

Introduction

Le coût des énergies ne peut qu'augmenter dans les 10 ans à venir; cette augmentation de coût des énergies a toutes chances d'être exponentielle. Si l'augmentation du prix de l'énergie a été de 20% en 2010, pour le gaz, il faut s'attendre à une augmentation de 25% en 2011, 30% en 2012, 40% en 2013, ... et sans doute plus de 100% avant 2020. Même si cette projection n'est pas validée par l'Ademe et encore moins officiellement par les fournisseurs d'énergie, on imagine bien qu'en moins de 10 ans, le coût des énergies deviendra très lourd voire insupportable. Pire encore, nombre de sources d'énergies fossiles et nombre de métaux seront épuisés dans moins de 30 ans. Beaucoup de gens ne pourront plus se chauffer et maintenir un bon niveau de confort de leurs habitations. De plus, la principale énergie, le pétrole, étant utilisée très largement dans les transports routiers, fluviaux ou aériens, la distribution de marchandises deviendra plus chère et sans doute plus rare. De même les déplacements de personnes devraient être minimisés. Il est à craindre que nombre de nos emplois actuels soient supprimés. Nous serons donc probablement contraints à demeurer davantage chez nous quittes à gérer une partie de nos affaires à domicile et ce grâce à Internet ; le coût d'Internet augmentera également car les serveurs informatiques dépendent de l'énergie électrique, mais on peut supposer que ce coût restera faible par rapport à celui des transports compte tenu que les serveurs sont de plus en plus économes en électricité. Donc, pour pouvoir traiter nos affaires à domicile ou bien y demeurer sans emploi, il faut que nos logements restent suffisamment confortables !

C'est dire tout l'intérêt de rendre nos logements les plus économes possibles en énergie. Sans doute est-ce même un élément de survie. C'est l'objet de ce document: comment rendre nos logements plus économes voire même producteurs d'énergie.

Pour cela nous ferons un état des lieux, nous décrirons les principales normes et réglementations existantes ou à venir, nous donnerons le moyen d'évaluer son logement au regard de son coût énergétique, nous en déduisons des actions possibles pour améliorer les performances de ce logement. Nous montrerons également qu'un accroissement de la densité d'occupation du logement reste une méthode extrêmement économique pourvu que l'on accepte l'idée de partager son logement avec d'autres. Mais, dans l'état d'esprit actuel des gens, c'est une autre histoire !

Etat des lieux

A ce jour, normalement, toute construction nouvelle doit respecter la norme RT2012 et donc être plus économe, même si cette norme n'est pas encore assez drastique. Il est fort probable que les normes futures seront de plus en plus contraignantes. On parle d'un objectif de maison zéro énergie avant 2050. Il faut donc encourager les futurs propriétaires à aller plus loin que la norme actuelle en vue d'obtenir un logement très économe voire un logement qui ne consomme pas ou mieux encore qui produit de l'énergie. Oui, cela est possible grâce à la récupération d'énergie ! Tout logement nouvellement construit se doit d'être le plus économe possible voire ne rien consommer du tout; il devient alors, un logement passif. Mieux encore, par la récupération d'énergies locales comme le soleil, le vent, la géothermie, on peut même réaliser des logements qui produisent de l'énergie; on les appelle logements actifs.

Le parc de logements anciens représente environ 70% du total des logements construits en France. La plupart de ces logements sont très mal isolés, surtout si leur année de construction remonte avant 1980; ce sont trop souvent des passoires à calories ! C'est d'abord sur ces logements là qu'il faut porter l'effort d'amélioration des performances énergétiques.

Entre le logement passoire à calories (la maison de toile, de briques ou de béton, non isolée) et le logement passif, il y a tout un éventail de qualités de logements. Pour les classer, on dispose de deux indicateurs essentiels:

- La quantité d'énergie consommée (exprimée en kWh) pour y vivre confortablement, été comme hiver, rapportée au m² habitable,
- Le flux d'air qui entre et sort de l'habitation (exprimé en m³ par heure).

Par ailleurs, à chaque kWh consommé, correspond une quantité de gaz carbonique ou de CO₂ rejetée dans l'atmosphère; ce nombre exprimé en kg de CO₂ par m² habitable est important: il permet de sensibiliser chacun de nous à l'utilisation de l'énergie la moins polluante au regard de l'effet de serre. Néanmoins, le lecteur averti remarquera immédiatement que cet indicateur est sans intérêt si l'habitation est passive, ce qui signifie qu'il faut d'abord chercher à minimiser sa consommation d'énergie avant de chercher à diminuer sa production de CO₂.

En d'autres termes, optimiser son moyen de chauffage est moins prioritaire qu'isoler fortement son logement.

Pour lutter contre l'effet de serre, tous les pays du monde cherchent à réduire leurs émissions. La France, qui n'est pas la mieux placée dans cette course anti-gaspi, vise néanmoins des logements consommant moins de 40kWh/m² d'énergie primaire d'ici 2025, puis des logements produisant plus qu'ils ne consomment à l'horizon 2050. Dans moins de 40 ans donc ! Un délai très court pour le domaine du bâtiment ! Pour tenir un tel objectif, il faudra par des règlements et des contrôles sévères obliger industriels, professionnels et consommateurs à faire les efforts nécessaires.

Nous avons donc tous intérêt, à commencer la rénovation de nos logement, ... tout de suite.

Classification énergétique et CO2

En kwh/m2/an	Classe	kg éqCO2/m2/an	Classe
Logement économe		Faible émission	
<= 50	A	<=5	A
51 à 90	B	6 à 10	B
91 à 150	C	11 à 20	C
151 à 230	D	21 à 35	D
231 à 330	E	36 à 55	E
331 à 460	F	56 à 80	F
>460	G	>80	G
Logement énergivore		Forte émission	

Classification flux d'air

Classification Fuites d'air			
Indicateur I4	m3/h/m2	Indicateur n50	vol/h
RT2005 neuf			
BBC Effinergie	< 0,6		
RT2012	< 0,6		
Minergie		Minergie	< 0,6
Passivhaus		Passivhaus	< 0,6

Pourquoi la classification du flux d'air est importante ?

A quoi bon réaliser des parois de logement super isolées s'il existe des fuites d'air qui dissipent l'énergie calorifique soit par des entrées d'air froid, soit par des sorties d'air chaud ? Au fur et à mesure que le degré d'isolation des parois augmente, il faut parallèlement diminuer drastiquement les fuites d'air. Néanmoins, il faut admettre un minimum d'air extérieur frais et rejeter un minimum d'air intérieur vicié afin que les occupants respirent normalement !

Le test d'étanchéité à l'air

Qu'est ce l'infiltrométrie ou test d'étanchéité à l'air ?

Le test d'infiltrométrie mesure la quantité d'air entrant dans un bâtiment et permet de déterminer en quantité les entrées d'air parasites indépendamment des éventuels systèmes de ventilation qui sont obturés si nécessaire. Pour effectuer le test, on utilise un équipement de test appelé infiltromètre, que l'on place en général à l'entrée du logement. Il est possible de localiser les entrées d'air parasites, surtout si l'air extérieur est froid; on peut également utiliser une caméra thermique pour mieux visualiser les entrées d'air.

