucun calcul. Un artisan n'est pas un bureau d'études, et lui faire utiliser un logiciel de calcul des performances est aussi saugrenu que de demander à un ingénieur de souder lui-même les tubes de l'installation qu'il a conçue ! Mais de surcroît, cela conduit à l'idée parfaitement fautive que la réalisation sera correctement dimensionnée et conduira aux performances annoncées. Le calcul des consommations d'un bâtiment à très faibles besoins est complexe et ne peut se satisfaire d'outils simplifiés qui resteront toujours très approximatifs. Comme par ailleurs les artisans à qui la pratique a été imposée ne sont pas du tout convaincus de son bien-fondé, il serait préférable de changer de méthode en se dirigeant plutôt vers des obligations de moyens. C'est ce qui sera proposé plus loin.

Ces éléments concernant les artisans constituent évidemment une condition nécessaire mais pas suffisante pour qu'un programme de rénovation fonctionne en France.

### 2 - 5 Le coût plafond des rénovations

Il ne s'agit pas ici de savoir combien coûtent les rénovations, mais plutôt de déterminer quel devrait être le coût maximum de ces travaux pour qu'ils soient acceptables par les particuliers. Rien ne sert en effet de proposer des services à un client qui n'est pas en mesure de les payer. Mieux vaut se poser la question de savoir jusqu'où pourra-t-il financer et payer un investissement qu'il conviendra alors de dimensionner et d'adapter à cette contrainte forte. Inutile donc de « charger la barque » en proposant aussi de remplacer les volets, en refaisant toute la toiture parce que les tuiles seront bientôt poreuses, en refaisant toute l'installation électrique parce que certains éléments ne sont plus « aux normes », etc. Tous ces travaux sont évidemment intéressants, mais ils ne constituent pas toujours une priorité et il est inutile, au travers d'une rénovation thermique, de proposer la réfection complète du logement. Parce que le client prendra peur du coût et ne fera finalement rien du tout....

Il faut pour cela examiner les contraintes financières auxquelles conduit l'outil de financement des particuliers le mieux adapté actuellement : l'éco Prêt à Taux Zéro (noté ECO-PTZ dans ce qui suit).

Partant de l'idée qu'un particulier n'a pas une logique d'investisseur mais gère plutôt une trésorerie, on établit un bilan de flux cumulés dans le temps, basé sur les remboursements des annuités d'emprunt et sur les économies d'énergie dues aux travaux, afin de déterminer quelle est la valeur du cumul négatif le plus important (compatible avec l'épargne du particulier ou les économies mensuelles qu'il peut consentir), et le temps de retour pour que ce cumul devienne positif (le particulier gagne alors de l'argent).

Ce bilan est établi en intégrant aussi une économie de 25 % des consommations électrodomestiques très facile à réaliser et dont le coût est marginal, voire nul. Il s'agit en effet essentiellement d'arrêter tous les appareils qui fonctionnent sans qu'on les utilise (ordinateurs, TV, etc) et de supprimer toutes les veilles.

### 2 - 6 Energie primaire ou énergie finale ?

Voilà encore une question relativement polémique, notamment parce qu'elle conditionne en grande partie la nature des solutions électriques acceptables pour les usages thermiques du bâtiment. Et contrairement à ce que certains veulent faire croire, la question économique comme seul déterminant des choix peut conduire à de singulières impasses dans lesquelles il n'est pas vraiment le moment de se mettre compte tenu de la gravité de la situation.

A première vue cette question peut être considérée comme une question de détail paraître sans intérêt réel. Très grave erreur. C'est un véritable choix stratégique qui se cache derrière. Un choix structurant. Quelques explications sont nécessaires afin que la physique puisse un instant faire valoir ses droits !

L'**énergie primaire** peut être définie comme celle que l'on trouve sur Terre, dans la nature. L'**énergie finale** est celle qui est livrée aux bornes de l'utilisateur, à l'entrée des bâtiments. Entre l'énergie primaire et l'énergie finale, il peut y avoir de très nombreuses transformations énergétiques dont chacun sait qu'elles se font toujours dans la douleur,

c'est à dire avec des pertes plus ou moins importantes. Raisonner en énergie primaire ou en énergie finale pour satisfaire un besoin donné est donc une différence essentielle.

Quel est alors l'enjeu, à nos yeux, d'exprimer la consommation de chauffage en énergie primaire plutôt qu'en énergie finale? C'est le rôle optimum que pourrait jouer l'électricité dans le chauffage des bâtiments demain.

Dans la période 1974-1995, le chauffage électrique s'est massivement développé et a ainsi permis à l'électricité de représenter aujourd'hui 16% des usages énergétiques finaux en France. C'était une manière de renforcer l'indépendance énergétique du pays en substituant de l'électricité au pétrole. Tout le monde l'a compris et plus ou moins accepté.

Aujourd'hui, l'enjeu s'est déplacé. Tout le monde sait et accepte l'idée que nous sortirons de l'immense crise énergétique et environnementale qui nous attend à condition d'adopter une stratégie fondée sur une réponse diversifiée dans laquelle, aux côtés des sources traditionnelles d'énergie, nous réduirons de façon drastique la demande et nous augmenterons la part des énergies renouvelables. A l'instar de ce qu'affirme l'Association des négaWatt, nous serons aussi obligés de recourir à ce que nous avons baptisé la "sobriété" énergétique et qui consiste à modérer individuellement et collectivement nos besoins d'énergie (ce que chacun peut déjà tester avec succès à titre individuel).

Nombreux sont aujourd'hui les spécialistes de l'énergie en France et dans le monde qui partagent totalement cette vision d'un avenir fondé à la fois sur l'amélioration de l'offre mais aussi et peut-être surtout sur la réduction de la demande. Nous devons donc être prudents dans la manière de mettre en place aujourd'hui des stratégies qui nous permettent de gérer les situations et problèmes actuels, sans hypothéquer la réponse future des systèmes et des hommes aux questions à long terme. Le principal risque serait de faire des choix qui figent l'évolution, souvent imprévisible, des technologies.

Il y a quelques années, on avait par exemple pris l'habitude d'exprimer le rendement des chaudières par rapport au pouvoir calorifique inférieur (pci) des combustibles. Au motif que c'était inutile de s'embarrasser du pouvoir calorifique supérieur (pcs) puisqu'on ne savait pas récupérer la chaleur latente! Et lorsque l'on a mis au point les chaudières à condensation à la fin des années 1970, on s'est retrouvé avec des rendements supérieurs à 100 %, ce qui n'avait évidemment aucun sens. **Il ne faut donc jamais figer les règles en fonction du savoir-faire actuel et des technologies disponibles à un instant donné.**

Le choix d'exprimer la consommation de chauffage en énergie primaire ou en énergie finale ressemble un peu au problème du pcs et du pci, mais avec des conséquences beaucoup plus graves.

Il est certain que le chauffage par convecteurs électriques pourrait apparaître comme très désavantagé lorsque la consommation de chauffage est exprimée en énergie primaire. Mais, quoiqu'on fasse, ceci correspond quand même à une réalité physique, et les tours de refroidissement des centrales thermiques de toute nature sont là pour nous rappeler l'existence du rendement de Carnot. Et rien n'interdit qu'à l'avenir, pris à la gorge par une hausse non contrôlée du prix de l'énergie, on décide de récupérer la chaleur envoyée dans la nature lors de la production d'électricité. Ce serait un pas considérable vers une bonne gestion des ressources énergétiques!

Mais allons plus loin. Les bâtiments de demain doivent être, nous sommes tous d'accord, des bâtiments à très faibles besoins. Et nous travaillons en ce sens actuellement. Si on exprime la consommation de chauffage en énergie finale, cela va conduire à ce que systématiquement le chauffage électrique direct (par convecteurs) soit adopté. Car son "rendement apparent de génération" sera de 100 %, et qu'en conséquence on pourra livrer

## **CHAPITRE 2 : Quelles contraintes et quelle stratégie pour la rénovation des logements ?**

---

des enveloppes de bâtiment beaucoup moins isolées pour atteindre le résultat assigné. Pour deux raisons TOUS les bâtiments seront équipés de chauffage électrique par convecteurs : d'abord parce que le système de chauffage sera moins cher en lui même, mais en plus parce que l'isolation du bâtiment sera moins coûteuse puisque moins importante.

Les premières conséquences de ceci risquent d'être un déséquilibre fort de l'offre vers l'électricité. Mais surtout, on générera des bâtiments peu performants, c'est à dire tout le contraire de la stratégie générale qui est poursuivie par tout le monde aujourd'hui et qui vise d'abord à améliorer l'enveloppe. Si pour une raison quelconque la nature des systèmes de chauffage venait à changer demain, il faudrait alors gérer la mauvaise qualité des enveloppes....

Mais il y a beaucoup plus grave. En offrant au chauffage électrique direct un marché acquis sans effort particulier, on ne lui rend pas service. Car l'avenir, à notre avis, est aux systèmes électriques, mais aux systèmes électriques performants, notamment ceux qui offrent une réversibilité qui permettra notamment un peu de rafraîchissement en été, puisque le confort d'été est, comme chacun sait, un des points faibles des bâtiments à faibles besoins. La France doit développer des systèmes de pompes à chaleur à COP élevé. En rénovation, la solution par pompe à chaleur avec COP supérieur à 3 est, en énergie primaire, une solution au moins aussi bonne que les combustibles! Et en plus elle est moins chère, contrairement à ce que beaucoup imaginent, car l'échangeur de chaleur nécessaire dans les installations de ventilation des logements chauffés par combustibles, n'est pas à prévoir avec la pompe à chaleur puisqu'elle l'inclut déjà.

Il faut donc pousser l'électricité vers les sommets qu'elle mérite, plutôt que la laisser dans une situation peu stimulante, dangereuse pour l'avenir et très peu efficace en énergie. Que se passerait-il en France en cas de modification profonde du "mix" électrique si, pour diverses raisons, on devait retourner vers une production thermique classique d'électricité comportant une part de gaz plus importante par exemple (ce à quoi l'ouverture du marché risque bien de conduire). Les bilans énergétique et carbone seraient catastrophiques.

Alors, pour donner une bonne cohérence à ces pistes d'avenir que chacun appelle de tous ses vœux, nous ne devons pas adopter aujourd'hui des dispositions qui vont entraver rapidement ces évolutions nécessaires : **dans tous les dispositifs réglementaires à venir, les consommations de chauffage ne doivent pas être exprimées en énergie finale mais en énergie primaire.**

L'expression en énergie primaire est la manière la plus scientifique de rendre compte de la qualité des transformations énergétiques. C'est la seule qui n'obère aucun phénomène et permet de prendre des décisions dont on est certain qu'elles reflètent réellement un optimum global pour la collectivité et non l'optimum propre à un élément ou un acteur particulier de la chaîne de transformation énergétique. C'est ainsi la seule façon de ne pas hypothéquer la qualité des enveloppes de bâtiments au profit d'un système de chauffage plutôt que d'un autre. Parce que l'efficacité de l'enveloppe d'un bâtiment est là pour la durée de vie du bâtiment, pas le système de chauffage. **Le raisonnement en énergie primaire est donc un élément fondamental du dispositif de recherche de la performance énergétique à long terme. Il ne peut en aucun cas être remis en cause.** C'est grâce à lui que dans l'avenir aucune piste permettant d'améliorer l'efficacité énergétique de nos systèmes ne sera écartée.

**CHAPITRE 3 : LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RENOVATION (STR)**

**3-1 Comment déterminer les moyens à mettre en œuvre pour rénover à « 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an » ?**

Déterminer quelles sont les dispositions techniques qu'il est nécessaire de mettre en oeuvre pour atteindre réellement une consommation de chauffage de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an n'est pas très simple. Il est hors de question d'utiliser la méthode de calcul réglementaire dont ce n'est pas l'objet ni le rôle. Il s'agit d'une méthode de calcul conventionnelle basée sur de nombreuses hypothèses conduisant à un résultat lui-même conventionnel comme l'est la consommation normalisée des véhicules. Le calcul réglementaire n'est donc pas une prévision de consommation. Il n'est pas non plus possible de faire des calculs simplifiés basés sur les degrés jours car il est nécessaire de tenir compte des apports solaires (qui jouent un rôle important dans le bilan), des apports internes et des charges thermiques exactes. Seuls les outils de simulation thermique dynamique permettent cela.

On peut discuter pour savoir si chaque bureau d'études en France est capable de conduire ce type de calcul (aujourd'hui on en est très loin), mais s'agissant des artisans il existe une certitude : il n'y en a aucun. Inutile donc de fixer l'objectif à atteindre sans fournir simultanément des méthodes simplifiées qui permettront d'arriver aux bons résultats avec une marge d'erreur limitée. Car il n'est pas non plus raisonnable d'envisager, pour la rénovation de chaque maison individuelle, l'élaboration de calcul complexes et sophistiqués.

Signalons qu'aujourd'hui le calcul réglementaire est la seule procédure imposée aux concepteurs lors des rénovations importantes. Cela reste une manière très incertaine d'évaluer une performance, et il faudra un jour songer à l'abandonner....

Une récente mission a permis de comparer les valeurs issues du calcul réglementaire effectué par des bureaux d'études à un calcul de contrôle rigoureux. Il est apparu que dans deux opérations sur trois, le calcul réglementaire est incorrect et la valeur limite de Cep est dépassée (respectivement de +8,6%, +9,4 % et - 2,4 % dans le dernier cas conforme). Les principales causes de divergence identifiées sont un calcul trop imprécis des métrés de la SHON et des parois déperditives (jusqu'à 30% d'erreur !), une sous estimation, voire la négligence partielle, des ponts thermiques (notamment des ponts thermiques structurels), des erreurs sur le calcul des coefficients de déperditions.

La mission a aussi permis de comparer les consommations du calcul réglementaire et les consommations réelles (en comparant bien sûr des usages identiques et en utilisant les mêmes unités). La consommation des cinq usages conventionnels dépasse la valeur issue du calcul réglementaire de 71,3 % sur une opération, de 9,3 % sur la seconde, mais est inférieure de 33,5% sur la troisième. Parmi les causes de divergence on retrouve évidemment de manière récurrente la température ambiante, mais on a aussi pu mettre en évidence le non respect des engagements pris dans le calcul réglementaire sur le niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe.

On peut donc s'interroger sur le bien-fondé d'une approche qui se veut « ouverte » au sens où chaque concepteur est censé pouvoir « optimiser » les solutions qu'il met en œuvre. Le débat entre obligation de moyens et obligation de résultats est posé. Certes le calcul réglementaire n'est pas une prévision de consommation, mais plutôt que laisser chacun faire une optimisation qui n'en est pas vraiment une, il serait certainement préférable de s'orienter vers des obligations de moyens. On serait alors certain d'atteindre une performance minimale, ce qui, dans le contexte actuel de crise énergétique et climatique, est la moindre des choses....

Les Solutions Techniques de Rénovation décrites dans ce qui suit s'inscrivent dans cette logique visant à la fois l'efficacité de la performance et de l'action (moins de temps passé pour les artisans).

### 3-2 L'utilisation de la simulation dynamique pour construire des bouquets de solutions – Principes méthodologiques

#### 3.2.1 Les principes de la méthode

Ce qui suit est un travail important conduit par le bureau d'études Enertech qui en est propriétaire. Il vise à offrir des ensembles de solutions techniques permettant à n'importe quel artisan d'obtenir les résultats recherchés.

Les Solutions Techniques de Rénovation ont été développées dans le but de simplifier la détermination des caractéristiques d'isolation à mettre en œuvre dans une rénovation thermique visant à atteindre une consommation après rénovation de l'ordre de 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>shab</sub>/an.

Rénover rapidement et économiquement 16 millions de résidences principales suppose à tout prix de rationaliser l'approche et de ne pas s'égarer dans la tentation de traiter 16 millions de cas particuliers. Il faudra pour cela accepter collectivement quelques règles simplificatrices qui éviteront l'écueil d'une approche individualiste. Celle-ci serait suicidaire et pourrait avoir raison du programme de rénovation.

La simplification qui est proposée ici s'appuie sur une observation simple : pour qu'un pays consomme 50 kWh/m<sup>2</sup>/an (chauffage seul) après rénovation, il y a deux manières de faire. Soit chaque logement doit impérativement consommer 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. Ceci est pratiquement irréalisable. Soit, tous les logements n'ont pas la même consommation, mais en moyenne la consommation nationale est de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an.

C'est cette seconde option sur laquelle se fonde la méthode proposée dans ce qui suit. A partir de **plus de 6000 simulations dynamiques** (au moyen du logiciel TRNSYS) sur un panel de bâtiments de logements représentatifs du parc ancien, de très nombreuses configurations techniques ont pu être testées en faisant varier les résistances thermiques **additionnelles** mises en œuvre (il s'agit bien de résistance additionnelle et non de la résistance du mur une fois isolé), la nature des systèmes de ventilation, la qualité de l'étanchéité à l'air, la nature de l'isolation (intérieure ou extérieure), la zone climatique, etc.

Les simulations ont été conduites sur quatre bâtiments comprenant des maisons individuelles et de petits bâtiments collectifs. Les résultats peuvent donc s'appliquer indistinctement aux deux.

Cet ensemble de simulations, conduit en 2009, a permis de faire émerger des bouquets de travaux particuliers qui, mis en œuvre dans toutes les rénovations à partir d'aujourd'hui, permettra d'atteindre l'objectif des « 50 kWh/m<sup>2</sup>/an ».

L'approche par bouquets de combinaisons techniques cohérentes entre elles apparaît donc comme la seule qui permettra d'atteindre avec une bonne précision les objectifs ambitieux qui sont poursuivis, sans avoir à faire de calcul.

### 3.2.2 Les hypothèses faites et utilisées pour les calculs de besoin par simulation

#### 3.2.2.1 L'échantillon

Comme pour les simulations préparatoires effectuées sur le calcul réglementaire (utilisation de la maison « Mozart »), l'échantillon utilisé ici a été volontairement réduit pour limiter le temps de calcul (il faut 5 minutes pour simuler un bâtiment sur une année). La typologie d'un bâtiment « moyen » (c'est à dire correspondant à la volumétrie traditionnelle d'un pavillon ancien sur R+1, et doté d'une surface vitrée du type 1/6 à 1/5 de la surface habitable) est suffisante. L'échantillon comporte donc une maison individuelle et trois petits immeubles collectifs de caractéristiques très standards (il est à noter que les premiers travaux de simulations menés en 2004 avaient utilisé un échantillon plus large sans apporter une précision supérieure).

#### 3.2.2.2 Le type d'isolation

L'**isolation** peut être **intérieure** ou **extérieure**. Dans le premier cas les ponts thermiques spécifiques induits par l'isolation intérieure ont été pris en compte.

