



**RENOVATION A BASSE  
CONSOMMATION D'ENERGIE  
DES LOGEMENTS  
EN FRANCE**

**Projet « RENAISSANCE »  
Programme européen CONCERTO**

**Août 2007**

**Olivier SIDLER**

**E N E R T E C H**

*Ingénierie énergétique et fluides*  
F - 26160 FELINES S/RIMANDOULE  
*tél. & Fax : (33) 04.75.90.18.54*  
E mail : [sidler@club.fr](mailto:sidler@club.fr)  
<http://sidler.club.fr>

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION : POURQUOI RENOVER LES BATIMENTS ANCIENS</b>	<b>5</b>
<b>CHAPITRE 1 : DEFINITION DES OBJECTIFS A ATTEINDRE</b>	<b>6</b>
1-1 La contrainte du changement climatique	10
1.1.1 Le chauffage	11
1.1.2 L'eau chaude sanitaire	11
1.1.3 L'électricité spécifique	12
1-2 La contrainte des ressources	12
1-3 Caractéristiques du parc à rénover	13
1-4 Etat des ventes de logements anciens en France	14
<b>CHAPITRE 2 : LA STRATEGIE DE RENOVATION A METTRE EN PLACE</b>	<b>15</b>
2-1 Rénover tous les logements anciens mis en vente d'ici 2050	15
2-2 Rénover à « 50 kWh/m <sup>2</sup> /an » et à rien d'autre	17
2-3 Une seule issue : le réglementation	18
2-4 Energie primaire ou énergie finale ?	19
<b>CHAPITRE 3 : QUELLES SOLUTIONS TECHNIQUES</b>	<b>22</b>
3-1 L'approche par simulations dynamiques	22
3.1.1 L'isolation du bâtiment	23
3.1.2 Le choix des menuiseries et des vitrages	24
3.1.3 Le renouvellement d'air	25
3.1.4 Les apports internes et les scénarii d'occupation	26
3.1.5 Energie et technologie de chauffage	26
3.1.5.1 L'électricité	26
3.1.5.1.1 Bâtiments actuels	26
3.1.5.1.2 Bâtiments rénovés	27
3.1.5.2 Le gaz	27
3.1.5.3 Le fioul	28
3.1.5.4 Le bois	28
3.1.6 Equivalence adoptée entre énergie primaire et énergie finale	28
3-2 Résultats et scénarii	28
3.2.1 Présentation des résultats de simulation	28
3.2.2 L'approche par scénarii	32
3.2.2.1 Scénario n°1 : on n'utilise que les technologies disponibles en France	32
3.2.2.2 Scénario n°2 : on utilise les technologies disponibles en Europe	32
3.2.2.3 Scénario n°3 : dit « de la solution technique universelle »	33
3-3 La solution technique universelle	34
3.3.1 Description, principe et intérêt	34

3.3.2	Ventilation double flux avec récupération de chaleur ou de type hygro B ?	37
3.3.3	Pour améliorer le dispositif actuel de la STU...	37
3.3.3.1	Améliorer la perméabilité à l'air des logements	37
3.3.3.2	Adapter l'installation de chauffage aux nouveaux besoins	38
3.3.3.3	Mise en œuvre pratique de la STU	39
3.3.3.4	Comment faire en copropriété	40
3-4	La question spécifique du confort d'été	40
3.4.1	Contrôle des apports solaires	41
3.4.2	Réduire les apports internes	41
3.4.3	Mettre en œuvre une inertie thermique importante	42
3.4.4	Evacuer la chaleur des structures pendant la nuit	43
<b>CHAPITRE 4 : COÛT ET FINANCEMENT DU PROGRAMME</b>		<b>44</b>
4-1	Evaluation du coût des différentes solutions	44
4-2	Le financement et l'équilibre financier	47
4-3	Les limites des calculs de rentabilité	48
<b>CHAPITRE 5 : QUELLE STRATEGIE OPERATIONNELLE POUR LES DIFFERENTS ACTEURS</b>		<b>50</b>
5-1	Enjeux nationaux d'un grand programme de rénovation	50
5.1.1	Le coût du programme	50
5.1.2	Une création d'emplois qui pourra poser problème	50
5.1.3	Le plus grand projet industriel français	51
5.1.4	Un début de solution pour les questions environnementales	51
5.1.5	La prévention d'une crise sociale	51
5.1.6	Un plan qui ne devrait rien coûter à l'Etat	51
5-2	Le rôle de l'Etat	52
5.2.1	Ce qu'ils ont pensé d'un grand programme de rénovation.....	52
5.2.2	L'Etat doit donner un signal clair	53
5.2.3	L'Etat et le cas particulier du logement social	53
5-3	Quelle stratégie pour les entreprises et le monde du bâtiment ?	54
5.3.1	La formation et l'embauche	54
5.3.2	Expérimenter et évaluer, construire ensemble le savoir faire des Rénovateurs	55
5.3.3	Se structurer pour créer des guichets uniques pour particuliers	56
5.3.4	Conduire une politique des prix raisonnables	57
5-4	Quelle stratégie pour les industriels	57
<b>CHAPITRE 6 : L'EXPERIENCE ALLEMANDE EN MATIERE DE RENOVATION</b>		<b>59</b>
6-1	Construire un savoir faire technique. Les grands programmes de rénovation allemands	59
6-2	Un mode de financement original	61
6-3	La mise en place d'une politique ambitieuse	62

<b>CHAPITRE 7 : LES EXPERIENCES FRANCAISE EN COURS</b>	<b>63</b>
7-1 Le quartier Franklin à Mulhouse	63
7.1.1 Présentation générale de l'opération	63
7.1.2 Stade d'avancement	64
7.1.3 Les premiers enseignements	65
7.1.4 Quelles suites ?	65
7-2 Les opérations de rénovation lancées par la Région Rhône Alpes	65
7.2.1 Présentation générale de l'opération	65
7.2.2 Stade d'avancement	66
7.2.3 Les premiers enseignements	66
7.2.4 Quelles suites ?	66
7-3 Les opérations de rénovation lancées par la Région Bourgogne	67
7.3.1 Présentation générale de l'opération	67
7.3.2 Stade d'avancement	68
7.3.3 Les premiers enseignements	68
7.3.4 Quelles suites ?	68
7-4 Les opérations de rénovation lancées par la SA HLM CMH	68
<b>CHAPITRE 8 : OBJECTIONS ET IDEES FAUSSES SUR LA SOLUTION TECHNIQUE UNIVERSELLE ET LE PROGRAMME DE RENOVATION</b>	<b>69</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>78</b>

## 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, à la moitié de celle des constructions neuves actuelles. 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 de 40 années pour le pétrole, 63 pour le gaz, 218 pour le charbon et 71 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 50 ans l'ensemble des réserves prouvées sera épuisé.

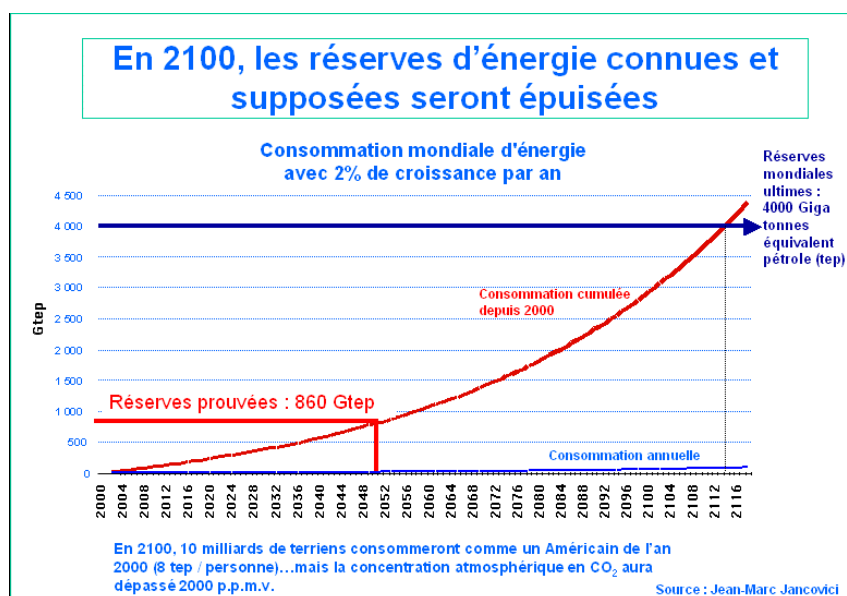


Figure I-1 : Ressources énergétiques fossiles et consommation d'énergie

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### INTRODUCTION

---

On découvrira bien sûr d'autres gisements (plus chers). 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 l'énergie 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...en 2115, soit d'ici un siècle. Il n'y aura alors plus une seule « goutte » d'énergie fossile à disposition de l'homme. A l'évidence, mais il y a longtemps qu'on le sait, nous sommes condamnés à nous adapter rapidement.

Ce délai d'un siècle, même s'il peut paraître énorme à l'échelle individuelle, n'en est pas moins ridiculement court au regard des enjeux et du problème posé. En effet, il va falloir changer nos systèmes de production et de consommation d'énergie pour s'adapter. 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.

Voilà pour la question du « réservoir ». Mais l'humanité a en plus un problème de robinet. C'est le fameux « pic de Hubbert ». Le moment inéluctable et irréversible à partir duquel l'offre d'énergie fossile sera définitivement 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. On assistera donc avec certitude à une envolée des prix de l'énergie. Mais personne ne peut dire à combien ce prix se stabilisera : 200, 300, voire 400 dollars le baril ? La seule chose dont on est certain, c'est que cette hausse sera spectaculaire, et surtout qu'elle aura des effets redoutables sur l'économie. On peut également et surtout craindre une tension sociale très forte, lorsque les français 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.

Or le pic de Hubbert est prévu par les plus optimistes (par exemple la compagnie Total) en 2020. Les experts indépendants le situent beaucoup plus près de 2010. La catastrophe économique est donc très clairement à notre porte....

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 60 dollars le baril, le pétrole est 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.

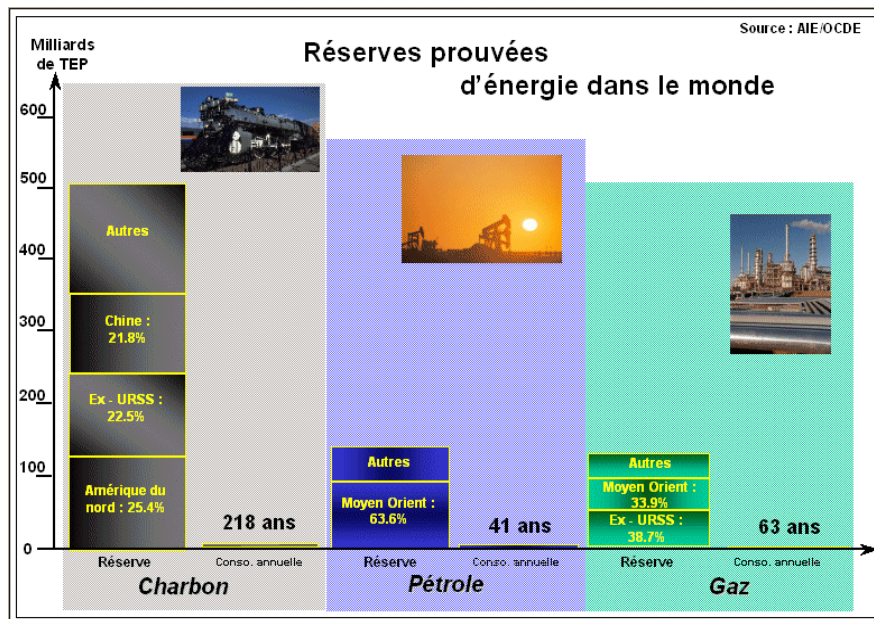
La première conclusion face à la raréfaction des ressources est que, malgré les apparences, on dispose de peu de temps pour trouver de nouvelles solutions et s'adapter à cette situation de pénurie.

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

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### INTRODUCTION

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-2 : Origine géographique des principales ressources fossiles*

L'Irak dispose probablement des plus grosses réserves de pétrole du monde, et ce pétrole est le meilleur marché de la planète (son extraction est très aisée). Il pourrait donc constituer demain le prix directeur de l'énergie. Dans ce contexte, la guerre en Irak trouve une explication simple. Elle préfigure d'autres guerres à venir (à moins que l'entreprise américaine échoue lourdement...), 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 encore d'autres conflits, consécutifs aux désordres climatiques eux-mêmes, comme les inondations par suite de la montée du niveau des eaux de l'océan, 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 150 millions de personnes seront des « déplacés du climat » en 2050.

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. Et dans ce contexte, tous les scénarii du futur sont pour les pays pauvres des scénarii catastrophes dont ils ne sortiront pas vainqueurs.

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

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### INTRODUCTION

---

ou 5 (voire 10 pour certains) 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.

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 720.000 ans ne contiennent aucune température terrestre correspondant à 5°C de plus que la température actuelle. 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, l'Europe du Nord et l'Allemagne étaient recouvertes par 3 km de glace et le sol de la France était du permafrost.... Autant dire qu'à la fin du siècle, 5°C de plus correspondront 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.

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. Comme il y a 6 milliards d'habitants sur Terre, chacun de nous, en toute équité, a droit de rejeter 0,5 tonne de carbone/an. Globalement la Terre rejette déjà le double. En clair cela signifie pour les pays riches de réduire par un facteur 4 à 5 leurs émissions de gaz à effet de serre actuelles, donc sensiblement leurs consommations d'énergie. A ce jour, la plupart des instances internationales et des chefs d'Etats raisonnables ont admis cette idée, même s'ils ne l'ont pas encore traduite en actions.

Ouvrons un instant une parenthèse sur ce calcul d'équilibre en carbone de la planète. Il est effectué avec la population actuelle (6 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.**

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 économique 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 (25 % 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.

Ce qui suit est une proposition d'action fondée sur une très bonne connaissance du monde du bâtiment, sur la réalité de ce monde (ses atouts mais aussi ses limites), sur le portage depuis 2003 de ce programme d'action auprès des cabinets ministériels, des



## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **INTRODUCTION**

---

féderations professionnelles, des industriels, des organismes bancaires, sur la présentation de ce programme au cours d'innombrables conférences et formations. Ces rencontres multiples ont évidemment favorisé le débat et les échanges. Mais ce programme est aussi fondé sur une présence concrète sur le terrain au travers de nombreuses réalisations très performantes, sur une très bonne connaissance pratique de la maîtrise de l'énergie.

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

A quoi correspondent les contraintes définies dans le chapitre précédent pour le bâtiment ? Ces contraintes concernent la limitation des gaz à effet de serre et la pénurie des ressources fossiles. Mais elles sont également fondées sur une réalité : le parc de logements anciens.

### 1 - 1 La contrainte du changement climatique

Le tableau suivant fait apparaître les consommations actuelles, et les valeurs cibles à atteindre, dans l'hypothèse d'une division par 4 des consommations d'énergie.

Secteur	Usage	Bâtiments <1975	Bâtiments neufs	Ensemble actuel	Valeurs cibles
<b>Résidentiel</b>	Chauffage kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	328	80 à 100	210	50
	ECS* kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	36	40	37,5	10
	Electricité à usage spécifique (kWh/pers/an)	1000	1000	1000	250
<b>Tertiaire</b>	Chauffage kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	209	155	196	50
	ECS* kWh/m <sup>2</sup> /an <sup>(1)</sup>	19	40	29	7
	Electricité à usage spécifique (kWh/m <sup>2</sup> /an)	?	variable selon secteur	96	24

(1) en kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup> habitable

**Figure 1.1 : Consommation d'énergie par usage, exprimée en énergie primaire par m<sup>2</sup> habitable pour le chauffage et l'ecs, et en énergie finale pour l'électricité**

Sources : Observatoire de l'énergie, INSEE

(\*) ECS : Eau chaude sanitaire

#### 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 la nature), que l'on effectue pour produire de l'énergie finale (celle que l'on utilise). Entre les deux, 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**.

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 1 : Définition des objectifs à atteindre

---

■ le choix de la surface habitable plutôt que celui de la SHON (surface hors œuvre nette) est le choix du bon sens. La surface habitable 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) car elle introduit des aberrations et des distorsions trop importantes dans les résultats dont elle rend l'interprétation complètement impossible.

#### 1.1.1 Le chauffage

On voit dans le tableau de la figure 1.1 que, dans le secteur résidentiel comme dans le secteur tertiaire, il faut atteindre en France une consommation moyenne de chauffage d'environ **50 kWh/m<sup>2</sup>/an** pour satisfaire les conditions de l'équilibre en carbone. Il est à noter que, si on visait le facteur 7 (le seul vraiment réaliste), il faudrait rechercher une consommation de 30 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Est-ce qu'une performance de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an en rénovation est techniquement possible ? On verra que oui, sans problème. Mais la question ne se pose pas tout à fait ainsi. Il ne s'agit en effet pas de savoir si c'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.**

#### 1.1.2 L'eau chaude sanitaire

La quantité d'énergie consommée pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS) croît chaque année. Malheureusement, ce phénomène correspond non pas à une augmentation des besoins mais plutôt des gaspillages, notamment avec la généralisation des usages « au fil de l'eau ».

Diviser par quatre la consommation de l'eau chaude sanitaire, c'est limiter cet usage à **10 kWh/m<sup>2</sup>/an**.

Autant sur le chauffage il existe des solutions relativement simples pour parvenir à diviser par quatre les consommations, autant sur l'eau chaude sanitaire cela va poser de nombreux problèmes parce qu'une partie importante de la solution réside pour le moment

dans les changements de comportement. Les chauffe-eau solaires ne pourront pas à eux seuls apporter une réponse.

Mais l'objectif de réduction est là, et il devra aussi être atteint....

### **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 :

- d'abord parce que la ressource électrique, même si elle ne subit pas actuellement une tension similaire à celle des hydrocarbures, est une ressource limitée et que 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,

- dans les bâtiments à très faibles consommations, 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 40 à 50 % des apports de chaleur d'un logement en été. Et l'obtention d'un bon confort sans ou avec peu de climatisation passe inévitablement par une réduction des niveaux de consommation électrodomestique.

- enfin, dans les logements à très faible consommation, l'électricité spécifique représente de très loin la plus grosse contribution au bilan en énergie primaire.

Il paraît donc impératif de réduire également les consommations d'électricité spécifique consommées dans les logements. Actuellement, cette consommation est de 1000 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 250 kWh/personne/an.

**Le programme qui suit ne s'est pas attaché, dans un premier temps, à réduire les consommations électrodomestiques car l'essentiel de cette réduction réside dans l'achat d'équipements performants et dans les changements de comportement.**

## **1 - 2 La contrainte des ressources**

On voit rarement cette contrainte formulée de façon claire et explicite. Pourtant, ce qui a été présenté au chapitre précédent montre que d'ici 60 à 70 ans il n'y aura plus guère de ressources fossiles exploitables sur Terre, si on ne change rien à notre manière de consommer.

On peut épiloguer sur cette échéance, la trouver optimiste ou pessimiste, peu importante. Elle a le mérite de dire clairement que des limites existent, et qu'il vaut mieux se préparer à les affronter plutôt que mettre la tête dans le sable en espérant que cela s'améliore tout seul....

Dès lors quelle stratégie pour le bâtiment ?

Très clairement, il va falloir apprendre à faire des bâtiments autonomes énergétiquement, et même, comme le propose depuis longtemps Alain Maugard président du CSTB, faire des bâtiments à énergie positive, c'est à dire consommant moins d'énergie chaque année qu'ils n'en produisent.

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 1 : Définition des objectifs à atteindre

Une telle stratégie repose forcément sur une conception en deux étapes :

- réduire le plus possible l'ensemble des consommations d'énergie,
- doter le bâtiment d'éléments propres à la production énergétique. Dans bien des cas, ce sont les photopiles qui assurent cette double fonction d'élément du bâti et de moyen de production d'énergie.

Dans le cadre du programme de rénovation que nous proposons cette option n'a pas été envisagée pour le moment. Le programme se « contente » de l'objectif « 50 kWh/m<sup>2</sup>/an » pour le chauffage. A moyen terme il est clair que ceci est insuffisant et qu'il va falloir réfléchir très vite aux dispositions techniques nécessaires pour aller plus loin.

### 1 - 3 Caractéristiques du parc à rénover

Les principales caractéristiques du parc en 1999 sont dans le tableau de la figure 1.2. Bien que cette étude date un peu, ceci n'affecte qu'assez peu les valeurs caractéristiques du parc existant. Seul le parc neuf a sensiblement évolué, mais il ne nous concerne pas.

		Bâtiments d'avant 1974	Total du parc
Ensemble du parc	Résidences principales	15.681.573	23.810.161
	Logements occasionnels	190.391	260.336
	Logements vacants	1.582.663	1.989.758
	Total	17.454.627	26.060.255
Immeuble de 1 logement	Résidences principales	8.427.365	13.604.786
	Logements occasionnels	54.556	69.999
	Logements vacants	747.119	899.723
	Total	9.229.040	14.574.508
Immeubles de 2 à 9 logements	Résidences principales	2.964.607	3.682.398
	Logements occasionnels	63.017	75.756
	Logements vacants	400.162	458.699
	Total	3.427.786	4.216.853
Immeubles de 10 logements et plus	Résidences principales	4.289.601	6.522.977
	Logements occasionnels	72.818	114.581
	Logements vacants	435.382	631.336
	Total	4.797.801	7.268.894

Source : INSEE - « Recensement de la population de 1999 » - Tableaux références et analyses.

N.B. : Ce tableau ne prend pas en compte les résidences secondaires

**Figure 1.2 : Structure du parc de logements en 1999**

On observe que :

- le parc de logements anciens (c'est à dire d'avant 1975), hors résidences secondaires, s'élève à **17,5 millions de logements**, soit 67 % du parc total à cette date,
- sur ce total, il y a 9,2 millions de logements individuels, soit 53 % du parc ancien,
- le parc ancien comprend aussi 8,2 millions de logements collectifs, dont 3,4 millions de logements situés dans des immeubles de 2 à 9 logements,

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 1 : Définition des objectifs à atteindre

- au total, le parc ancien compte 12,7 millions de logements situés dans des immeubles de moins de 10 logements, soit 73 % .

On peut conclure deux choses de ces observations :

1 - s'il faut rénover 17,5 millions de logements d'ici à l'an 2050 (donc en 42 ans à compter d'aujourd'hui), cela signifie **qu'il faut en rénover 417.000 par an**,

2 - le parc ancien de logements (c'est à dire, pour nous, celui qui date d'avant 1975) 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 - 4 Etat des ventes de logements anciens en France

Caractériser le parc de logements anciens suppose aussi de connaître la dynamique des achats et des ventes de ce parc.

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. Attention, ici le terme de logement ancien signifie « logement d'occasion » (par opposition à des logements neufs), et non pas logement d'avant 1975. Voici à titre indicatif l'évolution du nombre de ventes de logements anciens depuis 1995 :

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.

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 ancien, tous âges confondus.