L'objectif :

La perméabilité à l'air des constructions anciennes engendre une augmentation des besoins de chauffage de 5 à 20 kWh/m²/an par rapport à une étanchéité correcte. La ventilation d'un logement ne devrait jamais être naturelle ou du moins, non contrôlée. Il faut renouveler l'air que nous respirons mais sans excès afin de limiter les déperditions de chaleur d'une part et éviter les condensations néfastes au bâtiment d'autre part.

La mesure de la perméabilité à l'air :

Pour cela, on crée artificiellement une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du local testé. Le test d'infiltrométrie ou test de la porte soufflante, permet de mesurer la quantité d'air rentrant dans un logement et d'identifier la localisation de ces entrées. Pour effectuer le test, on utilise un infiltromètre, que l'on place à l'entrée du bâtiment. Cet appareil se compose d'un puissant ventilateur et d'une toile de nylon de façon que l'air ne passe qu'au travers du ventilateur. Au préalable, prendre soin d'obturer tous les orifices volontaires (ex : bouches de ventilation) afin que le flux d'air provoqué par la différence de pression ne provienne que des entrées parasites. On mesure alors le débit

de fuite pour une différence de pression imposée. Cette " méthode de dépressurisation par ventilateur " est normée (NF EN 13829, application Février 2001, et le guide d'application GA P50-784).

La préparation du bâtiment :

Il faut d'abord fermer toutes les ouvertures donnant sur l'extérieur (fenêtres, portes, trappes de ventilation, etc.), et prendre soin de laisser les portes intérieures ouvertes pour permettre la libre circulation de l'air dans le bâtiment. Les appareils de chauffage sont arrêtés. Par précaution on fait d'abord tourner le ventilateur à petite vitesse pour contrôle et éviter tout incident.

Le déroulement du test :

Une fois le ventilateur en marche normale, une dépression s'établit à l'intérieur du logement par rapport à la pression extérieure. Un manomètre mesure la différence de pression, ainsi que la pression dite « dynamique » au niveau du passage d'air du ventilateur. D'après l'étalonnage du ventilateur, la pression dynamique peut être convertie en un débit de fuite. La mesure doit être effectuée pour plusieurs différences de pression entre 10 et 100 Pascals: la dépression référence de 50 Pascals correspondant à un vent d'environ 32 km/h. Le logiciel réalise ensuite une régression linéaire des points mesurés selon la méthode des moindres carrés, ce qui permet de connaître le débit de fuite, quelle que soit la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. La pression mesurée doit être stable durant 30 secondes au moins. Selon la norme NF EN 13829, lorsque la fluctuation de pression est supérieure à 5 Pascals, la mesure n'est pas considérée comme valable. Les instabilités sont souvent dues aux conditions atmosphériques; choisir de préférence un temps calme pour faire le test.

La recherche des fuites :

La différence de pression est maintenue par le ventilateur, pendant que l'opérateur procède à la recherche et à la localisation des infiltrations au moyen d'une des 3 techniques suivantes:

- Par thermographie infrarouge avec visualisation des endroits qui ont été refroidis par le passage de l'air provenant de l'extérieur,
- Par anémomètre qui détecte le déplacement de l'air à l'endroit de l'infiltration,
- Par une fumée artificielle qui s'infiltré aux endroits perméables.

Le rapport de test devra être édité suivant la Norme NF EN 13829 et le Guide d'Application GA P50-784.

Les principales localisation de fuites :

D'après des essais réalisés dans un grand nombre de logements en France, quatre grandes catégories de points faibles ont été répertoriées :

- Les liaisons façades et planchers : liaison mur / dalle sur terre plein, liaison mur / dalle ou plancher en partie courante... environ 20% des cas.
- Les menuiseries extérieures : seuil de porte palière, seuil de porte fenêtre, liaison mur /fenêtre au niveau du linteau... environ 40% des cas.
- Les équipements électriques : interrupteurs sur mur extérieur, prises de courant sur mur extérieur... environ 30% des cas.
- Les trappes et les éléments traversant les parois : trappe d'accès aux combles, trappe d'accès aux gaines techniques... environ 10% des cas.

Indicateurs de perméabilité à l'air

Pour comparer des constructions entre elles, deux indicateurs sont souvent utilisés :

- le débit de fuite sous une dépression de 4 Pascal divisé par la surface de parois froides (hors plancher bas). Cet indicateur, appelé Q4Pa-surf, est utilisé dans la réglementation thermique **RT2005** et le label BBC-Effinergie, ainsi que par la RT2012 pour lequel il est fixé à **0,6 m³/h/m²**.
- le débit de fuite sous 50 Pascal divisé par le volume chauffé. Cet indicateur, appelé n50, est utilisé pour les labels PassivHaus ou Minergie-P, avec une valeur maximale fixée à **0,6 volume/heure** pour ces deux labels, que ce soit pour la construction neuve ou la rénovation, et ce pour tout type d'usage.

La conversion entre les deux indicateurs est complexe, car elle fait intervenir la compacité du bâti (le rapport du volume sur la surface de parois froides).

Les normes existantes

Depuis qu'est survenu le premier choc pétrolier en 1976, des efforts ont été faits pour rendre nos logements plus économes. Et ceci a donné lieu à des normes à respecter. Depuis lors, nombre de normes ont été mises en place telles que la RT2005, la RT2012 toute nouvelle, ainsi que des labels tels que Effinergie, Minergie, PassivHaus, ...

Par souci d'exhaustivité, et pour satisfaire la curiosité de chacun, quelques informations sont fournies dans ce chapitre. Néanmoins, il est possible de sauter ce chapitre très technique et de passer directement au chapitre suivant: Quelle stratégie adopter pour rendre notre ancien logement de plus en plus économe en énergie primaire.

La RT2005

Huit zones climatiques H1a H1b H1c H2a H2b H2c H2d H3

Code département, Département	Zone
02 Aisne, 14 Calvados, 27 Eure, 28 Eure et Loir, 59 Nord, 60 Oise, 61 Orne, 62 Pas-de-Calais, 75 Paris, 76 Seine maritime, 77 Seine et Marne, 78 Yvelines, 80 Somme, 91 Essonne, 92 Hauts de Seine, 93 Seine Saint Denis, 94 Val de Marne, 95 Val d(Oise)	H1a
08 Ardennes, 10 Aube, 45 Loiret, 51 Marne, 52 Haute Marne, 54 Meurthe et Moselle, 55 Meuse, 57 Moselle, 58 Nièvre, 67 Bas Rhin, 68 Haut Rhin, 70 Haute Saône, 88 Vosges, 89 Yonne, 90 Territoire de Belfort	H1b
01 Ain, 03 Allier, 05 Hautes Alpes, 15 Cantal, 19 Corrèze, 21 Côte-d'Or, 23 Creuse, 25 Doubs, 38 Isère, 39 Jura, 42 Loire, 43 Haute Loire, 63 Puy-de-Dôme, 71 Saône et Loire, 73 Savoie, 74 Haute Savoie, 87 Haute-Vienne	H1c
22 Côte d'Armor, 29 Finistère, 35 Ille et Vilaine, 50 Manche, 56 Morbihan,	H2a
16 Charente, 17 Charente maritime, 18 Cher, 36 Indre, 37 Indre et Loire, 41 Loir et Cher, 44 Loire atlantique, 49 Maine et Loire, 53 Mayenne, 72 Sarthe, 79 Deux Sèvres, 85 Vendée, 86 Vienne,	H2b
09 Ariège, 12 Aveyron, 24 Dordogne, 31 Haute Garonne, 32 Gers, 33 Gironde, 40 Landes, 46 Lot, 47 Lot et Garonne, 64 Pyrénées atlantiques, 65 Hautes Pyrénées, 81 Tarn, 82 Tarn et Garonne,	H2c
04 Alpes de haute Provence, 48 Lozère, 84 Vaucluse	H2d
13 Bouches du Rhône, 2A Corse du Sud, 2B Haute Corse, 30 Gard, 34 Herault, 66 Pyrénées orientales, 83 Var	H3