#### 3.2.2.3 Le niveau d'étanchéité à l'air

Le niveau **d'étanchéité à l'air** de l'enveloppe une fois rénovée, mesurée à la porte soufflante, peut-être de **n<sub>50</sub> = 1,0 ou de 3,0 vol/h** (soit des Q4 en maison individuelle respectivement d'environ 0,25 et 0,8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>),

#### 3.2.2.4 Les résistances additionnelles des parois opaques

Les **résistances additionnelles** sur les parois opaques valent :

- mur : 2,5 / 4,5 / 6,0 et 7,5 m<sup>2</sup>/K/W
- plancher bas : 2,5 / 4,5 et 6,5 m<sup>2</sup>/K/W
- toiture : 7,5 et 10 m<sup>2</sup>/K/W

#### 3.2.2.5 Les menuiseries extérieures

Les **menuiseries extérieures** ont des U<sub>w</sub> de 1,7 / 1,1 / 0,8 W/m<sup>2</sup>/K

#### 3.2.2.6 La ventilation

Trois types de **ventilation mécanique** (la ventilation naturelle ne permettant pas d'atteindre les performances visées) ont été utilisés :

- ventilation simple flux autoréglable assurant un débit permanent de 0,54 vol/h,
- ventilation hygroréglable assurant un débit moyen de 0,30 vol/h,
- ventilation double flux assurant un débit permanent de 0,54 vol/h et permettant une récupération de chaleur au moyen d'un échangeur d'efficacité 70 %.

Il est à noter que toutes les simulations dynamiques ont été établies sur les seules charges thermiques de la ventilation. La question de la consommation d'électricité des ventilateurs est en pleine mutation et ne peut pas être figée dans le calcul comme le fait le calcul réglementaire. Pourquoi ce choix qui peut *a priori* paraître discutable ?

La puissance absorbée par un ventilateur centrifuge s'écrit :

$$P_{\text{él}} = D * \Delta P / \eta$$

où :

-  $P_{\text{él}}$  : puissance électrique en [W]

-  $D$  : débit [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

-  $\Delta P$  : différence de la pression totale aux bornes du ventilateur [Pa]

N.B. : la pression totale est la somme de la pression statique et de la pression dynamique (qui vaut quant à elle  $\rho / 2 * V^2$ )

-  $\eta$  : rendement du moto-ventilateur

Comme l'atteste les campagnes de mesure, il apparaît que la consommation est très sensible :

- au niveau du débit d'air. Or il apparaît que les réseaux sont encore aujourd'hui le siège d'un taux de fuite considérable (on peut mesurer au ventilateur le double du débit extrait aux bouches, ce qui multiplie par deux le niveau de consommation du ventilateur !),

- au niveau des pertes de charge des réseaux. Là aussi les réseaux sont souvent très mal réalisés, avec de nombreux étranglements, des sections trop faibles (pour gagner quelques euros...). La profession doit progresser, utiliser des conduits lisses, pratiquer des courbures amples, dimensionner correctement les sections, éviter les bouches et les régulateurs de débit à trop fortes pertes de charge. Ceci devrait contribuer à réduire significativement la consommation des installations,

- au rendement du moto-ventilateur. Celui-ci était jusqu'à il y a peu très faible. Mais l'arrivée de nouvelles technologies (aimants permanents, etc) et de nouveaux aubages devrait là aussi changer rapidement la donne.

La consommation d'électricité reste un paramètre jamais pris en compte lors de la conception des installations. Les mesures ont montré des plages de variation de consommation d'électricité par  $\text{m}^2$  habitable allant de 1 à 7 pour des ventilations hygroréglables, et même des ventilations hygroréglables consommant deux fois plus que des ventilations double flux.

Toutes ces observations doivent conduire à la plus grande prudence et ne rien figer dans des certitudes à l'heure actuelle. Les technologies des réseaux (réseaux étanches, régulation à faible  $\Delta P$ ), celles des moto-ventilateurs (introduction des moteurs à aimant permanent), la compétence des artisans et des entreprises ont déjà évolué ou vont le faire très vite dans les années à venir. On doit s'attendre à une baisse très significative de la consommation des systèmes de ventilation.

Voici pourquoi il a paru plus sage de ne pas inclure la consommation des ventilateurs dans l'analyse des besoins thermiques des bâtiments.

### 3.2.2.7 Apports internes

En logement, les apports internes sont essentiellement dus à l'électroménager et aux apports humains. Les simulations ont donc été menées heure par heure en utilisant les apports moyens observés sur près de 2000 logements suivis par Enertech ces dernières années (sauf pour les apports humains bien sûr). Ces apports sont connus au pas de temps de 10 minutes et regroupés pour les besoins de ces simulations au pas de temps de l'heure.

### 3.2.2.8 Zones climatiques

Les simulations dynamiques ont été effectuées dans les trois principales zones climatiques (les zones H1, H2, H3). Les villes choisies pour leurs données météo sont Lyon (H1), Bordeaux (H2) et Nice (H3).

### 3.2.3 Le traitement des résultats de simulation – Les combinaisons de travaux

Dans chaque zone climatique, les résultats obtenus (pour chaque combinaison de travaux) sur les maisons individuelles et les immeubles collectifs ont d'abord été moyennés par type, puis une moyenne nationale a été déterminée par pondération de ces besoins moyens par le nombre de logements de chaque type dans chaque zone climatique, ce qui a permis de caractériser chaque combinaison de solutions par une valeur unique des besoins de chauffage à l'échelle nationale. L'intérêt de cette pondération est de donner un poids à chaque zone climatique dans le résultat final qui tienne compte à la fois de la rigueur du climat et de la taille du parc de logements.

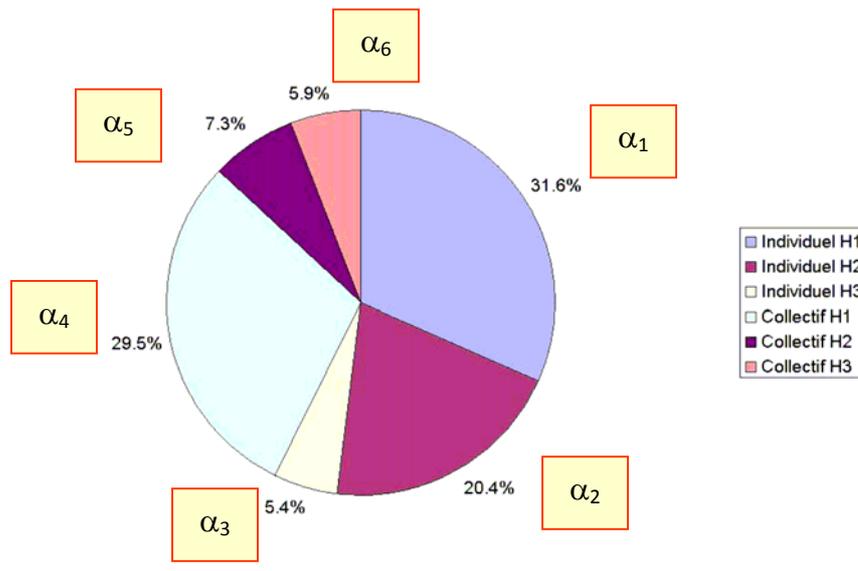


Figure 3.1 : Répartition des logements français par type de bâtiment et par zone climatique. Données du recensement de l'INSEE de 1999

Le besoin national moyen s'écrit :

$$B = \sum_{i=1}^3 \alpha_i * BMI_i + \sum_{i=4}^6 \alpha_i BC_{i-3}$$

6  
Avec  $\sum_{i=1}^6 \alpha_i = 1$

Il est à noter qu'il aurait fallu prendre la structure du parc des logements d'avant 1975 pour être tout à fait rigoureux. Mais ce faisant, on a donné plus de poids à la maison individuelle (comptée à 57 % en 1999 et seulement à 53% en 1975), ce qui aura pour effet un petit renforcement des dispositions.

On obtient ainsi 432 combinaisons constituant chacune un ensemble de solutions traitant de tous les paramètres (nature de l'isolation, qualité de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, résistance additionnelle de chaque paroi, nature de la ventilation, etc), mais ne conduisant évidemment pas aux mêmes besoins de chauffage. Il est important de bien comprendre que chacune des valeurs obtenues avec ces 432 combinaisons est le résultat de nombreuses simulations.

Ces 432 combinaisons sont regroupées sur 4 graphiques figurant au § 3.2.4. Les quatre graphiques correspondent aux combinaisons que l'on peut obtenir avec deux types d'isolation (intérieure ou extérieure) et deux niveaux d'étanchéité à l'air de l'enveloppe (1 ou 3 vol/h pour  $n_{50}$ ).

A partir de ces 432 ensembles, il devient facile de déterminer quels sont les bouquets de solutions susceptibles de satisfaire un niveau de besoins déterminé.

On a distingué deux niveaux de besoins en fonction de la nature de l'énergie du chauffage d'origine (énergie en principe conservée après la rénovation) :

### ■ *niveau de besoins pour tous les systèmes de chauffage à combustibles*

Le parti pris a été de ne pas tenter de simuler « les systèmes » au moyen des outils de simulation dynamique (ce qui aurait en théorie permis de déterminer directement la consommation de chauffage). Car ceci aurait supposé une grande précision descriptive des installations futures, chose parfaitement impossible quand on connaît la réalité du terrain.

La stratégie a donc été :

- d'imposer un niveau de besoins très exigeant sur l'enveloppe et le renouvellement d'air (ce qui est une assurance et une garantie de performance pour le futur),

- de fixer un rendement global d'exploitation annuel de 70 % pour toutes les installations utilisant des combustibles. Ce rendement est le produit du rendement annuel de génération de chaleur (exprimé sur pcs), du rendement de distribution, du rendement de régulation (qui ne dépasse souvent pas 85%) et du rendement d'émission. Le niveau de 70% n'est pas très aisé à atteindre et nécessite beaucoup de soin pour y parvenir.

Ceci a amené à fixer des contraintes fortes sur tous les systèmes (voir le détail au § 3.2.5) afin d'atteindre avec certitude ce rendement. **Il n'est pas possible d'appliquer un bouquet de travaux sans mettre en place les dispositions qui s'imposent sur les systèmes.**

La conséquence de ces choix conduit à ce que les besoins de chauffage à satisfaire, pour atteindre l'objectif de consommation de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an avec un rendement global annuel de 70%, sont de **35 kWh/m<sup>2</sup>/an**.

### ■ *niveau de besoins pour les systèmes de chauffage avec pompe à chaleur*

Seules les pompes à chaleur dont le COP annuel d'exploitation (COE incluant donc les auxiliaires amont, mais pas les auxiliaires aval type pompe de distribution de chauffage) est supérieur à 3,0 sont acceptées pour l'utilisation des Solutions Techniques de Rénovation dédiées aux systèmes à combustible examinées ci-dessus. La source froide est indifférente : air extrait, géothermie, nappe phréatique etc.

Le rendement annuel de l'installation en aval de la PAC devra être au minimum de 80%. Il s'agit du produit des rendements de distribution, de régulation et d'émission de chaleur.

Si tous ces critères sont satisfaits, les besoins de l'enveloppe seront les mêmes que ceux des systèmes à combustibles, à savoir 35 kWh/m<sup>2</sup>/an.

### ■ *niveau de besoins pour tous les systèmes de chauffage à effet Joule*

A l'origine, les systèmes de chauffage à l'électricité en place lors des rénovations devaient être remplacés, si le propriétaire désirait conserver l'électricité pour son chauffage, par une pompe à chaleur répondant aux critères définis précédemment. Mais cette disposition est très vite apparue trop exigeante, notamment dans les petits logements.

L'alternative proposée, construite sur le chauffage par effet Joule, s'inspire de la stratégie mise en place vis à vis du chauffage électrique depuis la première réglementation thermique de 1974 : les caractéristiques thermiques de l'enveloppe sont plus exigeantes pour tenir compte du rapport énergie primaire/énergie finale propre à l'électricité. La valeur physique de ce coefficient telle qu'elle est utilisée au sein des ministères en France, est de l'ordre de 3,2. On supposera (ce qui n'est pas tout à fait exacte) que le rendement du chauffage par effet Joule dans le logement est de 1, si bien que les besoins de chauffage qu'il faudrait exiger pour des logements chauffés par effet Joule devraient être de 50/3,2...soit 15,6 kWh/m<sup>2</sup>/an. L'examen des 432 ensembles de travaux montre que c'est totalement impossible. Il a donc été décidé de fixer le niveau de besoins à 25 kWh/m<sup>2</sup>/an, ce qui est réalisable (même si c'est difficile). Mais ceci conduit à un coefficient énergie primaire/énergie finale de seulement 2,0. Afin de maintenir un certain équilibre entre les fournisseurs d'énergie pour faire en sorte que l'on obtienne un compromis acceptable par tous, il a été nécessaire de réfléchir également au système de production d'eau chaude sanitaire. Car si l'ECS est produite par un ballon électrique ordinaire, l'écart entre hydrocarbures et électricité Joule va devenir inacceptable pour les premiers.

La réflexion s'est aussi élargie au sujet de l'électricité en considérant qu'il n'est peut-être pas très réaliste continuer de raisonner seulement « français », puisqu'on parle de la « plaque européenne » et des interconnexions et échanges multiples qui existent autour de l'électricité. Certes, cette approche arrange la France qui est assez peu vertueuse en matière de rendement de production de l'électricité et de recours aux énergies renouvelables pour cette production, mais cela lui impose aussi d'adopter un raisonnement carbone également européen, lui retirant le droit à la singularité et à la revendication d'une électricité très peu carbonée. Cette approche paraît acceptable et est à la base de ce qui suit.

Construisons le raisonnement sur les hypothèses suivantes :

- Besoins de chauffage pour les combustibles : 35 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an
- besoins de chauffage pour l'électricité Joule : 25 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an
- besoins ECS quelle que soit la source d'énergie : 20 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an

Hypothèses sur les performances des systèmes :

- rendement global chauffage des systèmes à combustion : 70 %
- rendement global ECS des systèmes à combustion : 65 %
- rendement de stockage d'un ballon ECS : 85 %
- COP des ballons thermodynamiques (rapport Costic) incluant les pertes ballon : 1,8
- coefficient physique énergie primaire/énergie finale de l'électricité : 2,60 (rappelons que le coefficient 2,58 est un coefficient conventionnel. La moyenne physique européenne valait 2,64 en 2012 (dernière année de statistiques connues – Source : Energy Balance Sheets – Eurostat 2014) et nous avons supposé qu'elle pouvait valoir 2,60 aujourd'hui (grâce à l'importante pénétration des énergies renouvelables). Cette hypothèse est donc favorable pour la France mais l'oblige aussi à utiliser les contenus carbone européens du kWh.
- coefficient primaire/final des principaux hydrocarbures : 1,15

Solution	Consommation en kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>shab</sub> /an		
	Chauffage	ECS	Total
Combustibles classiques (chauffage+ECS)	57,5	35,4	<b>92,9</b>
Effet Joule + Ch eau électrique	65,0	61,2	<b>126,2</b>
Effet Joule + ballon thermodynamique	65,0	28,9	<b>93,9</b>

**Figure 3.2 : Bilan en énergie primaire des différentes solutions**

Cette approche a une grande vertu : elle met sur un pied d'égalité les solutions par combustibles classiques et les solutions combinant l'effet Joule associé à des chauffe-eau thermodynamiques.

La règle à respecter est donc simple pour les logements dotés d'effet Joule et qui veulent conserver cette solution : les dispositions de la rénovation doivent donc respecter le tableau de la figure 3 et le chauffe-eau électrique en place doit être remplacé par un chauffe-eau thermodynamique de très bonne qualité. Pour que le COP de ce chauffe-eau soit des meilleurs, il faudra que la « source froide » utilisée par le chauffe-eau soit la plus élevée possible, et que la température de stockage soit raisonnable (55°C devrait suffire).

Il s'agit donc bien là d'une solution d'équilibre et de compromis devant satisfaire tous les fabricants et fournisseurs d'énergie. Relevons que ce raisonnement à l'échelle européenne présente un certain nombre d'avantages dont la France devrait s'inspirer pour faire évoluer son mix de production.

Enfin, il existe une polémique dans la profession sur les performances très controversées des chauffe-eau thermodynamiques. Cette technologie possède beaucoup de vertus, mais suppose une grande rigueur dans la conception des ballons et le choix des températures de fonctionnement, ce qui n'est pas toujours le cas. Dans un avenir proche, il faudra que le COP de ces machines soit d'un niveau minimum de 2,0 (COP réel annuel mesuré selon la méthode du Costic).

### **3-2-4 Les Solutions Techniques de Rénovation (STR)**

#### **3.2.4.1 Cas des systèmes de chauffage par combustible ou PAC**

Dans ce cas, le niveau de besoins de chauffage est de 35 kWh/m<sup>2</sup>/an. L'utilisation des 4 graphiques des pages suivantes regroupant les 432 combinaisons de travaux permet

### CHAPITRE 3 : Les Solutions Techniques de Rénovation

immédiatement de repérer quelles sont les combinaisons qui conduisent exactement au résultat. Rappelons qu'il s'agit ici d'une approche physique (une approche d'ingénieur). On verra plus loin que les tableaux de STR devront être légèrement modifiés pour tenir compte des contraintes des organismes financeurs (qui imposent des valeurs minimales des résistances additionnelles).

On obtient ainsi les dix combinaisons de base des STR satisfaisant exclusivement les équilibres physiques pour les logements dotés de systèmes de chauffage par combustible ou par PAC (COE > 3) :

N° Solution	Isolation Int / Ext	Etanchéité air n <sub>50</sub> (vol/h)	Résist. additionnelles [m <sup>2</sup> .K/W]			U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> .K] Menuis.ext.	Ventilation
			Murs	Plancher bas	Toiture		
1	Int	3,0	6,0	4,5	10	1,1	Double Flux
2	Int	3,0	4,5	4,5	10	0,8	Double Flux
3	Int	1,0	4,5	4,5	10	1,7	Double Flux
4	Int	1,0	4,5	2,5	7,5	1,1	Double Flux
5	Ext	3,0	4,5	4,5	7,5	1,7	Double Flux
6	Ext	3,0	4,5	2,5	7,5	1,1	Double Flux
7	Ext	3,0	6,0	4,5	10	0,8	Hygro
8	Ext	1,0	4,5	2,5	7,5	1,7	Double Flux
9	Ext	1,0	2,8	2,5	7,5	1,1	Double Flux
10	Ext	1,0	4,5	2,5	7,5	0,8	Hygro

**Figure 3.3 : Les Solutions Techniques de Rénovation (STR) pour logements dotés de systèmes de chauffage par combustible ou par PAC (COE>3)**

*Domaine d'application* : toutes les rénovations ne recourant pas aux financements publics pour les travaux – Avril 2015  
 Mais en 2015, les organismes financeurs de la rénovation thermique (ECO PTZ, CITE, ANAH) imposent des contraintes minimales aux résistances additionnelles, si bien qu'un certain nombre de bouquets de travaux ont dû être modifiés.