Enfin, si on suppose que la proportion des logements d'avant 1975 est la même dans la structure des ventes que dans celle du parc (c'est à dire 67 % du total ), on peut en déduire

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

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 1 : Définition des objectifs à atteindre**

---

**que le nombre de ventes de logements anciens d'avant 1975 (hors résidences secondaires) est annuellement de 469.000 en France.**

**CHAPITRE 2 : LA STRATEGIE DE RENOVATION A  
METTRE EN PLACE**

Les contraintes à satisfaire sont maintenant parfaitement définies :

- rénover les logements à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage,
- pour l'eau chaude sanitaire et la maîtrise de la demande d'électricité, le programme ne s'assigne pas encore, dans sa version actuelle, d'objectifs à respecter. Mais ceci va faire l'objet d'analyses ultérieures pour parvenir également à améliorer ces usages,
- avoir rénové l'ensemble du parc ancien (d'avant 1974) avant 2050.

**Remarque** : le dernier élément (fin de la rénovation en 2050) est un élément essentiel de la stratégie qui va être développée dans ce qui suit. Il est en effet inutile de construire des stratégies de rénovation si elles ne sont pas ancrées sur un calendrier et une vitesse de pénétration. La maîtrise du nombre de chantiers annuel est donc fondamental pour réussir le pari engagé.

## **2 - 1 Rénover tous les logements anciens mis en vente d'ici l'an 2050**

La première question qu'il faut se poser est de savoir s'il faut isoler les logements par l'intérieur ou par l'extérieur.

En théorie on doit bien sûr pouvoir faire les deux. Mais pour élaborer une stratégie, il faut choisir des conditions d'application qui ne soient pas bloquantes.

C'est la raison pour laquelle, **on va faire l'hypothèse que le parc bâti sera rénové par l'intérieur et non par l'extérieur**. On imagine mal en effet de transformer systématiquement le cœur des grandes villes en isolant les bâtiments par l'extérieur. C'est toute notre culture, notre patrimoine et l'architecture des villes qui disparaîtraient de manière définitive. C'est inacceptable.

Mais ce choix a des conséquences importantes : si on doit isoler par l'intérieur un logement, on ne peut le faire que si le logement est vide. Quand est-ce que les logements sont vides ? Au moment des mutations.

Or on a vu aux § 1.3 et 1.4 que :

- il fallait rénover 417.000 logements « anciens » chaque année d'ici 2050 pour arriver à l'objectif fixé,
- il se vend chaque année 469.000 logements « anciens » chaque année.



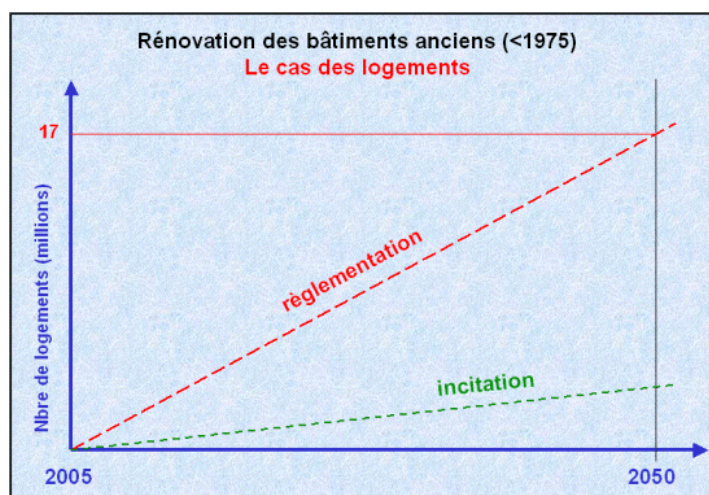
## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie CHAPITRE 2 : La stratégie de rénovation à mettre en place

Le rapprochement de ces deux chiffres conduit à une première conclusion :

**Conclusion n°1 : pour rénover d'ici 2050 l'ensemble du parc de logements anciens à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, il faut obligatoirement rénover TOUS les logements anciens (d'avant 1975) mis en vente chaque année d'ici 2050.**

Cette conclusion n'est évidemment pas « drôle ». On n'édicte pas une mesure comme celle-ci par plaisir. Cette mesure se déduit malheureusement des contraintes très fortes qui sont imposées : un volume de rénovations à assurer (17,5 millions de logements), et un délai pour le faire (42 ans). Pour être très clair, on a beaucoup trop attendu pour passer à l'action, et la contrainte qui apparaît est le reflet de cette attente.

Dès lors, toutes les mesures d'incitation comme celles qui sont régulièrement mise en place en France (DPE, crédit d'impôts, etc) ne peuvent en aucun cas apporter une réponse au problème qui est posé. Elle repose sur l'idée que les usagers passeront à l'action s'ils ont le sentiment d'être gagnants. C'est le moyen le plus sûr d'échouer collectivement face au défi qui nous est posé. Le graphique de la figure 2.1 montre bien en quoi la vitesse de pénétration ne peut être obtenue que par réglementation.... Et quelle forme aurait une incitation qui conduirait au même résultat qu'une réglementation ? ?



*Figure 2.1 : Réglementer ou inciter ?*

Contraindre les Français à rénover leur logement au moment des mutations apparaît aujourd'hui comme difficile, certes, mais pas du tout impossible pour autant que les raisons de la mesure leur soient expliquées. Mais surtout, attendre encore au motif que c'est difficile s'apparenterait à un suicide collectif. Car si c'est difficile aujourd'hui, ça le sera encore plus demain.

Ainsi, imaginons que nous ne fassions rien aujourd'hui, que l'Etat ne prenne pas position dans ce débat au nom du « libéralisme », que se passera-t-il dans vingt ans ? Et bien le gouvernement en place, quelles que soient sa couleur politique et ses convictions libérales sera en face d'un mur : il lui paraîtra évident que nous allons nous « crasher » collectivement. Et il prendra des mesures de type « écolo fasciste » qui consisteront à imposer de façon autoritaire le rythme des rénovations. Seront par exemple soumis à l'obligation de rénover la première année tous les citoyens dont le nom commencera par « A », « B » ou « C », qu'ils soient en situation de mutation ou non. A la clé, de très graves sanctions en cas de non respect.

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie CHAPITRE 2 : La stratégie de rénovation à mettre en place

Il faut avoir conscience qu'il n'y a malheureusement guère d'alternative à cette première disposition réglementaire....

### 2 - 2 Rénover à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, et à rien d'autre

Il existe malheureusement une seconde contrainte réglementaire. En effet, il ne suffit pas que les acquéreurs de logements anciens les rénovent. Car si on ne leur précise rien d'autre, ils rénoveront « moyennement », comme on le fait aujourd'hui, en utilisant 5 cm d'isolant sur les murs, 10 en toiture, etc. Et le résultat final ne sera pas à la hauteur des espérances. Ils passeront d'une consommation initiale de 300 kWh/m<sup>2</sup>/an à une nouvelle consommation de 150 kWh/m<sup>2</sup>/an. Pour eux ce sera évidemment très bien, leur logement sera plus confortable, et ils consommeront deux fois moins d'énergie. Mais pour l'objectif « du facteur 4 », on aura échoué. En effet, en s'arrêtant à mi parcours, en se contentant de 150 kWh/m<sup>2</sup>/an plutôt que de 50, on va « **tuer le gisement** » de réduction des émissions de gaz à effet de serre et le gisement d'économie d'énergie, et on ne pourra plus jamais atteindre les objectifs généraux de division par 4 qui sont visés. Car il ne sera définitivement plus possible d'atteindre la performance cible de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an.

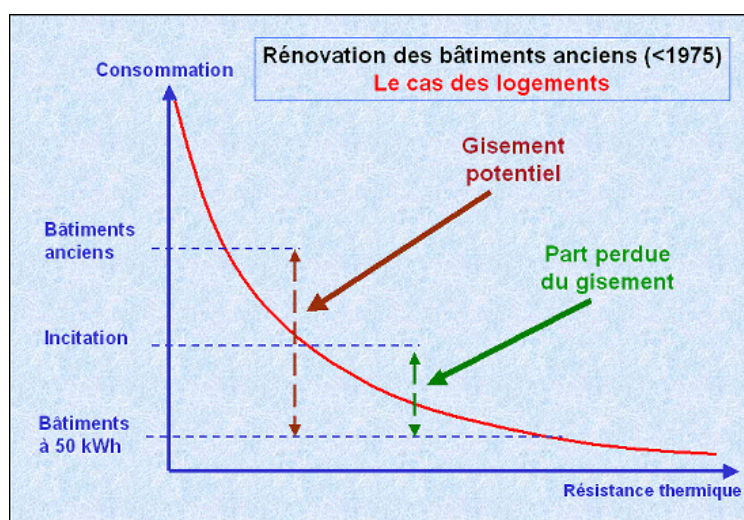


Figure 2.2 : Rénover sans tuer le gisement d'économie

Certains affirment que ce n'est pas grave, et qu'on peut avancer de façon progressive. Il suffira à ces usagers de refaire une seconde fois des travaux dans vingt ans.

Cette analyse est grossièrement fautive. Pour deux raisons.

La première, c'est que pour rénover une seconde fois et amener le logement à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, cela coûtera aussi cher que la première fois et fera moins d'économie. La rentabilité de l'opération sera lourdement altérée. Car il faut savoir que dans la pose d'une isolation, l'isolant représente entre 8 et 10% du prix total. Le reste c'est de la main d'œuvre. Il n'y a donc absolument aucun intérêt à rénover en deux fois, car on double sensiblement le coût de l'opération....

La seconde raison invalidante est que pour faire deux fois les travaux il faudra deux fois plus de main d'œuvre. Or le bâtiment est en déficit chronique de main d'œuvre car il n'arrive pas à embaucher. Un programme massif de rénovation créera, comme on le verra, environ 100.000 emplois. Il n'est déjà pas sûr qu'on arrive à les trouver en France.... Alors

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 2 : La stratégie de rénovation à mettre en place**

---

envisager d'embaucher 200.000 personnes parce que tous les travaux se feront deux fois est purement illusoire.

La moyenne d'âge dans les entreprises du BTP est aujourd'hui de 50 ans ! Les générations du « baby boom » vont partir en retraite et devront d'abord être remplacées avant que l'on puisse songer à embaucher des effectifs supplémentaires. La situation du BTP est donc extrêmement délicate et chacun comprendra qu'il est hors de question de songer à rénover en deux fois si on lance un grand programme de rénovation.

Pour ces deux raisons on sera donc soumis à une seconde contrainte réglementaire :

**Conclusion n°2 : il sera obligatoire de rénover à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an (chauffage seul) et à aucun autre niveau de consommation plus élevé.**

## **2 - 3 Une seule issue : réglementer**

Ce qui précède fait parfaitement comprendre le dilemme dans lequel se trouve notre monde épris de liberté : notre bien être et surtout notre survie sur Terre sont aujourd'hui gravement menacés. Nous pouvons encore espérer nous en sortir, mais ce n'est pas sûr... Pour espérer nous en sortir, il faut aller très vite et appliquer des remèdes extrêmement puissants.

On serait en guerre, l'Etat pratiquerait des réquisitions, procéderait de façon autoritaire, dans l'intérêt général. Mais on n'est pas en guerre... En tout cas pas officiellement. Et le débat sur liberté individuelle ou salut collectif peut encore se développer. On entend ici ou là des voix s'élever pour expliquer que dans un pays libéral, il n'est pas possible d'imposer aux citoyens une telle contrainte et de telles réglementations, et même que c'est illégitime parce que cela touche la sphère privée.

Il faut rappeler que la limitation de vitesse a aussi posé beaucoup d'états d'âme aux législateurs successifs, mais qu'aujourd'hui, l'omniprésence des radars n'est plus remise en cause par quiconque. Les bienfaits des limitations et surtout des contrôles in situ sont reconnus.

Le discours qui cherche à expliquer qu'on ne peut pas réglementer dans le logement parce que c'est le domaine privé laisse penser que l'on a encore le temps de débattre et de discuter, qu'on a le choix entre inciter et rendre obligatoire.

Mais ce n'est pas exact : on n'a plus le choix du tout. Au début des années quatre-vingts, au moment du second choc pétrolier, on pouvait encore construire des stratégies fondées sur l'incitation. Mais ce qu'on a fait a montré la totale insuffisance de cette politique qui n'a donné que de maigres résultats.

Rappelons aussi que les trois quarts des économies d'énergie réalisées depuis 1975 en France sont dus ..... aux réglementations thermiques dans le bâtiment.

On gagnera beaucoup de temps aujourd'hui si les différents acteurs acceptent l'idée, très désagréable il est vrai, qu'on ne peut plus s'en sortir sans réglementer. **Nous sommes entrés dans l'ère de la réglementation, et nous ne sommes plus du tout dans celle de l'incitation.** Ce n'est évidemment pas très drôle, mais il vaut mieux accepter tout de suite cette nouvelle situation. Ce qui précède montre sans ambiguïté que nous n'avons plus le choix. Les données du problème sont simples et la réponse est malheureusement unique.

La France doit donc s'engager résolument et rapidement dans une politique réglementaire en matière énergétique. Et un grand programme de rénovation ne pourra porter ses fruits qu'à la condition unique d'être assis sur un processus réglementaire qui permettra de

maintenir un rythme de pénétration et un niveau de performance. Toute autre stratégie va faire perdre un temps précieux au pays. A défaut, rappelons que plus on attendra, plus il faudra prendre des mesures très autoritaires, imposant à chacun des rythmes de rénovation et des moyens d'y parvenir qui seront bien loin de la démocratie...

## **2 - 4 Energie primaire ou énergie finale ?**

Cette question peut paraître sans intérêt à première vue, et être considérée comme une question de détail. 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 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.**

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 2 : La stratégie de rénovation à mettre en place**

---

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, dans la situation actuelle, le chauffage par convecteurs électriques pourrait apparaître comme très désavantagé si la consommation de chauffage s'exprimait 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. 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 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 la demande 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 coefficient d'exploitation (COE) élevé. En rénovation, la solution par pompe à chaleur avec COE annuel moyen réel 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.

Nous sommes en train de construire 31 maisons à St Priest (Rhône) dont la consommation de chauffage sera de 15 kWh/m<sup>2</sup>/an (niveau des passivhaus allemands), en énergie primaire. Avec l'électricité pour énergie de chauffage! Mais avec un prototype de pompe à chaleur sur l'air extrait que nous avons développé avec un industriel français. Avantage : on pourra s'il le faut, assurer un peu de rafraîchissement en été.

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 bilan énergétique et carbone seraient catastrophiques.

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 2 : La stratégie de rénovation à mettre en place

---

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 : Quelles solutions techniques ?**

La question qu'il faut maintenant résoudre est celle de savoir comment est-ce qu'on peut, techniquement, rénover des bâtiments existants à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Il existe deux méthodes :

- 1- aller voir à l'étranger ce que les autres ont fait,
- 2 - utiliser la simulation dynamique.

Un pays est très avancé en matière de rénovation thermique : l'Allemagne. On présentera plus en détail (voir chapitre 6) les programmes de rénovation allemands, les solutions mises en œuvre et les résultats obtenus. Mais il faut d'ores et déjà retenir que des programmes comme « Niedrigenergiehaus im Bestand » sont des programmes affichant exactement les mêmes objectifs performanciers que ceux du programme de rénovation proposé ici. La première tranche de ce programme allemand s'est déroulée de 2003 à 2005 et il concernait 50 bâtiments dans toute l'Allemagne. Les objectifs ont été atteints partout. On peut donc déjà retenir que rénover à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an c'est techniquement faisable : les Allemands l'ont fait les premiers et le font aujourd'hui de façon courante.

Et en France ?

### **3 - 1 L'approche par simulations dynamiques**

Au début des travaux de définition de ce programme de rénovation thermique que nous avons commencé au printemps 2003, il n'existait pas encore de rénovation à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. Nous avons donc procédé par simulation dynamique. Rappelons qu'il s'agit de méthodes numériques assez lourdes procédant à un calcul des équilibres thermiques dans le bâtiment au pas de temps de l'heure (ce qui conduit à 8760 points de calcul pour une année). S'ils sont utilisés avec soin aux moyens de données de qualité, ces codes de calcul sont à l'heure actuelle la manière la plus exacte de prévoir le comportement thermique d'un bâtiment et de déterminer tout à la fois sa consommation annuelle et les températures intérieures, que ce soit en hiver ou en été.

Deux grandes études ont permis cette approche :

- la première a été réalisée pour le Collectif d'Industriels « Isolons la terre contre le CO<sub>2</sub> ». Ce collectif est convaincu du bien-fondé de la rénovation performante du parc bâti. Le travail a permis d'effectuer 3.500 simulations sur des bâtiments réels représentatifs du parc existant. Sans préjuger des technologies alors disponibles en France (probablement insuffisantes), l'approche retenue s'est voulue purement exploratoire en ce sens qu'elle ne s'est pas bornée aux matériels disponibles sur le marché français. Elle a plutôt cherché à

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?**

---

définir la nature des performances que chaque type de composant devrait satisfaire pour contribuer à atteindre la performance globale recherchée. Le but était seulement d'explorer pour comprendre dans quelle direction il fallait s'engager.

- La seconde étude a porté sur les bâtiments de la première opération de rénovation thermique à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an que nous avons engagée en France à Mulhouse. Plusieurs petits bâtiments datant du début du XX<sup>ème</sup> siècle étaient concernés. Le même type d'approche a été entrepris et des résultats identiques à la première étude ont été trouvés. Le rapport complet de cette étude peut être téléchargé sur notre site internet ([http:// sidler.club.fr](http://sidler.club.fr)).

La méthodologie commune à ces deux études était la suivante :

1 - l'outil de simulation a d'abord été calé sur un bâtiment qui avait fait l'objet d'un suivi de mesure complet pendant une année, ceci afin de s'assurer que les principaux paramètres d'entrée avait été correctement choisis,

2 - calcul du « point zéro » destiné à connaître la consommation du bâtiment dans son état actuel,

3 - nous avons fait l'inventaire de tous les paramètres susceptibles de varier, et dont l'étude pouvait présenter un intérêt, ne serait ce qu'à titre exploratoire,

4 - pour chacun des paramètres retenus, nous avons ensuite défini une plage de variation. De façon très claire, le parti a été pris d'explorer les conditions techniques conduisant au résultat cherché sans se préoccuper de savoir si les technologies étaient ou non disponibles, partant plutôt de l'idée que cette étude devait servir, au contraire, à définir les performances des équipements ou matériaux nouveaux nécessaires pour accéder aux objectifs assignés. Toutefois, nous n'avons pas pratiqué entièrement « à l'aveugle ». Nous avons étudié le marché allemand des produits et matériels déjà commercialisés et mis en oeuvre dans les constructions du type PassivHaus (15 kWh/m<sup>2</sup>/an).

A noter que dans tous les cas, les systèmes de chauffage (pour chaque énergie) ont été choisis à leur meilleur niveau technique disponible en France. Ce paramètre n'a pas fait l'objet de variantes.

5 - mise en oeuvre des calculs de simulation conduisant à autant de valeurs de la consommation de chauffage par m<sup>2</sup>,

6 - calculs économiques,

7 - choix des meilleures solutions technico-économiques.

#### **3-1-1 L'isolation du bâti**

##### ***Principe de la simulation :***

Pour des facilités de simulation et pour ne pas multiplier les cas de figure, seule l'isolation des parois verticales a fait l'objet de variations paramétriques. C'est également l'isolation de ces parois qui sera à l'origine d'une réduction de la surface habitable et qu'il conviendra de minimiser.



## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

#### *Planchers hauts et bas*

Voici, pour chaque type de parois, les caractéristiques des différentes valeurs de la résistance thermique *additionnelle* mise en œuvre dans les simulations :

Type de plancher	R1	R2	R3	R4
En combles	7,5	7,5	7,5	7,5
Sous rampants	2,9	4,3	5,7	7,5
En sous-face de plancher bas sur sous-sol	0	2,9	4,3	5,7

**Figure 3.1 : Résistances thermiques additionnelles (en  $m^2 \cdot C/W$ ) des planchers hauts et bas**

#### *Murs extérieurs*

Pour des raisons stratégiques indiquées au § 2.1, on a procédé par isolation intérieure.

Néanmoins, à chaque fois que la solution de l'isolation par l'extérieure sera possible, elle doit être envisagée, car elle simplifiera les travaux de rénovation et conduira à de meilleures performances thermiques.

Notons que dans les bâtiments très anciens dotés de planchers en bois, les ponts thermiques sont plus réduits et concernent essentiellement les liaisons entre refends et murs extérieurs.

Dans ce qui suit, il faut considérer les valeurs de la résistance thermique additionnelle (parfois très élevées) comme purement exploratoires. La question à laquelle nous devons répondre était : vaut-il mieux isoler les parois verticales avec des résistances thermiques très élevées (voire inexistantes aujourd'hui sur le marché), ou bien recourir à d'autres technologies ?

Type d'isolation murale	Valeur de la résistance thermique <i>additionnelle</i>
R1	R = 2,9 $m^2 \cdot K/W$
R2	R = 4,3 $m^2 \cdot K/W$
R3	R = 5,7 $m^2 \cdot K/W$
R4	R = 7,5 $m^2 \cdot K/W$

**Figure 3.2 : Isolation des murs par l'intérieur - Résistances additionnelles prises pour les simulations**

#### **3-1-2 Le choix des menuiseries et des vitrages**

Dans tous les cas de figure les menuiseries extérieures ont été changées. Quatre types de solutions ont été envisagées, en fonction du type de menuiserie et du type de vitrage :

Type de menuiserie	Type de vitrage	$U_g$ (fenêtre) $W/m^2 \cdot K$	$U_w$ (vitrage) $W/m^2 \cdot K$	Facteur solaire (%)
Bois	Double peu émissif avec argon	1,70	1,10	58
Bois non renforcé (solution à la française)	Triple peu émissif avec argon (4-16-4-16-4)	1,10	0,60	52
Bois - Double fenêtre	Triple peu émissif avec argon	0,97	0,55	42
Bois/liège ou équivalent	Triple peu émissif avec argon	0,78	0,60	52

**Figure 3.3 : Menuiseries extérieures et type de vitrage choisis pour la simulation**

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

---

**Remarque 1** : pour la référence de vitrage disponible en France, nous avons adopté une valeur de  $U$  global assez conservatrice ( $U_w = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) liée à l'utilisation de bois pour la menuiserie, plutôt que de PVC. L'utilisation de celui-ci peut permettre d'atteindre des valeurs de  $U$  global de l'ordre de 1,4 à 1,5  $\text{W/m}^2\text{K}$ .

**Remarque 2** : la solution baptisée « bois non renforcé » correspond aujourd'hui à une réalité, mais en 2004 il s'agissait d'une technique qui n'existait pas encore en France. Dans l'utilisation des triples vitrages, les allemands utilisaient des menuiseries de type « sandwich » avec une succession d'épaisseurs de bois et d'isolant. Mais cette technologie ne paraissait pas envisageable rapidement en France. Nous avons donc imaginé de faire appel à une technologie plus simple : le triple vitrage sur menuiserie en bois massif avec un profil plus épais que pour le double vitrage. Ce produit existe aujourd'hui sur le marché français et plusieurs menuiseries industrielles le proposent.