Trois classes d'exposition aux bruits BR1 BR2 BR3

Catégorie de l'infrastructure de transports terrestres Niveau sonore de référence Laeq (6h-22h)	Classe d'exposition est BR1 si ...
0 Aérodrome	Bâtiment hors zone d'exposition au bruit
1 Voie ferrée, Autoroute, ... L > 81 dB(A)	Bâtiment distant de plus de 700 m
2 76 < L < 81	Bâtiment distant de plus de 500 m
3 70 < L < 76	Bâtiment distant de plus de 250 m
4 65 < L < 70	Bâtiment distant de plus de 100 m
5 60 < L < 65	Bâtiment distant de plus de 30 m

Se renseigner auprès des mairies et DDE pour connaître le classement d'une voie.

Vue de l'infrastructure de catégorie 1 depuis une baie distante de :	Vue directe	Vue partielle	Vue masquée ou arrière	Vue arrière protégé	Vue sur cour fermée
< 50 m	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2
50 à 160	BR3	BR3	BR2	BR2	BR1
160 à 300	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1
300 à 460	BR2	BR2	BR1	BR1	BR1
460 à 700	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
> 700 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

Vue de l'infrastructure de catégorie 2 depuis une baie distante de :	Vue directe	Vue partielle	Vue masquée ou arrière	Vue arrière protégé	Vue sur cour fermée
< 25 m	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2
25 à 80	BR3	BR3	BR2	BR2	BR1

80 à 250	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1
250 à 370	BR2	BR2	BR1	BR1	BR1
370 à 500	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
> 500 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

<i>Vue de l'infrastructure de catégorie 3 depuis une baie distante de :</i>	<i>Vue directe</i>	<i>Vue partielle</i>	<i>Vue masquée ou arrière</i>	<i>Vue arrière protégé</i>	<i>Vue sur cour fermée</i>
< 30 m	BR3	BR3	BR2	BR2	BR1
30 à 100	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1
100 à 160	BR2	BR2	BR1	BR1	BR1
160 à 250	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
> 250	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

<i>Vue de l'infrastructure de catégorie 4 depuis une baie distante de :</i>	<i>Vue directe</i>	<i>Vue partielle</i>	<i>Vue masquée ou arrière</i>	<i>Vue arrière protégé</i>	<i>Vue sur cour fermée</i>
< 10 m	BR3	BR3	BR2	BR2	BR1
10 à 30	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1
30 à 60	BR2	BR2	BR1	BR1	BR1
60 à 100	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
> 100	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

<i>Vue de l'infrastructure de catégorie 5 depuis une baie distante de :</i>	<i>Vue directe</i>	<i>Vue partielle</i>	<i>Vue masquée ou arrière</i>	<i>Vue arrière protégé</i>	<i>Vue sur cour fermée</i>
< 10 m	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1
10 à 20	BR2	BR2	BR1	BR1	BR1
20 à 30	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
> 30 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

Produits de construction conformes aux normes européennes et à défaut aux normes françaises

Deux catégories de locaux confort d'été CE1 CE2

<i>Type de local → catégorie de confort d'été</i>	
Local refroidi , habité, exposé au bruit (BR2 ou BR3), en zone H2d ou H3 à moins de 400m d'altitude	CE2
Local refroidi, zone à usage d'enseignement, ses baies sont exposées au bruit BR2 ou BR3 et le bâtiment est construit en zone climatique H2d ou H3 à une altitude inférieure à 400 mètres ;	CE2
Local refroidi, situé dans une zone à usage de bureaux et ses baies sont exposées au bruit BR2 ou BR3 ou ne sont pas ouvrables en application d'autres réglementations	CE2
Local refroidi, situé dans une zone à usage de bureaux et le bâtiment est construit soit en zones climatiques H1c ou H2c à une altitude inférieure à 400 mètres, soit en zones climatiques H2d ou H3 à une altitude inférieure à 800 mètres	CE2
Local refroidi, situé dans une zone à usage de commerce	CE2
Local refroidi, situé dans une zone à usage de spectacle ou de conférence ou de salle polyvalente	CE2
Local refroidi, situé dans une zone à usage d'établissement sanitaire	CE2
Autres cas	CE1

On remarque que les logements individuels bien conçus n'ont pas besoin de refroidissement, en France. D'où CE1.

Consommation maximale en énergie primaire

Zone climatique	Combustibles fossiles kWh/m2/an	HPE	THPE	Chauffage électrique (dont PAC)	HPE	THPE
H1	130 classe C	117 classe C	104 classe C	250 classe E	225 classe D	200 classe D
H2	110 classe C	99 classe C	88 classe B	190 classe D	171 classe D	152 classe D
H3	80 classe B	72 classe B	64 classe B	130 classe C	117 classe C	104 classe C

Remarque: la RT2005 fait la part belle au chauffage électrique présumé moins polluant que les combustibles fossiles dans la mesure où l'électricité française est majoritairement issue des centrales nucléaires; néanmoins, il faut savoir que lors des pointes de courant, dues en grande partie au redémarrage du chauffage, EDF est obligée d'utiliser de nombreuses centrales thermiques en secours rapide ! L'électricité est plus polluante qu'il n'y paraît.

Le confort d'été

La température atteinte T en été doit être inférieure à: méthode Th-C-E

Surface des baies vitrées fixée à 1/6 de la surface habitable (au delà non pris en compte)

Surfaces des baies vitrées verticales (maisons individuelles neuves): 20% au Nord, à l'Est et à l'Ouest, 40% au Sud

Incitations et labels

Incitation au recours des énergies renouvelables

Limitation du recours à la climatisation

Instauration de labels pour aller plus loin que le minimum requis

Label HPE, Label THPE, Label BBC

Respect d'exigences minimales garde fou

Compacité de l'habitation

Surfaces vitrées < 25% de la surface habitable

Isolation minimum des parois

Paroi	Coefficient U maximum	R minimum
Mur extérieur ou en contact avec sol	0,45	2,2
Mur en contact avec volume non chauffé	0,45/b (*)	
Plancher bas sur terre plain ou parking collectif	0,36	2,8
Plancher bas sur vide sanitaire ou volume non chauffé	0,4	2,5
Plancher haut en béton ou maçonnerie	0,34	3
Plancher haut couverture tôles métalliques	0,41	2,4
Autres planchers hauts	0,28	3,5
Fenêtres et portes fenêtres sur extérieur (verticales)	2,6	0,38
Façades rideaux	2,6	0,38
Coffres de volets roulants	3	0,33

(*) b est un coefficient de réduction des déperditions

la RT2005 n'est guère exigeante tout particulièrement sur les ouvertures !