Voici les STR à utiliser en cas de recours à l'argent public pour le financement des travaux :

N° Solution	Isolation Int / Ext	Etanchéité air n <sub>50</sub> (vol/h)	Résist. additionnelles [m <sup>2</sup> .K/W]			U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> .K] Menuis.ext.	Ventilation
			Murs	Plancher bas	Toiture		
1	Int	3,0	6,0	4,5	10	1,1	Double Flux
2	Int	3,0	4,5	4,5	10	0,8	Double Flux
3	Int	1,0	4,5	4,5	10	1,7	Double Flux
4	Int	1,0	4,5	3,0	7,5	1,4	Double Flux
5	Ext	3,0	4,5	4,5	7,5	1,7	Double Flux
6	Ext	3,0	4,5	3,0	7,5	1,4	Double Flux
7	Ext	3,0	6,0	4,5	10	0,8	Hygro
8	Ext	1,0	4,5	3,0	7,5	1,7	Double Flux
9	Ext	1,0	3,7	3,0	7,5	1,4	Double Flux
10	Ext	1,0	4,5	3,0	7,5	1,1	Hygro

**Figure 3.4 : Les Solutions Techniques de Rénovation (STR) pour logements dotés de systèmes de chauffage par combustible ou par PAC (COE>3) – Version compatible avec les exigences des organismes financeurs**

*Domaine d'application* : toutes les rénovations recourant aux financements publics pour les travaux – Avril 2015

**Remarque** : dans le cas des menuiseries extérieures, rappelons que les contraintes des organismes financeurs portent à la fois sur la valeur de U<sub>w</sub> mais aussi sur celle de S<sub>w</sub> qui est le facteur solaire évalué sur la surface en tableau. Il faut respecter :

- U<sub>w</sub> ≤ 1,3 W/m<sup>2</sup>.K et S<sub>w</sub> ≥ 0,3
  - U<sub>w</sub> ≤ 1,7 W/m<sup>2</sup>.K et S<sub>w</sub> ≥ 0,36
- ou bien :

Rappelons aussi que, en complément de ces STR essentiellement destinées à améliorer la qualité de l'enveloppe et de la ventilation, il est nécessaire de respecter aussi toutes les dispositions imposées aux systèmes (voir § 3.2.5).

**Dans la mise en œuvre des STR, la seule règle à respecter est qu'une fois choisi un ensemble de solutions, il faut adopter sans exception toutes les dispositions préconisées.**

Pour les artisans et les TPME, il faut seulement apprendre à choisir la bonne solution parmi les dix proposées. Ce choix sera fondé sur les caractéristiques du bâtiment existant, sur les désirs du propriétaire et sur les coûts.

**3-2-4-2 Cas des solutions de chauffage par effet Joule**

Dans ce cas, le niveau des besoins de chauffage est de 25 kWh/m<sup>2</sup>/an. Les émetteurs qui peuvent être utilisés sont les convecteurs électriques et les panneaux radiants (qui sont plus confortables et plus économes).

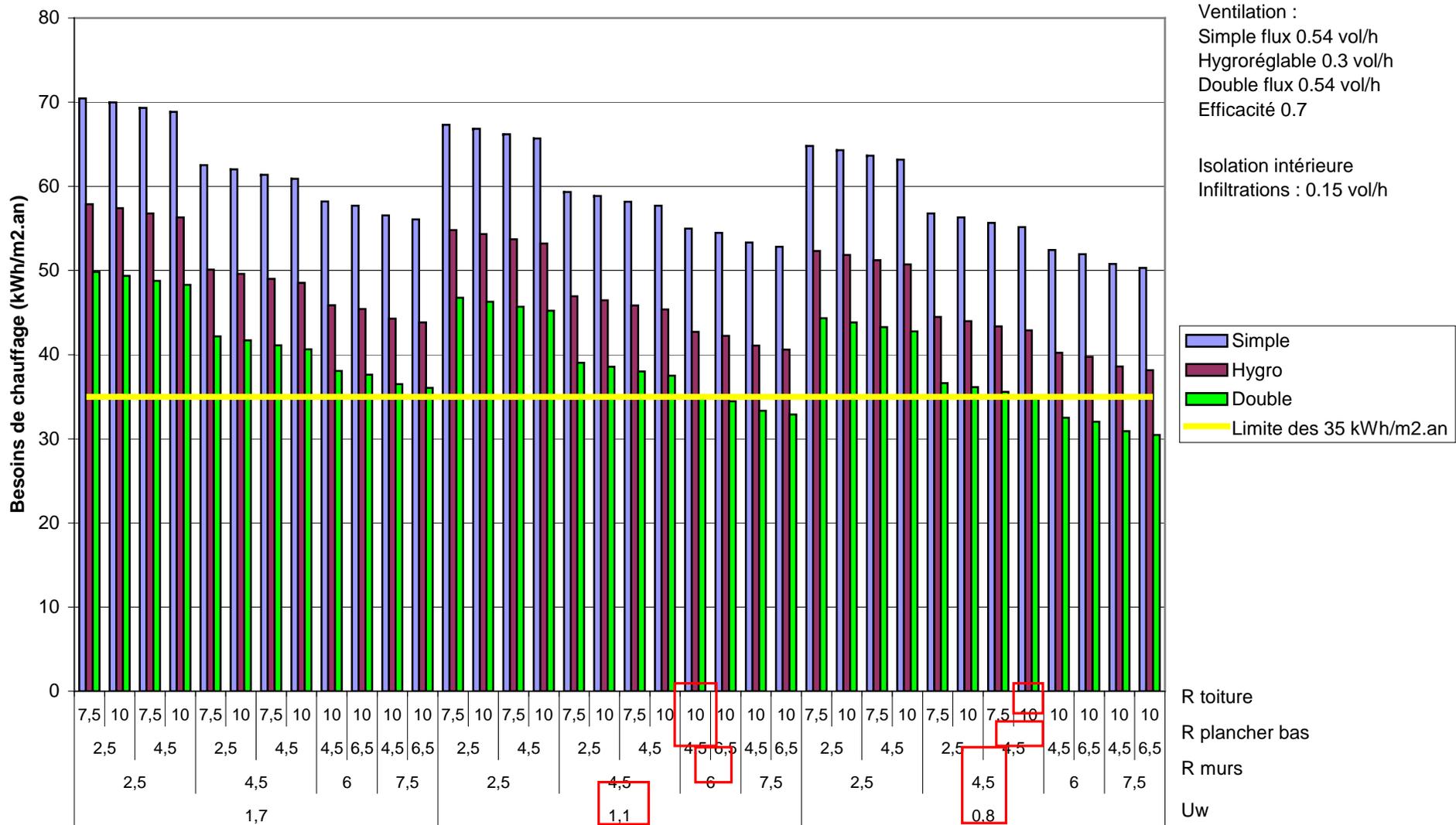
Les Solutions Techniques de Rénovation, qui plus est compatibles avec les exigences des organismes financeurs, sont au nombre de 3 :

N° Solution	Isolation Int / Ext	Étanchéité air n <sub>50</sub> (vol/h)	Résist. additionnelles [m <sup>2</sup> .K/W]			U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> .K] Menuis.ext.	Ventilation
			Murs	Plancher bas	Toiture		
1	Int	1,0	7,5	6,5	10	0,8	Double Flux
2	Ext	1,0	6,0	4,5	10	1,1	Double Flux
3	Ext	1,0	4,5	3,0	10	0,8	Double Flux

**Figure 3.5 : Les Solutions Techniques de Rénovation compatibles avec un chauffage par effet Joule déjà en place. Avril 2015**

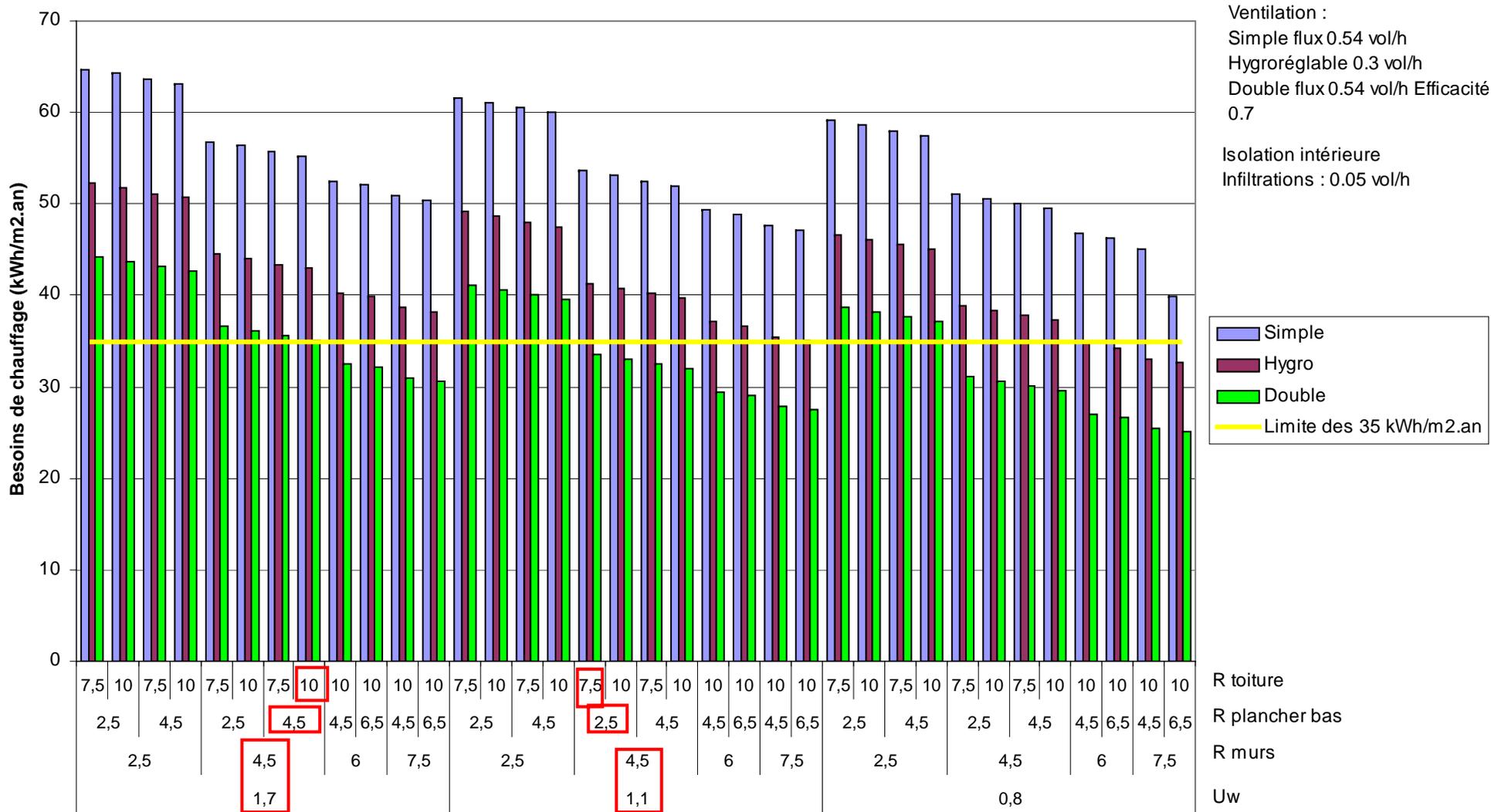
On se reportera au § 3-2-5-5 concernant les dispositions particulières imposées pour l'utilisation de ces STR « électriques ». Rappelons également une exigence forte : le chauffe-eau électrique en place devra obligatoirement être remplacé par un ballon thermodynamique avec un COP moyen d'exploitation sur l'hiver au moins égal à 1,8.

### CHAPITRE 3 : Les Solutions Techniques de Rénovation



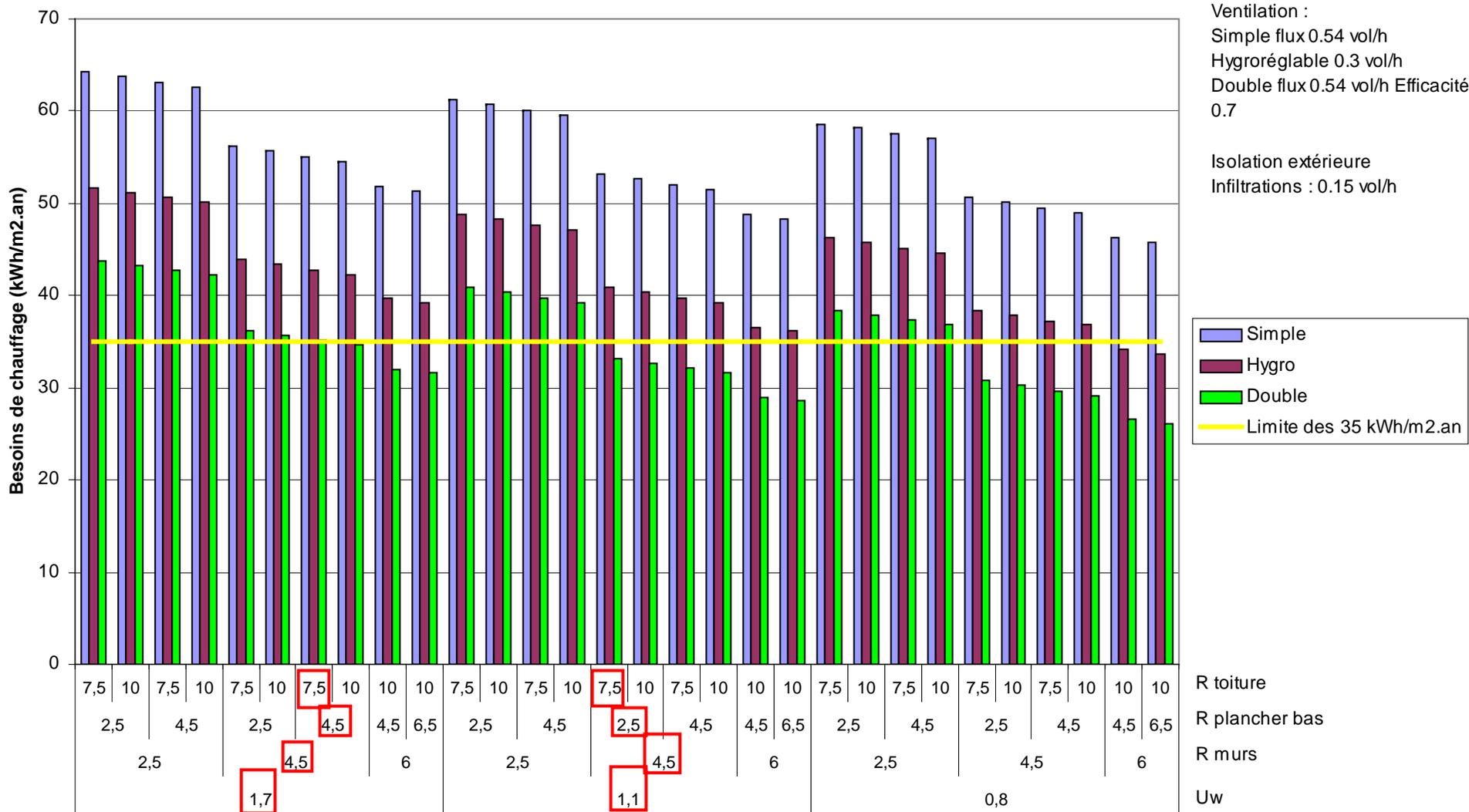
**Figure 3.6 : Besoins de chauffage avec isolation INTERIEURE et ETANCHEITE à l'air  $n_{50} = 3$  vol/h**

### CHAPITRE 3 : Les Solutions Techniques de Rénovation



**Figure 3.7 : Besoins de chauffage avec isolation INTERIEURE et ETANCHEITE à l'air  $n_{50} = 1 \text{ vol/h}$**

### CHAPITRE 3 : Les Solutions Techniques de Rénovation



**Figure 3.8 : Besoins de chauffage avec isolation EXTERIEURE et ETANCHEITE à l'air  $n_{50} = 3$  vol/h**



### 3-2-4-3 Les STR et le traitement des cas particuliers

L'application des STR doit pouvoir conserver une certaine souplesse car la rénovation se caractérise par un grand nombre de situations particulières souvent atypiques. Leur donner cette capacité d'adaptation doit donc rester une exigence majeure. Dans cette approche constructive qui se veut avant tout consensuelle, il ne faut jamais perdre de vue quels sont les grands enjeux. Lorsqu'on part d'une consommation de 250 à 400 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an, il n'est finalement peut-être pas si important que cela que le résultat final se situe à 70 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an plutôt qu'à 50 par suite d'une particularité technique ayant interdit la mise en œuvre parfaite d'un bouquet de travaux complémentaires.....

Le but des STR n'est pas de tout bloquer et de rendre impossible une opération de rénovation qui se heurte à une difficulté technique. Car d'expérience, la majorité des rénovations présente des particularités et nécessite que les solutions « s'adaptent » au mieux. L'intervenant doit être convaincu que, dans bien des cas, il ne pourra pas mettre en œuvre la solution parfaite dont il avait rêvé. C'est « le prix à payer » pour conduire à bien un grand programme de rénovation. Mais la philosophie poursuivie ici n'est pas d'en profiter pour en faire le moins possible : c'est au contraire de faire tout ce qu'il est possible d'imaginer et de mettre en œuvre pour aller dans le sens de l'objectif poursuivi (les « 50 kWh »), tout en respectant les équilibres financiers.

Mais dans ces adaptations nécessaires, il faudra toujours conserver à l'esprit que le principal écueil n'est pas tant la dégradation de la performance thermique (si la mesure reste raisonnable) que le risque de créer des pathologies rédhibitoires. Ne pas isoler un élément de surface conduit bien sûr à augmenter les déperditions, mais cela provoque surtout l'apparition d'une surface froide qui pourra être le siège de condensations, et donc de dégradations, de pollution intérieure, voire de risques d'accident (humidité au sol). Le principal travail consistera donc à estimer de la manière la plus pertinente possible quels sont les risques réels présentés par les solutions alternatives qui seront mises en œuvre.

### 3-2-4-4 Cas particulier des planchers bas impossibles à isoler

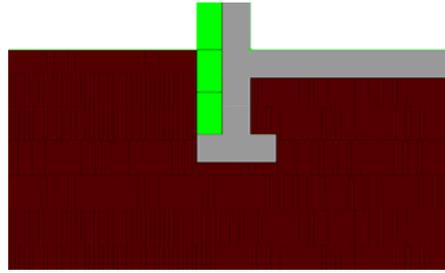
Que le bâtiment soit sur cave, sur terre plein ou sur vide sanitaire, les STR prévoient toutes une isolation complémentaire de la dalle basse. Lorsque celle-ci se trouve sur une cave, il n'y a pas trop de problèmes techniques pour réaliser cette isolation. En revanche, lorsque la dalle est sur terre plein ou sur vide sanitaire, il est assez rare que le propriétaire ait justement prévu de refaire les sols en même temps que la rénovation thermique de son logement. Si on veut néanmoins lui imposer de force la destruction de son revêtement de sol et la pose en surface d'un isolant (avec les problèmes des portes et des placards, et ceux des marches d'escalier !), il renoncera immédiatement à la rénovation de son logement. On aura donc tout perdu pour n'avoir pas su s'adapter.

Il a donc été nécessaire d'étudier comment réduire l'impact énergétique d'une absence d'isolation de la dalle basse. Au demeurant, l'absence totale d'isolation de la dalle basse n'est pas qu'un problème de pertes de chaleur et de pont thermique. C'est aussi l'existence dans certains cas d'un risque de pathologie lié à la présence de surfaces froides (le nez de dalle) qui pourraient alors être le siège de condensations....