#### 3-1-3 Le renouvellement d'air

Le renouvellement d'air est un des principaux problèmes posés par la rénovation. Dans les logements anciens, il existe en général un débit de renouvellement d'air parasite. Ce débit est très difficile à évaluer. Il est surtout très irrégulier, excessif les jours de vent, et très insuffisant les jours où règne l'anticyclone. Les pathologies (moisissures, « fantômes », etc) sont nombreuses, qui attestent de l'insuffisance globale de ce débit.

Le risque, lors de la rénovation, est de rendre définitivement étanches les logements, notamment lors du remplacement de toutes les menuiseries extérieures, source principale de renouvellement d'air dans les bâtiments anciens.

Nous avons donc adopté deux hypothèses que nous avons systématiquement mises en œuvre dans l'ensemble des cas simulés :

- d'abord, nous avons estimé à 0,5 vol/h le débit de renouvellement d'air moyen (à l'échelle de l'année) dans les logements existants, et nous avons décidé de conserver cette valeur dans le calcul des bâtiments après transformation. Ce débit correspond aussi à la valeur moyenne annuelle du renouvellement d'air telle que nous avons pu la mesurer dans l'immeuble expérimental neuf que nous avons instrumenté pendant une année à Villeurbanne. Elle reflète donc une situation réelle, et prend en compte les durées effectives de ventilation cuisine en grand et petit débits.

- nous avons considéré que ce débit pouvait être atteint uniquement au moyen de ventilation mécanique, ce qui paraît réaliste, et par deux techniques :

- soit en simple flux auto réglable, de façon à respecter le débit de 0,5 vol/h en permanence. Ce choix est important, car il existe effectivement des techniques de ventilation simple flux plus performante (l'hygroréglable) mais qui sont fondées sur une réduction du débit d'air, ce qui ne nous paraît pas être pour l'instant une solution acceptable d'un point de vue sanitaire en logement ancien (nous reviendrons sur ce point ultérieurement),

- soit en double flux, récupération de chaleur sur l'air extrait, au moyen d'un échangeur d'efficacité minimum de 70 %.

Cette valeur de 70 % est aujourd'hui très largement dépassée par les produits mis en vente notamment sur le marché allemand et qui affichent des efficacités de 95% pouvant même atteindre 99 % (pour des échangeurs individuels)! Certes il s'agit de mesures en laboratoire. Avec l'encrassement et les vicissitudes de la réalité (équilibre des débits, etc), il est très raisonnable et prudent d'adopter une valeur de 70 %.

La ventilation double flux avec récupération de chaleur est connue et utilisée en France depuis plusieurs décennies.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?**

---

En immeuble collectif, la technique de rénovation par système centralisé n'est pas la seule possible. Il existe deux alternatives :

- les systèmes individuels regroupant dans un faux plafond ou un placard du logement, un échangeur et deux moto-ventilateurs. Cette solution individuelle est parfaitement adaptée au rénovation d'un seul logement dans un immeuble (puisque dans ce cas la rénovation collective n'est pas possible),

- des systèmes de ventilation dont les réseaux n'opèrent plus verticalement (depuis la toiture), mais horizontalement depuis la façade.

C'est précisément la démarche qui a été adoptée en Allemagne, pays récemment acquis à la ventilation mécanique. Plusieurs systèmes double flux d'une efficacité d'échange de 70% et parfois supérieure ont été trouvés chez des fabricants allemands. Ces systèmes sont adaptés à la rénovation car ils s'installent dans les murs extérieurs. Il n'existe aucun réseau de gaines de ventilation qui relie les différentes pièces des logements. Certains systèmes intègrent dans le même bloc la prise d'air neuf, le soufflage, la reprise, le rejet et l'échangeur. Un bloc par pièce est nécessaire. D'autres fonctionnent par deux blocs (un par pièce) qui assurent en alternance le soufflage et la reprise.

**Perméabilité à l'air de l'enveloppe** : ce point est extrêmement important dans les bâtiments performants, qu'ils soient neufs ou rénovés. Mais les maîtres d'œuvre et entreprises français ne sont pas encore acquis aux techniques qui permettent d'atteindre de très bonne performance. Car ces techniques procèdent d'abord d'un bon dessin (une bonne conception), puis de l'utilisation de produits qui commencent à peine à être présents sur le marché français.

Nous avons donc préféré, dans les simulations, ignorer l'apport de ce savoir faire potentiel. Nous avons supposé que les bâtiments étaient de perméabilité moyenne (celle qui correspond à ce que l'on sait à peu près faire en France).

Mais il faut d'ores et déjà inscrire dans les évolutions futures de ce programme de rénovation la prise en compte de performances voisines de ce que les allemands obtiennent (du type 0,6 vol/h sous 50 Pa au test de la porte soufflante).

#### **3-1-4 Les apports internes et scénarii d'occupation**

Nous n'avons utilisés pour les simulations que des valeurs issues des mesures effectuées dans l'immeuble qui a fait l'objet d'un suivi pendant une année. A noter que dans tous les cas de figure, on a considéré l'existence d'un ralenti de nuit.

#### **3-1-5 Energie et technologie de chauffage**

Une fois l'enveloppe rénovée, il faut mettre en place des systèmes de production de chaleur très performants, puisque c'est la consommation en énergie primaire, et non seulement les besoins, qui est visée.

##### ***3.1.5.1 L'électricité***

###### ***3.1.5.1.1 Bâtiments actuels***

Aux fins de la simulation, on a supposé que les installations existantes, celles qui ont permis le calcul du point zéro, étaient équipées de convecteurs électriques.

#### *3.1.5.1.2 Bâtiments rénovés*

Deux solutions sont en théorie possibles :

- le *chauffage par convecteurs électriques*

Compte tenu du mode de calcul en énergie primaire, cette solution n'aura aucune chance de satisfaire les exigences requises. Il lui faudrait pour cela une enveloppe trois fois plus isolante, ce qui paraît difficile. Nous n'avons pas étudié ce cas.

- la *pompe à chaleur avec COE annuel > 3.0*

Cette technologie est une bonne réponse à partir du moment où le coefficient d'exploitation (rapport de l'énergie thermique récupérée à l'électricité consommée par la pompe à chaleur et ses auxiliaires) est supérieur à 3. Compte tenu du rendement de la production électrique actuelle, le rendement global d'une PAC est tout à fait comparable avec celui des combustibles (et il peut même être meilleur). C'est une des manières les plus intelligentes d'utiliser l'électricité. Et compte tenu des très faibles niveaux de puissance thermique nécessaires dans les bâtiments une fois l'enveloppe améliorée, l'investissement ne devrait pas être important.

Pour obtenir un COE > 3 on peut par exemple utiliser :

- une pompe à chaleur raccordée sur un réseau enterré de tubes (soit par forage, soit en surface). Cette technologie est bien connue depuis assez longtemps, et très bien maîtrisée,

- une pompe à chaleur sur l'air extrait. Les très faibles niveaux de consommation auxquels on est désormais conduits rendent tout à fait possible cette solution. Cela fait partie des avantages des bâtiments à basse consommation. Il est à noter que dans le cas d'une PAC sur l'air extrait, il n'est pas nécessaire de rajouter un échangeur de chaleur sur le réseau VMC comme celui décrit au § 3.1.3 : cet échangeur est en fait déjà présent dans la pompe à chaleur (c'est son évaporateur en hiver).

En France ce système existe déjà. Au moins deux sociétés le proposent : France Air et Aldès. Toutefois, les dispositifs actuels de régulation terminale ne sont pas satisfaisants et devront être complètement modifiés.

#### **3.1.5.2 Le gaz**

On a supposé que dans les bâtiments actuels, la production de chauffage est assurée par des chaudières murales à gaz double service de 23 kW.

Dans les bâtiments rénovés, nous avons systématiquement privilégié les chaudières à condensation. En effet, les bâtiments concernés sont tous des bâtiments déjà équipés de radiateurs. La rénovation de l'enveloppe aura pour effet une réduction spectaculaire des régimes de température nécessaires (par exemple, au lieu d'un régime 90/70°C on pourra chauffer avec 50/40°C), ce qui constituera une situation particulièrement favorable à la condensation (on condensera fortement toute l'année) qui permettra ainsi d'obtenir des rendements d'exploitation très élevés.

### **3.1.5.3 Le fioul**

La solution utilisée en rénovation est une chaudière fioul à haut rendement, à l'exclusion de toute autre solution moins performante.

### **3.1.5.4 Le bois**

Le bois n'a pas fait l'objet de simulations particulières car sur le plan énergétique et le plan carbone c'est la meilleure solution. On pourra toujours utiliser une chaudière à bois, que le bois soit en plaquettes ou en granulés.

Mais les solutions qui sont recommandées ne concernent que les systèmes finement régulés, ce qui excluent les dispositifs de chauffage comme les inserts ou les poêles si ceux-ci ne disposent pas de système de régulation permettant la mise en veille de la combustion.

### **3-1-6 Equivalence adoptée entre énergie primaire et énergie finale**

Les objectifs de consommation assignés sont exprimés en énergie primaire. Il est donc nécessaire de transformer les résultats fournis par la modélisation, puisqu'il s'agit d'énergie finale. Pour le gaz, nous avons travaillé en kWh<sub>PCS</sub> (pouvoir calorifique supérieur), et nous avons utilisé un coefficient de conversion de 1. Les rendements de génération exprimés en PCI par les fabricants sont donc divisés par les coefficients 1,11.

Pour l'électricité, bien que le coefficient officiel de 2,58 ne reflète aucunement la réalité (qui est plus proche de 3,2 dans le secteur résidentiel et tertiaire), c'est ce coefficient qui a été utilisé.

## **3 - 2 Résultats et scénarii**

### **3-2-1 Présentation des résultats de simulation**

Le nombre de simulations a été de 3500 dans la première étude et de 350 dans la seconde. Tous les cas de figure ont été envisagés. Mais le nombre de cas étudiés a rendu quelque peu difficile l'interprétation générale...

Pour chaque bâtiment, et en fonction de chaque type d'énergie, de chaque zone climatique et du type de ventilation, les résultats ont été regroupés sur un même graphique. En pied de graphique, on trouve les paramètres caractérisant les différents cas de simulation. Quatre paramètres ont été systématiquement étudiés et ont fait l'objet de paramétrisation :

- la résistance thermique des murs,
- la résistance du plancher bas sur cave,
- la résistance des rampants,
- la nature et la résistance des menuiseries extérieures.

Dans toutes les simulations, la résistance additionnelle en combles n'a pas fait l'objet d'une paramétrisation : elle a été fixée à 7,5 m<sup>2</sup>C/W pour tous les cas de figure.

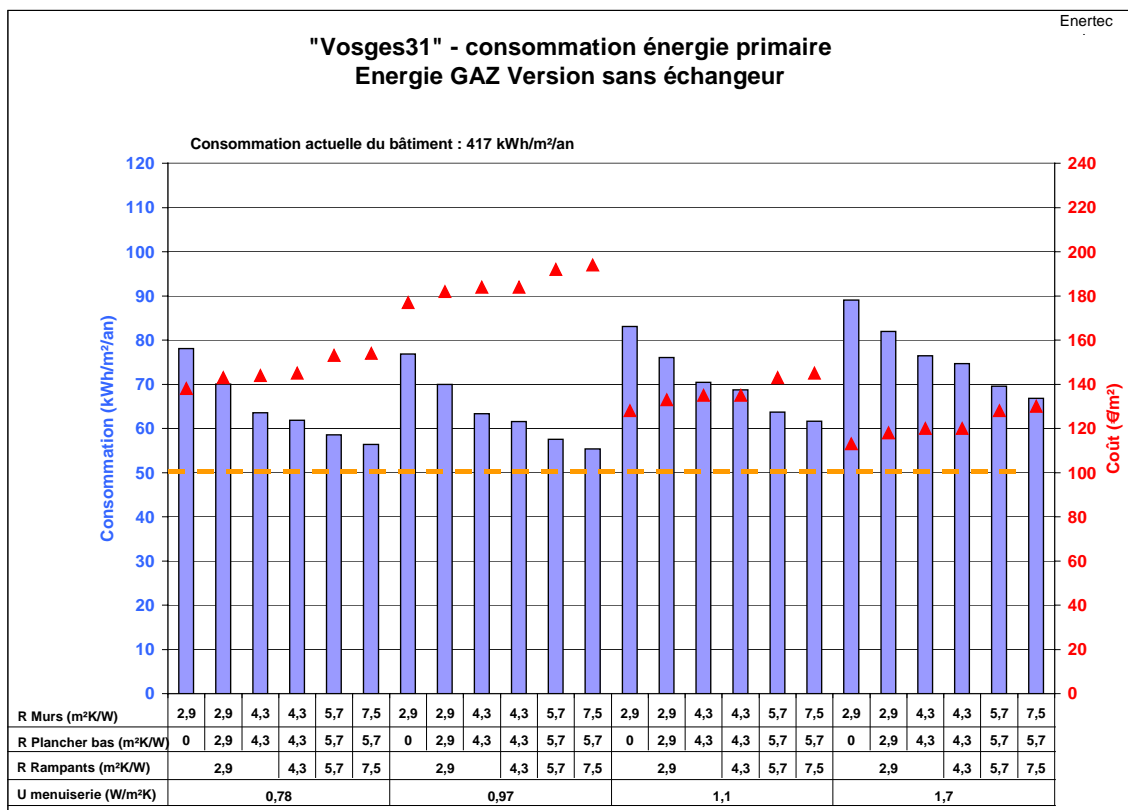
Enfin le coût (et non le surcoût) de chaque solution est matérialisé sur le graphique par un petit triangle. L'échelle afférente est à droite du diagramme. Elle est exprimé en €TTC par

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

m<sup>2</sup> de surface habitable. Une TVA de 5,5 % (propre aux travaux de rénovation) a été incluse. On reviendra ultérieurement sur les coûts.

La présentation complète des résultats serait un peu longue dans ce document de synthèse. Mais afin de voir les tendances fortes, on va examiner un exemple. Si on prend le cas du gaz, les figures 3.4 et 3.5 concernent les opérations de Mulhouse (mais on retrouve le même type de résultats pour toute la France). Le premier présente le cas d'une installation simple flux autoréglable, et le second la solution double flux avec récupération de chaleur.



*Figure 3.4 : Performances d'un logement rénové, chauffé au gaz avec ventilation simple flux autoréglable*

On observe que :

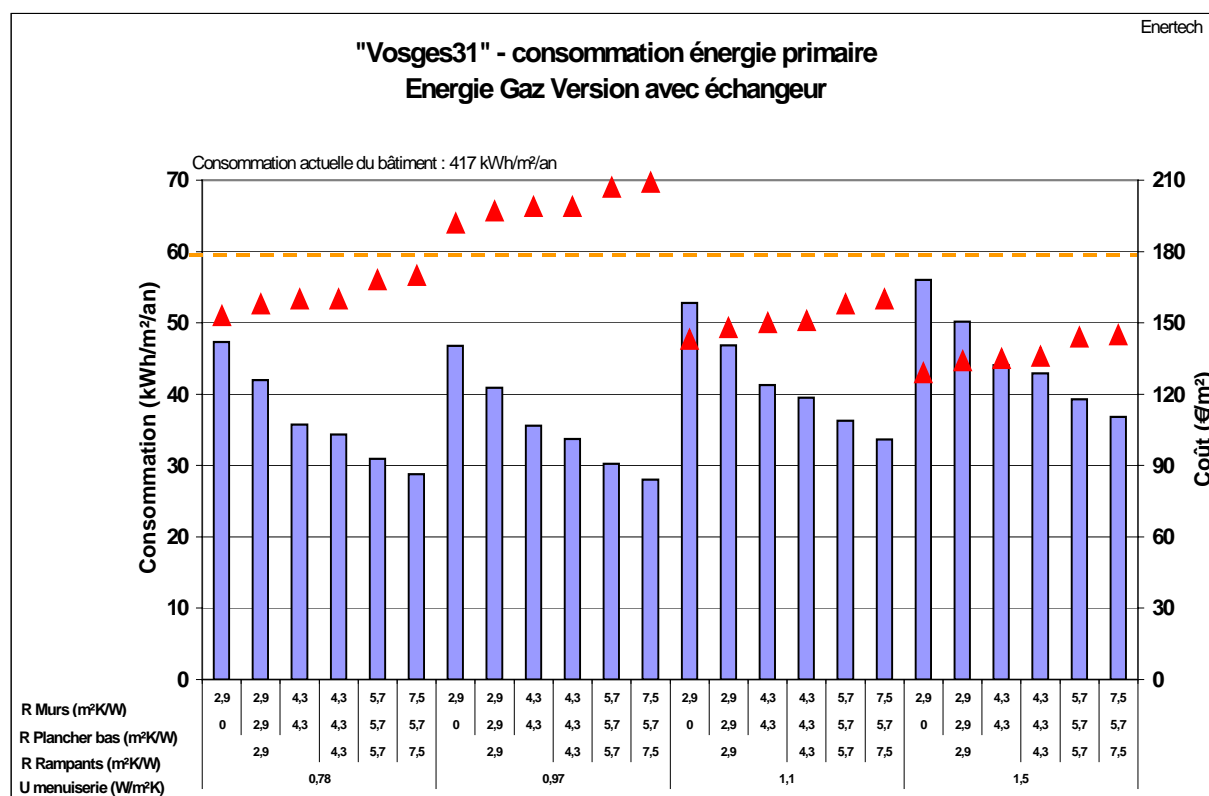
- **l'objectif de 50 kWh/m<sup>2</sup>.an n'est jamais atteint**, quelle que soit la nature des améliorations thermiques retenues, si l'on n'utilise pas d'échangeur entre air neuf et air extrait,
- avec la technologie de vitrage la plus performante disponible en 2004 en France (double vitrage peu émissifs avec lame d'argon), on ne peut même pas descendre sous les 70 kWh/m<sup>2</sup>.an, même en utilisant des résistances thermiques de 7,5 m<sup>2</sup>°K/W sur les murs,
- la technologie de la fenêtre équipée de triple vitrage peu émissif à lame d'argon et celle de la double fenêtre conduisent à des performances sensiblement identiques. Mais à l'échelle globale du projet, le surcoût de la double fenêtre sur le triple vitrage est d'environ 40 €/TTC/m<sup>2</sup> de surface habitable,
- **si l'on ne considère que les technologies disponibles en France en 2004, le fait de ne pas recourir à un échangeur sur l'air extrait ne permet pas d'obtenir une**

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

performance meilleure que 80 kWh/m<sup>2</sup>.an pour une opération et 75 kWh/m<sup>2</sup>.an pour l'autre (résistance des murs, des planchers bas et des rampants de 4,3 m<sup>2</sup>°K/W).

En conclusion, il est clair que l'absence de récupération de chaleur sur l'air extrait ne rend pas possible l'objectif assigné de 50 kWh/m<sup>2</sup>.an.

La figure 3.5 montre les performances avec de la récupération de chaleur.



*Figure 3.5 : Performances d'un logement rénové, chauffé au gaz avec ventilation double flux et récupération de chaleur*

On observe désormais que :

- l'objectif de 50 kWh/m<sup>2</sup>.an est très facilement atteint par toutes les combinaisons de solutions technologiques, hormis trois. **L'utilisation d'un échangeur entre air neuf et air extrait apparaît donc comme une solution technique incontournable.** Sans elle il n'y a pas de possibilité d'atteindre le résultat recherché. Cette première conclusion est importante, car elle va structurer profondément la nature des travaux de rénovation,

- L'intérêt des différentes technologies de vitrage peut être apprécié avec une bonne précision. En effet, si la consommation de référence est celle du double vitrage peu émissif à lame d'argon, alors :

- le passage à un triple vitrage peu émissif à lames d'argon avec châssis bois non renforcé permet de gagner environ 4 à 6 kWh/m<sup>2</sup>.an selon le niveau des autres mesures d'isolation mises en oeuvre,

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

- le passage à une double fenêtre, ou à un triple vitrage peu émissif à lames d'argon sur châssis bois renforcé, permet de gagner 9 à 11 kWh/m<sup>2</sup>.an selon le niveau des autres mesures d'isolation mises en œuvre.

Quelques constantes reviennent systématiquement dans ces graphiques, quelle que soit la zone climatique ou l'énergie utilisée :

1 - pour atteindre 50 kWh/m<sup>2</sup>/an le **triple vitrage s'impose en rénovation** lorsqu'on utilise l'isolation par l'extérieur afin de compenser l'effet des ponts thermiques qui subsistent (notamment refends/mur extérieurs).

2 - **la nécessité de recourir à une ventilation double flux avec échangeur est impérative.** La présence de la récupération de chaleur fait gagner 20 à 25 kWh/m<sup>2</sup>/an. Sans elle, on n'arrive pratiquement jamais à atteindre la performance visée, dans l'état actuel des hypothèses de calcul adoptées. C'est une contrainte forte, mais incontournable. Au demeurant, l'Allemagne qui n'utilisait jadis jamais la ventilation mécanique y est arrivée avec la recherche des constructions à très faible consommation d'énergie. Mais elle a été directement à la ventilation double flux sans même passer par l'étape intermédiaire du simple flux.

3 - la seconde observation récurrente est très importante pour construire une stratégie. **On constate en effet que la nature des parois initiales d'un bâtiment n'a pas un impact sensible sur la performance thermique finale après rénovation.** Ceci s'explique très bien car la résistance additionnelle est tellement plus importante que la résistance du mur nu d'origine, que la performance finale ne dépend pratiquement plus que d'elle. Par exemple, entre un mur en pierre de 60 cm et un mur en béton de 20 cm, l'écart de consommation finale après rénovation (et adjonction d'une résistance équivalente à 15 cm de laine minérale) d'une maison individuelle varie entre 1 et 1,5 kWh/m<sup>2</sup>hab/an. C'est insignifiant quand on part de 300 ou 350 kWh/m<sup>2</sup>/an ! Mais la conséquence de cette observation est fondamentale : **il n'y a rigoureusement aucun intérêt à faire un diagnostic préalable sur un bâtiment existant. La prescription n'en dépend pas et le résultat sera invariable en fonction de cette prescription.** Cela simplifie considérablement le processus de rénovation et mérite singulièrement qu'on s'attache à ce détail, au lieu de chercher à montrer que la France n'est qu'une mosaïque de cas particuliers qui nécessite en conséquence une mosaïque de solutions.

La difficulté à ce stade de la recherche a été de savoir comment tirer des conclusions simples et générales d'autant de simulations, et comment fixer des règles de calcul.

Dans un premier temps, il a paru légitime, mais on va voir que ce n'était pas une bonne idée, de différencier les performances cibles des bâtiments en distinguant le type de bâtiment (individuel ou collectif) et la zone climatique. Au lieu que chaque logement recherche une consommation de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an on arrivait donc aux objectifs différenciés suivants :

Types de bâtiments	Zones climatiques		
	H1	H2	H3
Maisons individuelles	65	45	35
Immeubles collectifs	55	35	25

en kWh/m<sup>2</sup>/an

Moyenne nationale pondérée : 51,75 kWh/m<sup>2</sup>/an



***Figure 3.6 Proposition de valeurs pondérées de la contrainte énergétique (fausse bonne idée)***

Ces valeurs conduisaient, après pondération sur le parc de logements de chaque zone climatique, à une valeur moyenne de 51,75 kWh/m<sup>2</sup>/an, donc sensiblement en phase avec l'objectif assigné.

