

# Sommaire

## Avant-propos

Préambule.....	3
----------------	---

## PARTIE I

<b>La Fondation Bâtiment-Énergie, le contexte réglementaire et environnemental</b> .....	7
--	---

1. La Fondation Bâtiment-Énergie (www.batiment-energie.org).....	7
2. Un projet ambitieux.....	8
3. Les projets de recherche soutenus par la Fondation Bâtiment-Énergie.....	8
4. Énergie et environnement : les chiffres-clés.....	9

## PARTIE II

<b>Le secteur de la maison individuelle</b> .....	17
---	----

1. Le secteur de la maison individuelle en France.....	17
2. Les acteurs du marché de la réhabilitation des maisons individuelles.....	22
3. La réhabilitation : les réglementations, les labels et les certifications.....	28
4. Les aides financières.....	36
5. L'appel à projets sur la réhabilitation « Facteur 4 » des maisons individuelles.....	42

## PARTIE III

<b>Les techniques de réhabilitation spécifiques aux maisons individuelles</b> .....	47
---	----

1. L'isolation : connaissances générales.....	48
2. Incidence du système d'isolation sur les ponts thermiques.....	51
3. Isolation thermique par l'intérieur.....	54
4. Isolation thermique par l'extérieur.....	54
5. Changer les fenêtres.....	58
6. Volet roulant « rénovation ».....	65
7. La lumière naturelle et les protections solaires.....	69
8. La ventilation.....	71
9. Isoler la toiture.....	74
10. Production d'eau chaude et système de chauffage.....	83
11. Produire de l'énergie.....	94

## PARTIE IV

<b>Les projets lauréats du premier appel à projets de la Fondation Bâtiment-Énergie</b> .....	99
---	----

1. Introduction.....	99
2. « Adélie ».....	99
3. « Odmir 4 ».....	100
4. « Mitech ».....	100
5. De nouveaux appels à projets.....	101

## PARTIE V

<b>« Adélie » : Améliorateurs pour la Diminution des Émissions de gaz à effet de serre dans les Logements Individuels Existants</b> .....	105
---	-----

1. « Adélie » : un creuset opérationnel pour susciter un mouvement.....	105
2. Le consortium : appréhender la maison sous tous ses aspects.....	106
3. Une approche sur mesure et une offre globale.....	112
4. Quinze réalisations : caractéristiques techniques.....	115
5. Retour d'expérience : de la difficulté de vendre les économies d'énergie.....	118
6. Bilan : rechercher une optimisation globale.....	120

## PARTIE VI

<b>« Odmir 4 » : Outil d'aide à la Décision pour des Maisons Individuelles Réhabilitées « Facteur 4 »</b> .....	139
---	-----

1. Introduction.....	139
2. Le consortium.....	139
3. Le parc de maisons Phénix et les acteurs.....	140
4. L'outil d'aide à la décision « Odmir 4 ».....	142
5. Un exemple de réhabilitation « Facteur 4 » : l'opération « Odmir 4 » de Saint-Fargeau-Ponthierry.....	148
6. Généralisation.....	159
7. Les résultats du projet « Odmir 4 ».....	160

**PARTIE VII****« Mitech » : Proposition globale de remise  
à niveau énergétique  
des maisons individuelles** ..... 165

1. Le consortium ..... 165
2. Le marché cible :  
confirmation de l'enjeu ..... 166
3. Évaluation de l'existant..... 167
4. La finalité du projet « Mitech » ..... 167
5. Définition des différents packs  
et choix architectural ..... 167
6. Le pack isolation ..... 170
7. Le pack ventilation..... 172
8. Le pack baies ..... 173
9. Le pack toiture ..... 175
10. Le pack solaire ..... 177
11. Le traitement des points singuliers ..... 178
12. Estimation des coûts..... 179
13. Bilan économique ..... 181
14. Étude des freins et des motivations  
des propriétaires dans leur projet  
de rénovation..... 185
15. Un exemple d'application :  
le projet Blainville..... 186
16. Le développement commercial  
des solutions « Mitech » :  
le Réseau AGIR ..... 193

**Conclusion** ..... 197**Annexe** ..... 201

Certaines de ces maisons « low-cost » se situent désormais à un niveau de prix semblable à celui de constructions plus anciennes, mais elles témoignent en plus de performances thermiques qui en rendent l'usage beaucoup plus économique.