Deux solutions ont été envisagées. Elles ont fait l'objet d'une étude par simulation dynamique. Les deux conduisent à des résultats sensiblement équivalents :

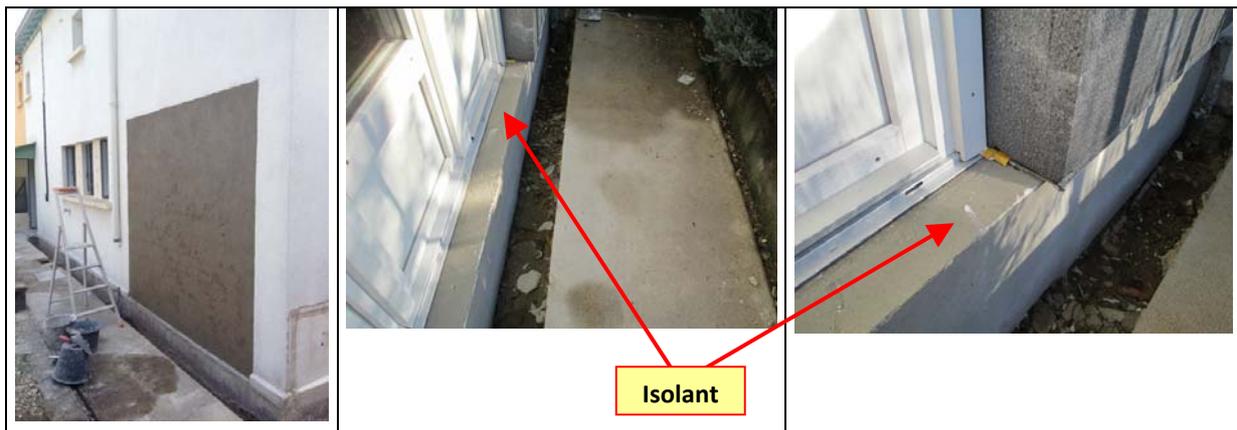
**1 - placer une isolation verticale sur le mur extérieur** depuis le nez de la dalle jusqu'à la semelle de la fondation. Lorsque l'isolation est intérieure, on prolongera de 0,6 m cet isolant au-dessus du niveau du sol, lorsque c'est possible, afin de traiter le pont thermique

d'about de dalle.



**Figure 3.10 : Coupe verticale d'une isolation périphérique verticale**

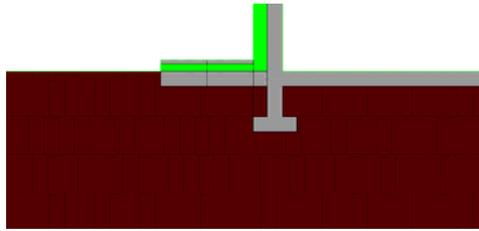
Cette opération nécessite l'intervention d'une mini-pelle qui est simple et très bon marché, ou pourra même être exécutée au moyen d'une disqueuse (si les abords de la maison sont recouverts d'une petite dalle). Cette isolation complémentaire est donc elle-même assez bon marché. La simulation dynamique a montré que, selon les cas, la part des pertes dues à la non isolation de la dalle basse (ordre de grandeur : 10 à 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an) peut être en partie compensée à hauteur de 30 % (ITI) à plus de 50 % (ITE). La dérive de consommation subsistant est donc de l'ordre de 5 à 15 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an. La hauteur d'isolant doit être la plus importante possible (mais on ne peut guère aller sous la semelle de fondation au risque d'une décompression des terres), et la résistance de l'isolant doit être *a minima* de 3,0 m<sup>2</sup>°K/W (il s'agit d'isolant imputrescible).



**Figure 3.11 : Exemples d'isolation périphérique verticale**

Attention à la nature de l'isolant utilisé. Parmi les isolants imputrescibles il y a le liège. Or plusieurs cas ont signalé la présence assez rapide de fourmis dans ce type d'isolant, avec l'impossibilité de les en déloger et leur capacité à détruire l'isolant. Des fourmis ont également été observées dans des isolations extérieures avec polystyrène expansé, avec les mêmes conséquences fâcheuses.

2 - Placer **une bande d'isolation horizontale en périphérie de la maison**, le long du mur extérieur. L'isolant sera ensuite recouvert d'une chape de 5 ou 6 cm d'épaisseur. Cette bande doit être la plus large possible (au moins 1 m) et sa résistance doit être d'au moins 3 m<sup>2</sup>°K/W. L'amélioration est similaire à celle de la solution précédente : de l'ordre de 30 à 50 %.



**Figure 3.12 : Coupe verticale sur une isolation**



**Figure 3.13 : Exemples d'isolation périphérique horizontale**

Ces simulations dynamiques, toujours faites sur fonds propres, n'ont été conduites que sur des exemples ponctuelles et n'ont pas été systématisées à l'échelle du territoire et de toutes les typologies constructives possibles (maisons de plain pied, ou de type R+1).

A défaut d'un budget permettant de poursuivre les travaux de simulation de façon plus large sur l'ensemble du territoire français et sur des typologies variées, on retiendra la formulation suivante en variante des STR.

### **Formulation des solutions alternatives à l'absence d'isolation de la dalle basse :**

« Si l'isolation en sous face d'une dalle sur terre plein s'avère impossible, l'une des deux solutions suivantes doit être mise en œuvre :

- isolation verticale enterrée du mur extérieur jusqu'à la semelle de la fondation au moyen d'un isolant imputrescible dont la résistance additionnelle est d'au moins  $3 \text{ m}^2\text{K/W}$ . En présence d'ITI, l'isolant enterré dépassera de 60 cm le niveau supérieur de la dalle du RdC. Augmenter de  $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  la résistance additionnelle des STR sur les murs afin de compenser une partie du déficit énergétique,
- isolation extérieure horizontale en périphérie de la construction sur une largeur d'au moins un mètre, au moyen d'un isolant de résistance minimum  $3 \text{ m}^2\text{K/W}$  placé sous une chape en ciment. Augmenter de  $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  la résistance additionnelle des STR sur les murs.

### **Cas particulier des planchers bas sur vide sanitaire**

Par extension de ce qui précède, la solution proposée pour traiter le cas des planchers sur vide sanitaire inaccessible consiste à isoler verticalement les murs par l'extérieur (sous le niveau du sol naturel) jusqu'à la semelle de fondation, dans les mêmes conditions et de la même manière que précédemment ( $R > 3,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ). En complément, on veillera à ce que le débit d'air dans le vide sanitaire soit strictement égal au minimum nécessaire compte tenu de l'humidité du sol et de celle existant dans le vide sanitaire. Si la ventilation du vide sanitaire était trop importante, il ne servirait à rien d'isoler verticalement

ses parois. L'efficacité de cette disposition dépendra ici très fortement du taux de ventilation qu'on sera obligé de maintenir dans le vide sanitaire.

### **3-2-4-5 Cas particulier d'un logement isolé à la fois par ITI et par ITE**

Cette situation peut se présenter par exemple lorsque la façade principale sur rue est interdite d'isolation par l'extérieure (emprise sur le domaine public) alors que les autres façades sont sur la propriété. Ou encore lorsque certaines façades ont un caractère patrimonial marqué (façade en pierre).

Dans ce cas, les résistances à adopter sont celles définies par les STR choisies en supposant que toute l'isolation sera faite par l'intérieur. C'est une condition assez défavorable pour la réalisation des travaux, mais qui conduira à une performance énergétique encore meilleure.

Exemple : rénovation faite au moyen d'argent public. Taux d'infiltration d'air envisagé après rénovation  $n_{50} = 1,0$  vol/h. Ventilation double flux. Chauffage au fioul.

Le tableau de la figure 3.3 du § 3.2.4.1 montre que si les murs avaient tous été isolés par l'extérieur, on aurait eu le choix entre les STR n°8 et 9. Mais la présence d'au moins une façade isolée par l'intérieur va conduire à ce que l'on choisisse, même pour les façades isolées par l'extérieur, les résistances thermiques des STR n°3 ou 4. Cela va aussi rendre obligatoire l'adoption de résistances généralement plus élevées pour la toiture, le plancher bas ou les fenêtres. Dans notre exemple, l'adoption de la STR n°8 aurait conduit à :

STR n°8	Isol Ext	$n_{50} = 1,0$	$R_{mur} = 4,5$	$R_{plb} = 3,0$	$R_{toit} : 7,5$	$U_w = 1,7$	Ventilation DF
---------	----------	----------------	-----------------	-----------------	------------------	-------------	----------------

Mais l'isolation d'une façade par l'intérieur conduit à adopter la STR n°3 avec les contraintes renforçant les résistances de plancher bas et de toiture :

STR n°3	Isol Int	$n_{50} = 1,0$	$R_{mur} = 4,5$	$R_{plb} = 4,5$	$R_{toit} : 10$	$U_w = 1,7$	Ventilation DF
---------	----------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-------------	----------------

Ou la STR n°4 qui n'impose finalement un effort supplémentaire que sur les menuiseries extérieures :

STR n°4	Isol Int	$n_{50} = 1,0$	$R_{mur} = 4,5$	$R_{plb} = 3,0$	$R_{toit} : 7,5$	$U_w = 1,4$	Ventilation DF
---------	----------	----------------	-----------------	-----------------	------------------	-------------	----------------

### **3-2-4-6 Impossibilité d'isoler la totalité des murs par l'intérieur ou par l'extérieur**

Ce cas étrange a été évoqué. Car un certain nombre de propriétaires vont immanquablement expliquer que chez eux l'isolation des murs ne sera possible ni par l'intérieur ni par l'extérieur. Il reviendra à l'Etat de définir les cas précis qui permettront à certains propriétaires de s'exonérer de l'effort collectif du programme de rénovation. Mais on conçoit parfaitement qu'on n'isolera jamais le Château de Versailles ! Les Monuments « historiques » ne feront jamais partie d'un grand programme de rénovation car ils ne « pèsent » rien dans le bilan énergétique national. La question sera donc de savoir quels sont les bâtiments admis dans cette catégorie et quels sont ceux qui, malgré leurs caractéristiques patrimoniales, n'y seront pas. Il ne paraît pas possible de laisser les propriétaires décider tout seuls car on peut penser qu'une majorité d'entre eux pourrait être tentée de ne rien rénover.

Il faut être clair : si les murs ne sont pas isolés, il n'est plus du tout possible d'atteindre une consommation d'environ 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, et probablement même pas de 100 kWh/m<sup>2</sup>/an. Et aucune disposition complémentaire ne permettra de compenser cette absence d'isolation.

Mais si les murs ne sont pas isolés alors que toutes les autres parois le sont, menuiseries extérieures incluses, le fonctionnement du logement pourra poser de gros problèmes :

- en premier lieu, ce logement restera inconfortable et l'effet de paroi froide nécessitera de porter la température d'air à un niveau grevant singulièrement la facture de chauffage sans pour autant apporter une qualité de confort satisfaisante,
- plus grave est le risque de condensations superficielles sur tous les murs extérieurs non isolés. Peuvent s'ensuivre des moisissures générant des pathologies respiratoires.

Cela ne semble donc pas être un très bon choix que de ne vouloir isoler aucun des murs extérieurs d'un logement, quelles qu'en soient les raisons. On retiendra qu'aucune disposition ne permettra de compenser cette absence d'isolation, et que le logement « fonctionnera » très mal si ce parti était adopté.

#### ***3-2-4-7 Impossibilité d'isoler un mur par l'intérieur ou par l'extérieur***

Ce cas est une variante du précédent. Si seule une façade n'est pas isolée, on peut considérer que l'on est dans la même situation que si le plancher bas n'est pas calorifugé. Mais on a vu que pour ce dernier, les mesures de compensation spécifiques que l'on pouvait mettre en place ne permettaient de toute façon pas de rétablir le niveau de la performance énergétique.

Il en sera malheureusement de même pour un mur extérieur, et ce d'autant plus qu'il n'existe pas, comme pour le plancher bas, de disposition spécifique de compensation (comme l'était l'isolation périphérique).

Pour fixer les idées, supposons une façade de 30 m<sup>2</sup> de parois opaques dans un logement de 100 m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>, doté de 17 m<sup>2</sup> de menuiseries extérieures. Le déficit des déperditions, en supposant que le U initial du mur vaut 2,5 W/m<sup>2</sup>/K et celui qu'aurait eu le mur final 0,25 W/m<sup>2</sup>/K, est de 67,5 W/K. En supposant que l'on passe le U<sub>w</sub> des menuiseries extérieures de 1,7 à 0,8 W/m<sup>2</sup>/K (triple vitrage), on ne récupérerait « que » 15 W/K, soit même pas le quart de ce qu'il faudrait compenser. Le niveau de résistances des autres parois isolées étant déjà très faible, il n'y a donc absolument aucune chance de pouvoir compenser la non isolation d'une seule façade pas isolée. En effet, en supposant qu'il y ait 90 m<sup>2</sup> de parois verticales déjà isolée et 50 m<sup>2</sup> de toiture, il faudrait que sur l'ensemble de ces parois (déjà bien isolées) la valeur de U soit réduite de 0,375 W/m<sup>2</sup>/K, valeur déjà très supérieure à ce que sont les U des murs et de la toiture....

Ce cas, comme le précédent, ferait totalement sortir la rénovation du cadre d'objectif de performance que chacun doit atteindre. Sans aucun espoir de pouvoir compenser d'aucune sorte, et avec néanmoins toutes les pathologies (condensations) et dysfonctionnements (parois froides et inconfort) associés décrits au § précédent.

#### ***3-2-4-8 Intervention dans un bâtiment construit après 1975***

Il est possible, même si ce n'est en rien prioritaire, de chercher à rénover un bâtiment datant d'après 1975, c'est à dire comportant déjà une barrière thermique réglementaire.

Il faut rappeler que la priorité est évidemment de rénover les logements d'avant 1975, le reste du parc étant plutôt destiné, pour des raisons de rentabilité économique, à être rénové après, par exemple à partir de 2030 ou 2035.

Toutefois, si cette situation devait se produire, la réponse proposée est construite sur le bon sens. Puisque les STR définissent l'état final de tout bâtiment à l'horizon 2050, il faut considérer que les bâtiments construits après 1975 ont pris un peu d'avance et qu'il suffit

donc de leur fournir la résistance thermique complémentaire qui leur fait défaut pour atteindre le niveau de performance exigé par les STR.

A titre d'exemple, si la demande des STR est d'avoir une résistance additionnelle de  $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  et que le mur comporte déjà 5 cm de polystyrène ( $R = 1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), la résistance additionnelle nécessaire ne sera plus que de  $3,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Ce scénario n'est évidemment pas possible pour les menuiseries extérieures : impossible de « rajouter » quelque chose. Elles devront faire l'objet d'un changement si elles ne présentent pas le niveau de performance suffisant. Même chose pour la ventilation et pour l'installation de chauffage.

Mais cette approche assez simple et logique concernant les parois isolées se heurtent néanmoins à plusieurs problèmes :

1 – il faut avant tout contrôler l'état de l'isolant en place. Il arrive souvent qu'en combles cet isolant soit hors d'état : il a été piétiné ou bien détruit par des rongeurs. Dans un mur il peut avoir été mis en place de façon un peu anarchique et manquer sur certaines parties. Il peut aussi être complètement détruit par la condensation. Dans chaque cas il conviendra de s'assurer, lors de la visite d'état des lieux, de la possibilité ou non de conserver cet isolant.

2 – il faut vérifier avec beaucoup de soin le fonctionnement au regard de la migration de vapeur du « nouveau mur » une fois l'isolation posée. Il est impossible par exemple de mettre en oeuvre à l'intérieur 12 cm d'isolant sur un isolant de 5 cm déjà en place et muni d'un pare vapeur efficace. Il y aurait de gros risques de condensation sur ce pare vapeur, côté intérieur.

3 - la résistance additionnelle ainsi déterminée sera souvent inférieure à la valeur exigée par les financements de la rénovation (EcoPTZ, CITE, ANAH, etc). Dans ce cas, il faut pour l'instant mettre en oeuvre la résistance imposée par le financement...

Dans le proche futur, il serait souhaitable que l'Etat rende possible l'approche qui précède afin d'introduire un peu de souplesse (justifiée) dans le processus de détermination de la résistance thermique à mettre en oeuvre.

### ***3-2-4-9 Impossibilité d'intégrer au logement un réseau de soufflage double flux***

Il peut arriver, mais l'expérience montre que c'est finalement assez rare, qu'il soit impossible d'intégrer à un logement existant un double réseau de soufflage et d'extraction d'air. Que faire dans ce cas ?

En premier lieu, il est impératif que le logement rénové soit ventilé. Aucune impossibilité ne doit entraver cette obligation. Ne pas ventiler un logement isolé et rendu étanche à l'air conduit à une très forte pollution intérieure dangereuse pour les occupants, et à de nombreuses condensations superficielles pathogènes. Cela constituerait une grave faute professionnelle. Il y aura donc *a minima* une ventilation mécanique simple flux.

Mais une solution de ce type condamnerait l'espoir d'atteindre une bonne performance énergétique puisque la charge thermique due à la ventilation simple flux est de l'ordre de  $40 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$  en zone H1, au débit de 0,6 vol/h. Ce n'est donc pas la voie à suivre.

Il existe toutefois une solution intéressante si les réseaux ne peuvent pas être mis en oeuvre dans un logement : la ventilation décentralisée. Il s'agit de boîtes murales comprenant deux ventilateurs, un échangeur, une prise et un rejet d'air extérieur, ainsi qu'un orifice de soufflage et un autre d'extraction. Toutes les composantes d'un système double flux se trouvent ainsi concentrées dans ce boîtier de la taille d'une petite armoire de

pharmacie domestique. Ces boîtes sont placées dans chaque pièce principale et fonctionnent indépendamment les unes des autres. Certains modèles peuvent même être couplés avec une pièce humide afin de créer une ventilation par balayage. Il y a donc en principe toujours moyen de mettre en œuvre une ventilation double flux. Certes, il reste à intégrer ces boîtes dans chaque pièce d'une part, et à habiller les prises et rejets d'air en façade. Mais ceci ne paraît quand même pas devoir être bloquant...

Reste une question de fond. L'impératif à respecter est de récupérer la chaleur de l'air extrait par la ventilation. La ventilation est-elle le seul moyen de récupérer cette chaleur, et si ce n'est pas le cas, est-ce que les STR accepteraient ces autres solutions.