Isolation des parois renforcée (6 options OPAA est le minimum requis)

Paroi R (m2.K/W)	OPAA	OPAb	OPAc	OPAd	OPAe	OPAf
Plafonds,toitures	>= 4	>=4,3	>=4,5	>=4,8	>=5	>=5,5
Murs extérieurs	>= 2,2	>=2,3	>=2,5	>=2,7	>=2,9	>=3,2
Vide sanitaire	>= 2,4	>=2,7	>=3	>=3,2	>=3,5	>=4
Terre plain	>= 1,7	>=1,9	>=2,1	>=2,3	>=2,5	>=2,9

La dernière colonne s'approche de la prochaine norme.

Ponts thermiques: Résistance thermique périphérique $\geq 1,7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

Umax maisons individuelles: $0,65 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$

Umax autres habitations: $1 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$

Coefficient déperditions totales par les parois :

Ubat-max \leq Ubat-base * 1,2 (maisons individuelles)

Ubat-max \leq Ubat-base * 1,25 (autres habitations)

Préconise des méthodes de calcul
des déperditions calorifiques Th-C

$$U_{bat} = (a_1A_1+a_2A_2 +a_3A_3+a_4A_4+a_5A_5+a_6A_6+a_7A_7+a_8L_8+a_9L_9+a_{10}L_{10})/(A_1+A_2+A_3+A_4+A_5+A_6+A_7)$$

A1 surface des parois opaques

A2 surface des planchers hauts sauf A3

A3 surface des planchers hauts sur extérieur en béton/maçonnerie

A4 surface des planchers bas

A5 surface des portes quasi peines

A6 surface des fenêtres, portes fenêtres des bâtiments non résidentiels

A7 surface des fenêtres, portes fenêtres des bâtiments

L8 tour plancher bas avec mur

L9 tour plancher haut type A2 avec mur

L10 tour plancher haut type A3 avec mur

Coefficient a utilisés selon les zones

Coefficient (W/m2.K)	Zones H1 H2 et H3 > 800m	Zone H3 \leq 800m
A1	0,36	0,4
A2	0,2	0,25
A3	0,27	0,27
A4	0,27	0,36
A5	1,5	1,5
A6	2,1	2,3
A7	1,8	2,1
A8	0,4	0,4
A9	0,55	0,55
A10	0,5	0,5

Facteur solaire de référence pour le Th-C-C

de la température maximale d'été Th-E

Coefficient pour calcul de la température d'été

Zones Eté			
H1a et H2a	Toutes altitudes		

H1b et H2b	Altitude > 400m	Altitude <= 400m	
H1c et H2c	Altitude > 800m	Altitude <= 800m	
H2d et H3		Altitude > 400m	Altitude <= 400m
Exposition des baies au bruit BR1			
Verticale, Nord	0,65	0,45	0,25
Verticale non Nord	0,45	0,25	0,15
Horizontale	0,25	0,15	0,1
Exposition des baies au bruit BR2 ou BR3			
Verticale, Nord	0,45	0,25	0,25
Verticale non Nord	0,25	0,15	0,15
Horizontale	0,15	0,1	0
Baies de locaux à occupation passagère			
Verticale	0,65	0,65	0,45
Horizontale	0,45	0,45	0,45

Facteur solaire de référence = 0,02 pour le TH-C-E

Perméabilité à l'air maximale

Sous la pression de 4 Pascal exprimé en m³/(h.m²)

Maisons individuelles	0,8
Bureaux, Restos, Hôtels, Ecoles,	1,2
Autres usages	2,5

Banalisation de la VMC hygroréglable

Puissance ventilateur P=0,25W / m³.h sans filtre, P=0,4W / m³.h avec filtre de classe F5 à F9.

Modulation des débits

Bouche de cuisine hygroréglable et à 2 vitesses

Autre bouches fixes mais hygroréglables

Chauffage

Voir l'arrêté

Eau chaude

Pertes maxi des chauffe eau à accumulation Q_{pr} en kWh/24 heures

Vertical: V < 75 litres $0,1474 + 0,0719 \cdot V$ puissance 2/3

Horizontal: V >= 75 litres $0,939 + 0,0104 \cdot V$ puissance 2/3

Vertical: V >= 75 litres $0,224 + 0,00663 \cdot V$ puissance 2/3

Calorifugeage des canalisations: perte W/m.K <= $3,3 \cdot D + 0,22 D$ diamètre du tube en mètres

Refroidissement

Voir l'arrêté. En gros ne concerne pas l'habitat individuel

Eclairage

Voir l'arrêté. Ne concerne pas l'habitat résidentiel

La RT2012

Trois exigences de résultat:

1. La consommation énergétique du bâtiment

Coefficient Cepmax prenant en compte la consommation d'énergie primaire pour le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, la production d'eau chaude et les auxiliaires (pompes, ventilateurs, veilleuses).

Le Cepmax doit être inférieur à 50 kWh/m².an. Il est néanmoins modulé selon la localisation géographique, l'altitude, l'usage du bâtiment, la surface moyenne, les émissions de gaz à effet de serre dans le cas du bois brûlé ou dans le cas d'utilisation de réseaux de chaleur.

Huit zones climatiques H1a, H1b, H1c, H2a, H2b, H2c, H2d et H3

La liste de correspondance département → zone climatique est identique à la RT2005

Trois classes d'exposition des bâtiments au bruit des infrastructures de transport BR1, BR2 et BR3

Attention: quelques changements par rapport à la RT2005

Catégorie d'infrastructure		Distance	De la baie	À l'infra	structure		
1	0-65 m	65-125	125-250	250-400	400-550	550-700	> 700 m
2	0-30 m	30-85	85-125	125-250	250-370	370-500	> 500 m
3		0-25 m	25-50	50-100	100-160	160-250	> 250 m
4			0-15 m	15-30	30-60	60-100	> 100 m
5				0-10 m	01/10/20	20-30	> 30 m
Vue de l'infrastructure depuis la baie							
Vue directe	BR3	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2	BR1
Vue partielle ou masquée par obstacles simples	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1
Vue masquée par obstacles protecteurs	BR3	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1	BR1
Vue arrière	BR3	BR2	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1

	Localisation	Bâtiment dans	le plan d'exposi	tion au bruit de	l'aérodrome
	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Hors zone
Toutes vues	BR3	BR3	BR3	BR2	BR1

Modulation selon valeur de la Surface Hors d'Oeuvre Nette (SHON)

Pour les bâtiments non collectifs: Cepref = 50 kWh/m².an

Pour les bâtiments collectifs: Cepref = 57,5

$$\text{Cepmax} = \text{Cepref} * \text{Mctype} * (\text{Mcgéo} + \text{Mcalt} + \text{Mcsurf} + \text{Mcges})$$

Mctype	coefficient de modulation selon type et catégorie du bâtiment CE1 ou CE2
Mcgéo	coefficient de localisation géographique (H1a,H1b,..H2a,...H3)
Mcalt	coefficient de modulation selon l'altitude
Mcsurf	coefficient de modulation selon la surface moyenne du bâtiment (ou partie de bâtiment)
Mcges	coefficient de modulation selon les émissions de gaz à effet de serre

Catégorie	CE1	CE2
Mctype	1	1,2

Zone	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
Mcgéo	1,2	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,9	0,8

Altitude	< 400 m	401 à 800 m	> 800 m
Mbalt	0	0,2	0,4

Emission CO2 / Mcges	<= 50g/kWh	51 à 100	101 à 150	> 150
Chauffage Bois	0,3			
Réseau chaud et froid	Moyenne de 0,3 (chaud) + 0,3 (froid)	Moyenne de 0,2 (chaud) + 0,2 (froid)	Moyenne de 0,1 (chaud) + 0,1 (froid)	0
Réseau chaud seul	0,3	0,2	0,1	0
Réseau froid seul	0,3	0,2	0,1	0
Autres cas	0	0	0	0

Shon: surface hors d'oeuvres nette du bâtiment

Nblog: nombre de logement individuels dans le bâtiment (donc 1 si maison individuelle isolée).