Cette approche semblait en effet légitime et conforme à tout ce qui se pratique en France depuis le début des réglementations thermiques.

Face à des contraintes différenciées, avec des solutions techniques multiples, il devenait très difficile de se faire une philosophie d'action claire. L'idée est alors venue de faire des scénarii.

### **3-2-2 L'approche par scénarii**

On a fait trois scénarii pour tenter de faire émerger une stratégie simple et cohérente.

#### ***3.2.2.1 Scénario n°1 : on n'utilise que les technologies fabriquées en France***

A l'heure de l'Europe cette stratégie peut surprendre, mais elle constituait néanmoins un cas d'école intéressant dans la mesure où elle permettait à l'industrie de notre pays de se situer face aux enjeux énergétiques.

Nous avons recensé pour chaque mesure dont nous avons besoin la performance accessible avec les matériels français fabriqués en 2004. Rappelons qu'à cette époque, il n'y avait pas en France de menuiseries équipées de triple vitrage, pas plus que de pompes à chaleur sur l'air extrait. Il n'y avait pas non plus tous les Avis Technique pour les épaisseurs d'isolant dont nous avons besoin dans certains cas.

Le résultat était simple : il était alors impossible d'atteindre tous les objectifs fixés au moyen des matériels vendus en France.

La leçon était claire pour l'industrie : si on veut s'attaquer à la basse consommation (en rénovation comme en neuf d'ailleurs) il va forcément falloir disposer sur le marché de produits beaucoup plus performants. Cela ne touchait pas de la même manière tous les industriels : il y avait peu de véritables manques en matière d'isolation. En revanche, il y avait une totale absence de menuiseries triples vitrage, très peu de systèmes énergétiques performants (PAC à fort COP, chaudière de basse puissance, systèmes combinés, etc). C'était une première leçon.

#### ***3.2.2.2 Scénario n°2 : on utilise les technologies disponibles en Europe***

Cette approche est légitime. L'Europe a été créée pour cela....

On est alors parvenu à satisfaire chacune des catégories de logements, et dans toutes les zones climatiques, avec toutes les solutions de chauffage.

Mais ceci amène à se poser une question de fond : faut-il choisir, comme ce scénario nous invite à le faire, une solution différente pour chaque configuration de bâtiment ? Cette idée est appuyée sur le principe d'une optimisation individuelle des choix techniques. Elle est en principe, mais en principe seulement, moins chère. Elle répond à un besoin de gestion individuel de chaque maître d'ouvrage : je dois résoudre MON problème, sans me préoccuper du problème de mon voisin.

C'est une approche universellement défendue et que l'on serait donc tenté de cautionner volontiers. Mais il convient de se demander si ces présupposés sont exacts, et si la

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?**

---

rationalité économique est effectivement la première caractéristique de cette approche. Ce n'est pas si sûr....

En effet, le principe qui sous-tend cette démarche repose sur une obligation de résultats : atteindre chacun sa cible de performance de la façon la moins chère possible. Pour cela il faudra donc que chaque maître d'ouvrage, individuellement, soit capable, par un calcul relativement sophistiqué, de déterminer quelles sont la nature et les caractéristiques des composants qu'il conviendra de mettre en oeuvre pour obtenir le résultat recherché. Cette première étape posera d'emblée d'importants problèmes à chaque maître d'ouvrage. Et puis elle aura un coût non négligeable. Enfin, elle transformera en maquis la rénovation thermique car il y aura de nombreuses combinaisons techniques pour satisfaire chacun au plus juste. Et ce maquis aura pour effet de brouiller la perception et la lisibilité des opérations de rénovation. Cette confusion risque tout simplement de faire échouer la politique de rénovation qui sera alors jugée trop complexe, et hors de portée de chaque propriétaire. Sans compter qu'il y a en France peu de structures susceptibles de travailler pour des particuliers et de faire des calculs d'optimisation thermique justes et surtout précis (ce que nécessite ce type de bâtiment).

**Il faut aussi se souvenir que 73 % des logements anciens sont dans de petits immeubles de moins de dix logements, et que 53% sont des logements individuels. Très clairement cela signifie que les professionnels les plus concernés seront, dans l'état actuel d'organisation des entreprises, plutôt de petites entreprises ou des artisans. Et pour ces entreprises, l'idée de faire des calculs complexes a toujours été rejetée très clairement au cours des entretiens que nous avons eus avec leurs représentants. Ceci est une réalité incontournable qui doit être prise en compte.**

**En conséquence, la bonne approche sera forcément très simplifiée, afin de s'adapter à la réalité du terrain. Donc loin de complexifier l'approche, il va falloir la dépouiller.**

#### *3.2.2.3 Scénario n°3 : dit « de la solution technique universelle »*

Ce qui précède montre qu'il faut une vraie rupture avec nos façons habituelles de penser si l'on veut réussir un grand programme de rénovation de l'habitat. Traditionnellement le raisonnement est en effet celui-ci :

- à chacun son problème et sa solution. C'est l'approche latine individualiste classique,
- chacun devra satisfaire à une obligation de résultats. Il devra d'abord faire des calculs complexes (avec des méthodes officielles qui ont la réputation d'être inextricables pour les hommes de terrain). Et il devra ensuite prouver qu'il atteint bien la performance requise,
- l'entreprise qui exécutera le chantier sera donc forcément au fait de toutes les techniques issues de l'optimisation et du calcul (!). Mais en même temps, c'est bien connu, le niveau techniques des entreprises se dégrade chaque année !

Voilà une partie des présupposés souvent contradictoires (demander à la fois aux entreprises une maîtrise accrue des technologies et les critiquer sur leur niveau de compétence est paradoxale mais fréquent) qui sont en vigueur. A l'évidence on ne peut pas emprunter cette voie.

D'où l'idée du troisième scénario, fondée sur le pragmatisme. Elle répond à la question : « Et si l'on imposait les mêmes prestations à tous les logements lors de la

rénovation ? ». **Plutôt que de chercher chacun pour soi à atteindre un objectif individuel, pourquoi ne pas se dire que c'est à l'échelle du pays que l'objectif doit être globalement atteint, sans préoccupation du résultat individuel ?**

Cette approche peut *a priori* paraître choquante, en tous cas en France où l'on s'est toujours évertué à concevoir avec une grande minutie des solutions destinées à chaque cas particulier, conduisant souvent à une mise en œuvre laborieuse, complexe, et par voie de conséquence pas toujours efficace. Mais en l'occurrence, ce qui importe désormais n'est pas que chacun atteigne SA cible, mais plutôt que le parc bâti français atteigne, en moyenne 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. Ceci libère déjà un premier degré de contrainte.

L'idée est donc d'imposer à tous les logements, quels qu'ils soient et où qu'ils soient, exactement les mêmes règles de rénovation (même type de vitrage, même résistance thermique additionnelle pour chaque type de paroi, etc) en choisissant un niveau de performance et de contrainte « raisonnable », conduisant *ipso facto* à un coût « raisonnable », mais en choisissant ces contraintes de façon telle que, à l'échelle du pays, la performance moyenne soit bien de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. Certains logements auraient des performances bien meilleures que d'autres, mais qu'importe. Le coût des travaux, ramenés au m<sup>2</sup>, serait sensiblement le même pour tous.

Fixer pour tout le monde les mêmes règles constructives de rénovation pourrait donc avoir une double conséquence :

- que certains n'atteignent pas la performance assignée, mais que d'autres en revanche obtiennent un niveau de consommation inférieur à la cible. Des logements seront à 25 kWh/m<sup>2</sup>.an et d'autres à 70, mais quand on part de 300 ou 350 kWh/m<sup>2</sup>.an, cela ne change guère le résultat économique et n'influence qu'assez peu la rentabilité de l'opération,
- que le coût opérationnel d'une telle mesure soit très inférieur à celui de la solution de référence.

Ainsi est née l'idée de la **solution technique universelle (STU)**.

### **3 - 3 La solution technique universelle**

#### **3.3.1 Description, principe et intérêt**

Les dispositions de la solution technique universelle, communes à chaque projet, sont les suivantes :

#### ***La solution technique universelle (STU)***

Cinq dispositions à adopter obligatoirement :

- 1 - Ajouter aux murs, et au plancher bas (sur garage ou sur extérieur) une résistance thermique de 4,3 m<sup>2</sup>K/W,
- 2 - Ajouter en combles ou en toiture une résistance thermique de 7,5 m<sup>2</sup>K/W,
- 3 - Remplacer les menuiseries par des menuiseries en bois non renforcées munies de triple vitrage peu émissif avec argon ( $U_w \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ),
- 4 - Mettre en oeuvre une ventilation double flux avec récupérateur de chaleur d'efficacité minimum de 70 %,
- 5 - Utiliser pour la production de chaleur soit une chaudière gaz à condensation, soit une chaudière fioul à haut rendement, soit une pompe à chaleur sur l'air

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

extrait, soit évidemment une chaudière à bois à condition que son rendement soit supérieur à 70 %.

**Variante :** On peut accepter que si le bâtiment est isolé par l'extérieur intégralement, les menuiseries peuvent n'être équipées que de doubles vitrages peu émissifs à l'argon.

Cette solution est intéressante parce qu'elle simplifie tout le processus. En effet :

1 - il n'existera qu'un seul type de produit (décliné bien sûr par chaque industriel) pour chaque type de paroi. **Car la solution technique universelle n'impose pas des solutions ou des matériaux, mais seulement des résistances thermiques.** Chaque fabricant aura donc un produit phare pour chaque type de paroi. Ce produit sera, selon les fabricants, en polystyrène, en laine minérale, en plumes de canard, en poils de chameaux ou en polyuréthane, peu importe ! Le seul point commun entre ces produits sera leur résistance thermique. Il s'agira de produits phares parce que le marché de la rénovation sera très important et qu'il ne mobilisera que quelques produits. Ces produits seront fabriqués massivement. **Donc bon marché.** Et en plus on les trouvera chez n'importe quel marchand de matériaux sans avoir besoin de les commander (à cause de la très forte demande), en n'importe quel point du territoire.

2 - L'identification de ces produits phares chez le marchand de matériaux pourra être très simple, grâce à des marquages visuels de couleur : l'isolation des murs serait par exemple identifiée par un point rouge, celle des toitures par un point vert, etc. Ce marquage simple permettrait ainsi à n'importe quel artisan de se repérer simplement et de ne pas avoir à identifier des résistances thermiques dont l'unité barbare ne peut que le dérouter. Cette disposition simple est adaptée à la réalité du terrain....

3 - 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. Et ces solutions seront « visuelles » grâce aux points de couleur identifiant les matériaux.

4 - Pour toutes les petites opérations (notamment les 53 % de maisons individuelles), il ne sera plus nécessaire de passer par un maître d'œuvre, et les artisans pourront intervenir directement. Dans un processus visant la rénovation de plus de 400.000 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 cet état de fait....

5 - On passerait d'une obligation de résultats (ce qu'est actuellement le calcul RT 2005) à une obligation de moyens (il suffit de mettre en œuvre les 5 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.**

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?**

---

6 - 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,

7 - Pour les banquiers, qui vont très vite proposer des prêts à faible taux destinés à financer spécifiquement les travaux de rénovation, la STU est très intéressante. D'abord elle conduit à des dépenses d'un type nouveau, puisqu'elles vont permettre d'économiser de l'énergie donc de l'argent ! Le banquier va donc consentir à son client un prêt sans risque. Mais en plus, les frais de dossiers vont être réduits, et les garantis minimum puisque le dispositif aura un caractère officiel (basé sur un processus réglementaire). Actuellement lorsqu'un client se présente chez son banquier avec un devis établi par un ingénieur ou un artisan, le banquier commence par envoyer son spécialiste refaire le devis et s'assurer de la viabilité économique du projet. Avec la STU, le banquier n'aura plus besoin d'aucune garantie de ce type. Les prêts seront facilement délivrés et seront moins chers.

8 - 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, au travers du crédit d'impôt notamment, à la destruction de ce gisement d'économie en favorisant la pose de matériels aux qualités tout à fait insuffisantes.

Mais grâce à la « solution technique universelle », on pourrait redonner cohérence à l'aide publique de façon très simple : l'aide ne serait octroyée à un particulier qui entreprend des travaux en cours d'occupation QUE si les matériels et les matériaux mis en œuvre faisaient partie de ceux figurant dans la solution technique universelle. Celui qui veut changer ses fenêtres ne bénéficie d'une aide que s'il pose des fenêtres munies de triples vitrages peu émissifs à lames d'argon.

En procédant ainsi, on établirait une continuité dans les travaux intermédiaires qui n'apparaîtraient plus comme des « fossoyeurs de gisement » mais comme des dispositions en parfaite continuité et en parfaite cohérence avec l'objectif final visé pour 2050 : en effet, en vendant son logement celui qui a procédé ainsi en cours d'occupation léguera à son successeur une partie des travaux de rénovation effectuée en conformité avec la STU. Il ne restera plus à l'acheteur qu'à « compléter » le travail, et le gisement ne sera pas détruit.

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 cette « solution technique universelle ».

Enfin, la solution technique universelle crée une sorte de mutualisation de l'effort. Si on impose seulement une performance intrinsèque, il est probable que les habitants des régions froides seront « défavorisés » en ce sens qu'ils devront mettre en œuvre des épaisseurs d'isolant beaucoup plus importantes que dans le reste du pays. Il est certain qu'en rénovation, qui plus est si on isole par l'intérieur, la réduction de la surface habitable fera l'objet de violentes critiques de la part des usagers, à juste titre. En acceptant de mettre en œuvre les mêmes résistances thermiques partout dans le pays, on mutualise l'effort à faire par chacun : tous les habitants du pays, quel que soit le lieu où ils demeurent, devront consentir le

**Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**  
**CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?**

---

même effort. On observera le même avantage sur le plan financier : chacun devra dépenser la même chose. Cet aspect est aussi assez favorable.

### **3.3.2 Ventilation double flux avec récupération de chaleur ou de type hygro B ?**

Question très technique mais qui doit être posée.

La ventilation double flux avec récupération de chaleur préconisée dans la STU est un système procédant par soufflage d'air neuf dans les pièces principales, reprise d'air vicié dans les pièces humides avec un échangeur de chaleur entre les flux d'air neuf et d'air vicié. Le coût de ce dispositif peut aller de 1.000 à 3.000 €HT par logement. Il a l'avantage de pouvoir faire circuler un grand débit d'air neuf dans le logement sans en être excessivement pénalisé au niveau énergétique. Au titre des inconvénients, sa consommation d'électricité par rapport à une ventilation double flux est environ 2,5 fois plus importante. Mais il existe aujourd'hui des ventilateurs à très faible consommation.

La ventilation hygroréglable procède par dépression à l'introduction de l'air neuf par les menuiseries des pièces principales, et extraction similaire au cas précédent. Mais les bouches d'entrée et d'extraction d'air sont munies de bandelettes hygro sensibles capables de détecter le niveau d'humidité (et donc la présence) dans le logement et de moduler le débit en fonction de ce niveau d'hygrométrie. Lorsque le logement est vide le débit est très faible. L'avantage de l'hygro, surtout en rénovation, est la facilité de pose et le coût. Mais c'est une solution (en neuf comme en rénovation) qui tire ses économies d'énergie de la réduction des débits de ventilation. Or la réduction de ces débits n'est, selon les médecins hygiénistes, pas forcément très opportune actuellement, compte tenu des produits, gaz, composés organiques volatils qui se trouvent encore dans les logements, du fait de l'aménagement et des finitions le plus souvent.

Le choix hygro B ou VMC double flux est donc d'abord un choix technique et économique, mais c'est aussi et peut-être surtout un choix de caractère sanitaire. Chacun décidera au cas par cas.

Quoiqu'il en soit, et sauf impossibilité majeure liée à l'encombrement, la STU propose de mettre en oeuvre la ventilation double flux.

### **3.3.3 Pour améliorer le dispositif actuel de la STU....**

La STU devra s'enrichir rapidement de trois éléments techniques qui lui font encore défaut. Il s'agit d'éléments mineurs. **Car il faut avant tout retenir que l'obtention de consommations de chauffage de l'ordre de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an ne nécessite en France aucune rupture technologique.** Tout est accessible dès aujourd'hui, si ce n'est en France, en tout cas en Europe.

#### ***3.3.3.1 Améliorer la perméabilité à l'air des logements***

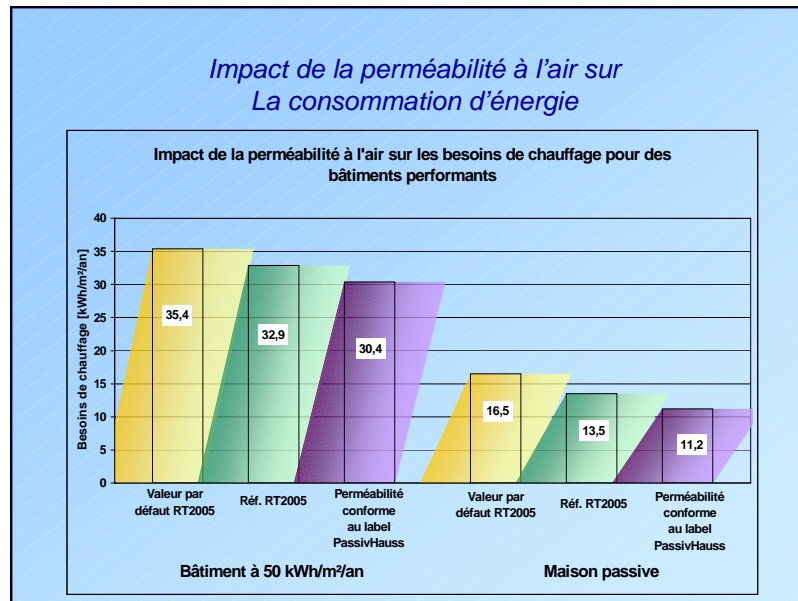
Dans un logement très isolé, toute perturbation extérieure peut avoir des effets redoutables. C'est le cas de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments. Jusqu'à aujourd'hui on a attaché peu d'importance à cette question en France, et ni les maîtres d'œuvre, ni les entreprises n'ont de savoir faire sur la question, en tout cas par comparaison à ce que font les allemands de façon courante.

Or un défaut d'étanchéité d'une enveloppe a deux effets : le premier, il crée une charge supplémentaire dans les pièces. Jusque là, pas de changement par rapport au passé. En revanche, jadis on disposait couramment de 1000 W pour chauffer une chambre, alors qu'aujourd'hui on n'aura plus que 100 ou 200 W. Et avec ce niveau de puissance, la perturbation par infiltration d'air, qui n'est peut être que de 100 W, va rendre non chauffable le logement très isolé.

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

Le second inconvénient se déduit du premier : la consommation annuelle de chauffage, sera supérieure de plusieurs dizaines de % à la valeur escomptées....



**Figure 3.7 : impact de la perméabilité de l'enveloppe sur la consommation d'un bâtiment (simulation avec TRNSYS)**

Il est donc nécessaire d'avoir en rénovation, comme bientôt en construction neuve, une approche beaucoup plus rigoureuse de la perméabilité à l'air. La STU proposera, dans sa version finale, une disposition simple pour palier ce manque. L'attention sera portée par exemple sur les trois principales causes d'infiltration d'air : la jonction menuiserie/maçonnerie, les coffres de volets roulants, et les réseaux de gaines électriques. Les solutions ne sont pas compliquées. On pourrait développer des kits avec les éléments nécessaires. Ces kits seraient vendus avec chaque fenêtre ou chaque coffre de volet roulant.

#### 3.3.3.2 Adapter l'installation de chauffage aux nouveaux besoins

Lorsqu'on divise par 6 ou 7 le niveau de besoin d'un logement, il est nécessaire de modifier certains éléments de l'installation de chauffage. Notamment les niveaux de température de départ pour les systèmes à eau chaude. La STU devra fournir également des indications sur ce point là.

Le système de régulation devront aussi être « modernisés ». Certains systèmes très courants ne sont pas très performants. La STU proposera des systèmes capables de réguler de manière réellement efficace et de maintenir le logement à un niveau de température correspondant à celui de la réglementation. Rappelons en effet que le Code de la Construction précise, en son article R 131-20, que la température des locaux d'habitation et de la plupart des locaux tertiaires ne doit pas, en hiver, dépasser 19°C.

Ce point est important parce que la consommation des logements très isolés n'augmente pas de 7% comme on le dit souvent (ceci n'est vrai que pour les bâtiments non isolés), mais de 12 à 15 % par degré supplémentaire. Ne pas respecter la température réglementaire serait donc faire échouer le programme de rénovation.



## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

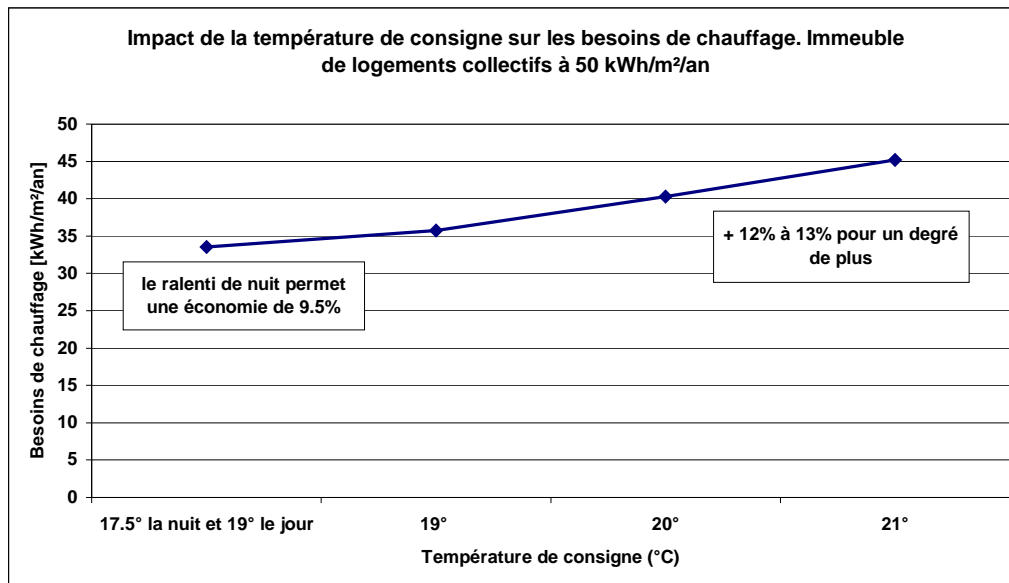


Figure 3.8 : Augmentation de la consommation de chauffage en fonction de la température intérieure (détermination par simulation dynamique)

#### 3.3.3.3 Mise en œuvre pratique de la solution technique universelle

De nombreuses opérations ont déjà été lancées en France pour éprouver cette STU, et bien sûr, le terrain est très instructif : tout n'est pas toujours possible. Comme l'objectif de la STU est le pragmatisme et la simplification de la mise en œuvre, des règles sont apparues nécessaires.

Le but n'est pas de rendre impossible la rénovation ou de la rendre très chère. Dès lors, il est proposé de ne mettre en œuvre que les dispositions qui peuvent raisonnablement l'être. Si par exemple on est sur terre plein, il n'y a pas de solution simple et bon marché pour isoler. Dans ce cas on n'isolera pas.... Car ce n'est pas en doublant l'épaisseur d'isolation murale qu'on pourra compenser. En rénovation, c'est l'homogénéité des solutions qui permet de réussir. On ne rattrape que très difficilement un défaut très prononcé sur un type de paroi.