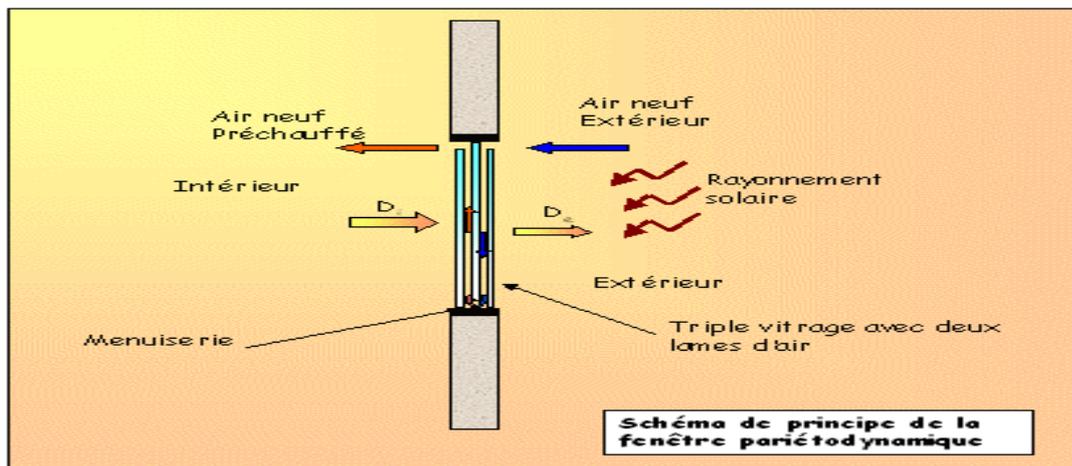
La réponse est qu'il existe effectivement des alternatives pour récupérer la chaleur de l'air extrait, et que, oui, les STR peuvent accepter ces solutions alternatives dès lors qu'elles conduisent au même niveau de performance.

La principale alternative actuellement est la pompe à chaleur (PAC) sur l'air extrait.

L'évaporateur de la PAC récupère la chaleur de l'air extrait, et cette chaleur à basse température est valorisée par la pompe à chaleur qui la transforme en une chaleur à plus haute température que l'on peut soit réinjecter dans l'installation de chauffage (si des matériels existent sur le marché pour ce type d'application), soit consacrer à la production d'eau chaude sanitaire. Mais dans ce cas, l'énergie disponible sur l'air extrait est en général beaucoup plus important que les besoins d'ECS si bien qu'une petite partie seulement de la chaleur de l'air extrait peut être valorisée.

Enfin, on peut aussi se demander si, sous certaines conditions techniques qui ne semblent pas encore réunies, l'utilisation de fenêtres pariéto-dynamiques ne conduirait pas également, par une voie différente, à un bilan énergétique équivalent à celui de la récupération de chaleur sur l'air extrait. De quoi s'agit-il ?

Les fenêtres pariéto-dynamiques sont munies d'un triple vitrage un peu particulier en ce sens qu'il est constitué de vitrages laissant passer l'air et lui permettant une circulation « en chicane » depuis l'extérieur jusqu'à l'intérieur.



**Figure 3.14 : Schéma de principe d'une fenêtre pariéto-dynamique**

Mais en cheminant entre les différentes lames de vitrage, l'air récupère au passage la chaleur qui s'enfuyait par conduction/convection depuis l'intérieur, chaud, vers l'extérieur plus froid. Ce phénomène conduit donc à ce que les pertes de la baie vitrée soient considérablement réduites et se traduisent par une valeur apparente de  $U_w$  de l'ordre de  $0,2 \text{ m}^2/\text{K}/\text{W}$ . Il s'agit donc d'un gain qui peut, dans certaines circonstances favorables, compenser les pertes qu'aurait occasionné une ventilation simple flux sans récupération de chaleur.

Dans la pratique, ce type de menuiserie est mis en œuvre avec une ventilation simple flux auto-réglable et sert d'entrée d'air.

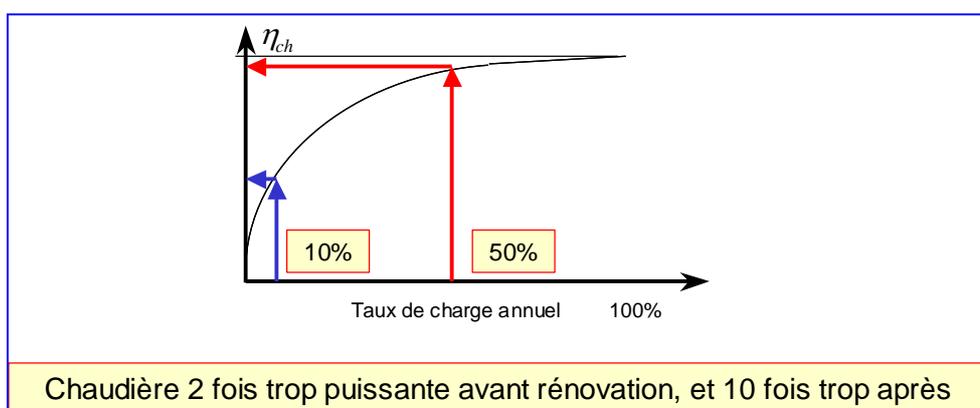
Mais dans l'état actuel de la technologie, il faut un débit d'air assez important par  $m^2$  de fenêtre pour obtenir la valeur apparente de  $U_w$  recherchée, et cette valeur de  $U_w$  n'est accessible que sur les fenêtres constituant l'entrée d'air, ce qui n'est pas le cas des pièces humides. On est donc actuellement en « déficit » puisqu'en gros  $7 m^2$  de vitrage suffisent pour avoir le débit nominal dans le logement (il faut un débit d'air de  $20 m^3/h/m^2$  vitrage pour avoir un  $U_w$  de  $0,2 m^2/K/W$ ). Le gain sur ces quelques  $m^2$  de vitrage ne permet pas de compenser les pertes dues à la non récupération de chaleur sur l'air extrait. Cette solution n'est donc pour l'instant pas prête à se substituer à une ventilation double flux, mais on peut imaginer qu'avec des progrès technologiques conduisant à une meilleure efficacité (un débit d'air par  $m^2$  de fenêtre moins important qu'actuellement), il soit possible qu'elle le puisse. Elle serait donc alors acceptable au titre des STR.

#### 3-2-5 Les contraintes à respecter sur l'installation de chauffage

Comme il a été expliqué au § 3.2.4.1, les STR ont été déterminées à partir d'un niveau de besoin de l'enveloppe supposant lui-même d'avoir précisé le niveau de rendement de l'installation de chauffage. Ce qui a conduit à imposer des performances élevées à celle-ci. **On ne peut donc utiliser les STR sans mettre obligatoirement en œuvre les dispositions spécifiques à l'installation de chauffage.**

##### 3-2-5-1 Le changement du générateur de chaleur par combustion

Les mauvaises habitudes prises depuis longtemps par la profession en matière de dimensionnement de la puissance du générateur de chaleur a des conséquences très néfastes sur le rendement des installations avant et après rénovation. Qui n'a entendu le dicton mémorable « Qui peut le plus peut le moins » pour justifier la fourniture d'une chaudière de très forte puissance? Avec pour conséquence immédiate la chute du rendement annuel d'exploitation. Car une chaudière surpuissante voit son taux de charge baisser, donc son temps de fonctionnement aussi. Le nombre de périodes d'arrêt et la durée de ces arrêts augmentent. Or pendant ces arrêts il subsiste d'importantes pertes thermiques (par les parois ou le conduit de fumée du générateur, par les canalisations inactives, etc.). La conséquence directe est la chute du rendement annuel de génération.



**Figure 3.15 : Evolution du rendement annuel d'exploitation en fonction de la charge**

Les chaudières en place ont souvent une puissance double ou triple de la puissance de chauffage nécessaire (pour les chaudières murales la production instantanée d'ECS est

l'explication la plus fréquente). Mais une fois le logement rénové, cette surpuissance va être fréquemment d'un facteur 10.

Aucun générateur ordinaire n'est capable de fonctionner en permanence dans une plage allant de 0 à 10 % de sa puissance maximum. La panne sera la réponse du générateur à cette situation. Mais quand bien même arriverait-il à fonctionner que son rendement annuel d'exploitation serait catastrophique (à cause de l'intermittence considérable) et les performances très loin des objectifs économiques poursuivis.

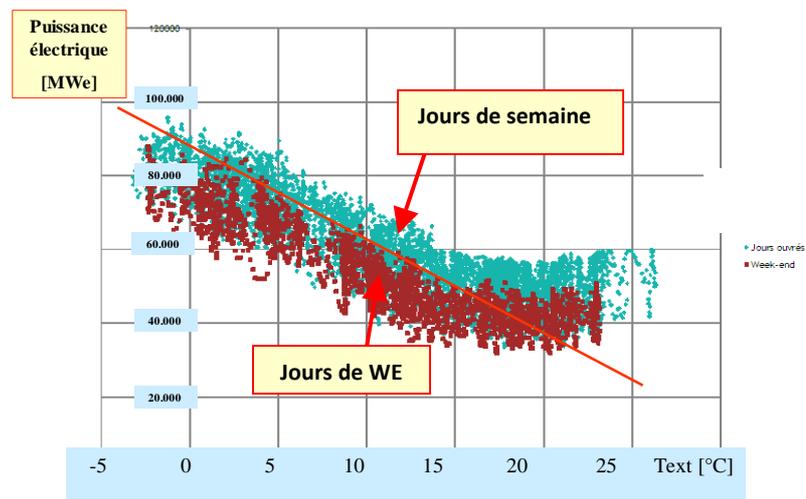
Il est donc impératif de **changer le générateur de chaleur**. Dans certains cas, on peut également changer d'énergie, sous certaines conditions, lorsque le propriétaire le souhaite.

### 3-2-5-2 Règles pour le changement d'énergie

Peut-on adopter n'importe quelle règle pour changer d'énergie ? Non.... Revenir au charbon n'est généralement souhaité par personne. Ca tombe bien !

Passer sur une énergie renouvelable est très souhaitable. Il s'agit en général du bois. Ce changement d'énergie ne pose pas de problème de principe. En revanche, il ne peut pas se faire dans n'importe quelles conditions. La combustion du bois peut donner lieu, lorsqu'elle est de mauvaise qualité, à l'émission de particules fines analogues à celles émises par les véhicules diesel et dont on sait aujourd'hui qu'elles sont à l'origine de nombreux cancers. Passer au bois est donc souhaitable, mais à la condition impérative de mettre en œuvre des appareils à combustion garantissant de faibles émissions particulaires.

En rénovant à basse consommation, on abaisse les besoins entre 30 à 50 W/m<sup>2</sup>, soit environ 4 kW pour un logement de 100 m<sup>2</sup>. La tentation est alors grande de mettre trois convecteurs électriques en place, ce qui réduit le coût des travaux mais ne règle que des problèmes individuels (hormis le coût élevé de l'énergie et de l'abonnement associé). RTE, qui a en charge le réseau de transport de l'électricité, rappelle que le talon d'Achille du système électrique français est son « gradient de puissance » en fonction de la température extérieure.



**Figure 3.16 : Puissance électrique appelée sur le réseau français en fonction de la température extérieure**

La demande faite par RTE est de tout mettre en œuvre pour réduire la puissance électrique appelée les jours froids, et donc de rénover tous les logements chauffés à l'électricité, mais aussi de **s'interdire de convertir à l'électricité des installations de chauffage qui ne l'étaient pas avant rénovation**. Cet aspect est essentiel dans l'utilisation des STR qui se veut une approche globale. Il est donc convenu que l'usage des STR autorise

## CHAPITRE 3 : Les Solutions Techniques de Rénovation

le maintien d'un système de chauffage par effet Joule, mais s'interdit la conversion à l'électricité d'une installation de chauffage qui ne l'était pas avant rénovation.

### 3-2-5-3 Règles propres aux générateurs à combustion et aux pompes à chaleur

Les règles à respecter pour le choix du nouveau générateur en fonction de l'énergie qui l'alimente sont les suivantes :

Energie	Règles à respecter
Gaz	Pose d'une chaudière à condensation. Température de retour inférieure en permanence à 50°. Réutilisation souhaitable des radiateurs existants (ils seront surdimensionnés et permettront un retour à basse température)
Fioul	Pose d'une chaudière à condensation. Température de retour inférieure en permanence à 50°. Réutilisation souhaitable des radiateurs existants (ils seront surdimensionnés et permettront un retour à basse température)
Bois (ou biomasse)	Générateur à haut rendement et très faible émission de particules. Idéalement, si le choix se porte sur des chaudières automatiques, on préférera les chaudières à condensation si une offre existe à ce moment là et à un prix raisonnable.
Electricité	Utilisation d'une pompe à chaleur (sur l'air extrait, sur pieux géothermiques, sur nappe phréatique, ou sur l'air extérieur, etc). Le coefficient annuel d'exploitation devra être supérieur ou égal à 3. Ce coefficient est le rapport de la quantité de chaleur délivrée en sortie de la pompe à chaleur à l'électricité consommée par le compresseur et tous les auxiliaires en amont propres à la pompe à chaleur (les auxiliaires en aval qui existeraient même si la pompe à chaleur n'était pas là ne sont pas à prendre en compte)

### 3-2-5-4 Règles propres aux réseaux de chaleur

Réseau de chaleur	Sans objet. Toutefois, l'échangeur de chaleur du réseau urbain devra obligatoirement être calorifugé avec un isolant dont la résistance sera d'au moins 3 m <sup>2</sup> K/W.
-------------------	---

### 3-2-5-5 Règles pour le chauffage par effet Joule

Comme précisé sur le tableau de la figure 3.1 au § 3.2.3, le maintien du chauffage par effet Joule est possible (en respectant les critères spécifiques d'isolation de l'enveloppe, voir § 3.2.4.2) et on peut donc conserver les convecteurs électriques (mais on pourra néanmoins quand même les remplacer par des émetteurs radiants plus justement dimensionnés et plus efficaces). Mais ceci doit obligatoirement s'accompagner du remplacement du ballon électrique en place, quel que soit son état (c'est une question de consommation), par un chauffe-eau thermodynamique dont le COP annuel garanti est d'au moins 1,8.

Pour que ce COP soit important, il faut que la température du fluide passant sur l'évaporateur soit la plus élevée possible et que celle du ballon de stockage soit la plus basse possible tout en respectant les contraintes de besoin des usagers. On pourra également renforcer l'isolation du ballon en rajoutant une couche d'isolant en périphérie et sur la partie supérieure du ballon (les pertes ballons sont un de leurs gros points faibles).

### 3-2-5-6 Règles pour la distribution hydraulique

Pour les installations à eau chaude (quelle que soit la nature de la production de chaleur), on procédera à une reprise complète du calorifugeage des réseaux de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Ces calorifuges sont souvent inexistantes, ou alors dans un état catastrophique. Il est donc légitime de les reprendre en totalité. Cette reprise s'effectuera sur les bases suivantes :

DN <=25

e=30mm

25 < DN ≤ 65 mm	e=40mm
D > 65 mm	e=50mm

avec une conductivité de l'isolant inférieure à 0,035 W/m/°C. L'isolation se fera par des coquilles moulées au diamètre. Ne jamais utiliser une coquille d'un diamètre supérieur à celui du diamètre extérieur du tube (à défaut il y aurait une circulation d'air bippassant l'isolant).

L'aller et le retour seront toujours calorifugés dans des coquilles séparées.

Dans la mesure du possible on calorifugera également l'ensemble des organes autour de la chaudière : échangeur éventuel, vannes, corps de pompe, etc.

### 3-2-5-7 Règles pour la régulation terminale

La régulation est un élément essentiel de la réussite d'une opération de rénovation. Mais cette étape est souvent négligée ce qui conduit à des surchauffes, à une moindre récupération des apports gratuits souvent abondants et finalement à une consommation beaucoup plus élevée que prévue. Il s'ensuit que le plan de financement est parfois totalement déséquilibré par ce manque à gagner, et le confort est fortement dégradé...

Il est donc nécessaire de mettre en place une régulation très performante permettant de couper le chauffage dès que la température de consigne est atteinte, et même d'anticiper cette coupure dans certains cas. En conséquence :

- pose obligatoire d'une régulation terminale très fine, au moins à l'échelle de chaque logement. Il n'est en effet pas démontré, dans les logements très fortement isolés, que la régulation individuelle de chaque pièce ait un réel intérêt, car la chaleur ne peut plus sortir du logement (à cause de la très forte isolation), mais elle passe très vite d'une pièce à l'autre. On observe alors fréquemment une homogénéisation de la température intérieure.

On évitera les robinets thermostatiques, sauf si les modèles proposés ont une très faible bande de réglage (< 0,5°C). On leur préférera des dispositifs plus réactifs comme un thermostat d'ambiance pilotant une vanne deux voies centrale tout ou rien par logement qui donne de bons résultats. On peut également recourir au moteur électrothermique, déjà généralisé pour le pilotage des planchers chauffants (une résistance chauffante, reliée au thermostat, placée dans l'élément dilatable de la tête thermostatique provoque la dilatation de l'élément sensible et la fermeture de la vanne en six minutes).

- dans le cas d'une installation de chauffage central, on pourra utiliser une régulation de tête pilotant la température de départ chauffage en fonction de la température extérieure.

**Remarque importante :** l'usage des STR s'intègre dans un processus de rénovation globale dans lequel toutes les interventions nécessaires sont réalisées lors d'une seule opération de travaux. C'est la seule manière efficace de faire une rénovation. Le redimensionnement de la puissance de la chaudière et la définition des éléments du système régulant sont donc effectués en fin d'opération.

Toutefois, **si pour une raison ou une autre les travaux ne se faisaient pas en une seule fois, il serait impératif que le volet régulation défini dans ce qui précède soit mis en œuvre dès la première tâche de rénovation réalisée, quelle qu'en soit sa nature.** Ceci permettra, tout au long des réalisations partielles, de récupérer le maximum d'énergie économisée.

### 3-2-5-8 Règles pour l' ECS

Pourquoi s'intéresser à l'eau chaude sanitaire dans une rénovation thermique ?

Parce que d'importantes économies sont réalisables, pour un investissement très faible et que ces économies viendront s'ajouter à celles faites sur le chauffage. Les dispositions principales sont au nombre de trois :

#### a - Règles pour la réduction des besoins d'eau chaude sanitaire

Consommer peu d'énergie pour produire l'ECS, c'est d'abord utiliser peu d'eau pour satisfaire ses besoins. « L'objectif n'est pas de « brider » l'utilisateur, mais de lui donner la possibilité de satisfaire ses besoins en utilisant moins d'eau. On distingue 4 dispositifs :

- si la pression du réseau urbain à l'entrée du logement dépasse 3 bars, placer en tête de l'habitation un **détendeur-régulateur** de pression et le régler à 3 bars maximum.

- **Les limiteurs de débit**

Placer au nez des robinets des lavabos et des éviers (mais pas des baignoires!) des limiteurs de débit autorégulants et calibrés. Choisir par exemple un débit de 4 l/min. Ces dispositifs maintiennent un débit constant même si la pression amont varie. Attention : il ne s'agit pas de « mousseurs » et il ne faut pas les confondre avec ces derniers. On peut utiliser des matériels de marque Ecoperl.



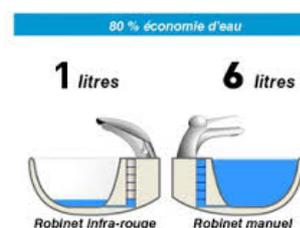
- **Les douchettes à économie d'eau**

Il en existe quatre technologies. En théorie elles permettent toutes une économie sensible d'eau. Notre préférence (toute personnelle, et fondée sur l'expérience) va vers les douchettes à turbulence : elles permettent d'éclater les bulles d'eau provoquant leur multiplication, ce qui a pour effet de multiplier par deux la surface d'eau en contact avec le corps tout en utilisant deux fois moins d'eau. L'économie sera bien sûr fonction du mode d'utilisation.