### 1.3 Le marché de l'entretien/amélioration/réhabilitation des maisons individuelles

Le parc immobilier résidentiel français, avec ses 33 millions de logements en 2010, est constitué de 27,7 millions de résidences principales (parmi lesquelles 15,6 millions sont des maisons individuelles), de 3,2 millions de résidences secondaires et de 2,1 millions de logements vacants.

Plus de la moitié des 15,6 millions de maisons individuelles ont été construites avant 1975, c'est-à-dire antérieurement à toute réglementation thermique.

Tableau 4 : Répartition des parcs et des consommations de chauffage des maisons individuelles selon la période de construction (en 2005)

Répartition	Avant 1949	1949 à 1974	1975 à 1989	1990 à 2005	Total
Maisons individuelles					
Effectifs	32 %	22 %	27 %	19 %	100 %
Consommations chauffage	45 %	25 %	18 %	12 %	100 %
Immeubles collectifs					
Effectifs	23 %	45 %	18 %	14 %	100 %
Consommations chauffage	32 %	51 %	10 %	7 %	100 %

Nota : La répartition des effectifs est calculée sur la base des surfaces habitables.

Ce parc de maisons individuelles est extrêmement diversifié, avec de fortes variations de leurs caractéristiques en fonction des régions, des modes constructifs, des équipements et de l'énergie utilisée. Tout ceci fait du marché de la rénovation un marché extrêmement diffus, complexe et contrasté.

Une partie de ce parc a déjà été rénovée, mais comme ces maisons demeurent pour la plupart peu performantes sur le plan énergétique, elles constituent toujours un marché à fort potentiel d'économies d'énergie.

La demande existe même si, alors qu'elle devrait être la principale préoccupation, la volonté de réduire le montant de la facture énergétique marque le pas. Par contre, le souci d'une meilleure isolation thermique et d'une amélioration du confort augmente.

## 6. Volet roulant « rénovation »

Le volet roulant rénovation se met en œuvre soit en remplacement d'une ancienne fermeture, soit lorsque le bâtiment ne disposait pas de fermeture. Une fermeture placée à l'extérieur d'une fenêtre apporte une résistance thermique additionnelle à la baie. Cette résistance résulte de la couche d'air comprise entre la fermeture et la fenêtre. La prise en compte de la résistance de cette couche est fonction de ses échanges possibles avec l'extérieur, c'est-à-dire de la perméabilité à l'air de la fermeture. Cette résistance thermique additionnelle résulte également de la résistance thermique du tablier de la fermeture. Caractérisée par la résistance  $R_f$  (ou  $R_{sh}$ ) en  $m^2.K/W$ , sa valeur est fonction du matériau constituant la lame du tablier et de son épaisseur. Elle peut être calculée (NF EN 13125). Pour les tabliers en aluminium,  $R_f$  est nulle même si les lames sont remplies de mousse polyuréthane. En effet, un pont thermique, situé à chaque jonction de lame annule l'isolation thermique de la mousse.