Shon/Nblog = R	<= 120	120 à 140	140 à 200	> 200
Mcsurf	$(0,6-0,005*R)/Mctype$	0	$(7/15-(R/300))/McType$	$-0,2/Mctype$

Shon: surface hors d'oeuvres nette du bâtiment collectif

Nblog: nombre de logements collectifs dans le bâtiment.

Shon/Nblog = R	< 40	40 à 80	80 à 100	100 à 150	> 150
Mcsurf	$(31/25-R/40)/Mctype$	$-1 + (740-3R) / 500 * Mctype$	0	$-1 + (350-R) / 250 * Mctype$	$-0,2/Mctype$

2. L'efficacité énergétique du bâti

Coefficient Bbiomax imposant une limitation du besoin en énergie de chauffage, de refroidissement et d'éclairage.

$$Bbiomax = Bbioref * (Mbgéo + Mbalt + Mbsurf)$$

Mbgéo coefficient de localisation géographique (H1a,H1b,..H2a,...H3)

Mbalt coefficient de modulation selon l'altitude

Mbsurf coefficient de modulation selon la surface moyenne du bâtiment (ou partie de bâtiment)

Attention: Le coefficient Mcgéo peut être différent du Mbgéo pour une même location géographique;

Catégorie	CE1; n'est pas CE2	CE2; existe refroidissement, usage habitation; baies exposées au bruits BR2 ou BR3
Bbioref	60	80

Zone	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
Mbgéo	1,2	1,4	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7

Altitude	< 400 m	401 à 800 m	> 800 m
Mbalt	0	0,2	0,4

Shon: surface hors d'oeuvres nette du bâtiment

Nblog: nombre de logement individuels dans le bâtiment (donc 1 si maison individuelle isolée).

Shon/Nblog = R	<= 120	120 à 140	140 à 200	> 200
Mbsurf	$(30-0,25*R)/B_{biomax}$	0	$(70/3-(R/6))/B_{biomax}$	$-10/B_{biomax}$

Shon: surface hors d'oeuvres nette du bâtiment collectif

Nblog: nombre de logements collectifs dans le bâtiment.

Shon/Nblog = R	Quelque soit Shon et/ou Nblog
Mbsurf	0

3. Les exigences de moyens

Toute maison individuelle ou accolée doit utiliser l'une des énergies renouvelables suivantes:

Production d'Eau Chaude Sanitaire solaire (2m² de capteurs thermiques au minimum orientés sud et inclinés entre 20 et 60°)

Raccordement et utilisation d'un réseau de chaleur (à 50% minimum, utilisant une ENR)

Démontrer que la contribution ENR du bâtiment est $\geq 5 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$

Production ECS par thermodynamique (PAC de $\text{cop} > 2$ selon norme d'essai prEN 16147)

Production ECS et/ou chauffage par chaudière à microgénération (rendement thermique $> 90\%$ sur PCI, rendement électrique $> 10\%$ sur PCI)

Etanchéité à l'air de l'enveloppe

Test sous pression/dépression de 4 Pascal; la déperdition doit être inférieure ou égale à:

0,6 m³/h.m² en maison individuelle ou accolée

1,0 m³/h.m² en bâtiment collectif

Isolation thermique

Parois entre local continuellement occupé et local occupé par intermittence:

$u \leq 0,36 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ équivaut à $R \geq 2,8$

Ponts thermiques

$u \leq 0,28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ équivaut à $R \geq 3,6$

$u_l \leq 0,6 \text{ W/ml} \cdot \text{K}$

Eclairage naturel

Surface des baies (mesurées au tableau) $\geq 1/6$ de la surface habitable

Confort d'été

Les baies de tout local destiné au sommeil et de catégorie CE1 doivent être équipées de protections solaires afin de limiter le facteur solaire au plus à:

Zones Eté			
H1a et H2a	Toutes altitudes		
H1b et H2b	Altitude > 400m	Altitude $\leq 400\text{m}$	
H1c et H2c	Altitude > 800m	Altitude $\leq 800\text{m}$	
H2d et H3		Altitude > 400m	Altitude $\leq 400\text{m}$
Exposition des baies au bruit BR1			
Verticale, Nord	0,65	0,45	0,25
Verticale non Nord	0,45	0,25	0,15
Horizontale	0,25	0,15	0,1
Exposition des baies au bruit BR2 ou BR3			
Verticale, Nord	0,45	0,25	0,25
Verticale non Nord	0,25	0,15	0,15
Horizontale	0,15	0,1	0
Baies de locaux à occupation passagère			
Verticale	0,65	0,65	0,45
Horizontale	0,45	0,45	0,45

Ces baies doivent s'ouvrir sur au moins 30% de leur surface totale, seulement 10% si hauteur baie $> 4 \text{ m}$.

Mesures et contrôle

Existence d'un système permettant de mesurer ou d'estimer la consommation d'énergie, à minima, mensuellement et par type d'énergie. Exemple de tableau récapitulatif possible:

<i>Mois de janvier</i>	<i>Type énergie 1: Bois</i>	<i>Type énergie 2: Electricité</i>
Chauffage	1000 kWh	300 kWh
Refroidissement	0	0
ECS	0	60 kWh
Prises électriques	0	150 kWh
Autres	0	30 kWh

Existence d'un arrêt manuel et réglage automatique en fonction de la température de chaque local. Dérogation si plancher chauffant de surface ≤ 100 m².

Si réseau collectif de chaleur/froid, existence d'un dispositif d'équilibrage.

Eclairage électrique

Dans les parties communes, nécessité d'un dispositif à détection de présence qui abaisse ou éteint l'éclairage en cas de non occupation. Si éclairage naturel possible, détection du jour pour extinction de l'éclairage artificiel. A valoir pour une surface de 100 m² maxi ou 3 niveaux en cas de passage humain. A valoir pour 500 m² maxi si parking.

Production d'électricité

Le Cepmax est calculé en décomptant la production d'énergie et en ajoutant 12 kWh/m².K

Méthode de calcul des déperditions et/ou des apports

La méthode Th-BCE 2012 est requise. Dérogation possible après constitution de dossier et approbation du ministre chargé de l'énergie.

Contenu du dossier d'étude thermique

- 1 Données administratives du bâtiment
- 2 Exigences de performance énergétique comportant:
 - Le Cep, le Bbio du bâtiment (par m² de Shon)
 - Si zone de catégorie CE1 la valeur du Tic
- 3 Le statut des exigences de moyens
- 4 Le détail des calculs
 - décomposition par paroi,
 - décomposition par système énergétique,
 - décomposition des besoins par usage et type d'énergie
 - caractéristiques définies selon la méthode Th-BCE 2012
 - caractéristiques de perméabilité à l'air
- 5 Impact des paramètres sur Cep, Bbio et Tic
 - but: sensibiliser le concepteur ou l'occupant

Ce dossier est mis au format XML afin de pouvoir être traité par informatique.