- **Les dispositifs de détection de proximité**

Ces mécanismes un peu chers permettent de détecter la présence et mettent en fonctionnement la circulation d'eau de manière très ponctuelle. Il n'y a plus du tout de gaspillage par usage « au fil de l'eau ».



#### b - Règles pour le renforcement du calorifugeage des ballons ECS

Contrairement à une idée très répandue, les pertes des ballons ECS sont très importantes, même lorsqu'ils sont réputés être très isolés. D'une part le concept de « très isolé » commence dès une épaisseur de 5 cm ce qui n'est franchement pas suffisant. Ensuite les ballons perdent énormément de chaleur par les pattes de fixation murales qui sont de

redoutables ponts thermiques, d'autant plus efficaces que l'épaisseur de calorifuge est importante. Enfin, plus on réduit les besoins par utilisation des dispositifs décrits précédemment, plus ces pertes vont peser lourd en valeur relative et devront être diminuées. Les dispositions demandées en accompagnement des STR sont donc :

- renforcer l'épaisseur de calorifuge avec une résistance additionnelle de  $3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  (quelle que soit la résistance déjà en place dans le ballon). Il ne faut pas forcément chercher une jaquette (au demeurant difficile à trouver) permettant d'atteindre cette performance. On peut proposer au client une solution efficace, même si elle est peu élégante (si le ballon est dans un local dédié ou un placard). Elle en sera aussi moins coûteuse.

- en cas de changement du ballon ECS, mettre en place un modèle reposant sur un trépied. Le contact avec le ballon se fait par une couronne en partie basse sur laquelle les trois pieds sont fixés. Comme le bas du ballon est rempli d'eau froide, il n'y a que très peu de pertes.

- si on ne change pas le ballon, interposer dans la fixation au mur du ballon, des pattes en matériau à la fois très résistant mécaniquement et si possible très isolant thermiquement (ce qui n'est pas leur point fort...).

### 3-2-6 Les premiers enseignements des STR

Dans leur version actuelle, les STR existent déjà depuis 2009 et ont été abondamment utilisées. On dispose donc d'un retour intéressant.

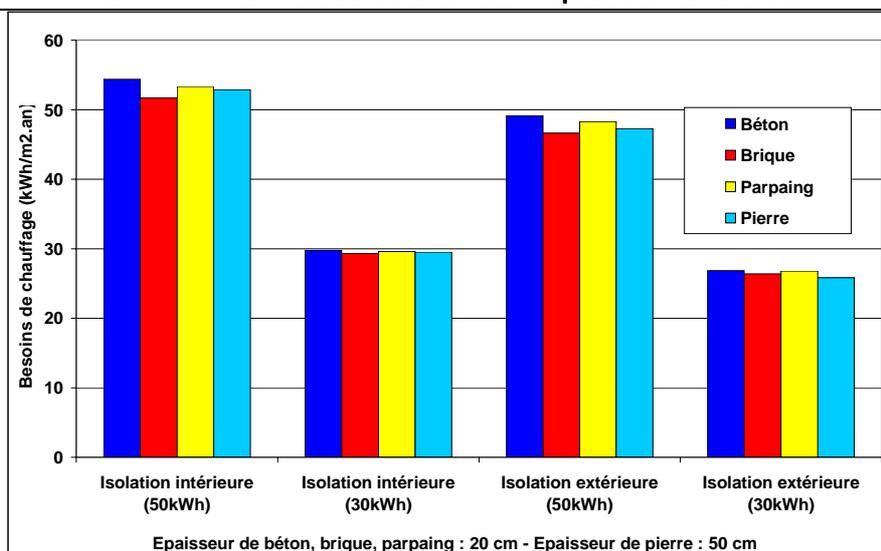
- Il est à noter que les 10 combinaisons de solutions constituant les STR satisfont le minimum de performance élémentaire imposés pour l'obtention de l'ECO-PTZ sur 15 ans (résistances thermiques de chaque paroi, des vitrages, etc), mais également pour le CITE et l'ANAH. Ceci est un atout considérable puisqu'en choisissant une quelconque des STR, on est automatiquement conforme aux exigences de tous ces organismes financeurs, ce qui rendra plus facile le contrôle et l'octroi, par exemple de l'ECOPTZ, par une banque.

- Il est une autre conséquence très intéressante de ces études sur les STR. Les simulations dynamiques font en effet apparaître (voir figure 3.17) que, compte tenu du niveau élevé de la performance thermique recherchée, la nature et l'épaisseur du mur d'origine (pierre, parpaing, brique, etc) n'ont absolument plus aucune influence sur le résultat final qui ne dépend plus que de la résistance thermique additionnelle. Et ceci est d'autant plus vrai que la performance recherchée est importante.

Cela se comprend très facilement. Mais la conséquence immédiate est intéressante : puisque la performance finale ne dépend plus que de la résistance additionnelle et que celle-ci est la même quelles que soient la nature et l'épaisseur du mur d'origine, il n'est plus nécessaire de faire de longs calculs de diagnostic devenus aussi inutiles que coûteux afin d'optimiser l'épaisseur d'isolant. C'est une étape qui peut disparaître dans le processus de rénovation. C'est un gain de temps et d'argent.

Mais supprimer ces calculs et cette partie du travail associée au diagnostic ne supprime pas la visite in situ : il s'agit alors seulement d'un état des lieux architectural et technique qui reste absolument nécessaire pour se rendre compte de l'état des murs et des installations avant d'entreprendre toute action.

### CHAPITRE 3 : Les Solutions Techniques de Rénovation



**Figure 3.17 : Influence de la nature du mur sur la performance finale**

(NB : dans ce graphique, la résistance thermique additionnelle est la même pour tous les types de paroi pour chacun des deux niveaux de performance visés (environ  $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  pour  $50 \text{ kWh/m}^2\text{/an}$ , et environ  $6 \text{ ou } 7 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Pourquoi l'utilisation des Solutions Techniques de Rénovation constituerait-il un grand progrès ? D'une manière générale, parce qu'elle simplifierait considérablement le processus. Plus précisément :

- en supprimant toute forme de calcul pour la détermination des résistances thermiques à mettre en œuvre elle simplifie la procédure, notamment pour les artisans et les petites structures, et elle fiabilise le processus : les erreurs de dimensionnement seront limitées,

- on peut imaginer que, en focalisant la demande sur quelques produits correspondants aux caractéristiques thermiques des STD, le prix de ces produits de référence baisse par suite des importants volumes fabriqués,

- On transforme ce qui est aujourd'hui plus ou moins implicitement une obligation de résultat (celui qui fait les travaux DOIT une consommation finale, ce qui est purement illusoire et totalement erroné) en une obligation de moyens. L'artisan doit mettre en œuvre un certain nombre de dispositions techniques dont on sait par un calcul sophistiqué qu'elles conduiront au résultat attendu pour un utilisateur moyen, mais il n'est en rien tenu pour responsable de la consommation réellement atteinte par l'utilisateur dont on sait qu'il est le principal déterminant de cette consommation. Cette obligation de moyens et non de résultat ne dédouane pas l'artisan de la qualité de sa mise en œuvre. Il peut être recherché en responsabilité si son travail n'a pas été fait conformément aux règles de l'art.

Ce passage vers l'obligation de moyens n'est pas dans l'air du temps. Et tous ceux qui pensent qu'on peut et qu'on doit garantir une consommation de chauffage se trompent. Nous avons montré à de nombreuses reprises, grâce à de lourdes campagnes de mesures, à quel point il était illusoire de penser pouvoir prédéterminer une consommation de chauffage : trop de paramètres extérieurs contribuent à cette consommation. Pour éviter des conflits et des querelles qui n'auraient pour seule conséquence visible que de faire travailler les tribunaux, il est évident qu'il faut se diriger vers une obligation de moyens puis responsabiliser l'utilisateur afin que par ses choix et son comportement il affine son niveau de consommation.

- La formation des professionnels sera considérablement simplifiée par l'utilisation des STR, car il s'agit d'un petit mécano facile à comprendre et à mettre en œuvre. Qui plus

est ce mécano est le même dans toute la France si bien qu'un artisan qui se déplacerait de Strasbourg à Brest n'aurait même pas à ré- apprendre son métier.

- Le contrôle sur les chantiers va devoir s'intensifier lors des opérations de rénovation dans la mesure où l'État sera forcément très engagé dans le financement de ces opérations. Mais l'avantage des STR pour le vérificateur est qu'il n'est pas obligé d'emporter sur chaque chantier d'épaisses notes de calcul. En sachant quelle est la STD mise en oeuvre, il saura immédiatement quelles résistances thermiques il doit trouver dans chaque type de paroi. Ce caractère standardisé des prestations facilitera grandement son travail de vérification.

- Comme on le verra au § 8, le montage financier et son acceptation par les banquiers seront immensément facilités par l'utilisation des STR. En effet celles-ci garantissant le niveau général de performance, les banquiers pourront se concentrer sur leur travail de financier plutôt que s'égarer dans des tâches d'énergéticiens....

- Enfin, l'utilisation des STR permettrait, pour ceux qui auraient la sombre idée de faire des rénovations en plusieurs étapes, de fixer au bon niveau les performances de chaque étape intermédiaire. Elle fournirait une cohérence d'ensemble et permettrait à celui qui rachète un logement où seulement une partie des travaux ont été faits, de les poursuivre en bonne cohérence avec ce qui a été déjà accompli.

### 3-2-7 Le confort d'été

Les simulations dynamiques et les campagnes de mesure ont permis de montrer que les bâtiments très peu consommateurs d'énergie, qu'ils soient neufs ou rénovés, pouvaient être le siège de surchauffes importantes en été, contrairement à ce que l'on serait parfois tenter d'imaginer en pensant que des murs et une toiture très isolés réduiraient le flux de chaleur vers l'intérieur et amélioreraient la thermique d'été. Ce phénomène existe, certes, mais ce n'est pas le seul.

En effet, les travaux déjà conduits sur des bâtiments performants au travers d'importantes campagnes de mesure, ont montré sans ambiguïté que les bâtiments à faible consommation d'énergie étaient ceux qui étaient le plus sensibles aux risques de surchauffes en été.

Ces bâtiments se comportent comme une bouteille thermos. Et tous les apports de chaleur qui y pénètrent (apports solaires, mais aussi apports internes) ne peuvent que difficilement en ressortir. Ils se transforment obligatoirement en chaleur, et donc en inconfort. Dans un immeuble ayant fait l'objet d'une campagne de mesure, on a montré que les apports internes étaient tellement importants qu'ils pouvaient à eux seuls maintenir en permanence la température intérieure à un niveau supérieur d'environ 4,5°C à la température extérieure !

Le développement des logements à faible consommation d'énergie, en neuf ou en rénovation, doit donc toujours s'accompagner d'une stratégie cohérente et efficace de lutte contre l'inconfort estival.

Cette stratégie comporte plusieurs niveaux d'action :

### 3.2.7.1 Contrôler les apports solaires

Il faut faire en sorte qu'en été le rayonnement ne puisse que momentanément pénétrer à l'intérieur du logement. Cet exercice est aujourd'hui assez bien maîtrisé par les architectes consciencieux. Il repose sur toutes sortes de techniques connues et que nous ne présenterons pas ici. Retenons que, selon les campagnes de mesure, l'efficacité de ces dispositions est avérée : elles conduisent bien à une très forte limitation des apports de chaleur dans les locaux de la façade Sud dont la température moyenne n'est que de quelques dixièmes de degrés plus élevée que celle des locaux de la façade Nord.

Ce contrôle des apports solaires est un préalable qu'il faut considérer comme ne présentant pas de difficulté technique.

En rénovation, il est donc toujours nécessaire de mettre en œuvre des occultations s'il n'y en avait pas auparavant.

### 3.2.7.2 Réduire les apports internes

En second lieu, il faut mettre en œuvre une stratégie très inventive pour réduire les apports internes. La structure de ces apports, telle qu'elle apparaît au travers de mesures effectuées, est dominée par les apports électro-domestiques (tableau de la figure 3.16).

Par ordre d'importance, les principales sources d'apports internes sont l'électroménager (49,5 %), les apports humains (18,6 %) et la cuisson (12,6%). Ces trois sources représentent plus de 80 % du total des apports. Mais il existe encore d'autres sources comme la chaleur apportée en permanence par la distribution d'eau chaude sanitaire bouclée, celle apportée par l'usage même de l'eau chaude sanitaire, etc.

Usages	%
Electricité spécifique dans les logts	49,5
Electricité des services généraux	7,7
Cuisson	12,6
Distribution ecs dans les logements	5,0
Utilisation de l'eau chaude sanitaire	6,6
Apports humains	18,6
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

**Figure 3.18 : Structure des apports internes dans des logements sociaux**

Réduire ces sources d'apports suppose :

- de diviser par deux la consommation électrodomestique. Ce n'est pas très compliqué mais relève malheureusement de l'usager et de lui seul. La réduction de température consécutive à cette économie serait, selon les cas, d'environ 1,0 à 1,5 °C.

- réduire les apports de la cuisson. Ce serait en principe assez simple, mais on ne dispose malheureusement pas encore des équipements qui permettraient cette réduction : fours sur-isolés et casseroles sur-isolées et à régulation de la température de cuisson (existe déjà, mais à un prix dissuasif pour l'instant).

- réduire les apports de la boucle d'eau chaude sanitaire n'est pas du tout difficile : il suffit de la surisoler ! Objectif : limiter à 4 ou 5 W/ml les déperditions.

- réduire les apports dus à la consommation d'eau chaude sanitaire c'est essentiellement réduire les volumes d'eau chaude consommés. Ceci permettrait incidemment aussi de réduire l'énergie nécessaire à la production d'eau chaude....

N.B. : pour de plus amples précisions sur les solutions techniques permettant de réduire les consommations des usages, consulter notre site internet [www.enertech.fr](http://www.enertech.fr).

### 3.2.7.3 Mettre en œuvre une inertie thermique importante

Le confort d'été passe aussi par une inertie thermique interne relativement forte. Il est certain qu'en rénovation on ne dispose pas de toutes les marges de manœuvre nécessaires.

Distinguons plusieurs cas :

- Il existe des planchers et donc en général aussi des refends « lourds ». C'est le cas lorsque les planchers sont en béton. Dans cette situation, il n'y a pas de problème d'inertie. Elle est maximum et toutes les conditions sont réunies pour avoir un bon confort d'été. Les murs peuvent indifféremment être isolés par l'intérieur ou par l'extérieur.

- les planchers sont faits d'un solivage bois recouvert d'un parquet avec un plafond en plâtre. Il existe d'importants refends lourds, souvent en pierre. Il faut alors distinguer deux cas selon que la surface en tableau des parties vitrées rapportée à la surface habitable est supérieure ou inférieure à un sixième (valeur jadis enseignée dans les écoles d'architecture...) :

- si ce ratio est inférieur à  $1/6^{\text{ème}}$ , la maison n'est pas trop vitrée et le niveau d'inertie des refends sera suffisant. On pourra isoler les murs indifféremment par l'intérieur ou par l'extérieur,

- si ce ratio vaut plutôt 20% voire se rapproche de 30% alors il y a un vrai risque d'inconfort estival. Il faut comprendre qu'en été, le flux de chaleur qui en hiver allait, par les vitrages, de l'intérieur vers l'extérieur, s'inverse. La chaleur vient de l'extérieur, par conduction/convection, au travers des baies vitrées, quoiqu'on fasse et malgré des occultations (ce n'est pas le rayonnement solaire qui pénètre, c'est uniquement la différence de température entre intérieur et extérieur au travers d'une paroi pas très résistante au transfert de chaleur qui crée l'apport de chaleur). Cet apport, d'autant plus élevé que la surface vitrée est importante, s'ajoute à toutes les chaleurs internes déjà présentes et contribuent très significativement à la surchauffe.

Dans ce cas il serait assez utile que l'isolation des murs puisse être faite par l'extérieur. Car il est possible que la seule inertie thermique des refends soit insuffisante.

- les planchers sont faits d'un solivage bois recouvert d'un parquet et les refends sont constitués d'une structure porteuse en bois (l'équivalent d'une construction à ossature bois). Cette situation est très risquée au regard du confort d'été. S'il s'agit d'une maison à ossature bois (c'est à dire que même les murs extérieurs sont de construction légère), on est face à un problème bien connu qui est l'insuffisance récurrente d'inertie thermique dans les

maisons de ce type. Il n'y a pas grand chose à faire que de mettre en œuvre toutes les autres recommandations de ce §.

Si les murs extérieurs sont des murs lourds, on peut alors vivement recommander de les isoler par l'extérieur afin de disposer d'un minimum d'inertie.

Au-delà de cet ensemble de considérations, rappelons que l'inertie thermique ne peut régler à elle seule le problème du confort d'été. Elle est absolument nécessaire parce que l'inertie joue le rôle d'un amortisseur et qu'elle permet un stockage temporaire de la chaleur la journée, ce qui réduit l'élévation de température le jour et l'augmente la nuit. Mais cette mesure n'est pas suffisante. Elle doit impérativement être doublée d'un dispositif d'évacuation de la chaleur durant la nuit. En stockant la chaleur la journée, l'inertie évite seulement la montée en température de jour, en reportant l'inconfort vers la nuit. Ne prévoir QUE de l'inertie ne solutionnera donc pas le problème de l'inconfort d'été.

### 3.2.7.4 Evacuer la chaleur des structures pendant la nuit

Le seul moment de la journée où il est possible de refroidir l'intérieur des bâtiments est la nuit. Une bonne stratégie de confort d'été doit obligatoirement intégrer des dispositions allant dans ce sens. Mais il y a loin de la théorie à la mise en œuvre...

Ventiler la nuit peut se faire naturellement. Les études sur de nombreux bâtiments ont montré qu'il faut environ 3 vol/h. L'ouverture d'un vantail d'une fenêtre munie d'une occultation très « perméable » suffit à assurer ce débit. Par convection naturelle dans la hauteur de l'ouvrant, l'air chaud intérieur sort en partie haute et le même volume d'air extérieur frais entre en partie basse. Le « moteur thermique » ainsi constitué est très efficace et le débit de renouvellement d'air est suffisant.

Il est *a priori* impossible de disposer d'une VMC pouvant assurer ce débit de pointe (ce qui permettrait de ne pas ouvrir les fenêtres). Cela conduirait à de très importants surdimensionnements difficiles à financer et même à intégrer dans les gaines techniques et les logements. Cela conduirait également à de très importantes surconsommations d'électricité (la consommation d'électricité varie avec le cube du débit d'air). Enfin, ce serait une source de bruit importante, la nuit, ce qui est la période pendant laquelle le bruit est le moins bien toléré. En conclusion, il faut retenir que la piste de la ventilation mécanique n'est sûrement pas la bonne pour évacuer la chaleur durant la nuit.