Toutefois, on pourra dans certains cas compenser un peu : si on est par exemple en isolation par l'extérieur (variante n°1), on a en principe la possibilité de n'utiliser que double vitrage. Si on ne peut isoler le terre plein, alors on maintiendra le triple vitrage.

Il peut aussi arriver que l'épaisseur d'isolation intérieure murale ne puisse avoir la valeur désirée (par exemple à cause de la présence d'un escalier le long d'un mur). Dans un premier temps on peut jouer sur la nature de l'isolant. Si cela ne suffit pas, là aussi on acceptera des résistances thermiques plus faibles. Mais ces dérogations là resteront toujours très exceptionnelles et devront être justifiées.

Est-ce que cette stratégie aura des conséquences sur le bilan global du programme ?

Sur les expériences déjà réalisées, ce genre de situation n'a été que très exceptionnel. Il s'ensuit que l'impact énergétique sera très réduit, non pas à l'échelle du projet, mais à l'échelle nationale. Le projet pourra consommer 70 kWh/m²/an au lieu de 50. Mais cela n'aura guère d'incidence économique compte tenu du point de départ voisin de 300 kWh/m²/an.

En conclusion, la STU doit être mise en œuvre de manière « souple », sans se focaliser sur certains points qui pourraient être trop complexes à résoudre. Mais les dérogations ne doivent être qu'exceptionnelles et parfaitement motivées.

#### *3.3.3.4 Comment faire en copropriété ?*

Le problème de la copropriété ne pourra probablement pas être traité sur le modèle proposé plus haut : il est difficile de rénover un immeuble au fil des cessions, pour au moins trois raisons :

- le changement des menuiseries doit s'appuyer sur un modèle précis qui ne devra pas varier dans le temps au cours de toutes les rénovations,
- la mise en place d'une ventilation mécanique là où il n'y en a pas ne pourra être faite qu'à l'échelle de tout l'immeuble. Sauf à utiliser des techniques allemandes de ventilation horizontale qui sont adaptées à la ventilation logement par logement,
- le recalage de l'installation de chauffage si celle-ci est collective, ne pourra pas se faire facilement pour un seul logement à la fois (parce qu'il faut notamment modifier la température de départ d'eau).

Pour les cas où la rénovation lors des cessions ne sera pas possible, il faudra imposer à l'ensemble de la copropriété une date ultime de réalisation des travaux. Mais afin de réguler la quantité annuelle de travaux dans le pays, il faudra fixer des dates ultimes de réalisation qui soient échelonnées dans le temps, en fonction de divers critères à préciser (situation géographique du bâtiment, adresse, etc). On pourrait ainsi fixer des obligations par tranches de 5 ou 10 ans. Les copropriétaires auraient alors le temps de se préparer à ces transformations lourdes.

On peut aussi imaginer un dispositif différent de la solution technique universelle. En effet, si la rénovation porte sur tout l'immeuble, alors il y aura forcément un bureau d'études énergéticien sur le projet. On peut imaginer de lui fixer des obligations de résultats et non plus de moyens. Par exemple en demandant l'obtention d'un label de type BBC. Ceci pose uniquement la question de la qualification des bet sur ce genre de sujet. Pour faire énormément de mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage avec examen des pièces écrites, nous savons que trop de bureaux d'études ne « contrôlent plus vraiment la situation » à ce niveau de performance et que le calcul réglementaire est un peu fait à l'aveugle, sans jugement critique. Pour palier cet inconvénient, on pourrait mettre des valeurs garde fou sur les différentes parois et systèmes en sus du label BBC lui même, ceci afin d'éviter, comme on l'a vu récemment, des invraisemblances dans les propositions faites, même lorsqu'elles sont validées par une note de calcul. On est ici au cœur de la question de la formation des professionnels, corollaire incontournable d'un grand programme de rénovation en France.

### **3 - 4 La question spécifique du 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, étaient le siège de surchauffes importantes en été, contrairement à ce que l'on pouvait parfois imaginer en pensant que des murs et une toiture très isolés réduiraient le flux de chaleur vers l'intérieur et améliorerait 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<sup>2</sup>, ont montré sans ambiguïté que les bâtiments à faible consommation d'énergie étaient ceux qui étaient le plus sensibles au confort d'été.

---

<sup>2</sup> ENERTECH - Avril 2004 - « Bâtiments de logements HQE économes en énergie et en eau - Programme Restart - Evaluation des performances - Suivi lourd ». Téléchargeable sur <http://sidler.club.fr>

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?

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 l'immeuble ayant fait l'objet de la campagne de mesure citée en note de bas de page, 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 de 5°C à celui de 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 :

#### 3.4.1 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. Retenons également qu'une véranda bien conçue est un dispositif permettant d'améliorer le confort d'été des pièces adjacentes, car elle réduit la température de ces pièces (alors que beaucoup de gens imaginent le contraire).

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

#### 3.4.2 Réduire les apports internes

En second lieu, il faut mettre en oeuvre 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 3.9).

Par ordre d'importance, les principales sources d'apports internes sont l'électroménager (39,2 %), les apports humains (28,2 %) et la cuisson (17,3%). Ces trois sources représentent 85 % 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 logements	39,2
Electricité des services généraux	6,1
Cuisson	17,3
Distribution ecs dans les logements	4,0
Eau chaude sanitaire	5,2
Apports humains	28,2
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Figure 3.9 : Structure des apports internes dans des logements sociaux

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 3 : Quelles solutions techniques ?**

---

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, sauf à des prix peu abordables.

- 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 [http:// sidler.club.fr](http://sidler.club.fr)

#### **3.4.3 Mettre en oeuvre une inertie thermique importante**

La troisième étape dans la recherche du confort d'été est la recherche d'une très forte inertie. Il est certain qu'en rénovation le concepteur ne dispose pas de toutes les marges de manoeuvre nécessaires. Notamment si l'on part du principe que l'isolation sera faite majoritairement par l'intérieur. Il ne reste plus dans ce cas que les murs de refend et les planchers pour constituer une inertie suffisante.

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.

Dans la stratégie de rénovation, on aura donc à l'esprit en permanence de préserver l'inertie du bâtiment existant (car il sera rarement possible de créer de l'inertie). Mais la contrainte majeure sera la plupart du temps de devoir isoler par l'intérieur. Le problème sera donc reporté sur les refends et les planchers. En cas de rénovation lourde, on veillera donc à conserver à ces éléments de bonnes capacités d'échange, notamment en évitant de les recouvrir de revêtements qui pourraient constituer une isolation (moquettes, tapis, etc). L'absence d'inertie, ou une inertie insuffisante, conduirait assez sûrement à des conditions d'inconfort en été contre lesquelles il n'y aurait pas grand chose à faire....

#### **3.4.4 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 ou mécaniquement. Les études sur d'autres bâtiments ont montré qu'il faudrait *a minima*, la nuit, multiplier le débit nominal de l'installation par 3 à 3,5. Mais dans la réalité (à cause de la réduction de l'écart de température entre intérieur et extérieur), il faudrait que ce débit soit encore plus élevé et que l'augmentation de débit soit d'environ 5.

Il est *a priori* impossible de disposer d'une VMC pouvant assurer ce débit extrême, sachant qu'elle doit déjà pouvoir diviser par deux le débit nominal (à cause de la variation de débit sur les bouches à deux positions). 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 grosses surconsommations d'électricité (à caractéristique de réseau constante, la consommation d'électricité varie avec le cube du débit d'air). 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. Elle ne constituera jamais qu'un appoint.

Il reste donc la ventilation naturelle. Elle est très efficace, et atteindre un renouvellement de dix volumes par heure avec une fenêtre ouverte est courant. La ventilation naturelle est la seule voie qui permettrait d'accéder aux débits nécessaires à l'évacuation de la chaleur en été dans les logements. L'expérience montre aussi qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des logements traversants pour que cette ventilation 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 déjà moins 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 cela, 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 de réchauffement 1500 fois plus important que le CO<sub>2</sub>....

**CHAPITRE 4 : Coût et financement du programme**

Le travail de simulation dynamique a permis de connaître les surfaces des différentes parois. Il a donc été assez aisé ensuite, de calculer le coût de chaque solution.

#### **4-1 Evaluation du coût des différentes solutions**

Avec l'aide d'un économiste du bâtiment, nous avons construit une grille de prix unitaire pour les matériaux, isolants, et prestations que nous mettons en œuvre dans le programme de rénovation. Cette grille n'a pas la prétention de représenter parfaitement la réalité. D'autant plus qu'elle a été établie en 2004. Mais elle a le mérite d'exister. La principale difficulté a été de ne pas pouvoir s'appuyer sur des observations puisque la majorité des techniques utilisées, ou des résistances thermiques mises en œuvre, n'existaient alors pas en France. Il a fallu extrapoler certaines valeurs et en construire d'autres intégralement.

Ces coûts ont peut-être le défaut de ne pas toujours pouvoir prendre en compte toutes les incertitudes et les difficultés que l'on rencontre dans les rénovations. Mais il n'est pas sûr, au vu des premiers chantiers, qu'il y ait vraiment là un problème.

Mais il faut aussi conserver à l'esprit deux paramètres très influents :

1 - on sait tous, par expérience, que dans le bâtiment, les premières opérations pilotes faisant appel à des technologies ou des procédés nouveaux sont grevées d'un surcoût qu'on pourrait qualifier soit « d'aubaine », soit « d'incertitude », soit de « sécurité ». Il s'agit d'une hausse ponctuelle du coût due à l'effet de nouveauté qui a toujours un peu fait peur dans la construction. La matrice de coût qui suit a été déterminée en supposant le marché équilibré et hors toute « inflation conjoncturelle ».

2 - Depuis l'été 2004, les prix du bâtiment ont considérablement augmenté. L'indice BT01 a augmenté de près de 20 %. Il serait donc utile, si on veut comparer aux prix actuels, de tenir compte de cette augmentation importante.

Noter également :

- qu'une TVA de 5,5 % a été incluse dans les prix,
- que ces coûts incluent toutes les transformations et adjonctions proposées, mais n'incluent pas la réfection éventuelle des installations électriques, voire de l'installation de chauffage (pour la partie qui nécessiterait le déplacement des tubes).

Nous publions cette grille ci-dessous afin que l'approche proposée soit totalement transparente. Nous sommes ouverts à toute discussion « honnête » sur ces prix.

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 4 : Coût et financement du programme

L'évaluation des coûts a été faite automatiquement, lors de la simulation dynamique, pour chaque cas étudié. A partir des surfaces et de la grille de prix de la figure 4.1, on a pu calculer le prix global, puis le coût au m<sup>2</sup> habitable.

Désignation	R additionnelle (m <sup>2</sup> K/W)	U <sub>w</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Coût (Euro/m <sup>2</sup> )	Coût (Euro/logt)
Isolation sous face plancher bas	4,3	-	20	-
Isolation toiture terrasse	5,3	-	20	-
Isolation combles perdus et rampants	8,5	-	45	-
Isolation murs par l'intérieur	4,3	-	40	-
Isolation murs par l'intérieur	5,7	-	51	-
Isolation murs par l'intérieur	7,1	-	53	-
Isolation murs par l'intérieur	8,5	-	55	-
Fenêtre double vitrage peu émissif/argon	-	1,7	325	-
Double fenêtre avec double vitrage peu émissif/argon	-	0,97	650	-
Fenêtre triple vitrage peu émissif / argon sur châssis bois	-	1,1	400	-
Fenêtre triple vitrage peu émissif / argon sur châssis bois amélioré	-	0,78	450	-

Désignation	Coût (Euro/m <sup>2</sup> habitable)	Coût (Euro/logt)
Ventilation dble flux en collectif	40	-
Chaud gaz à condensation collect,	7,5	-
PAC sur l'air extrait en collectif	55	-

TVA de 5,5 % incluses

**Figure 4.1 : Grille des prix adoptés pour l'évaluation des coûts**

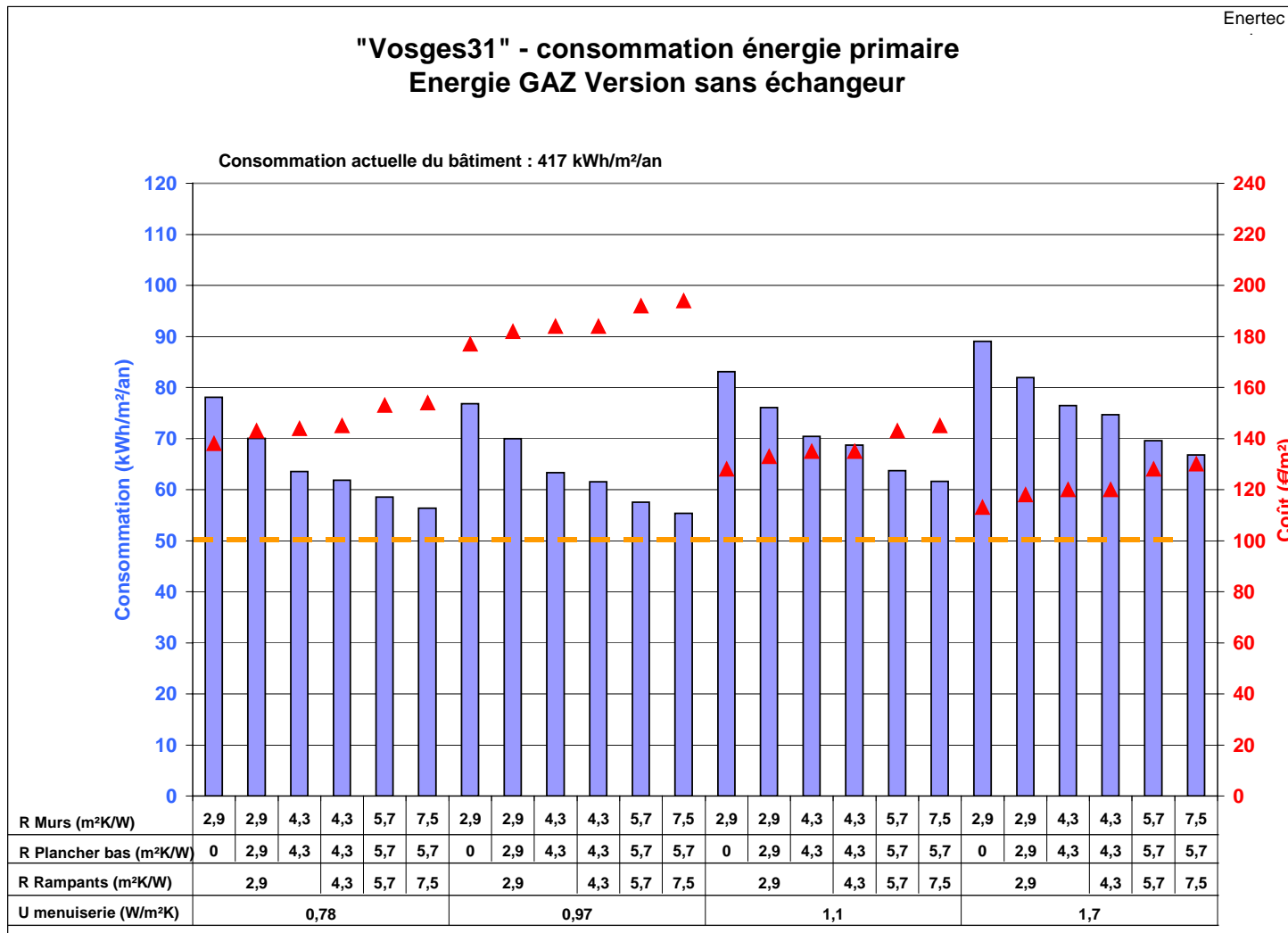
La figure 4.2 représente l'un des bâtiments de l'opération de Mulhouse, avec sur l'échelle de gauche les consommations, et sur l'échelle de droite les coûts.

L'analyse des coûts montre que sur l'ensemble des solutions techniques étudiées, les coûts des travaux évoluent entre 125 et 210 €TTC/m<sup>2</sup>. **La solution technique universelle se situe quant à elle à 150 €TTC/m<sup>2</sup> (valeur juin 2004).**

Même si on considère une hausse des prix de 20 % depuis 2004, on voit que le coût (et non le surcoût) des travaux de rénovation thermique ne devrait pas dépasser la valeur de 180 à 200 €TTC/m<sup>2</sup>. Ces prix sont réalistes. On voit des évaluations qui font état de 400 €TTC. Elles ne sont pas très sérieuses et de caractère inflationniste.... Reste aussi à voir ce qui a été pris en compte dans l'évaluation. La remise « aux normes » d'un logement vétuste ne peut pas être mis sur le compte des opérations de rénovation thermique. Il convient aussi de prendre en compte le fait que l'acquéreur d'un logement procède, la plupart du temps, à des travaux souvent lourds qui viendront fréquemment en déduction des coûts estimés précédemment.

**Il paraît donc raisonnable de considérer qu'à l'automne 2007, pour la seule partie de la rénovation thermique, le coût des travaux de la STU est de l'ordre de 180 à 200 €TTC/m<sup>2</sup> habitable.**

**Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**  
**CHAPITRE 4 : Coût et financement du programme**



*Figure 4.2 : Performance énergétique et coût des opérations de rénovation (cas du bâtiment 31 rue des Vosges à Mulhouse)*



## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CHAPITRE 4 : Coût et financement du programme

#### 4-2 Le financement et l'équilibre financier

Il est proposé de fonder le financement de ces travaux sur des emprunts de 20 ans.

Les taux actuels du marché sont de 4,5 %, mais les discussions avec les banquiers montrent que, si ce type de prêts devenait courant au travers d'un grand programme national de rénovation, les taux pourraient être sensiblement plus bas et atteindre 3 ou 3,5 %.

A titre indicatif voici le montant des remboursements par m<sup>2</sup> habitable, en supposant un coût de travaux de 200 €/m<sup>2</sup>, pour différents taux d'emprunt (toujours sur 20 ans) :

Taux (%)	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
Annuité (€/m <sup>2</sup> )	13,44	14,07	14,72	15,38	16,05	17,44

Coût des travaux : 200 €/m<sup>2</sup>

*Figure 4.3 Annuité de remboursement par m<sup>2</sup> en fonction du taux d'emprunt, pour un prêt sur 20 ans*

L'économie d'énergie due à la rénovation est calculée à partir de la consommation du bâtiment actuel déterminée par simulation et de la consommation finale après travaux. Cette économie est variable selon les bâtiments, mais en moyenne **elle sera de 280 kWh/m<sup>2</sup>/an**.

Si on raisonne avec du gaz (parce que c'est l'énergie la moins chère au kWh et donc la plus difficile à amortir), son coût actuel (août 2007 avec un baril vers 60 dollars), selon l'observatoire de l'énergie est de 0,050 €/kWh. On peut dresser le tableau suivant qui fait apparaître l'économie financière annuelle en fonction de l'économie d'énergie et du prix de l'énergie qui ne peut qu'augmenter dans les années à venir :

Economie d'énergie kWh/m <sup>2</sup> /an	200	280	360
Prix du gaz €/kWh			
0,05	10,0	14,0	18,0
0,06	12,0	16,8	21,6
0,08	16,0	22,4	28,8
0,10	20,0	28,0	36,0

*Figure 4.4 Economie financière par m<sup>2</sup> en fonction des économies d'énergie par m<sup>2</sup> et du prix de l'énergie*

En croisant les tableaux 3 et 4, on voit qu'avec un montant de travaux de 200 €/m<sup>2</sup>, on est en équilibre de trésorerie dès la première année avec un taux d'emprunt de 3,5 % et des économies d'énergie correspondant à la valeur moyenne attendue.

Si ces économies sont supérieures, l'opération est cette fois gagnante.

Mais le prix de l'énergie va fortement augmenter dans les années qui viennent. La lecture des deux tableaux précédents montre que quels que soit le taux d'emprunt et le niveau des

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 4 : Coût et financement du programme**

---

économies d'énergie réalisées, le remboursement de l'emprunt sera toujours moins élevé que les économies d'énergie induites. L'opération sera toujours très bénéfique en trésorerie pour l'utilisateur.

On observe aussi que le facteur le plus important n'est pas le taux de l'emprunt mais bien le prix de l'énergie. Bonifier les prêts n'apporterait qu'une contribution marginale. Mais le coût de cette contribution n'est pas très élevé. Bonifier un prêt de 1% coûterait dans le contexte de ces rénovations environ 800 millions d'euros par an en régime de croisière (c'est à dire dans 20 ans). Sur la durée du projet (dont le financement s'étalera sur 65 années), le coût total serait donc de 35 Milliards d'euros.

La bonification à taux zéro (en partant d'un taux de marché de 4,5 %), faite sur les mêmes bases de calcul, coûterait 3,2 Milliards/an en régime de croisière, et au total sur les 65 années de l'opération, 145 Milliards d'euros.

L'impact du prix de l'énergie est quant à lui beaucoup plus décisif. Les vertus d'une taxe sur l'énergie sont bien illustrées dans l'exemple de la rénovation. Cette taxe permettrait à la fois d'accélérer la rentabilité pour les opérations de rénovation les moins favorables, et elle permettrait en parallèle de financer ces opérations ou de bonifier les taux d'emprunt. Il y a là pour l'Etat de puissants moyens d'action.

En conclusion, on voit que, dans l'état actuel des prix et des savoir faire, les opérations de rénovation sont d'ores et déjà rentables dans la plupart des cas. Avec la hausse des prix de l'énergie, on est assuré de faire un bon placement financier en rénovant son logement. Et, de façon presque paradoxale, c'est précisément les plus démunis qui pourraient être les plus directement concernés par cette disposition. Car la rénovation va redonner du pouvoir d'achat aux usagers.

#### **4-3 Les limites des calculs de rentabilité**

On peut quand même se poser la question de savoir ce qui arriverait si ce qui précède s'avérait faux. Par exemple si, saisis d'un opportunisme mal placé, certains entrepreneurs du bâtiment augmentaient artificiellement les prix pour profiter de l'aubaine de ce marché naissant....

Et bien oui, l'équilibre financier serait rompu.

Comment agir alors ?

Il faudra d'abord se souvenir que les phénomènes à l'origine de la recherche du facteur 4, à savoir la pénurie programmée des ressources et le réchauffement climatique, exerceront toujours leur pression sur l'humanité. Nos problèmes n'auront pas disparu pour autant.

Ensuite, il faudra remettre en cause la question de la rentabilité, et se demander d'abord si c'est bien le seul critère rationnel pour prendre une décision, et également si toutes les décisions courantes qui sont prises dans des domaines connexes sont bien fondées sur une approche aussi rationnelle qu'on semble le penser.

Le programme de rénovation apparaît comme une réponse technique incontournable si l'on veut éviter le pire sur Terre. La maison brûle et nous regardons ailleurs.... Mais la réponse ne

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 4 : Coût et financement du programme**

---

peut pas être à chaque fois que l'extincteur est trop cher ! Oui l'extincteur est peut-être très cher, mais il est incontournable. Oui le coût du programme de rénovation peut déraiser, mais nous devons l'assumer et tout faire pour contrôler ce coût. On voit par là que la rationalité économique ne peut pas toujours constituer la réponse adaptée.