Le label BBC (RT2005) ou Effinergie BBC

C'est une évolution de la RT2005 en vue de rendre un bâtiment moins énergivore. Voir aussi: www.effinergie.org
De même il existe des label HPE, HPE+, ... Voir le site : www.promotelec.com

Consommation maximale en énergie primaire Neuf $C_{max} < 50 * (a+b)$ en kWh/m2/an

Zone climatique	Altitude < 400m b=0	Altitude 400 à 800m b=0,1	Altitude >800m b=0,2
H1a a=1,3	65 classe B	70 classe B	75 classe B
H1b a=1,3	65 classe B	70 classe B	75classe B
H1c a=1,2	60 classe B	65 classe B	70 classe B
H2a a=1,1	55 classe B	60 classe B	65 classe B
H2b a=1	50 classe A	55 classe B	60 classe B
H2c a=0,9	45 classe A	50 classe A	55 classe B
H2d a=0,9	45 classe A	50 classe A	55 classe B
H3 a=0,8	40 classe A	45 classe A	50 classe A

Consommation maximale en énergie primaire Rénovation $C_{max} < 80 * (a+b)$ en kWh/m2/an

Zone climatique	Altitude < 400m b=0	Altitude 400 à 800m b=0,1	Altitude >800m b=0,2
H1a a=1,3	104 classe C	112 classe C	120 classe C
H1b a=1,3	104 classe C	112 classe C	120 classe C
H1c a=1,2	96 classe C	104 classe C	112 classe C
H2a a=1,1	88 classe B	96 classe B	104 classe C
H2b a=1	80 classe B	88 classe B	96 classe C
H2c a=0,9	72 classe B	80 classe B	88 classe B
H2d a=0,9	72 classe B	80 classe B	88classe B
H3 a=0,8	64 classe B	72 classe B	80 classe B

L'énergie primaire est utilisée pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, les auxiliaires, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage.

S'il y a production d'électricité ou production de chaleur, les énergies correspondantes sont décomptées de l'énergie primaire, ce qui pourrait amener des abus.

Dans ce cas l'énergie primaire sans décompte des productions doit être :

$$< c + 50*(a+b) \text{ kWh/m}^2/\text{an} \text{ et}$$

Le coefficient $U_{bâtmax}$ du logement doit être $< U_{bâtmaxRT2005} - 30\%$.

$c = 35 \text{ kWh}$ si production eau chaude par électricité

$c = 12 \text{ kWh}$ si production eau chaude autre que par électricité

Le détail des consommations annuelles par poste (chauffage, refroidissement, ...) doit être affiché ainsi que l'émission de CO2 correspondante.

Perméabilité à l'air maximale

Sous la pression de 4 Pascal exprimé en $\text{m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$

Maisons individuelles	0,6
Bureaux, Restos, Hôtels, Ecoles,	1
Autres usages	2 ?

La mesure est réalisée par des opérateurs agréés MEEDDM

Certification obligatoire par Promotelec

La procédure à suivre pour obtenir le label BBC Effinergie Rénovation (ou Effinergie Rénovation) en tant que particulier est la suivante :

Choix d'un professionnel pour réaliser un bilan thermique de votre logement

Réalisation du bilan thermique initial (avant travaux) et projeté (après travaux) par l'expert choisi afin d'avoir une vision exacte des solutions à mettre en place pour répondre aux exigences du label.

Transmission de la demande d'attribution du label à l'organisme certificateur, ceci avant le début des travaux, accompagnés des bilans thermiques réalisés

Examen administratif et technique du dossier par l'organisme certificateur

Réalisation des travaux conformément au dossier présenté à l'organisme certificateur

Visite de chantier pour effectuer les mesures des paramètres apparaissant dans les exigences du label

Réalisation du test de perméabilité à l'air par un professionnel agréé par Effinergie et envoi des résultats à l'organisme certificateur

Examen de la conformité des mesures avec les exigences par l'organisme certificateur

Certification du logement

Le label Minergie

C'est une norme d'origine suisse, plus contraignante et plus simple qu'Effinergie.

Le label PassivHaus

Norme NF EN 13 829

Le Cete estime que les déperditions thermiques par défaut d'étanchéité se situent entre 2 et 7 kWh/m².an par unité de n50, et entre 5 et 25 kWh/m².an par unité de I4. Les labels PassivHaus et Minergie-P exigent ainsi un n50 maximum de 0,6 vol/h. Pour le label BBC-Effinergie, le seuil de la valeur I4 est fixé à 0,6 m³/m².h dans le logement individuel. au-delà de 0,8 m³/m².h, prévient Bernard Loriot, car cela peut être le signe de problèmes diffus plus difficiles à traiter.

Ce qu'on mesure : la perméabilité à l'air, c'est-à-dire les écoulements aérauliques non liés au système de ventilation. Dans la RT 2005, elle est exprimée en m³ par heure et par m² d'enveloppe sous une pression de 4 pascals.- Les valeurs de référence de la RT 2005 : 0,8 m³/m².h pour les maisons individuelles ; 1,2 m³/m².h pour les autres bâtiments d'habitation ou à usage de bureaux, d'hôtellerie, de restauration, d'enseignement et les établissements sanitaires.- Les valeurs adoptées par défaut se situent à 0,5 m³/m².h au-dessus des précédentes, les seuils BBC-Effinergie étant quant à eux placés à 0,2 m³/m².h au dessous (sauf tertiaire : 1,7 m³/m².h).

Tableau comparatif très simplifié des normes (cas du neuf et de la maison individuelle)

Norme	Toits ou plafonds	Murs	Ouvertures	Sols	Contrôle de l'aération	Pertes maxi kWh/m ² /an
RT2005 (France)	U<0,28 R>4,5	U<0,45 R>2	U _w <2,3	U<0,4 R>2,5	< 0,8m ³ /h.m ² (?) VMC Hygro A	80 (*)
BBC Effinergie (France)			U _g <1,3 Svitrée <1/5 Sh		< 0,6m ³ /h.m ² VMC Double flux	48
RT2012 (France)	U<0,2 R>5 (?)	U<0,3 R>3 (?)	U _g <1,4	U<0,3 R>3 (?)	< 0,6m ³ /h.m ² VMC Hygro B	50 (*)
Minergie (Suisse)	U<0,15	U<0,15			VMC Double flux	38
Minergie_P	U<0,15 R>6,6	U<0,15 R>6,6			VMC Double flux	15

(Suisse)					<0,6 vol/h	
PassivHaus (Allemagne)			Ug<0,8		VMC Double flux <0,6 vol/h	15

(*) modulable selon localisation géographique, altitude, etc ...

(?) ces chiffres ne sont pas sûrs; il semblerait que la RT2012, comme PassivHaus s'attache aux pertes maxi en priorité.

NB: on peut regretter que l'Europe communautaire n'ait pas défini une norme commune ! La norme RT2012 n'est guère très contraignante si on la compare à Minergie ou à PassivHaus. La non définition de limites de déperditions sur les parois (PassivHaus, RT2012?) est dommageable dans la mesure où ces limites servent de repères simples et de garde-fous.