L'expérience montre aussi qu'il n'est pas besoin que les logements soient traversants pour que la ventilation naturelle par ouverture des fenêtres soit efficace. Mais ce mode de ventilation n'est visiblement pas très utilisé par les usagers. Deux raisons expliquent ceci :

- le bruit en ville est important, même la nuit. On n'a pas encore trouvé de moyen permettant de l'atténuer lorsque les fenêtres sont ouvertes....
- les risques d'effraction, réels ou supposés. Les locataires ont souvent peur de dormir fenêtre ouverte, car ils craignent des intrusions. Cette crainte peut se justifier au rez-de-chaussée, mais pas vraiment dans les étages supérieurs.

Evidemment l'exécution de ces conseils reste au libre arbitre des usagers. Il est donc probable que certains n'en tiendront pas compte. Pour ceux-là, le confort d'été ne sera tout simplement pas possible en dehors de systèmes de climatisation qui sont par ailleurs à limiter essentiellement à cause des fuites importantes de gaz frigorigène dont ils sont le siège en fonctionnement « normal ». Rappelons que ces gaz ont un pouvoir « effet de serre » 1500 fois plus important que le CO<sub>2</sub>....

### 3-2-8 Intérêt des Solutions Techniques de Rénovation (STR)

L'intérêt le plus évident des STR est d'avoir substitué à des calculs complexes que peu d'opérateurs sont capables de faire aujourd'hui des ensembles de solutions conduisant aux objectifs de performances recherchés sans faire aucun calcul.

Mais au-delà de ce premier aspect, l'intérêt majeur des **Solutions Techniques de Rénovation (STR)** repose sur leur mode d'élaboration construit sur l'idée que pour rénover à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an on peut tenter de rénover chaque logement à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an (ce qui est parfaitement impossible), ou on peut définir des combinaisons de travaux telles que si on utilise n'importe laquelle d'entre elles dans chacune des rénovations thermiques qui seront conduites désormais en France, la consommation moyenne du parc à la fin du programme de rénovation sera de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Cette manière de faire très simple conduira à ce que, dans certaines régions la consommation ne soit que de 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>shab</sub>/an alors que dans d'autres elle sera à 80, mais la moyenne sera bien à 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>shab</sub>/an.

Les STR conduisent donc à une certaine mutualisation de l'effort pour atteindre un objectif national ambitieux (les 50 kWh/m<sup>2</sup>/an). Ainsi, les habitants de l'Est de la France, dont le climat est très rigoureux, ne sont pas placés devant un mur d'impossibilité et des conditions de rénovation inacceptables (par exemple si on isole par l'intérieur pour préserver une façade en colombages, avec des résistances additionnelles conduisant à 30 cm d'isolant). Cela suppose bien sûr l'acceptation de cette mutualisation par les autres français, ceux situés dans les zones climatiquement plus favorisées. Oui, dans le Var, on aura une consommation de chauffage ne dépassant pas 20 kWh/m<sup>2</sup>/an et des résistances thermiques relativement importantes. Cela peut choquer les habitants de ce département, mais cela relève d'une solidarité nécessaire pour mener à bien l'ambitieux programme de rénovation en France.

Or de nombreuses régions intéressées par le principe des STR, ont commencé à élaborer leur propre référentiel et leurs propres STR. C'est un véritable contresens. Répétons que l'intérêt des STR est national, il n'est pas régional. Il réside dans la facilité acquise au niveau de tout le pays, dans la recherche d'un objectif commun ambitieux. En individualisant régionalement les STR, on conservera certes la simplicité d'action pour les artisans, mais on perdra ce qui est peut-être l'essentiel des STR : être une solution qui règle une question de dimension nationale en se fondant sur une idée noble et efficace : la mutualisation de l'effort. Nous en appelons donc à l'abandon de ces tentatives à caractère individualiste qui, loin de faire avancer la cause de la rénovation, la font profondément reculer et nous éloigne de l'objectif commun d'atteindre d'ici 2050 des consommations de chauffage de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Mais les STR sont également intéressantes parce qu'elles simplifient d'autres aspects moins visibles du processus. En effet :

1 - il n'existera que 3 ou 4 références de produits (déclinées bien sûr par chaque industriel) pour chaque type de paroi. **Car les STR n'imposent pas des solutions ou des matériaux, mais seulement des résistances thermiques.** Chaque fabricant aura donc des produits phares pour chaque type de paroi. Ces produits seront de natures très variées selon les fabricants. Le seul point commun entre eux sera leur résistance thermique. Il s'agira de produits phares parce que le marché de la rénovation sera très important et qu'il s'articulera toujours autour des mêmes produits. Ces produits seront fabriqués massivement. **Ils seront**

**donc bon marché.** Et en plus on les trouvera chez n'importe quel marchand de matériaux sans avoir besoin de les commander, en n'importe quel point du territoire.

2 - La formation des artisans et des petites entreprises sera très aisée. Puisque quel que soit le lieu de France où ils exerceront leur métier, la technique et les solutions seront les mêmes.

3 - Pour toutes les petites opérations (notamment les 53 % de maisons individuelles), les artisans pourront intervenir directement sans passer par un maître d'œuvre. Dans un processus visant la rénovation de 500.000 logements par an, cette simplification est essentielle. Il faut garder à l'esprit que le grand programme national de rénovation concernera avant tout l'artisanat. Et les procédures doivent donc forcément être adaptées à cette situation....

4 - On passerait d'une obligation de résultats (ce qui est implicitement le cas actuellement) à une obligation de moyens (il suffit de mettre en œuvre les dispositions préconisées). Si on s'adresse à des artisans ou à de petites entreprises, cette différence est fondamentale. Personne, dans ces catégories professionnelles, n'acceptera d'être soumis à des calculs considérés comme des « usines à gaz » (sic). **Tout processus fondé sur le calcul (et l'obligation de résultats) est voué à l'échec dans la France d'aujourd'hui, et cette évidence pour un homme de terrain doit impérativement être prise en compte dans toute décision de stratégie sur la rénovation du parc bâti.**

5 - Le contrôle sur chantier serait extrêmement simple puisqu'on sait par avance la nature de la résistance thermique que l'on doit trouver sur chaque type de paroi. On peut se rendre sur un chantier sans dossier de calcul.... Or le contrôle doit devenir une opération très fréquente afin de s'assurer de la réalité du programme de rénovation,

6 - Pour les banquiers, les STR sont très intéressantes. D'abord elles conduisent à des dépenses d'un type nouveau, puisqu'elles vont permettre d'économiser de l'énergie donc de l'argent ! La banque **consent donc à son client un prêt sans risque.** Les frais de dossier seront réduits grâce au caractère « officiel » que pourrait avoir le dispositif des STR. Actuellement lorsqu'un client se présente chez son banquier avec un devis établi par professionnel, le banquier envoie son spécialiste refaire le devis et s'assurer de la viabilité économique du projet (témoignage d'un banquier !). Avec les STR, le banquier n'aura plus besoin d'aucune garantie de ce type. Les prêts seront facilement délivrés et seront moins chers.

7 - Mais cette approche très pragmatique a un dernier avantage connexe intéressant : l'identification claire des travaux élémentaires à exécuter lors d'une rénovation complète rend très simple la nature des interventions ponctuelles à effectuer lors de rénovation partielle (en cours d'occupation des locaux et non lors d'une cession). Le but est d'éviter que lors de travaux partiels de rénovation en cours d'occupation il ne soit mis en œuvre des dispositions insuffisantes sur le plan thermique qui conduiraient, selon l'expression déjà utilisée, à « tuer » le gisement d'économie en plaçant le bâtiment dans une situation quasi irréversible pour longtemps. Aujourd'hui, faute d'avoir adopté cette stratégie face au gisement d'économie, la politique publique contribue à la destruction de ce gisement d'économie en favorisant la pose de matériels aux qualités tout à fait insuffisantes.

Mais grâce aux « Solutions techniques de Rénovation », on pourrait redonner cohérence à l'aide publique de façon très simple : l'aide ne serait octroyée à un particulier qui entreprend des travaux de rénovation complète QUE si les solutions mises en œuvre faisaient partie des bouquets de travaux et des contraintes associées figurant dans les STR. Si les travaux étaient engagés de manière partielle, il faudrait que le particulier choisisse d'ores

et déjà, avant la réalisation de la première intervention, la trajectoire qui sera mise en œuvre au cours de la vie du bâtiment pour la réalisation des différentes interventions. En clair, il faudra qu'il choisisse l'une des Solutions Techniques de Rénovation et que lui et les propriétaires successifs respectent cette trajectoire et ces règles. A la fin des travaux, on aura donc bien atteint l'objectif d'amélioration de performance recherché, sans avoir tuer le gisement.

Toutefois, il faut conserver à l'esprit que les rénovations par étape, même si chacun souhaite y recourir, restent une méthode peu sûre et très chère pour réaliser une rénovation performante. Et elle perd généralement l'aide financière de l'ECOPTZ (qui ne peut être utilisé qu'une seule fois).

Cette capacité à introduire une continuité et à établir une cohérence dans les actions à entreprendre au cours du temps n'est pas la moindre des vertus de des Solutions Techniques de Rénovation.

### ***3-2-9 Les STR vont-elles conduire à uniformiser toutes les rénovations ?***

Est-ce que l'utilisation des STR est réductrice de la qualité et de la variété des rénovations qui seront entreprises comme on l'a entendu dire (probablement pas ceux qui ne savaient pas de quoi il retournait réellement) ?

Absolument pas ! La méthode des Solutions Techniques de Rénovation ne préjuge en rien ni de la nature des isolants, ni de leur habillage, ni des finitions choisies. Elles se bornent à préciser « ce qui ne se voit pas », à savoir la résistance thermique, ou le niveau d'étanchéité à l'air choisi. Elle constitue donc une aide très précieuse, aux dires des professionnels eux-mêmes, pour pratiquer la rénovation de manière simplifiée et très opérationnelle.

**CHAPITRE 4 : OBJECTIONS ET IDEES FAUSSES SUR LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RENOVATION ET LE PROGRAMME NATIONAL DE RENOVATION**

Le programme national de rénovation évoqué dans ce qui suit est un programme à construire, fondé sur une obligation de rénover basée sur la performance actuelle des logements. L'idée est de rendre progressivement obligatoire la rénovation, en commençant par les logements les plus consommateurs, pour conclure par les logements plus récents et les plus performants. Cette obligation s'échelonne sur des durées assez longues permettant à chacun de prendre les dispositions nécessaires pour faire les travaux. Sans obligation à rénover, il ne se passera jamais rien de significatif. L'incitation est un leurre auquel certains se raccrochent mais qui nous fait seulement perdre un temps précieux pour agir.

Les STR (Solutions Techniques de Rénovation) datent de 2009 et ont succédé à la Solution Technique Universelle créée en 2004. Elles sont nées à la suite de gros travaux de simulation. Le bilan qu'on peut dresser depuis est qu'elles ont été plébiscitées par les professionnels et intervenants de terrain, et généralement bannies par la plupart des structures administratives ou étatiques.

Les professionnels les apprécient parce qu'ils les trouvent simples et adaptées à la réalité du monde de la construction.

Quant aux détracteurs des STR, il faut bien reconnaître que souvent ils ne les connaissent pas bien (nous sommes responsables de cet état de fait) et leur font donc un procès qui n'est pas toujours le bon. Voici quelques arguments fréquemment entendus, et les réponses qu'on peut apporter.



**Objection** : On ne peut pas imposer à tout le monde de mettre le même isolant partout.

**Réponse** : les STR ne visent pas à imposer le même isolant à tout le monde. Les STR imposent un niveau de résistance thermique additionnelle, pas un isolant. De plus, elles n'imposent pas le même niveau de résistance additionnelle sur tous les types de parois.



**Objection** : Pourquoi vouloir tout uniformiser alors que c'est dans la diversité que se trouve le sel de la vie.

**Réponse** : Certes... Mais notre obsession a été tout au long de notre réflexion de proposer des solutions à l'échelle du défi à relever. Rénover 500.000 logements/an, et peut-être

## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

encore plus si on attend avant de commencer (puisque la date butoir, 2050, est inexorable), nécessite qu'on ait recours à des méthodes et des techniques adaptées, plus proches de techniques industrielles qu'artisanales. Il faut se convaincre que ce plan réussira à cette condition : on ne rénovera jamais 500.000 logements par an en improvisant au cas par cas. Nous sommes aujourd'hui dans une situation d'urgence assez dramatique. On ne peut pas échouer. Il faudra réussir à tout prix, et dans le délai imparti en adaptant moyens et méthodes à cette urgence.



**Objection** : Mais pourquoi ne pas adopter des dispositions techniques différentes pour les principales zones climatiques et laisser les Régions définir elles-mêmes leurs bouquets de travaux ?

**Réponse** : d'abord pour des questions de simplicité comme cela a été expliqué précédemment, mais aussi pour une question d'acceptabilité : si on différencie par zone climatique, les contraintes pour les habitants des régions froides vont devenir lourdes. A Strasbourg par exemple, il faudra peut-être prévoir 30 cm d'isolant sur les murs. Personne n'acceptera une telle disposition, alors que tout le monde peut accepter les 15 ou 20 cm des STR. Cela revient à mutualiser l'effort, pour faire en sorte que chaque Français, où qu'il habite, soit en mesure d'accepter les dispositions qu'on lui demande de prendre, et qu'il n'ait pas le sentiment que certains de ses concitoyens sont avantagés par rapport à lui.

Or cette différence pourrait concerner aussi bien les dispositions techniques que les coûts. Et les STR auront également cet avantage important de coûter sensiblement le même prix pour tous, où que l'on habite.

Voilà pourquoi, au-delà de l'indépendance d'action légitime de chaque région il est néanmoins nécessaire de comprendre et d'admettre que l'intérêt de tous les citoyens passe par cette mutualisation de l'effort et cette mise en commun de ce travail de modélisation par ailleurs très lourd et coûteux qui conduira à une simplification pour tous.



**Objection** : on ne peut quand même pas traiter de la même manière des vieux murs en pierre et un mur nu en agglo ou en béton.

**Réponse** : aussi surprenant que cela puisse paraître, les simulations ont montré sans ambiguïté que le point de départ importait peu dans le résultat final pour ce qui était des échanges thermiques. Seule avait un impact la résistance additionnelle. Cela conduit à la conclusion simple qu'il ne sert à rien de construire le mythe qu'il existe une mosaïque de cas particuliers en France et donc qu'il faut une mosaïque de solutions et rien d'autre. Ce serait la meilleure manière de ne jamais rien faire du tout.

En revanche, il est exact que tous les murs ne se comportent pas de la même façon, une fois isolés, au regard de la migration de vapeur. Mais ce sujet capital en rénovation n'est pas propre à l'approche par les STR : il est commun à tout projet de rénovation. Il importe à chaque fois de réfléchir et de voir comment se fera, ou ne se fera pas la migration de vapeur au travers de la nouvelle paroi constituée du mur existant et des éléments d'isolation, film

## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

divers, habillages rapportés. Personne ne peut faire l'économie de cette analyse au cours d'une rénovation.



**Objection** : mais on ne peut quand même pas isoler de la même façon un mur ancien en terre et un mur en agglo !

**Réponse** : les STR ne parlent pas de technologie. Elles laissent chacun choisir le mode d'isolation ou la nature de l'isolant et elles laissent à chacun le soin d'étudier la migration de vapeur dans le mur isolé car ce n'est pas leur objet. Celui-ci ne se borne qu'à la définition de résistances thermiques additionnelles.

Soit dit en passant, la mauvaise fortune des murs en pisé après rénovation (c'est à dire leur écroulement) est précisément due à une absence d'analyse de la migration de vapeur. Isolés par l'intérieur sans contrôle de la migration de vapeur (souvent sans ventilation du logement et sans frein vapeur) ils se sont gorgés d'eau qui a condensé une fois la vapeur dans les murs, et comme ces murs sont isolés par l'intérieur ils sont devenus gélifs, l'eau qu'ils contenaient en hiver s'est chargée par le gel de faire un lent travail de démolition.... Un mur en pisé doit être le plus sec possible. Il vaut donc mieux l'isoler par l'extérieur et conserver l'aspect du pisé apparent en intérieur.



**Objection** : isoler par de telles épaisseurs n'est pas réaliste parce l'on va trop réduire la surface habitable des logements.

**Réponse** : Si l'on isole par l'intérieur, c'est vrai qu'on va réduire la surface intérieure des logements. Mais l'isolation par l'extérieur est aussi possible.

Lorsque la solution par l'intérieur est la seule possible, on peut encore jouer sur la nature de l'isolant en privilégiant les isolants les plus performants. Et demain (en fait déjà aujourd'hui, mais c'est encore un peu cher...), on pourra aussi utiliser de l'isolation sous vide : seuls 3 cm pourraient alors suffire, auxquels il faut ajouter le doublage.

Mais quand bien même on ne pourrait pas réduire l'épaisseur de l'isolant, ce n'est pas pour autant qu'il ne faudrait pas isoler. On n'a plus le choix, on ne peut plus vivre au-dessus de nos moyens (énergétiques et climatiques). Il faudra donc bien accepter cette contrainte, même si elle n'est pas agréable. C'est le prix à payer.



**Objection** : Si on impose la même chose à tout le monde, tous les bâtiments vont se ressembler.

**Réponse** : Mais on n'impose pas l'aspect extérieur de l'isolation ! Les STR laissent complètement libre l'artisan, l'architecte ou le maître d'ouvrage de donner à son bâtiment l'aspect aussi bien intérieur qu'extérieur qu'ils souhaitent. Les STR ne touchent que ce qui ne se voit pas (les isolants). Elles n'affectent en rien l'aspect extérieur des rénovations.



## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

**Objection** : Vous n'allez quand même pas défigurer les monuments historiques.

**Réponse** : Bien sûr que non ! Les monuments historiques ne représentent qu'une infime fraction de la consommation d'énergie en France. Il n'est même pas question d'y toucher ! Il faut garder à l'esprit ce qui est essentiel et ne pas s'embarrasser du détail dans ce programme de rénovation.



**Objection** : Comment s'articulerait un grand programme de rénovation avec le DPE ?

**Réponse** : Le DPE est une disposition qui a été imposée par la directive européenne sur l'efficacité énergétique. Chacun sait qu'il est singulièrement approximatif et peu fiable, mais il a le mérite d'exister. Si bien que tout programme de rénovation national qui devra rendre obligatoire la rénovation des bâtiments doit pouvoir s'appuyer sur un indicateur, aussi approximatif soit-il, qui va permettre de dire quels sont les bâtiments qui doivent être rénovés en priorité. Que l'indicateur soit assez faux ne change pas grand chose : tous les logements devront être rénovés de toute façon. Les erreurs de l'indicateur ne font que modifier l'ordre de rénovation, elles ne suppriment pas l'obligation de rénovation.



**Objection** : Si ce programme de rénovation est rendu obligatoire au moment des cessions de logements, il va créer un surcoût lors de ces cessions. Ce surcoût sera tellement élevé qu'il va complètement stopper le marché immobilier et le mettre en faillite.

**Réponse** : Cet argument a été souvent avancé. Mais il ne résiste pas très longtemps à l'analyse des faits.

D'abord, il est probable que l'obligation de rénover ne portera pas que sur les cessions, mais aussi sur des logements occupés. Revenons toutefois au cession et à la question posée.