Figure 24 : Volet roulant en tableau

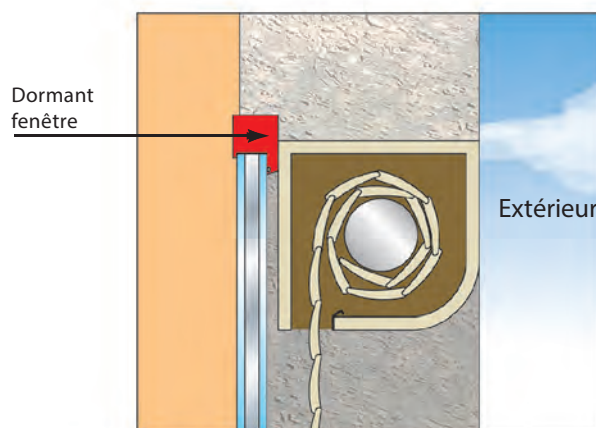
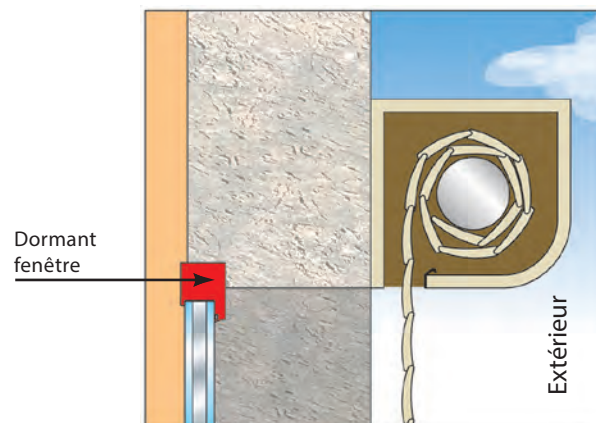


Figure 25 : Volet roulant en applique sur façade



## 6.1 Émissions de gaz à effet de serre

La réduction d'un « Facteur 4 » des émissions de gaz à effet de serre après rénovation est dans certains cas impossible à vérifier, puisque les constructions n'étaient pas chauffées initialement. Dans d'autres cas, le mode de chauffage n'était pas connu. De plus, la vérification du « Facteur 4 » est liée aux choix de systèmes de chauffage. Ainsi, les bâtiments où un chauffage au bois ou par pompe à chaleur a été installé n'ont pas de difficulté à diviser par quatre au moins leurs émissions, grâce à la réduction des besoins et au recours à des énergies peu émettrices de CO<sub>2</sub>.

En revanche, la division par quatre des émissions est très difficile, voire impossible dans certains cas, pour les bâtiments qui conservent un chauffage aux énergies fossiles (par exemple, les chaudières à gaz ont été remplacées par des chaudières à condensation). Dans ces cas, le traitement performant de l'enveloppe ne suffit pas à atteindre le « Facteur 4 ». Or, il n'a pas paru opportun d'exclure ces rénovations qui aboutissent à une très bonne performance énergétique. Cette difficulté tient au mode de calcul de la réglementation thermique.

Dans tous les cas le rapport Surface sud équivalente/surface habitable est maintenu voire augmenté. Néanmoins, les rénovations étudiées tirent profit des projets d'extension. Pour une rénovation sans extension, ce rapport pourrait très bien diminuer en raison de la perte de transmission solaire que provoque le remplacement du simple vitrage par du double vitrage.

## 6.2 Les enseignements de l'opération : nécessité de quatre indicateurs

Le référentiel « Adélie », développé et affiné au cours du projet, illustre la nécessité de disposer d'indicateurs suffisamment nombreux pour refléter une approche globale de la rénovation. Certains projets abandonnés étaient éligibles au critère de performance énergétique du label BBC Rénovation, mais la rénovation n'était pas satisfaisante pour autant : un effort important avait été fourni au niveau des systèmes mais le bâti n'était pas traité. La performance obtenue (en deçà de 80 kWh/m<sup>2</sup>.an) paraît surestimée et relève selon Pouget Consultants davantage du moteur de calcul utilisé que de la réalité physique. Des problèmes liés à la fiabilité du moteur de calcul et à la fragilité des résultats obtenus sont apparus.