Enfin, serait ce vraiment la première fois que nous ne serions pas totalement rationnels dans nos choix ? Ce n'est pas si sûr... Sans quitter le monde du bâtiment, voici plusieurs observations qui prouvent le contraire :

1 - la plupart des POS imposent en centre ville la livraison, par logement construit, d'au moins une place de stationnement en sous sol dans les immeubles d'habitation, notamment en secteur social (dans certaines villes c'est même 1,5 places). Or le coût d'une place de stationnement en sous sol varie de 12 à 15.000 euros, soit environ 200 euros HT/m<sup>2</sup> habitable !!! Exactement le coût évalué pour les travaux de rénovation. Pourtant, ce prix est tellement élevé qu'on devrait pouvoir trouver et financer des modes de déplacement alternatifs à la voiture individuelle !

Ce qui est encore plus curieux, c'est que depuis vingt ans, malgré de nombreux rapports et campagnes de mesure qui en ont démontré la pertinence, il n'a jamais été possible d'intégrer dans le mécanisme de financement du logement social des dispositifs permettant le financement des coûts supplémentaires générant des économies d'énergie importantes. Et ces surcoûts sont en général inférieurs à 10.000 €/logement. Alors que tout est prévu et inclus dans les budgets depuis longtemps pour financer les places de stationnement couvert.

Ce premier exemple montre de façon très simple, d'abord que tous les choix ne sont pas forcément rationnels, et surtout, qu'on trouve toujours le financement pour ce qu'on estime légitime, à quel que titre que ce soit.

2 - Comment justifier dans les logements, d'un point de vue purement rationnel, le fait qu'on ait généralisé la pose de baignoires, alors que des bacs à douche pourraient parfaitement rendre le même service, et pour moins cher ? Où est la rentabilité ?

3 - Et comment justifier enfin, que tout le monde ne roule pas dans la voiture la moins chère du marché (qui ne coûte que 6.000 euros), puisque pour se rendre d'un point à un autre, c'est pour le transport automobile, la solution la moins chère, et donc la plus rentable.

Ces quelques exemples un peu provocateurs pour montrer que nous devons être très vigilants lorsque nous avançons l'arme de la rentabilité économique comme critère de sélection. Non, la rentabilité n'est pas le seul critère de choix. Et au-delà des discours méthodologiques, nous savons fréquemment tordre le cou de cette règle dès lors que cela nous arrange !

**CHAPITRE 5 : Quelle stratégie opérationnelle pour les différents acteurs ?**

**5-1 Quels sont les enjeux nationaux d'un grand programme de rénovation?**

*5.1.1 Le coût du programme*

Si on considère les chiffres avancés dans le chapitre précédent, qu'on retient la valeur (en € septembre 2007) de 200 €/m<sup>2</sup> pour les travaux, qu'on suppose la rénovation annuelle de 450.000 logements, que la surface des logements d'avant 1975 est en moyenne de 74 m<sup>2</sup>, il faudra rénover chaque année 33,3 Millions de m<sup>2</sup> pour un coût total de **6,7 Milliards d'euros** (hors coût des emprunts). Sur 45 ans, c'est un programme qui coûtera donc 300 Milliards d'euros. Comparé aux 129 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel du BTP, on voit que la tâche à accomplir est une opportunité à saisir pour le secteur, mais qu'elle est parfaitement à sa portée puisqu'elle ne représentera guère que 5 % d'augmentation de son activité actuelle.

*5.1.2 Une création d'emplois qui pourra poser problème*

Si on prend en compte la création d'emplois directe (les entreprises du BTP) et indirecte (l'industrie), le programme de rénovation va créer **100.000 emplois** autour du secteur résidentiel, et 20.000 autour du secteur tertiaire. Nous avons calculé ces chiffres dès 2003, mais le service économique de l'ADEME nous les a récemment confirmés, tout en utilisant des méthodes de calcul différentes.

Ces emplois sont des emplois pérennes : ils vont durer au moins 45 ans.

Ce sont des emplois délocalisés : on a besoin de rénover partout sur le territoire français. La création d'emplois va revivifier toutes les régions de France, même les plus reculées.

Ce sont des emplois non délocalisables. Le travail à effectuer sera toujours en France....

Ce sont des emplois qui ne demandent pas une qualification trop complexe, même si les travaux à entreprendre vont exiger un minimum de formation complémentaire.

Mais cette création d'emplois, doit être préparée dès aujourd'hui. Parce que le bâtiment ne fait plus rêver les jeunes depuis longtemps. Il n'est plus très attractif. Aujourd'hui la moyenne d'âge dans les entreprises du BTP est de 50 ans. Les structures sont vieilles et il va falloir les renouveler entièrement. Et c'est précisément à ce moment là qu'il va en plus falloir embaucher 70 ou 80.000 personnes supplémentaires pour le programme de rénovation.....

Il est clair que cela pose un problème d'image pour le BTP. Mais cela pose aussi le problème de la motivation des jeunes pour rejoindre ce secteur. Peut-être que le programme de

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

rénovation pourrait motiver ceux parmi les jeunes qui cherchent à faire un métier pour « protéger l'environnement ». De plus en plus de jeunes éprouvent ce besoin, mais n'arrivent pas à trouver des structures qui correspondent à cette aspiration. Il y a là une opportunité à saisir.

#### ***5.1.3 Le plus gros projet industriel français***

Avec 300 milliards de travaux sur 45 ans, et 100.000 emplois à la clé, le programme de rénovation est le plus gros projet industriel français actuel, celui qui va créer le plus d'emplois. Il mérite donc toute l'attention de l'Etat et de l'ensemble des partenaires économiques.

#### ***5.1.4 Un début de solution pour les questions environnementales***

Voilà des années qu'on parle de la lutte contre le changement climatique, mais on n'a encore jamais rien entrepris qui soit à la mesure de l'enjeu. On a beaucoup écrit de rapports, beaucoup fait de colloques, beaucoup dit qu'on allait agir. Mais soyons honnêtes : le niveau réel de l'action n'est pas digne de tout ce qui s'est dit. Le programme de rénovation serait la première grande action susceptible de commencer à modifier les équilibres en carbone dans notre pays. Or pour un pays comme pour un être humain, c'est la décision de la première action qui est difficile. Ensuite, il se crée une logique qui verra défiler les actions complémentaires et efficaces. Du moins peut-on l'espérer.

Enfin, on peut aussi adopter un raisonnement global : tout le monde s'accorde à reconnaître que le bâtiment est le secteur où il est le plus facile d'obtenir des résultats spectaculaires. Il est certain que réduire la quantité de gaz à effet de serre émis par le secteur des transports sera beaucoup moins aisé. Donc, si on ne fait rien là où c'est *a priori* le plus aisé, on n'a absolument aucune chance de se tirer d'affaire !!!

#### ***5.1.5 La prévention d'une crise sociale***

On n'a évidemment aucune certitude, mais si d'aventure la perspective du pic de Hubbert se réalisait et qu'on assiste à une envolée des prix de l'énergie, ce qui reste quand même plus que probable, on serait engagé dans une récession économique forte et surtout une crise sociale sans précédent. La hausse du prix de l'énergie conduirait en effet les ménages les plus modestes à ne plus pouvoir payer leur facture d'énergie. Hormis une aide de l'Etat, donc des contribuables, on ne voit pas comment on pourrait sortir de cette situation.

Le plan de rénovation permettrait d'anticiper ce scénario catastrophe et d'éviter une crise sociale grave. Il apparaît comme une action préventive à entreprendre immédiatement. Il permettra une protection des couches sociales les plus fragiles.

#### ***5.1.6 Un plan qui ne devrait rien coûter à l'Etat***

Contrairement à certaines rumeurs qui circulent, un plan national de rénovation comme celui qui est proposé ici ne devrait rien coûter à l'Etat puisque, comme on l'a montré au chapitre précédent, le dispositif est autonome financièrement dès lors que le prix de l'énergie ne descend pas sous son niveau actuel (50 à 60 dollars le baril au moment où nous écrivons), et que le taux des prêts ne dépasse pas 4,5%.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

Sauf à observer des coûts de rénovation thermique qui dépassent 200 €/m<sup>2</sup>. Ce qui serait quand même surprenant si tous les intervenants restent raisonnables....

#### **5-2 Le rôle de l'Etat**

##### ***5.2.1 Ce qu'ils ont pensé d'un grand programme de rénovation....***

Jusqu'à présent, les Ministères ne se sont pas engagés sur un grand programme de rénovation des bâtiments en France. Dès 2003 nous avons pourtant été reçu par le conseiller du Président de la République, puis à sa demande, par les conseillers du Premier Ministre, par ceux du Ministère de l'Industrie et du Ministère de l'Equipement, par la Présidente de l'ADEME, par celle de la MIES, par le Conseil National des Ponts et Chaussées, etc.

De ces rencontres riches, il ressortait un grand intérêt de nos interlocuteurs, mais une certaine incrédulité : était-ce vraiment possible ? D'autres pays l'ont-il fait ? Ce qui se traduisait en général par une demande complémentaire soit pour trouver comment financer un tel programme, soit pour tenter de convaincre tel Ministère jugé réfractaire, etc.

Nous avons donc rencontré de très nombreux acteurs de la profession, professionnels du bâtiments, banquiers, etc afin de recueillir leur point de vue sur la proposition originale faite ici pour rénover le parc existant.

De ces rencontres multiples il ressort une constante : les professionnels de terrain, c'est à dire ceux qui connaissent quotidiennement les chantiers et les réalités du bâtiment d'une part, et les industriels du secteur d'autre part, tous ces acteurs là adhèrent sans retenue à l'idée de la Solution Technique Universelle parce qu'elle rend tout très simple, qu'elle n'occasionne aucun calcul (ce qui était par exemple pour la Capeb une condition *sine qua non*) et qu'elle est adaptée au niveau rudimentaire qui existe sur les chantiers en France. Tous ces acteurs savent que dans le bâtiment ne marche que ce qui est extrêmement simple.... L'oublier peut ruiner la meilleure idée.

Les banquiers que nous avons rencontrés, dont les plus importants pour le secteur du bâtiment, ont aussi trouvé beaucoup de vertus à la méthode et au principe d'un grand programme de rénovation. D'abord ils ont vu un moyen d'améliorer la solvabilité des propriétaires, et ils ont jugé que ces prêts ne constituaient pas pour eux un risque (comme ceux permettant l'achat d'un logement), puisqu'ils rapportaient de l'argent. Ils ont donc acquis la conviction qu'il n'était pas nécessaire de les assortir de garantie sur le niveau de revenus. Ils ont aussi imaginé des solutions originales de financement conduisant à des taux très faibles, et ont même pronostiqué que, devant l'ampleur du marché de la rénovation, ce type de produits serait demain proposé par toutes les banques.

Les entrepreneurs ont aussi commencé à réagir avec intelligence. Leur stratégie est développée au § 5.3. Eux aussi sont partie prenante et veulent s'organiser. Parce que **ce programme de rénovation ne réussira que si toutes les forces en présence s'assemblent et tirent dans la même direction**. Le défi est considérable, et nous devons comprendre que la clé de sa réussite est dans une œuvre collective où tout le monde jouera la même partition, pas dans un combat de chapelles et de sectes où l'opportunisme dominerait.

Si bien qu'après avoir rencontré tant de partenaires différents, tant d'acteurs, après avoir entendu la plupart d'entre eux dire « il faut y aller », on pourrait penser que le mouvement est parti.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

Pas vraiment, et pour une raison simple. C'est que si chacun est près à « y aller », à respecter un échéancier pour se préparer, il ajoute quand même à la fin : « oui, mais je ne vais pas y aller tout seul ! Il faut que les autres partenaires du projet y aillent aussi ».

Ce qui permet d'identifier immédiatement ce qui manque à ce projet : un chef d'orchestre.

#### ***5.2.2 L'Etat doit donner un signal clair***

Il n'y a qu'un seul chef d'orchestre possible en France dans un projet de ce type : l'Etat, au plus haut niveau. Et c'est l'Etat qui doit aujourd'hui, enfin prendre position sur ce sujet et s'engager courageusement, parce que de toute façon nous n'avons collectivement plus le choix.

Pour cela, il faut que l'Etat donne un signal clair, audible par tous les acteurs du programme de rénovation. Ce signal consistera juste à fixer la date à laquelle, en France, tous les logements anciens mis en vente devront faire l'objet d'une rénovation thermique. Ce pourrait être dans 5 ans, donc par exemple le 1<sup>er</sup> Janvier 2013.

A cette date, tous les professionnels devront être prêts. Pour cela, les industriels élaboreront d'ici là les produits spécifiques propres à la STU, les entreprises répondront à des opérations pilotes comme celles lancées par les régions depuis quelque temps et qui permettent à tous les partenaires d'acquérir l'expérience et le savoir faire nécessaires pour conduire des opérations de rénovation performantes et de qualité. Les banquiers mettront en place les dispositifs de collecte d'argent bon marché (qui s'appelleraient des « Codénergie » comme il y avait les Codévie) et construiront des produits financiers adaptés à la rénovation, ne demandant pas de garantie sur le niveau des revenus et fondés sur des taux très bas. Les artisans et les entreprises s'organiseront (voir § 5.3.3) pour simplifier les démarches techniques, administratives et financières des particuliers. Dans cinq ans, chacun sera prêt et les dispositifs seront éprouvés.

Mais dans ce délai de cinq ans l'Etat devra assurer à tout prix une autre mission : celle de préparer l'opinion publique française afin qu'elle accepte une réglementation sur la rénovation des logements. Parce qu'aucune loi touchant à la sphère considérée comme privée n'est très populaire. Dans ce délai de cinq ans, l'Etat devra donc s'employer à sensibiliser le public, à lui expliquer pourquoi nous sommes aujourd'hui obligés de prendre certaines décisions peu agréables pour nous tous, mais qui sont des passages incontournables. Nous avons souvent eu l'occasion, lors de conférences grand public au cours desquelles nous présentions les enjeux planétaires liés à l'énergie et les solutions à mettre en œuvre, d'observer comment réagissent les français. Dès lors qu'on les considère en adultes et qu'on veut bien leur fournir une information de qualité, même si cette information est relativement « noire », ils réagissent de façon très saine.

**Le rôle de l'Etat est donc simple : c'est lui qui doit initier le processus en donnant un signal clair fixant la date de début de réglementation, et c'est lui qui prépare les français en les sensibilisant intelligemment afin qu'ils comprennent l'intérêt de la réglementation sur la rénovation et qu'ils acceptent cette loi.**

#### ***5.2.3 L'Etat et le cas particulier du logement social***

Le logement social en France est soumis aux règles de financement définies par l'Etat. Grâce au financement aidé fourni par la Caisse des Dépôts et Consignations en contre partie du mécanisme de plafonnement des loyers, l'Etat maîtrise complètement le fonctionnement des

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

organismes HLM. Ces règles, dont l'intérêt social est évident, ont quand même quelques limites parfois contre productives. C'est le cas en matière d'investissement énergétique.

Car ces règles amènent les bailleurs sociaux à une logique qui ne peut que difficilement avantager les locataires : en dissociant implicitement le loyer et les charges, l'Etat a conduit depuis près de trente ans les bailleurs sociaux à construire sans trop se préoccuper des charges qui seraient induites par les choix énergétiques et constructifs.

Mais depuis plus de vingt ans, de nombreuses voix s'élèvent pour faire savoir qu'on pourrait peut-être faire mieux en acceptant une augmentation (contrôlée) des coûts de construction, ce qui permettrait de réduire les charges de manière significative. Bien sûr, pour que l'équation sociale fonctionne toujours correctement, il faut que l'on puisse dé plafonner le loyer, et que des garanties soient apportées par le maître d'ouvrage et son maître d'œuvre afin d'être certain que la réduction des annuités de remboursement sera très supérieure à l'augmentation de loyer.

Très clairement il suffirait de créer un label suffisamment performant, touchant toutes les consommations « améliorables », et notamment les consommations d'électricité des parties communes. Et que le dé plafonnement autorisé soit correctement dimensionné....

On ne peut qu'inviter l'Etat à se pencher de toute urgence sur ces mécanismes de financement qui ne donnent plus aujourd'hui satisfaction sur le terrain, tous les acteurs peuvent en attester. En construction neuve, la solution peut passer par un label, comme décrit précédemment, mais elle peut aussi prendre la même forme que le mode de financement des places de stationnement couvert ! Les dépenses pour la meilleure qualité énergétique coûteraient moins cher qu'une place de parking....

En rénovation, tout est à inventer. Les règles actuelles ne sont pas du tout dimensionnées pour le programme de rénovation décrit dans le présent rapport. Donc les offices sociaux n'ont que très peu accès aux expérimentations conduites actuellement, faute de moyens. Pourtant ces offices ont toujours été en France les piliers de l'expérimentation et de l'innovation, que ce soit en matière architecturale ou énergétique. Il serait donc souhaitable que des dispositions financières réalistes soient mises en place par l'Etat afin de permettre la libération de ces énergies prêtes à entreprendre, mais à qui l'action est aujourd'hui interdite....

Le fondement de ces dispositions est simple, et il fonctionne bien au travers de toutes les expérimentations que nous avons conduites et qui ont pu faire l'objet d'une évaluation fine : il suffit que la somme loyer + charges soient moins élevée dans la solution proposée que dans l'option actuelle. Si le prix de l'énergie augmente beaucoup dans les dix années à venir, alors cette règle se vérifiera encore plus facilement. On pourra consulter le site [http:// sidler.club.fr](http://sidler.club.fr) sur lequel se trouve notamment un rapport détaillé sur le sujet (voir note 2 bas de page 40).

### **5-3 Quelle stratégie pour les entreprises et le monde du bâtiment ?**

#### ***5.3.1 La formation et l'embauche***

Constituer aujourd'hui les équipes compétentes dont elles auront besoin demain, telle est la tâche à laquelle doivent s'atteler sans attendre toutes les entreprises du BTP.

L'embauche est déterminante dans le programme de rénovation, parce qu'elle est massive. Mais comme évoqué précédemment, les entreprises du BTP sont touchées par une crise de vieillissement préoccupante. Elles doivent donc dès aujourd'hui mettre en place un



## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

programme destiné à préparer les équipes dont elles auront besoin demain. C'est la raison pour laquelle, sans le signal clair que doit donner l'Etat, aucune entreprise ne préparera raisonnablement cette embauche sans avoir de garantie sur la demande à venir.

Pour attirer des jeunes, il faudrait certainement développer de nouveaux arguments permettant de les re-motiver. Et comme les considérations environnementales sont de plus en plus présentes dans les préoccupations de ces jeunes, le programme de rénovation constitue une véritable opportunité. Mais il y a un second motif qui peut les attirer : recevoir une formation de qualité.

Car au-delà de la question de l'embauche, les entreprises du BTP doivent se remettre profondément en question (comme la plupart des professions de la construction d'ailleurs !) avec l'arrivée des bâtiments à basse consommation. Il faut qu'elles se forment sans relâche à de nouvelles techniques, ou bien à l'amélioration de la mise en œuvre de techniques existantes. Il faudra aussi qu'elles se forment au principe de la solution technique universelle.

La fédération du bâtiment et la Capeb ont très bien compris cette nécessité et ont commencé à travailler sur le sujet. Nous devons probablement faire appel à des équipes allemandes afin de gagner du temps dans l'acquisition du savoir faire (c'est exactement ce que font les chinois quand ils ne savent pas faire quelque chose). Les allemands ont en effet beaucoup d'avance sur nous.

#### ***5.3.2 Expérimenter et évaluer, construire ensemble le savoir faire des Rénovateurs***

Aujourd'hui, la construction de bâtiments à très faible consommation d'énergie, que ce soit en neuf ou en rénovation, suppose d'acquérir un savoir faire nouveau et une expérience qui n'existent pratiquement pas encore en France. Dans les cinq années de la phase préparatoire, les entreprises devront donc participer au grand mouvement d'expérimentation qui a démarré dans différentes régions (Alsace, Bourgogne, Rhône Alpes, Franche Comté, Languedoc Roussillon, etc). Ces expérimentations grandeur nature visent à ce que chacun des acteurs, des concepteurs aux différents corps d'état, prenne la mesure des problèmes nouveaux que pose le recours aux basses consommations, et soit convaincu que seul le travail en équipe permettra de réussir : personne ne sait tout. Mais c'est en rassemblant nos morceaux de savoirs que, tous ensemble, nous construirons une vraie compétence. Mutualiser savoir et expérience sera la seule façon d'aller rapidement vers un résultat probant.

Pour cela, il faudra que chacun s'engage lors des opérations expérimentales, au travers d'une participation vraiment active. Nous avons connu des chantiers où les entreprises ont eu un rôle vraiment moteur, cherchant avec nous les solutions techniques aux problèmes nouveaux qui nous étaient collectivement posés. Ces chantiers là sont des victoires d'équipe. Ils donnent le sentiment d'être tous ensemble plus intelligents !

Mais ces chantiers, pour apporter tout le bénéfice qu'on attend d'eux, doivent être évalués. Les opérations doivent faire l'objet d'une instrumentation même sommaire, mais qui permettra de voir si les efforts faits ont porté leurs fruits, et si les techniques mises en œuvre l'ont été de façon correcte. Typiquement les tests de la porte soufflante devront systématiquement être pratiqués : on pourra alors évaluer si on a bien identifié tous les points faibles de la construction où si certains nous ont encore échappé. L'objet de ce genre de test, dans la phase de préparation, n'est pas de poursuivre un entrepreneur pour défaut de résultat. Il est plutôt de comprendre ensemble ce que l'on n'a pas encore su faire correctement.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

C'est à force de ces apprentissages volontaristes et collectifs que l'on construira le savoir faire et l'expérience de ces artisans et ces entreprises qui feront partie d'un nouveau corps de métier : les **rénovateurs du bâtiment**. Ces rénovateurs auront un savoir faire global (et non plus parcellaire), et seront spécialisés sur les questions propres à la rénovation thermique des bâtiments existants.

#### ***5.3.3 Se structurer pour créer des guichets uniques pour particuliers***

Si le particulier qui achète doit contacter une entreprise pour isoler ses murs, une autre pour la toiture, une troisième pour les fenêtres, etc, puis contacter un banquier pour négocier un prêt, il est sûr que le grand programme de rénovation ne sera pas très populaire.

Il faut donc très vite que les entreprises et les artisans se structurent pour offrir aux particuliers un guichet unique.

L'idée est simple : le particulier ne doit rencontrer aucune difficulté technique ni matériel lors de l'achat de sa nouvelle maison. Il lui faut donc :

- un seul interlocuteur technique,
- une garantie de compétence de son interlocuteur,
- un prêt bancaire apporté par cet interlocuteur unique.

Ceci suppose donc que les artisans où les entreprises vont se constituer en groupements plus ou moins formels. L'un des partenaires sera le mandataire du groupement. Il sera l'interlocuteur technique unique des particuliers. Il aura pour mission de coordonner tous les corps d'état lors de la rénovation.