Adresses : www.2ideesalafois.com

www.promotelec.com www.labelrenovationenergetique.promotelec.com

qualipac

eco-artisan (Capeb)

www.anah.fr ecosubvention

www.developpement-durable.gouv.fr

<http://ecocitoyens.ademe.fr> Financer mon projet

www.ademe.fr

www.solagro.org

www.chaleurterre.com orienté PAC

www.lamaisonecologique.com la maison écologique

www.rt-batiment.fr www.rt2000.net www.rt2012.net

www.batimenteconome.com

www.assohqe.org

www.marque-nf.com

www.minergie.ch/fr

www.maisonpassive.be

www.scanhome.ie

fabricants

www.cler.org

www.enr.fr

www.energies-renouvelables.org

www.apere.org

www.negawatt.org

www.clcv.org

sidler.club.fr

www.outilssolaires.com

www.institut-solaire.com

www.enerplan.asso.org

tecsol

qualit.enr

www.itebe.org

La démarche Haute Qualité Environnementale (HQE)

Cette démarche part de l'idée que tout projet de construction nouvelle ou de rénovation d'existant doit avoir un impact minimum sur notre environnement terrestre. Chaque matériau utilisé doit être le plus naturel possible, sachant que toute transformation est en général polluante. Chaque matériau utilisé doit être disponible suffisamment et localement pour éviter au maximum un acheminement polluant. Le projet de construction ou de rénovation ne doit pas apporter de nouvelles nuisances ou pollutions, ...

D'autre part le projet de construction ou de rénovation doit être favorable à ceux qui l'utilisent. Cet objectif permet de sélectionner les méthodes et les matériaux satisfaisants pour l'homme. Par exemple, les peintures, moquettes,

revêtements plastifiés sont sans doute à exclure car présentant des risques pour la santé.
Pour cela la démarche se base sur 14 points à vérifier tout au long du projet.

Maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur

Construction écologique

- 1 Relation harmonieuse avec l'environnement immédiat
- 2 Choix des procédés et des matériaux les moins polluants pour l'environnement
- 3 Chantier évitant au maximum les nuisances

Gestion écologique

- 4 de l'énergie
- 5 de l'eau
- 6 des déchets d'activité éventuels
- 7 maintenance et suivi des performances

Recherche d'un environnement intérieur favorable à l'homme

Recherche du confort satisfaisant

- 8 Hygrothermique
- 9 Acoustique
- 10 Visuel
- 11 Olfactif

Exigence pour la santé

- 12 Qualité des espaces
- 13 Qualité de l'air
- 14 Qualité de l'eau

La démarche HQE est satisfaisante sur le plan intellectuel et permet d'habiller favorablement de vastes projets qui ne sont en rien écologiques; par exemple, construction de tours à Paris !

N'oublions pas que c'est la recherche d'une habitation passive voire même positive qui est le seul objectif recherché; sous cet angle les normes Minergie (Suisse) ou PassivHaus (Allemagne) sont plus claires et plus efficaces.

Maintenant que nous avons fait un rapide tour des normes, labels et démarche HQE, entrons dans le vif du sujet.

Quelle stratégie adopter ?

Le prix des énergies ne peut que croître rapidement dans les années à venir. Toute amélioration des performances d'un logement sera de plus en plus rapidement récupérée par les économies de chauffage réalisées. Quand nous avons froid, nous utilisons des vêtements chauds, c'est à dire isolants. En général, nous achetons les vêtements chauds avant que n'arrive la vague de froid. Nous sommes prévoyants. De même pour que notre logement reste chaud, il faut le couvrir davantage, c'est à dire l'isoler fortement. Il ne faut pas attendre pour ce faire, cette règle vaut aussi dans le logement: isolons, isolons un max et au plus tôt possible !

Doit-on attendre en tablant sur le fait que les travaux d'amélioration seront plus vite amortis avec une énergie devenue plus chère?

La réponse à cette question, légitime en termes économiques, est mitigée : car plus on attend, plus l'énergie devient chère et donc plus le coût des matériaux utilisés pour isoler et leur transport augmentera aussi. Il y a sans doute un optimum à trouver mais il y a surtout le risque de laisser passer le moment optimum.

En termes écologiques, la réponse à cette question est non. Il ne faut pas attendre car attendre signifie polluer plus notre planète et piller des ressources devenant rares.

Enfin, si vous vous posez cette question, faites comme le marin qui se demande s'il doit réduire la voilure lorsque le vent commence à forcer. Si vous vous posez la question, c'est qu'il est temps d'agir !

Quel niveau d'isolation doit-on viser ?

La réponse à cette question est très simple: le meilleur possible dans la mesure où les frais correspondants sont supportables. Ne pas hésiter à augmenter les épaisseurs d'isolant car, actuellement, le coût de l'isolant reste relativement bas par rapport à la main d'oeuvre. De plus le nombre d'heures de main d'oeuvre est indépendant ou presque de l'épaisseur de l'isolant.

Par exemple, viser un R de 6,5 pour la toiture, un R de 4 pour les murs, un Ug de 1,4 pour les ouvertures, mettre en place une ventilation hygro B, soigner l'étanchéité à l'air du bâtiment.

Voir plus loin ce qu'est le coefficient R d'une paroi et comment l'obtenir.

Oublier le dispositif de chauffage pour l'instant, car si on parvient à isoler fortement, le chauffage existant suffira et marchera à bas régime.

Quel genre de logement ?

Nous n'avons rarement la possibilité de choisir notre logement car nous sommes tributaires de contraintes fortes d'une part, de préjugés d'autre part. Nos contraintes : proximité du lieu de travail, habitat partagé avec la famille, ... Nos préjugés : rêve de la maison individuelle, le béton plus solide que le bois, ...

La maison individuelle

Beaucoup de français souhaitent avoir leur maison placée au milieu d'un terrain assez important. Et donc, assez loin des villes. Il en résulte des trajets domicile travail trop longs souvent, l'utilisation de voitures, avec tous les inconvénients connus: gaspillage de temps dans les bouchons, gaspillage d'énergie, pollution, ...

Il faudrait au contraire construire compact, des maisons en bande par exemple comme dans les villes (ou les coronas !) afin de minimiser les pertes de chaleur, afin d'améliorer la convivialité, ...

De même, il faudrait mélanger habitat et lieux de travail tant que le lieu de travail n'est pas polluant; ce qui est facile à obtenir aujourd'hui tant dans les secteurs tertiaire, secondaire et même primaire puisque les usines nouvelles se doivent d'être propres et de ne pas nuire à l'environnement. Au passage on voit bien que certaines activités industrielles ou agricoles sont incompatibles avec cet objectif de rapprochement habitat, lieux de travail. Je pense entre autres aux installations nucléaires et aux porcheries. Ce qui signifie, à l'évidence, que ces activités sont néfastes à l'homme et devraient être arrêtées le plus tôt possible.

Espérons que les collectivités locales révisent leurs plans d'urbanisme dans ce sens.

Le logement collectif

L'appartement est plus compact que la maison ; il est moins exposé aux éléments extérieurs puisqu'il dispose souvent d'une ou deux façades sur rue ou sur cour et de 4 autres faces mitoyennes. Ce type de logement est donc, relativement économique à chauffer. Il devrait être privilégié. Et sa qualité de construction et de voisinage doit être recherchée. Mais

pour le rendre plus attractif, encore faudrait-il faire en sorte que les terrasses attenantes existent pour le moins, ou soient beaucoup plus vastes de façon à permettre le déploiement de verdure, plantes d'agrément ou mieux de plantes aromatiques. La solution du chauffage collectif est meilleure que celle du chauffage individuel (souvent électrique) ; en effet on peut montrer que le chauffage collectif est presque toujours plus avantageux et moins polluant que le chauffage individuel (*). Enfin, la gestion par le conseil syndical et le syndic d'immeuble devrait être moins onéreuse. Et pour cela, il faudrait que tous les copropriétaires participent et s'investissent dans cette gestion essentielle.