## 6.3 Réutilisation des résultats de l'expérience « Adélie »

Les rénovations menées au cours du projet « Adélie » ont toutes été optimisées grâce à la comparaison de plusieurs bouquets de travaux soumis au maître d'ouvrage. Or, la définition des préconisations et le calcul des consommations et des émissions de gaz à effet de serre (état existant, état rénové) nécessitent une étude au cas par cas de la part d'un bureau d'études thermiques. Cette démarche de rénovation basée sur un diagnostic énergétique poussé n'est donc pas utilisable pour entreprendre une campagne massive sur les maisons individuelles. Pouget Consultants a proposé de faciliter la réutilisation des enseignements en rendant la démarche accessible sans calcul thermique. Il s'agit de passer d'une obligation de résultats, nécessitant des calculs au cas par cas, à une obligation de moyens dont l'expérience « Adélie » prouve qu'ils conduisent aux résultats escomptés. Un programme de rénovation « standard » s'appliquant aux cas courants pourrait être défini. Ce programme aurait le mérite de fournir une

### 5.5.2 Le challenge UMF

La réalisation de Saint-Fargeau a été primée lors du challenge des Maisons Innovantes 2008 de l'Union des Maisons Françaises dans la catégorie des « Maisons Renouvelées ».

Figure 24 : Maison rénovée  
« Facteur 4 »



## 6. Généralisation

Le programme « Odmir 4 » est extrapolable au parc des maisons individuelles existantes dans sa diversité de modes constructifs et de performances énergétiques.

### Généralisation de l'utilisation des outils de calcul développés dans « Odmir 4 »

#### ■ *Méthode simplifiée 3CL*

Afin de faciliter la généralisation de la démarche, l'outil d'aide à la conviction est basé sur une méthode de calcul simplifiée, mais sensible à un grand nombre de paramètres. Elle s'extrapole donc très facilement, même si l'outil développé n'est actuellement adapté qu'aux maisons Phénix.

#### ■ *Mieux valoriser les apports solaires*

Pour affiner la prise en compte des apports solaires et mieux valoriser le placement d'une large baie au sud plutôt qu'au nord par exemple, le calcul de ces apports a été détaillé en fonction de la géométrie réelle du projet.

#### ■ *Intégrer des systèmes performants*

Le but d'« Odmir 4 » est de proposer, outre des travaux d'amélioration de l'enveloppe de la maison, le changement de systèmes anciens pour des équipements performants. Les coefficients relatifs à ces nouveaux systèmes performants ont donc été intégrés dans l'outil « Odmir 4 » pour les prendre correctement en compte dans l'étiquette énergie et les proposer pour atteindre le « Facteur 4 ».



Les estimations de consommation font apparaître, en prenant en compte la nouvelle véranda, une économie potentielle annuelle de plus de 2 000 € sur la facture après réalisation des travaux « Mitech ». Cette économie a naturellement conforté M. et M<sup>me</sup> Blainville dans leur démarche pour s'engager dans ces travaux.

### 15.3 Choix des solutions techniques et réalisation

Parmi les systèmes préconisés dans les cahiers des charges techniques « Mitech », les systèmes suivants ont été mis en place :

#### ■ Isolation des murs

Pour l'isolation par l'extérieur, c'est le système « STO Therm Classic Calé Ancré » en 250 mm d'épaisseur qui est mis en œuvre.

L'isolation intègre notamment les gaines de la VMC.

#### ■ Menuiseries

Les menuiseries bois avaient déjà été rénovées par des menuiseries PVC  $U_w = 2,6 \text{ Wm}^2/\text{K}$ . L'ensemble des menuiseries PVC et des dormants bois a été déposé et remplacé par des fenêtres PVC SI 82+ à très haute performance thermique, équipées de triple vitrage et de volets roulants SKS avec  $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .

Les coffres de volets roulants, motorisés, sont masqués sous l'isolant.



Figure 20 : Iso ITE 25 cm avec intégration des gaines VMC



Figure 21 : Menuiserie PVC SI 82+ triple vitrage et volets roulants, pose en ITE



Figure 22 : Couissant enclouonné dans l'ITE