Ce groupement devra bénéficier d'un agrément ministériel attestant que le travail fait est de qualité, que les intervenants ont bien suivi une formation spécifique s'il le faut, et qu'ils pratiquent des prix raisonnables. Ce dernier point méritera d'être débattu. Il est un des piliers de la réussite d'un grand programme de rénovation, d'où l'opportunité doit être chassé par tous les moyens, et par tous les acteurs conscients des enjeux réels (nous faisons ici très clairement allusion à ce qui s'est passé avec les primes et crédits d'impôts destinés à favoriser le développement de certaines technologies ces dernières années, et qui ont été absorbés intégralement par des professionnels peu scrupuleux au travers une hausse des coûts)....

Enfin, ce groupement devra pouvoir passer des accords avec une banque au terme desquels il lui sera possible de proposer à son client, au titre du service complet, un prêt bancaire au meilleur taux.

On ne rénovera pas 450.000 logements par an avec des méthodes improvisées au cas par cas. Les relations avec les particuliers ne doivent pas être à l'origine de milliers de problèmes comme l'administration a l'art d'en inventer. Elles doivent être conçues dans un cadre très simple et surtout très clair. L'idée du guichet unique et des groupements de Rénovateurs procède de cette logique.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

#### ***5.3.4 Conduire une politique des prix raisonnables***

Ce thème a déjà été abordé plusieurs fois dans ce qui précède. Est-ce le fait d'une longue expérience dans le bâtiment, ou d'une bonne connaissance de la psychologie humaine ? Toujours est-il qu'on ne peut pas écarter l'idée que certains voient dans le programme national de rénovation une opportunité unique de gagner vite beaucoup d'argent. La situation a déjà été observée, elle n'aurait donc rien d'une surprise. Mais prendre en otage le particulier contraint par un processus réglementaire de rénover son logement ne serait probablement la chose la plus habile du monde. Ni surtout la plus civique....

Cela pourrait avoir deux conséquences :

- un ras le bol des français qui finiraient par descendre dans la rue pour protester contre la prise en otage dont ils seraient victimes, ce qui pourrait momentanément conduire à l'abrogation de la loi, et à la mort de la « poule aux œufs d'or » pour les entreprises à l'origine de la chose....

- au ralentissement, voire à l'arrêt momentané, de la lutte contre le réchauffement climatique dans le secteur de la construction. C'est probablement ce que nos enfants et petits enfants apprécieront le plus.

On voit que dans tous les cas de figure, le résultat d'une politique des prix incontrôlée serait catastrophique pour l'ensemble du secteur du bâtiment où les entreprises vertueuses perdraient, sans avoir commis de fautes, tout le bénéfice de la formation et de la préparation dans lesquelles elles ont investi. Il serait aussi catastrophique pour l'environnement et pour la lutte contre le changement climatique.

Il faut donc s'inscrire dès le départ dans une stratégie de qualité et de contrôle des prix. C'est l'idée de l'agrément ministériel octroyé aux groupements d'entreprises et décrit au paragraphe précédent. Mais il faut que la profession elle-même mette en place les moyens d'un auto contrôle et d'un assainissement des pratiques, même si chacun reconnaît les difficultés multiples que représente cette tâche.

#### **5-4 Quelle stratégie pour les industriels ?**

Il faut distinguer deux types de produits industriels : les produits d'enveloppe et les produits de système énergétique.

Pour les produits d'enveloppe, il existe aujourd'hui à peu près tout ce dont on a besoin pour atteindre les niveaux recherchés. Certains produits, comme les triples vitrages et les menuiseries adaptées doivent encore progresser. Certains compléments doivent par ailleurs être apportés soit à des Avis Techniques dont le champ est aujourd'hui insuffisant, soit à des éléments sortant des domaines de validation pour lesquels ils étaient prévus (accrochage des bardages de fortes épaisseurs en zone sismique par exemple).

Mais le système de la solution technique universelle va conduire les fabricants à développer quelques produits phares, à diffuser peut-être plus qu'avant des modes opératoires et des modes de pose adaptés, etc. Il restera la question du marquage qui permettra ce repérage aisé par les professionnels de ce qui est dédié à chaque type de paroi.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 5 : Quels enjeux et quelle stratégie pour les différents acteurs ?**

---

Pour les industriels des systèmes, il y a beaucoup plus de préparation. En effet, le secteur est assez en retard sur ce qu'on trouve en Allemagne, en Autriche ou en Suisse. Nos systèmes de production de chaleur ont peu évolué et ne prennent en compte ni les très faibles puissances dont on a besoin, ni les systèmes traitant la production d'ecs avec un haut rendement. Nos pompes à chaleur ne sont pas encore très performantes comparées à celles que produisent aujourd'hui les japonais avec des COP de 6, voire 7. Nos systèmes de ventilation ne connaissent que très peu les solutions avec récupération de chaleur, et en collectif on n'a même pas encore réglé de façon élégante la question des ventilateurs de type C4. La ventilation à l'horizontale n'existe pas du tout, alors qu'elle est très développée en Allemagne.

Cette liste à la Prévert juste pour indiquer que nos industries des systèmes doivent très vite s'imprégner de l'esprit qui règne outre Rhin de manière à s'inscrire dans cette quête permanente de la performance.

Les cinq années précédant le lancement du grand programme de rénovation seront vraiment nécessaires aux industries des systèmes. Mais ce sont d'importants travaux de recherche appliquée que ce secteur devrait lancer rapidement. A titre d'exemple, quelle entreprise française construira la première un système de production d'eau chaude sanitaire « facteur 5 » récupérant la chaleur des eaux usées afin de les valoriser. Personne ne semble travailler dans ce secteur aujourd'hui....

**CHAPITRE 6 : L'expérience allemande en matière de  
rénovation**

L'Allemagne a commencé dès 1991 à travailler sur la construction de « Passivhaus », ces bâtiments dont les besoins de chauffage ne doivent pas dépasser 15 kWh/m<sup>2</sup>/an. Il était donc assez légitime qu'après avoir maîtrisé la question des constructions neuves, les Allemands se préoccupent de la rénovation.

De façon assez discrète ils ont commencé à lancer de gros programmes de rénovation, à notre connaissance, dès 2000. La démarche allemande est très structurée. Elle comprend trois volets bien identifiés :

1 - Construire un savoir faire technique solide. C'est évidemment un préalable. Les allemands ont commencé à construire ce savoir faire avec les constructions neuves, puis ont adapté ce savoir à la rénovation en lançant de très gros programmes « d'assainissement » selon l'expression consacrée chez eux. Parce que la rénovation ne pose pas que des problèmes techniques, mais aussi des problèmes de stratégie,

2 - Développer un mode de financement original tant sur la collecte des fonds, que sur le mode d'attribution des financements,

3 - Fort de tous ces outils techniques, mise en place d'une politique ambitieuse.

### **6-1 Construire un savoir faire technique - Les grands programmes de rénovation allemands**

Dès l'an 2000 l'Allemagne a lancé un premier programme de rénovation réellement ambitieux puisqu'il portait sur 300.000 logements. Les objectifs de ce programme, à l'époque, étaient exprimés non pas en économie d'énergie par m<sup>2</sup>, mais en tonnes de CO<sub>2</sub> économisées. On prévoyait de pouvoir économiser 2 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an. On peut déduire de ces chiffres que l'économie d'énergie visée était d'environ 300 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Compte tenu du niveau de consommation des bâtiments existants en Allemagne pour le chauffage et l'ecs (forcément supérieur au niveau français qui s'établit déjà à 364 kWh/m<sup>2</sup>/an dans les bâtiments anciens d'avant 1975), on voit que la consommation finale des bâtiments rénovés devait s'établir entre 70 et 90 kWh/m<sup>2</sup>/an.

On sait aussi que ce programme a créé 200.000 emplois. Ce chiffre mériterait d'être confirmé, parce qu'il est beaucoup plus élevé que ce l'on estime nécessaire en France pour rénover 300.000 logements dans ce délai.

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

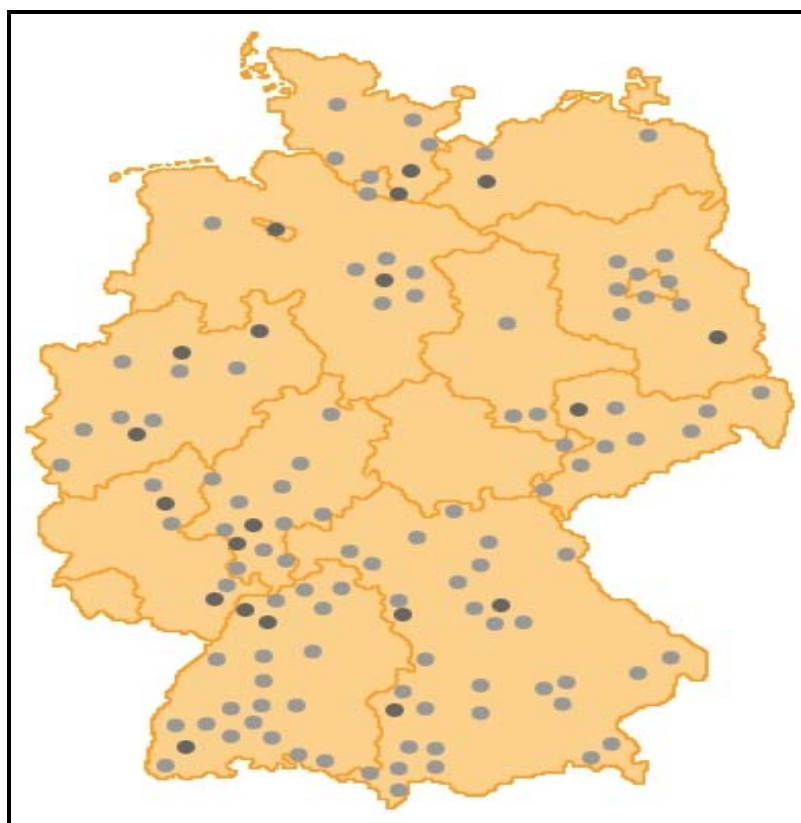
### CHAPITRE 6 : L'expérience allemande en matière de rénovation

En 2003 l'Allemagne a lancé un grand programme national baptisé « Niedrigenergiehaus im Bestand » (que l'on pourrait traduire par « rénovation à faible consommation d'énergie »). Ce programme visait à rénover 36 bâtiments représentant une surface totale de 50.000 m<sup>2</sup>. Cette fois les objectifs du programme étaient très explicites : la consommation ne devait pas dépasser 60 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an.

Ce programme a duré deux ans et s'est terminé en 2005. Les résultats (qui semblent issus du calcul et non de mesure pour l'instant) sont impressionnants :

- 75 % des bâtiments consomment moins de 40 kWh/m/an,
- 14 % consomment entre 40 et 50 kWh/m/an,
- 11 % consomment entre 50 et 60 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Cette performance d'ensemble est intéressante. D'abord parce qu'elle est obtenue dans un pays au climat plus rigoureux que celui de la France. Ensuite parce qu'elle montre qu'on peut obtenir des consommations très faibles même en rénovation. Et qu'il ne s'agit pas d'un cas isolé fondé sur quelque opportunité. Non, il s'agit bien d'un résultat d'ensemble portant sur 50 bâtiments répartis dans toute l'Allemagne.



*Figure 6.1 : Situation géographique des bâtiments du programme « Niedrigenergiehaus im Bestand »*

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 6 : L'expérience allemande en matière de rénovation**

---

En 2005 un nouveau programme de rénovation concernant cette fois ci 110 bâtiments a été lancé en Allemagne. A ce jour, au total, 2.230 logements ont déjà été rénovés, représentant une surface habitable de 138.000 m<sup>2</sup>.

Un site internet permet d'accéder à toutes les informations techniques sur ces programmes de rénovation :

[www.neh-im-bestand.de](http://www.neh-im-bestand.de)

Avec ces opérations en vraie grandeur, l'Allemagne possède aujourd'hui un savoir faire unique au monde en matière de rénovation. Ce savoir faire, construit patiemment depuis 1991, concerne toutes les composantes de la construction : la maîtrise d'œuvre d'abord, avec des cabinets d'architecture souvent plus compétents qu'un bureau d'études fluides français (ceci est dû à la formation très technique des architectes allemands, comme de la plupart des architectes européens, à l'exception de la France), des bureaux d'études fluides maîtrisant parfaitement les techniques performantes, et des entreprises dont le souci de la bonne exécution a de tous temps été la règle de conduite.

Concrètement, le dispositif actuel repose sur la réglementation allemande EnEv (réglementation sur l'efficacité énergétique des bâtiments). Les propriétaires n'ont pas encore l'obligation de rénover. Ils y sont seulement incités. Et pour cela, ils doivent choisir d'atteindre un objectif de performance qui se situe à 30 ou 50 % d'amélioration par rapport au calcul réglementaire effectué préalablement sur le bâtiment **comme s'il s'agissait d'un bâtiment neuf**. Cet objectif va d'ailleurs conditionner le niveau de l'aide financière qui sera octroyé au propriétaire.

L'Allemagne a donc fondé son approche intégralement sur le calcul thermique, même pour des maisons individuelles. Ceci n'a été possible que parce qu'il existe dans ce pays un « terreau » de compétence et de savoir faire, notamment au travers des bureaux d'études très compétents et très « pointus » qui n'existent pas du tout en France. Notre pays souffre depuis plus de 25 ans d'un syndrome conduisant à une certaine paresse intellectuelle en matière d'efficacité énergétique. Nos bureaux d'études n'ont jamais vraiment pris la mesure de l'enjeu et n'ont que très peu cherché à produire des bâtiments aux performances exceptionnelles. Ceci constitue un handicap certain qui va nous obliger à adopter une stratégie différente de la stratégie allemande. Et cette stratégie plaide pour une suppression totale du calcul dans le cas de logements individuels (avec adoption de solutions techniques toutes prêtes).

#### **6-2 Un mode de financement original**

Les propriétaires qui rénovent leur logement bénéficient de crédits spécifiques délivrés par la Kredit Anstalt für Wiederaufbau (KfW) qui est l'équivalent de notre Caisse des Dépôts et Consignations. Cette banque dispose en effet de programmes de crédits immobiliers préférentiels. Ces programmes sont financés d'une part par les moyens propres de la banque, et d'autre part, par des subventions fédérales. Par rapport aux années précédentes, les subventions accordées au programme de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans les bâtiments ont presque triplé. Elles sont passés de 360 millions d'euros par an pour la période 2001-2005 à 1 milliard d'euros par an pour la période 2006-2009. Ceci a évidemment eu un effet de « dopage » des opérations de

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 6 : L'expérience allemande en matière de rénovation**

---

rénovation : fin Mai 2006, les prêts accordés à la rénovation des bâtiments depuis le début de l'année s'élevaient déjà à 5 milliards d'euros, alors qu'ils n'étaient que de 2 milliards d'euros pour l'ensemble de l'année 2005. Fin 2006, ce sont finalement 265.000 logements qui ont été rénovés de façon performante. Le montant total des crédits préférentiels s'est élevé à 9,4 milliards d'euros pour un montant total de travaux de 11 milliards d'euros et 900.000 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées annuellement.

L'aide reçu par chaque propriétaire se présente sous deux formes : une subvention directe et un financement à taux préférentiel. La subvention dépend directement du niveau d'amélioration choisi par le propriétaire. Si celui décide de rénover son bâtiment à - 50 % par rapport à la valeur du bâtiment à rénover considéré comme neuf, alors il peut bénéficier d'une subvention s'élevant à 20 % du coût des travaux, le solde pouvant faire l'objet d'un financement de la KfW.

Selon le Ministre Wolfgang Tiefensee « chaque milliard investi par le gouvernement permet de consolider et de créer 25.000 emplois ». Ceci corrobore les évaluations que nous avons faites et présentées au § 5.1.2.

#### **6-3 La mise en place d'une politique ambitieuse**

Cette stratégie extrêmement réaliste mise en place progressivement depuis 15 ans au titre de la recherche, et depuis 7 ans dans l'expérimentation à grande échelle, est évidemment fondée sur une volonté politique forte qui transcende d'ailleurs les clivages traditionnels entre partis.

Aujourd'hui, l'Allemagne rénove thermiquement (à 50-60 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage seul) chaque année 1% de son parc de bâtiments existants.

Mais dans son contrat de coalition de novembre 2005, le gouvernement fédéral s'est fixé l'objectif très ambitieux de rénover énergétiquement chaque année **5 %** du parc immobilier construit avant 1978.

Cela signifie qu'en vingt ans, le problème de la rénovation du parc bâti sera réglé en Allemagne....



**CHAPITRE 7 : Les expériences françaises en cours**

*Précision liminaire* : les expérimentations dont il est question ici sont uniquement celles que nous avons conduites. A l'origine, il s'agissait des premières rénovations à « 50 kWh/m<sup>2</sup>/an » faites en France, mais depuis, il est probable que d'autres rénovations ont eu lieu ou sont en cours. Ce qui suit n'a donc nullement un caractère exhaustif.

### 7-1 Le quartier Franklin à Mulhouse

#### 7.1.1 Présentation générale de l'opération

Cette opération concerne un quartier de Mulhouse construit fin XIX<sup>ème</sup> début XX<sup>ème</sup> siècle par les patrons des industries textiles afin de loger leurs ouvriers. Aujourd'hui ce quartier s'est considérablement dévalorisé, notamment parce que ces maisons de ville n'ont que peu fait l'objet de rénovation et qu'elles sont en général dans un fort état de délabrement, et sans confort.



*Figure 7.1 : Immeuble typique de la rue des Vosges à Mulhouse*

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 7 : Les expériences françaises en cours**

---

Durant l'été 2004 nous avons été contacté par l'Agence Locale de l'Energie de Mulhouse (ALME). Pierre Lecuelle est un Français ayant vécu 17 ans au Danemark, et qui avait décidé de revenir vivre deux ans en France afin que ses enfants connaissent le pays de leur père. C'est ainsi que, en charge de la rénovation de ces quartiers pour le compte de l'ALME, il a eu l'idée de faire de la « basse énergie », comme il l'avait vu faire couramment au Danemark. Cela faisait 6 mois qu'il cherchait un bureau d'études intéressé par son projet en France lorsqu'il nous a contacté. La première rénovation de logements à basse consommation d'énergie de France pouvait commencer !

La procédure mise en place était simple : dans le cadre de l'opération de Rénovation des Quartiers Anciens de Mulhouse, la SERM (société d'économie mixte d'aménagement) acquiert des immeubles, qu'elle revend à des investisseurs privés, accompagnés d'un Permis de Construire, et d'une Autorisation Spéciale de Travaux (AST). Un cahier des charges « Basse énergie » est annexé au contrat de vente. Les investisseurs sont tenus de réaliser les travaux dans les 15 mois.

Pour cela, des architectes sont sélectionnés par la SERM afin de préparer les permis de construire et les AST. Nous les accompagnons au travers une mission de conseil technique. Le cahier des charges proposé est celui de la Solution Technique Universelle. On met en œuvre des « paquets » de solutions techniques sans faire aucun calcul sur les consommations. Seuls les besoins sont recalculés pour le dimensionnement des émetteurs.

Les investisseurs achètent donc un produit déjà étudié, accompagné d'un cahier des charges précisant l'ensemble des contraintes à respecter (essentiellement une obligation de moyens). Ils bénéficient d'un mécanisme de défiscalisation de type Malreaux : les propriétaires d'un immeuble situé dans un secteur sauvegardé ou dans une zone de protection du patrimoine peuvent entreprendre une restauration. Le déficit foncier généré par les travaux est alors imputable – hors intérêts d'emprunt – sur leur revenu global et ce sans limitation.

En contrepartie, le propriétaire de l'immeuble rénové dans le cadre de ce dispositif, s'engage à louer le logement nu à usage de résidence principale pendant 6 ans, la location prenant effet dans les 12 mois suivant la date d'achèvement des travaux.

Il s'agit d'un mécanisme d'aide très favorable et qui a permis de démarrer plus facilement ces opérations de rénovation lourde. Car ces logements n'ont pas fait l'objet d'une simple rénovation thermique. Il s'agit de travaux importants, avec parfois reconstruction des planchers et restructuration interne générale.

Douze maisons de ville comprenant de 2 à 5 logements ont ainsi fait l'objet de ce processus de rénovation.

#### ***7.1.2 Stade d'avancement***

Sept des douze bâtiments prévus ont déjà été achetés et ont fait l'objet de travaux. Les premiers bâtiments ont été réceptionnés à l'automne 2007.

#### ***7.1.3 Les premiers enseignements***

Ces opérations se sont déroulées de façon très constructive, avec une volonté forte de l'aménageur, de jeunes architectes très motivés et très intéressés, et une équipe locale très convaincue par la démarche engagée.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 7 : Les expériences françaises en cours**

---

Pour être franc, faire ce type de bâtiments n'a paru particulièrement difficile. L'offre de certains composants étaient parfois un peu limitée (comme sur les menuiseries avec triple vitrage), mais il n'y a eu aucun problème pour les résistances thermiques pourtant importantes mises en œuvre sur l'ensemble des parois. Les ventilations double flux avec récupération de chaleur ont pu être installées partout.

Un point critique toutefois : la lutte contre la perméabilité à l'air de l'enveloppe. Déjà en construction neuve, le savoir faire n'est pas très répandu en France, mais en rénovation, il existe de nombreux détails et problèmes spécifiques liés à la nature et l'état de surface des matériaux en place, à l'architecture, aux compétences présentes sur le chantier. Il n'était pas sûr que ces premières opérations présentent des performances d'exception pour l'étanchéité à l'air.

Nous avons seulement demandé aux équipes de bien vouloir travailler sur l'étanchéité des assemblages murs/menuiseries, pensant que ce serait un premier pas déjà suffisant. De gros efforts ont donc été faits sur ce point. Un test d'étanchéité à la porte soufflante a été pratiqué récemment sur le premier logement. Il n'était pas très bon, de l'ordre de 5 vol/h sous 50 Pa, mais il a montré que le traitement de la jonction menuiseries/murs était très bon, et qu'une grosse part des fuites d'air s'effectuait....au travers des goulottes électriques. Ce qui sera rapidement et facilement amélioré.

Les points faibles sont plutôt venus, comme souvent, des bureaux d'études dont la plupart n'ont pas manifesté un intérêt particulier pour ces opérations, l'un d'entre eux ne s'apercevant même pas qu'il avait affaire à un bâtiment à très faibles consommations, l'affublant de puissances installées près de 10 fois supérieures aux besoins réels. Heureusement que l'AMO était là....

A ce jour, on ne dispose pas encore d'une analyse fine des coûts. Ce travail est en cours et fera l'objet d'une publication dès qu'il sera terminé.

#### ***7.1.4 Quelles suites ?***

Dans un premier temps une partie de ces logements va faire l'objet d'un test à la porte soufflante et d'un suivi de mesure d'une année. Il est important de recueillir des données factuelles sur l'état des consommations, des confort (notamment l'été), des consommations d'eau chaude sanitaire, etc afin de pouvoir corriger rapidement les erreurs de conception qui auraient pu être faites. Ces résultats seront également publiés, quel qu'en soit le résultat, afin que l'expérience et les acquis puissent être mutualisés.