A 300, et même 400 €/m<sup>2</sup>, le coût des travaux de rénovation ne vont représenter au pire qu'un surinvestissement de 10 à 15 %. On rappellera juste qu'il s'agit d'un surinvestissement rentable. Mais ce n'est pas l'objet.

Est-ce que le marché immobilier va s'arrêter à cause d'une hausse des prix de 10 % ?

Dans le contexte actuel cette question paraît presque saugrenue. Selon l'indice de la Chambre syndicale des notaires repris par l'INSEE, le coût de l'immobilier ancien a augmenté de 113 % entre 1997 et 2005 ! Et dans le même temps le nombre de transactions dans l'existant est passé de 588 656 en 1997 à 802 486 en 2005<sup>1</sup>. Cette observation est au demeurant fort instructive : elle montre de façon éclatante que tous les arguments sur la fragilité du marché ne sont pas réalistes et que les forces qui font évoluer le marché sont d'une toute autre nature.

Ce faisant, il est aussi intéressant de remarquer que, le marché immobilier étant en réalité purement spéculatif actuellement, son niveau de prix ne peut que baisser dans un futur assez proche. Il serait dès lors assez habile de coupler cette décroissance des coûts

---

<sup>1</sup> Voir la revue Etudes Foncières n°126 de mars-avril 2007

## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

avec la mise en chantier du programme de rénovation. Le surcoût des travaux de rénovation serait intégralement absorbé (plusieurs fois !) par la décroissance conjoncturelle des prix. L'impact économique du programme disparaîtrait totalement.



**Objection** : Votre histoire de réchauffement climatique n'est même pas prouvée. Pourquoi voudriez-vous faire faire tant d'efforts aux Français pour quelque chose qui n'est même pas avérée ?

**Réponse** : .... ? En supposant que le réchauffement climatique ne soit pas avéré, ce qui est une option guère soutenable aujourd'hui compte tenu de la convergence d'informations démontrant le contraire, il y a beaucoup d'autres raisons qui imposent quand même de changer complètement notre stratégie en matière d'énergie. Ces raisons ont fait l'objet d'un développement dans le chapitre introductif de ce rapport. Rappelons qu'il y a un problème avec les ressources d'énergie fossile dont la décroissance est un phénomène programmé et inéluctable qu'il vaudrait mieux prendre en compte très tôt, et dont l'une des conséquences rapides pourrait être une grave crise économique et sociale. Mais nous devons aussi réduire nos consommations d'énergie pour un tas d'autres raisons de caractère plus géopolitique : l'énergie est source de conflits meurtriers sur Terre. Maîtriser l'énergie c'est aussi contribuer à réduire ces guerres et la souffrance qui va avec. C'est également réduire la facture énergétique de la France qui se monte annuellement à 60 milliards d'euros, ce qui occasionnellement permettrait aussi de réduire la dette de la France (qui approche des 2000 milliards d'euros).... Enfin un ambitieux programme de rénovation pourrait créer 200.000 emplois dans le secteur du bâtiment au moment même où la construction neuve accuse un déclin dangereux pour les entreprises. Quoi sinon la rénovation pourrait venir en relèvement de cette baisse d'activité ? Nous n'avons que de bonnes raisons de lancer un grand programme de rénovation !



**Objection** : Et dans le cas des logements anciens qui ont déjà été partiellement rénovés ? On ne va pas tout refaire !

**Réponse** : Dans les opérations de rénovation expérimentales que nous avons déjà conduites, ce cas s'est présenté. Dans la majorité des cas, la rénovation antérieure n'est pas de bonne qualité, et il vaut mieux tout refaire de façon cohérente. C'est cette position de principe un peu dure qu'il faudra proposer d'adopter dans le cadre du programme de rénovation.

Toutefois dans quelques cas bien identifiés, en général une isolation par l'extérieur avec bardage, ou une isolation de qualité en combles perdus, il est possible de « compléter » la résistance thermique de l'isolant. Mais ces cas sont très rares, et resteront marginaux.



**Objection** : Votre idée n'est pas mauvaise, mais vous voulez aller beaucoup trop vite. Ce qu'il faut dans un premier temps, c'est éliminer les « épaves thermiques » et ramener leur consommation à 150 kWh/m<sup>2</sup>/an. Puis progressivement on améliorera l'ensemble du parc bâti.

## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

**Réponse** : Première remarque : nous ne « voulons » rien. Nous avons seulement analysé une situation et avons cherché à répondre à la sollicitation des scientifiques et d'une partie de la classe politique qui demandent de diviser par quatre les consommations d'énergie d'ici 2050. Nous n'avons donc choisi ni la vitesse à laquelle on doit opérer (environ 17 millions de logements en 35 ans), ni le niveau auquel il faut opérer (50 kWh/m<sup>2</sup><sub>shab</sub>/an).

Ensuite, se limiter à 150 kWh/m<sup>2</sup>/an est peut-être la pire des solutions, car elle « tue » le gisement d'économie en rendant pratiquement inaccessibles les 100 derniers kWh/m<sup>2</sup><sub>shab</sub>/an. Or on ne comprend pas bien ce qui sépare une rénovation médiocre à 150 kWh/m<sup>2</sup>/an et une rénovation de qualité à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. En terme économique, le coût de l'isolant est complètement marginal dans le prix fourni posé (la part de l'isolant y est en moyenne de 8%, et le cm supplémentaire d'isolant coûte en moyenne 0,5 €HT/m<sup>2</sup> !!!). Seule la pose d'une VMC double flux est effectivement en plus. Mais cela reste à la marge sur un projet de rénovation ! On a donc beaucoup de difficulté à comprendre l'intérêt pratique de limiter la performance énergétique des rénovations. Passer de 150 à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an occasionne un surcoût marginal ! En revanche ne pas le faire place le pays dans une situation irréversible du point de vue énergie et effet de serre.

Notre expérience actuelle tend à prouver que rénover à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an n'est en réalité pas très difficile techniquement.



**Objection** : Il serait préférable d'adopter une politique dans laquelle on ne rénovait les bâtiments qu'à 100 ou 150 kWh/m<sup>2</sup>/an, parce que ce serait plus facile et moins cher, et le solde serait compensé, dans 20 ans, par la construction systématique de logements neufs à énergie positive.

**Réponse** : Cette objection nous inquiète, car elle est la réponse classique de ceux qui ont peur de devoir commencer à agir maintenant. Ils imaginent donc des stratégies par lesquelles on commencera demain à faire des efforts, et on continue aujourd'hui à faire ce que l'on sait déjà faire....et qui nous a quand amené là où on est maintenant. Tout le monde parle de solutions de rupture, et cette stratégie cherche au contraire une grande continuité dans l'action.

D'abord, cela ne serait pas significativement moins cher de rénover à ce niveau de consommation (voir réponse à la question précédente).

Et quand on connaît la réalité du terrain, on sait d'abord que rénover à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an n'est pas très difficile, et surtout que faire des bâtiments à énergie positive produisant suffisamment d'énergie pour compenser tout ce qu'on n'aura pas fait pendant 40 ans est parfaitement irréaliste techniquement et économiquement. On se retrouvera donc demain dans une situation réellement dramatique et parfaitement irréversible.

Il est plus raisonnable d'organiser aujourd'hui la rénovation performante en France. C'est le meilleur investissement que nous puissions collectivement faire.



**Objection** : C'est en Inde et en Chine qu'il faut réduire les émissions de gaz à effet de serre, pas en France. Les Français ne comprendraient pas qu'on leur demande de tels efforts (votre plan de rénovation), alors que la Chine et l'Inde ne font rien..

## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

**Réponse** : Mais l'Inde et la Chine pensent que c'est aux Etats Unis de commencer puisque ce sont les plus gros émetteurs par habitant sur Terre, et resteront encore pendant longtemps les plus gros émetteurs par habitant avec l'Australie ! Quant aux américains ils pensent aussi que c'est au chinois de commencer.

Quand le monde bafouille ainsi devant une des plus grosses incertitudes à sa survie, cela fait penser aux disputes des enfants dans la cour de l'école. Bien sûr que nous devons tous commencer à agir maintenant! Pourquoi ? D'abord parce que, à la manière d'un vote où une voix ne représente rien prise isolément, mais où un ensemble de voix crée une tendance, ce sont tous les efforts des uns et des autres réunis qui produiront un résultat tangible. Ensuite parce que devenir plus performant énergétiquement c'est devenir plus performant économiquement ! Enfin, parce que travailler chez soi aujourd'hui à réduire les consommations, c'est acquérir un savoir faire qui vaudra très cher demain, lorsque la crise sera bien là. Nous ne devons attendre sous aucun prétexte. Nous devons nous convaincre que l'action doit être immédiate.



**Objection** : Dans le cas du logement collectif, imposer de faire des travaux appartement par appartement au fil des ventes est moins efficace que de faire des travaux pour l'immeuble en entier. Quel serait alors le fait déclencheur de cette obligation de travaux ?

**Réponse** : Cette objection est tout à fait pertinente. Il faut distinguer le cas des copropriétés, et celui des bailleurs sociaux. Les deux questions qui suivent reprennent ce thème pour ces deux catégories.



**Objection** : Comment faire pour rénover en copropriété ?

**Réponse** : La rénovation en copropriété ne peut pas se faire pour chaque logement indépendamment des autres. Seule une approche globale de la rénovation de tout l'immeuble est envisageable, pour des raisons à la fois pratiques, économiques, architecturales, etc.

L'obligation de rénover ne portera pas dans ce cas sur chaque logement de la copropriété mais sur l'immeuble entier. Et c'est l'ensemble de la copropriété qui devra mettre en œuvre les travaux dans les délais impartis. Cette approche donnera de bien meilleurs résultats sur le plan énergétique, permettra une approche architecturale structurée et cohérente (on risque sinon de produire des façades « patchwork »), et conduira à des coûts beaucoup plus bas facilitant l'équilibre financier de l'opération.

La rénovation d'une copropriété se fera obligatoirement avec une équipe de maîtrise d'œuvre complète. Elle pourra parfaitement partir sur les contraintes fixées dans les différents bouquets de solutions des STR. L'ensemble des calculs de besoins et de puissance s'effectueront à partir des résistances prédéfinies dans les STR.



**Objection** : Comment mettre en application le programme de rénovation dans le secteur social ?

## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

**Réponse** : Exactement de la même façon technique qu'ailleurs. Sauf que dans la plupart des cas il y aura un bureau d'études et un architecte et que ce bet pourrait en théorie pratiquer une optimisation propre à ce bâtiment. Mais dans l'esprit de ce qui est proposé ici, et qui consiste à mutualiser l'effort entre tous les Français sans viser une optimisation individuelle, cette voie n'est pas souhaitée. La voie des STR est préférable, comme ce qui a été proposé ci-dessus pour la rénovation des copropriétés.

D'un point de vue financier, le système actuel de financement du logement social ne permet pas de rénover les bâtiments sociaux au niveau où il faudrait le faire. Des changements doivent donc être apportés par l'Etat à ce mode de financement. Seul l'apport de fonds propres permet aux organismes sociaux d'entreprendre des rénovations thermiques lourdes. Ce qui limite bien évidemment le nombre de bailleurs capables d'entreprendre des rénovations complètes d'une part, et le nombre de rénovations faites dans le pays d'autre part.

Enfin, la formalisation des exigences en direction des bailleurs sociaux pourra être différente de celle du reste de la collectivité : ils devront renouveler tous les ans 2,5 % de leur parc bâti d'avant 1975, jusqu'à rénovation de tout le parc. Il faudra pour cela qu'on leur ait donné les moyens de le faire par des enveloppes de prêts bonifiés adaptés, et probablement par une hausse des loyers supérieure à ce qu'elle est actuellement, calée sur le respect d'une température intérieure ne dépassant pas 20°C.



**Objection** : Et comment obliger les propriétaires bailleurs à faire des travaux, eux qui n'y ont aucun intérêt.

**Réponse** : Ce sujet est un « serpent de mer » toujours abordé, jamais réglé et qui génère un peu partout en France des situations assez scandaleuses dont les plus démunis sont souvent les victimes.

Un grand programme national de rénovation pourrait justement être l'occasion de résoudre définitivement ce problème. Puisque précisément on impose aux propriétaires occupants les rythmes de rénovation, les propriétaires bailleurs pourraient être placés dans une situation semblable d'office. Car c'est la performance du logement qui serait le critère déclencheur, comme évoqué précédemment. Si le logement est dans une copropriété, tous les copropriétaires, qu'ils soient occupants ou bailleurs, seront donc contraints de réaliser les travaux. S'il s'agit d'une maison individuelle en location dont le DPE la désignera comme cible pour une obligation de travaux de rénovation, le bailleur n'aura pas d'autres possibilités que de réaliser les travaux.

Le fait de rendre obligatoire les travaux en s'attachant à la qualité énergétique des logements supprime le débat stérile de la nature du propriétaire (occupant ou bailleur) et place tous les propriétaires sur un plan d'égalité.

Mais que gagne le propriétaire bailleur ?

En premier lieu, et ce n'est pas le moindre des avantages, il gagne une revalorisation importante de son patrimoine : son bien vaut beaucoup plus cher une fois les travaux effectués qu'avant. Toutes les enquêtes l'ont montré. Et ces plus value est supérieure au coût des travaux eux-mêmes. A aucun moment le bailleur pourra prétendre avoir été spolié par cette obligation de travaux.

On peut néanmoins accepter l'idée d'une hausse momentanée du loyer (par exemple pendant le temps de remboursement de l'emprunt) mais de façon telle que le couple loyer +

## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

charges n'augmente pas, et accuse au contraire une certaine baisse à préciser. Lorsque le remboursement de l'emprunt sera terminé, la hausse induite du loyer sera supprimée et il devra se situer à un niveau tendanciel qui aurait été fixé par l'évolution du marché en l'absence de tout travaux.

Objection complémentaire : de nombreux propriétaires retireront alors de la location leurs logements et le marché de la location sera déficitaire.

C'est possible mais peu probable puisque l'obligation de rénover ne les quittera pas pour autant. Mais peut-on continuer à accepter la prolifération de logements hors normes, consommant beaucoup trop à un moment où nous devons drastiquement réduire nos consommations ? Non, bien sûr. Là aussi il faudra faire des choix.



**Objection** : Les propriétaires bailleurs ne feront pas les travaux si ce sont les locataires qui bénéficient des réductions de charges.

**Réponse** : Bien sûr ! Mais ce n'est pas ce qui est envisagé. La procédure les autorisera à augmenter le loyer, dans des limites correspondant à la réduction de charges produites par les travaux. Voir la réponse faite à l'objection précédente.



**Objection** : Que pourra faire le propriétaire qui mesure ses consommations si, après rénovation, il s'aperçoit qu'il a consommé plus de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an ?

**Réponse** : Rien. Parce que l'engagement n'est pas sur une performance (ce qui évite tout litige) mais sur les moyens mis en œuvre. Il n'y a donc pas de voie de recours juridique autour de la performance. En revanche, un recours serait imaginable si les moyens mis en œuvre n'étaient pas conformes à l'exigence.

Revenons un instant sur ces 50 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an : très peu de logements rénovés seront en France à ce niveau de consommation ! En effet, c'est la moyenne des consommations de l'ensemble du parc rénové qui sera à 50 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an. Individuellement, les consommations pourront peut-être aller de 20 à 80 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an. Aucun propriétaire ne pourra donc connaître avec précision la valeur de consommation qui sera celle de son logement après travaux. Mais en soi ce n'est pas très grave ! Car chaque logement part de très loin (en moyenne 200 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an) et la valeur à l'arrivée peut bien varier de 20 ou 30 kWh/m<sup>2</sup><sub>Shab</sub>/an sans que cela change grand chose.



**Objection** : 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, c'est impossible à atteindre dans beaucoup de cas.

**Réponse** : Précisons d'abord que ce n'est pas si difficile que cela. Mais surtout : le programme n'impose justement pas d'atteindre 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, pour un tas de raisons dont celle évoquée ici pourrait faire partie. Le programme de rénovation impose seulement des obligations de moyens. L'idée est que chacun fait ce qu'il peut, du mieux qu'il peut. On ne demande l'impossible à personne.



## CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation

---

**Objection** : Pourquoi ne pas proposer des mesures par pallier : 150 kWh/m<sup>2</sup>/an, puis 100 kWh/m<sup>2</sup>/an dix ans plus tard, etc.

**Réponse** : Cette question a été détaillée dans le § 2.2 du rapport. Les trois raisons majeures sont que :

- cela va coûter plusieurs fois plus cher de procéder ainsi plutôt qu'en une seule fois,
- il existera des déséquilibres thermiques rendant le fonctionnement correct de l'installation parfaitement impossible, ce qui ne permettra pas les économies attendues,
- il faudra deux ou trois fois plus de main d'œuvre, ce qu'on sait parfaitement impossible.



**Objection** : Pourquoi faire des travaux alors qu'on peut déjà économiser beaucoup d'énergie en gérant mieux son chauffage.

**Réponse** : Oui, on peut mieux gérer son chauffage, changer son brûleur, etc. Mais toutes ces dispositions, aussi indispensables soient elles, n'en sont pas moins tout à fait insuffisantes face au défi qu'il nous faut relever. Peut-être diminueront-elles nos consommations de 20, voire 25 %. Mais dans les bâtiments existants, c'est une réduction de 80 à 85 % qu'il faut viser....



**Objection** : Comment arriver à une telle ambition alors que les professionnels du bâtiment ne sont déjà pas assez nombreux ni assez qualifiés ?

**Réponse** : Le rôle d'un responsable est d'abord d'identifier le problème posé, puis, sans états d'âme, de trouver en face les moyens nécessaires pour atteindre l'objectif.

L'ambition dont il est question ici est en fait « seulement » de maintenir l'existence de l'homme sur Terre. Elle ne peut être jugée trop importante ! Dès lors, les moyens à mettre en œuvre et qui sont décrits dans ce qui précède, doivent s'imposer à nous tous. Nous devons faire en sorte que nous y arrivions. Et pour cela, toutes forces réunies, nous allons, avec l'ensemble des professionnels, trouver les moyens de former des hommes, d'en embaucher suffisamment pour répondre au défi. Parce que nous n'avons plus le choix.



**Objection** : Comment garantir un « retour sur investissement » (en économie d'énergie) aux propriétaires qui vont devoir faire des travaux ?

**Réponse** : Aucune « garantie » ne sera donnée à personne. Parce que, pour des raisons amplement développées dans ce qui précède, on a adopté pour des objectifs de moyens plutôt que pour des objectifs de résultats.

Une opération de rénovation est une opération sans risque. En effet l'investissement fait va rapporter de l'argent (l'économie d'énergie). Mais surtout, la valeur résiduelle du bien va fortement augmenter après travaux. Celui qui rénove se retrouve donc avec un bien

## **CHAPITRE 4 : Objections et idées fausses sur les solutions techniques de rénovation et le programme national de rénovation**

---

valant beaucoup plus cher (le logement vaut plus que sa valeur antérieure augmentée du prix des travaux), et de surcroît il fait une économie d'énergie lui rapportant de l'argent. On ne voit pas très bien dans ce schéma bicéphale comment il serait possible d'être perdant ■