## **7-2 Les opérations de rénovation lancées par la Région Rhône Alpes**

### ***7.2.1 Présentation générale de l'opération***

Lancé en 2005, il s'agit d'un programme de travaux voté à l'unanimité des élus, dont l'objet est de rénover environ 150 logements, en 8 ou 10 opérations de logements collectifs afin de multiplier le savoir faire et la compétence. Les opérations vont de 4 à 25 logements et sont réparties sur tout le territoire régional.

Nous avons en charge l'organisation, le pilotage et le suivi technique de ces opérations.

Comme en Alsace, il a été demandé aux équipes de mettre en œuvre la Solution Technique Universelle. Pas de calcul, mais une obligation de moyens. Un effort est également demandé sur l'eau chaude sanitaire. En contrepartie, les équipes reçoivent de la Région une

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 7 : Les expériences françaises en cours**

---

subvention forfaitaire de 50 €/m<sup>2</sup> habitable, ainsi que l'aide technique que nous apportons à chaque projet.

Le programme avance très lentement à cause de la multiplicité des maîtres d'ouvrage, souvent des bailleurs sociaux, soumis à de nombreuses règles pour la sélection des équipes, l'avancement des projets, etc. Aujourd'hui, seul un ou deux chantiers ont commencé. La dispersion territoriale est l'une des difficultés majeures pour l'animation de ce type de projets. Alors qu'à Mulhouse toutes les opérations se trouvent à peu de choses près dans quelques hectares de terrain, en Rhône Alpes les opérations sont extrêmement dispersées, et souvent très petites.

Jusqu'à présent on n'a pas rencontré de problèmes techniques particuliers. Dans la plupart des cas il a été possible de mettre en place les ventilations double flux. Dans les cas où cela n'a pas été jugé faisable, on a opté pour la ventilation hygro B.

Certaines opérations sont rénovées en site occupé, d'autres font l'objet d'un relogement des occupants. Enfin quelques unes n'étaient plus occupées et font l'objet d'une restauration lourde. Aucune opération ne correspond au cas de figure du programme de rénovation, à savoir un logement en cours de mutation, dans lequel on ne ferait qu'une rénovation thermique. Cela s'explique très bien.

L'intérêt de ce programme est d'abord de créer une dynamique en région autour de la rénovation, de générer une demande stimulant les entreprises locales. Mais c'est aussi d'apprendre tous ensemble à résoudre un problème un peu nouveau. Il n'est donc pas très grave que les candidats à la rénovation ne correspondent pas exactement à ce que l'on recherche (rénovation lors de mutations), car cela reste des occasions d'apprendre les techniques nécessaires à la rénovation à très basse consommation.

#### ***7.2.2 Stade d'avancement***

Les études sont en cours sur la plupart des opérations. Seules une ou deux opérations sont en chantier.

#### ***7.2.3 Les premiers enseignements***

Ce programme confirme ce que l'Alsace a montré : il n'y a pas de difficultés majeures à réaliser des rénovations à basse consommation. Il ne faut seulement pas oublier qu'on est ici dans des conditions assez favorables, puisqu'il s'agit la plupart du temps de rénovations très lourdes.

Nous ne disposons encore d'aucun retour de prix. Mais, comme à Mulhouse, les opérations sont effectivement réalisées, ce qui laisse penser que l'équilibre financier est acceptable par les maîtres d'ouvrage.

#### ***7.2.4 Et après ?***

Dans un premier temps il faudra, comme en Alsace, trouver des budgets pour conduire des campagnes de mesure sur quelques opérations.

Il faudrait aussi rapidement que la Région relance une seconde tranche de travaux sans attendre la fin de celle-ci. De nombreux enseignements sont déjà palpables. Mais les Régions ont à l'évidence un rôle à jouer dans le processus de démarrage du programme national de

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 7 : Les expériences françaises en cours**

---

rénovation. Ce sont elles qui constituent le creuset de l'innovation et de l'expérimentation. Jamais l'Etat ne pourra prendre en charge ce type d'expériences. Seule la dimension régionale le permet efficacement et valorise localement les acquis.

### **7-3 Les opérations de rénovation lancées par la Région Bourgogne**

#### *7.3.1 Présentation générale de l'opération*

Le premier programme de construction neuve et de rénovation a été lancé en Bourgogne en 2006. Les objectifs étaient exprimés en terme de d'obligation de résultats pour la construction neuve et d'obligation de moyens en rénovation (STU). Les consommations de chauffage ne devaient pas dépasser une valeur physiquement mesurable de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an en neuf et un effort devait être fait pour réduire les consommations d'eau chaude sanitaire.

La simulation dynamique en phase conception était souvent demandée aux équipes de maîtrise d'œuvre.

Un appel à candidatures a recueilli environ 25 projets parmi lesquels sept projets lauréats ont été sélectionnés.

La Région offrait une subvention de 200 €/m<sup>2</sup> habitable en rénovation, et de 150 €/m<sup>2</sup> en neuf, ainsi que l'assistance technique que nous apportons au travers de notre mission.

Ce programme est animé de façon très dynamique par la Région. Les réunions se font toutes au siège du Conseil Régional, au cours de journée de travail marathon. Mais ce mode de fonctionnement mérite d'être repris par les régions que ce genre de projet intéresse. Car il crée une réelle dynamique locale. Bien que la Région Bourgogne n'ait pas été jusque là une des régions pilotes en France sur le sujet, elle est en train de créer à l'échelle locale mais aussi nationale un courant d'intérêt très fort qui motive les équipes et crée une véritable émulation. Beaucoup d'équipes parisiennes et lyonnaises ont fait acte de candidature aux appels d'offres basse consommation lancés par la Bourgogne. Il y a un « esprit » Bourgogne autour de la recherche des basses consommations, et c'est très intéressant de constater ce genre de phénomène.

Parmi les sept projets sélectionnés se trouvent deux bâtiments tertiaires dont un en réhabilitation, et 154 logements dont 42 neufs et 112 réhabilités. Une opération exemplaire de 102 logements à Autun retient toute l'attention. Il s'agit d'une « bloc » HLM typique qui va être rénovée en site occupé. Le maître d'ouvrage, l'OPAC 71, fait partie des grands moteurs du projet Bourguignon.

Sans attendre les résultats de la consultation de 2006, le Conseil régional, associé cette fois à la délégation régionale de l'ADEME, a lancé une seconde consultation encore plus ambitieuse en 2007 au terme de laquelle au moins 20 nouveaux projets devraient être retenus. L'objectif à atteindre est cette fois-ci l'obtention du label BBC en construction neuve, et la solution technique universelle en rénovation. L'aide est de même nature que la première année : à la fois technique et économique au travers d'une subvention forfaitaire ramenée cette fois à 150 €/m<sup>2</sup> en réhabilitation, et à 100 €/m<sup>2</sup> en construction neuve. Ces aides s'entendent hors ENR pour lesquelles une subvention complémentaire de 50 % est octroyée.

En fin d'année 2007 c'est environ 35.000 m<sup>2</sup> qui seront en études ou en chantier.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 7 : Les expériences françaises en cours**

---

#### ***7.3.2 Stade d'avancement***

Les études sont en cours sur la plupart des opérations. Quelques chantiers ont démarré sur les projets lauréats en 2006.

#### ***7.3.3 Les premiers enseignements***

La spécificité de l'opération de Bourgogne tient surtout à la dynamique qu'elle a été capable de mettre en place à l'échelle régionale, et à la contribution qu'elle a apporté à la sensibilisation nationale. Cela traduit que la manière dont on accompagne un projet majeur est importante, que la façon dont on travaille avec les gens est essentielle, que le degré d'implication des responsables régionaux est déterminant. Donner envie à chacun de faire partie de cette grande aventure, lui donner envie d'apporter le meilleur de lui-même.

Mais la Région Bourgogne a également su entourer son entreprise de conditions périphériques complémentaires, comme par exemple l'organisation d'un colloque dédié aux maîtres d'œuvre et consacré à la perméabilité à l'air des bâtiments, ou la formation technique massive durant trois jours de tous les maîtres d'œuvre et décideurs afin qu'ils apprennent la construction et la rénovation à faible consommation d'énergie.

Pour le reste, les projets ne sont pas encore tous en chantier ni évalués et il est difficile de tirer des conclusions pour le moment. Seule constante qui apparaît vraiment aujourd'hui comme une évidence : ce n'est pas très compliqué de parvenir à ces faibles consommations....

#### ***7.3.4 Et après ?***

En principe, l'ensemble des opérations fera l'objet d'une évaluation par mesure durant la première année de fonctionnement. Une analyse des coûts sera également conduite. Des guides de savoir faire seront élaborés à la lumière de ces expérimentations.

### **7-4 Les opérations de rénovation lancées par la SA HLM CMH**

CMH est un important bailleur social privé du Nord de la France. Très tôt sensibilisé à la question des charges d'énergie et des problèmes énergétiques, ce maître d'ouvrage nous a demandé de travailler avec lui pour la rénovation de 16 maisons de ville de la Région de Lille et de Roubaix.

Il s'agit de logements dans un état assez vétuste. Les rénovations qui vont être conduites ne sont pas que thermiques. Elles sont généralement assez lourdes et cherchent à redonner à ces logements un niveau de confort et des prestations plus en rapport avec ce que les usagers attendent aujourd'hui.

Ne disposant pas d'aides ni régionales, ni d'aucune sorte, le maître d'ouvrage a passé beaucoup de temps à imaginer le mode de financement de ces opérations qui vont donc réellement démarrer à partir de l'automne 2007.

Comme sur tous les autres projets de rénovation, c'est la STU qui va être mise en œuvre et qui semble de très loin la méthode la plus adaptée au contexte.

Le projet devrait axer ses efforts sur la constitution de groupements d'entreprises susceptibles de répondre par la suite sous forme de guichet unique à l'échelle régionale.

**CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la solution  
technique universelle et le programme de rénovation**

Le programme « Renov » a été élaboré entre le printemps et l'été 2003. La STU (Solution Technique Universelle) est née à la suite des premiers gros travaux de simulation en juin 2004. Depuis, on pourrait dire qu'elle a été plébiscitée par les professionnels et généralement décriée par la plupart des structures administratives et certains bailleurs privés.

Les professionnels l'apprécient parce qu'ils la trouvent simple et adaptée à la réalité du monde de la construction.

Quant aux détracteurs de la STU, il faut bien reconnaître que souvent ils ne la connaissent pas bien (nous sommes responsables de cet état de fait) et lui 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** : la STU ne vise pas à imposer le même isolant à tout le monde. La STU impose un niveau de résistance thermique additionnelle, pas un isolant. De plus, elle n'impose 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 piment 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 450.000 logements/an, et peut-être 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 450.000 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 du premier coup, dans le délai imparti. Et donc adapter moyens et méthodes à cette urgence.



**Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**  
**CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le programme de rénovation**

---

**Objection** : Mais pourquoi ne pas adopter des dispositions techniques différentes pour les principales zones climatiques ?

**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 cm de la STU. Cela revient à mutualiser l'effort, pour faire en sorte que chaque Français, où qu'il habite, soit en mesure d'accepter les mesures 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 la STU aura également cet avantage important de coûter le même prix pour tous, où que l'on habite.



**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. Seule avait un impact la résistance additionnelle. Cela conduit à la conclusion simple qu'il ne sert à rien de laisser penser qu'il existe une mosaïque de cas particuliers en France et donc qu'il faut une mosaïque de solutions.



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

**Réponse** : la STU ne parle pas de technologie. Elle laisse chacun choisir le mode d'isolation ou la nature de l'isolant. Savoir où et comment il faut ventiler un isolant fait partie des règles de l'Art. Ce n'est pas l'objet de la STU qui ne se borne qu'à la définition de résistances thermiques additionnelles.



**Objection** : les mesures proposées par la STU ne sont pas réalistes 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 suffiraient auxquels il faudrait ajouter l'épaisseur du doublage.



## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le programme de rénovation**

---

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 ! La STU laisse complètement libre l'artisan, l'architecte ou le maître d'ouvrage de donner à son bâtiment l'aspect aussi bien intérieur qu'extérieur qu'il souhaite.



**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'articule ce programme de rénovation avec le DPE ?

**Réponse** : Le DPE est une disposition qui a été imposée par la directive européenne sur l'efficacité énergétique, mais qui n'apporte aucune réponse à la question qui nous est posée. Le DPE est fondé sur la sensibilisation et l'incitation du public à passer à l'action. Or on a montré très clairement que nous ne pouvons pas matériellement rénover le parc de bâtiments en 45 ans si on procède par incitation (voir § 2.2 et 2.3). Dès lors le DPE est pour la France une disposition inutile, coûteuse, et en plus de très mauvaise qualité technique. Le programme de rénovation n'a pas besoin du DPE puisqu'on sait déjà ce qu'il faut faire. Le DPE est également dangereux puisque le niveau des solutions proposées dépend directement du diagnostiqueur. **Il y a donc toutes les probabilités que l'on tue très méthodiquement le gisement grâce au DPE.** Nous considérons le DPE comme une erreur stratégique.



**Objection** : Ce programme de rénovation obligatoire va créer un surcoût lors des 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.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le programme de rénovation**

---

A 200 €/m<sup>2</sup>, le coût des travaux de rénovation ne vont représenter au pire qu'un surinvestissement de 10 %. 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>3</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 avec la mise en chantier du programme de rénovation. Le surinvestissement 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 le nombre de ces guerres et la souffrance qui va avec....



**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, cette situation s'est présentée. 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.

---

<sup>3</sup> Voir la revue Etudes Foncières n°126 de mars-avril 2007

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le 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.

**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 43 ans), ni le niveau auquel il faut opérer (50 kWh/m<sup>2</sup>/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. 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%). 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 si difficile que cela.



**Objection** : Il serait préférable d'adopter une politique dans laquelle on ne rénoverait les bâtiments qu'à 100 ou 150 kWh/m<sup>2</sup>/an, 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 même amené là où on est aujourd'hui ! Tout le monde parle de solutions de rupture, et cette stratégie cherche au contraire une grande continuité dans l'action....

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 faire collectivement.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le programme de rénovation**

---

**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..

**Réponse** : Mais l'Inde et la Chine pensent que c'est aux Etats Unis de commencer puisque ce sont les plus gros émetteurs 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** : Cette question a été évoquée au § 3.3.3.4.



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

**Réponse** : Exactement de la même façon technique qu'ailleurs. Sauf que dans la plupart des cas il y aura un bureau d'études et que ce bet pourrait en théorie pratiquer une optimisation propre à ce bâtiment. Autour d'une exigence comme le label BBC par exemple. 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 paraît quand même moins souhaitable que la solution de la STU.

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le programme de rénovation**

---

D'un point de vue financier, la question a été traitée au §5.2.3. Le système actuel de financement du logement social ne permet pas de rénover les bâtiments au niveau où il faudrait le faire. Des changements doivent donc être apportés par l'Etat à ce mode de financement.

Enfin, la procédure de rénovation au moment des cessions n'est plus possible. Il faudrait donc imposer aux offices de renouveler tous les ans 2,5 % de leur parc bâti d'avant 1975, jusqu'à rénovation de tout le parc.



**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.

Le grand programme 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. Pour cela, on pourrait décider d'un ordre de rénovation déterminé (c'est un exemple) en fonction de la première lettre du nom du propriétaire. Tous les deux ans une lettre de l'alphabet serait tirée au sort. Les propriétaires dont le nom commence par cette lettre aurait un délai de 5 ou 10 ans pour procéder aux travaux de rénovation de leur parc loué. L'avantage de cette solution serait de répartir le travail de façon homogène sur tout le territoire au cours des 45 ans à venir. Et il réglerait la question des épaves thermiques en location.

Sur un plan économique, il faudrait autoriser une augmentation du loyer telle que le couple loyer + charges n'augmente pas, de façon à ce que le propriétaire puisse financer son emprunt.

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

C'est possible. C'est effectivement un risque. 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 du tout 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.



**Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**  
**CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le programme de rénovation**

---

**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, c'est imaginable si les moyens mis en œuvre n'étaient pas conformes à l'exigence.



**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.



**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 deux raisons majeures sont que cela va coûter plusieurs fois plus cher de procéder ainsi plutôt qu'en une seule fois, et qu'il faudra deux ou trois fois plus de main d'œuvre, ce qu'on sait parfaitement impossible.



**Objection** : Quand doivent être réalisés les travaux (avant ou après la vente) et par qui (le vendeur ou l'acheteur) ?

**Réponse** : Les travaux doivent être réalisés après signature de l'acte de vente. Car c'est l'acheteur, et lui seul, qui doit faire les travaux. En effet, en combinant les travaux de rénovation thermique avec les travaux d'aménagement qu'il aurait fait de toute façon, l'acheteur obtiendra le meilleur résultat technique et pour le coût le plus faible. Et en plus les finitions seront conformes à ses goûts.



**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 aux défis 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....

## **Rénovation des logements à basse consommation d'énergie**

### **CHAPITRE 8 : Objections et idées fausses sur la STU et le programme de rénovation**

---

**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 mettre en face les moyens nécessaires pour atteindre l'objectif.

L'ambition dont il est question ici est en fait « seulement » l'ambition 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 le présent rapport, 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 opté pour des objectifs de moyens plutôt que pour des objectifs de résultats.

On a aussi montré que, selon toute probabilité, l'opération serait économiquement très rentable dans la plupart des cas. Le principal déterminant de cette rentabilité est le coût futur de l'énergie, qui devrait en principe connaître une hausse importante.

Mais même si tout ceci s'avérait faux chez Monsieur X ou Monsieur Y, et bien ce serait le prix à payer plus ou moins collectivement pour sauver « la maison qui brûle ».

Plus globalement, on peut se dire que, si toutes ces dispositions étaient hyper rentables depuis longtemps, elles se feraient de façon courante ! Le marché l'imposerait. Si cela ne se fait pas, mais si on pense qu'il faut maintenant le faire, c'est précisément parce que le contexte change en profondeur et qu'une incertitude majeure plane sur le futur. Personne ne peut rien garantir à personne dans une circonstance comme celle-là ! Pas même qu'en faisant ces travaux on échappe aux dégâts du changement climatique....

## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CONCLUSION

---

### CONCLUSION

La rénovation des logements, puis des bâtiments tertiaires, à très faible consommation d'énergie doit être entreprise sans plus attendre, tout le monde en est convaincu.

Ce qui précède a mis en évidence deux éléments importants :

- d'abord, il n'y a aucune impossibilité technique aujourd'hui pour parvenir à rénover des bâtiments à très basse consommation d'énergie. On peut d'ores et déjà le faire avec l'ensemble des techniques disponibles en France ou en Europe. Il est important de rappeler et de marteler que l'exécution de ces travaux n'est pas conditionnée à une quelconque rupture technologique. C'est également vrai des bâtiments à énergie positive. Certes, les progrès technologiques rendront plus aisé dans le futur l'accès à la performance, et permettront la banalisation des bâtiments à énergie positive. Mais rien n'interdit aujourd'hui de commencer concrètement à réaliser des rénovations à basse consommation d'énergie.

- ensuite, la technologie n'est pas tout. Il faut qu'elle soit prescrite, et il faut qu'elle soit mise en œuvre. Dans un cas comme dans l'autre, nous allons avoir de grosses difficultés parce que les hommes de terrain ne sont pas encore formés à cet exercice. Le grand enjeu de demain est en effet **la formation**. C'est aussi l'une des clés de la réussite de ce grand programme. Sans formation, les maîtres d'œuvre continueront à concevoir des bâtiments qui ne peuvent pas être de faibles consommateurs d'énergie, et les entreprises ne sauront pas mettre en œuvre les matériels et les matériaux un peu nouveaux nécessaires à cet objectif.

Seulement qui va former qui ? Parce que pour former, il faut une expérience concrète. Et peu d'acteurs du bâtiment ont en France cette compétence concrète. L'objectif n'est pas seulement d'améliorer la qualité de l'exécution en formant mieux les artisans à la pose d'isolation extérieure. L'objectif est aussi d'apprendre d'autres techniques, comme par exemple celles qui conduisent à une très bonne imperméabilité à l'air des façades. Or pratiquement personne en France connaît ces techniques et les pratique de façon courante.

Et dans ce contexte, pourquoi ne pas acheter le savoir faire de ceux qui depuis 15 ans ont fait énormément d'expériences et acquis un grand savoir faire ? Les allemands, les autrichiens, les suisses peuvent aujourd'hui nous faire gagner du temps, parce qu'ils ont une vraie expérience.

Mais la tâche de formation est vraiment colossale. Il faudra que chaque praticien, où qu'il soit en France, dans le village le plus reculé du département le plus reculé, puisse avoir accès à l'information et à la formation. Dès lors on ne peut plus continuer à former des groupes de 15 personnes à la fois. Ne serait ce qu'à l'éducation nationale, il y a 4.000 professeurs de BTS à former, et même à sensibiliser à une problématique nouvelle ! On ne peut plus utiliser la formation directe. Il faut utiliser les possibilités d'internet pour créer une université du « net » qui permettra à chacun d'apprendre et de progresser à sa vitesse, chaque heure ou chaque jour s'il le veut, aussi longtemps qu'il le voudra. Cet outil est entièrement à créer.



## Rénovation des logements à basse consommation d'énergie

### CONCLUSION

---

Il restera un élément technique à maîtriser également, c'est l'ingénierie financière qui devra accompagner le projet. Les premiers contacts déjà pris avec les banques laissent penser que les meilleures d'entre elles ont compris tout l'intérêt de la démarche. Les prêts de demain pour la rénovation ne seront pas des prêts assis sur la garantie du niveau de revenu, puisqu'ils rapporteront de l'argent. Mais il faudra que ce soit des prêts réellement incitatifs, avec une ingénierie financière performante capable de faire baisser très sensiblement les taux qui seront pratiqués. Et la masse des travaux envisagés devrait favoriser l'obtention de ces taux très bas.

Enfin, le dernier écueil à éviter est le frein mental qui est en chacun de nous. Cette difficulté à changer les choses de notre vie. Ce frein va interdire à un certain nombre d'acteurs du bâtiment de s'adapter au nom d'un principe usurpé : le principe de réalisme. Ce n'est pas réaliste de vouloir rénover à ce niveau de performance autant de logements en aussi peu de temps. C'est vrai que c'est un défi. Mais ce qui n'est pas réaliste serait de continuer sans rien changer.

Pourtant, l'expérience montre que les freins au changement sont nombreux, et souvent à des postes clés, soit dans l'administration, soit dans la chaîne de l'acte de construire (maître d'œuvre réfractaire à tout changement de ses habitudes, ou convaincu qu'il est impossible de faire autrement que ce qu'il fait depuis trente ans....). L'information et la sensibilisation sont les seuls moyens dont on dispose pour faire évoluer les mentalités. Elles devront être utilisées abondamment....

Mais si la situation est grave, et même gravissime, elle n'est pas désespérée. Nous en voulons pour preuve l'évolution impressionnante des mentalités et des opinions, notamment dans le monde du bâtiment, depuis 1 à 2 ans. Dès lors tous les espoirs sont permis. C'est en effet le signe que le dogmatisme est un phénomène minoritaire, et qu'avec la bonne volonté de chacun, avec le mariage de nos forces et de nos intelligences, avec surtout la mutualisation de nos expériences et de nos savoirs, nous trouverons tous ensemble comment réussir ce grand programme de rénovation.