(*) Le chauffage électrique est beaucoup plus polluant qu'on ne le croit. En effet, lors des pointes de courant du soir ou du matin, EDF est obligée de faire démarrer des centrales thermiques qui produisent plus de CO₂ qu'une centrale nucléaire. Les pertes de conversion d'énergie calorifique en électricité puis de transport de cette électricité font que ce type de chauffage a un rendement global très inférieur à la chaudière productrice de chaleur locale. Enfin, dans le bilan des centrales nucléaires, il faudrait intégrer le transport depuis l'Afrique du minerai d'uranium, son traitement, la construction de la centrale, les éléments et règles de sécurité, le retraitement et le stockage des déchets, le démantèlement de la centrale; on s'apercevrait alors que l'électricité d'origine nucléaire émet beaucoup de CO₂ !

Autres formes de logements

Il est dommage que les plus grands architectes n'aient pas su inventer un type de logement intermédiaire entre la maison individuelle et l'appartement. Un 'appartmais' qui disposerait d'une surface de terrasse jardin au moins égale à la surface habitable. Ces 'appartmais' pourraient s'imbriquer judicieusement dans un petit immeuble de faible hauteur, utiliser le concept de toiture végétale, avoir des parois communes, mettre en commun la production d'énergie, s'établir en terrasse sur des collines, etc ...

La mixité personnes âgées et personnes plus jeunes est à rechercher; il arrive trop souvent que des personnes âgées vivent seules dans une grande maison qui est prévue pour héberger confortablement toute une famille. Pourtant loger un étudiant ou un couple sous le toit de l'aïeule présente de nombreux intérêts tant sur le plan économies d'énergie que sur le plan social. Il faudrait juste que l'un et l'autre se fassent bien confiance, soient un peu moins égoïstes ...

Par exemple, un organisme appelé Ages&Vie, basé à Besançon, tente de structurer et de généraliser cette bonne mixité.

En cas de grands froids, se regrouper dans un logement sur deux représenterait une économie d'énergie substantielle ... au prix de gros efforts de renoncement à l'individualité, à l'égoïsme et à la volonté de vivre ensemble en bon voisinage !

Les foyers de jeunes immigrés, de jeunes mamans, les hôtels, les chambres d'hôtes, les gîtes ruraux sont des formes de logement à ne pas négliger dès lors que leur coût d'usage reste bas.

Bien utiliser son corps et sa tête

Quand faire aller ses petits muscles vaut mieux que les aides mécaniques ... et produit naturellement de la chaleur ainsi qu'une meilleure sensation de bien être.

Quand préparer ses repas à partir d'aliments de base est plus sain que d'acheter du tout fait; le temps passé, convivialement, en préparation culinaire vaut mieux que rester affalé devant la télévision et ses trop nombreux programmes bêtifiants !

Quand rechercher des sources d'alimentation associatives vaut mieux qu'aller au supermarché. On connaît ainsi ceux qui nous nourrissent (sans intermédiaires), on peut même participer à cet effort louable, on peut rencontrer d'autres participants; une façon mieux vivre socialement. Et la nourriture ne franchit pas des milliers de kilomètres avant d'arriver sur notre table !

Faire l'état du logement existant ou du futur logement visé

Pour déterminer où l'on peut agir pour rendre notre logement économe, il faut d'abord savoir dans quel état est ce logement. Cet état consiste principalement, en la mesure du degré d'isolation de toutes les parois avec l'extérieur, la mesure de tous les flux d'air. Il n'est pas très utile de déterminer la qualité des moyens de chauffage utilisés car on vise essentiellement à éviter le plus possible leur usage. On peut également mesurer la quantité d'eau consommée et tenter de réduire celle-ci par la récupération.

Une simple feuille de calcul électronique fournie avec cette documentation permet à chacun de faire cet état. Voir les documents bilanpertes.doc et bilanpertes.xls. Il faut simplement connaître, le mieux possible, les dimensions des parois et des ouvertures ainsi que la constitution de ces parois et ouvertures.

Degré d'isolation des parois

En fonction de l'âge de ces parois on peut faire une première estimation grossière du degré d'isolation de celles-ci. Néanmoins, l'idéal est de connaître la constitution des parois. En effet, des améliorations diverses sont apparues dans le temps et ont pu être apportées à ces parois par les différents occupants. Par exemple, on a pu isoler quelque peu les murs par l'intérieur avec une couche d'isolant, ou bien remplacer une ancienne fenêtre, etc ... Chaque constituant de la paroi a une constante d'isolation propre et une épaisseur. La connaissance de cette constante multipliée par cette épaisseur permet de calculer la résistance thermique R du constituant. Il suffit d'ajouter les résistances thermiques de chaque constituant pour obtenir la résistance thermique globale de cette paroi.

Le quotient de la surface de la paroi par la résistance thermique globale donne la quantité d'énergie qui traverse la paroi à chaque seconde et ce pour un degré centigrade. Plus cette quantité d'énergie est importante, plus la paroi considérée perd de la chaleur.

Plafonds et toitures

C'est par ce poste qu'ont lieu, souvent, les plus importantes fuites de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur en hiver, mais aussi les apports de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur en été. Par exemple, en appartement, le plafond du niveau n cède sa chaleur à la dalle et donc au sol du niveau n+1, s'il existe. Dans une maison, le plafond du dernier niveau ou le toit (si comble habité) laisse s'évacuer de la chaleur vers l'extérieur.

Ouvertures en plafond ou toiture

Toute ouverture à cet endroit est une fuite potentielle importante de chaleur. Ne pas sous estimer les pertes à ce niveau. La surface de ces ouvertures doit être réduite si possible, surtout en cas de Velux ou équivalent. En effet, même si elles sont performantes, de telles ouvertures ont l'inconvénient d'apporter beaucoup de chaleur en été. De plus toute ouverture est une fuite d'air possible. Cette fuite d'air peut devenir très importante si l'ouverture est ancienne, de mauvaise qualité ou peu étanche sur son pourtour. Et une fuite d'air importante signifie perte de chaleur importante.

Cloisons ou murs

Dans la plupart des vieilles constructions, les murs extérieurs ne sont pas isolés. C'est un poste important de fuites de chaleur dès lors que les pertes par les plafonds ou toitures ont été minimisés.

De par leur inertie, les murs épais jouent un rôle intéressant de climatisation jour/nuit, en été. La face intérieure du mur n'a pas le temps de monter en température dans la journée ; et la face extérieure du mur est refroidie dans la nuit. Par contre, cette inertie ne peut plus jouer sur une période supérieure à quelques jours ; elle ne protège donc pas des pertes de chaleur en hiver.

Dans les logements construits après 1983, les murs extérieurs sont souvent composés d'un enduit extérieur, d'un mur en béton ou parpaings, d'une couche de polystyrène de 6 à 8 cm et d'une plaque de plâtre de 1 cm. Ces parois sont relativement bien isolées bien que cela reste insuffisant. Bien souvent l'étanchéité n'a pas été soignée et il y a des pertes de chaleur par fuite d'air. On peut s'en rendre compte en approchant sa main d'une prise de courant ou d'un interrupteur par exemple. On constate aussi, trop souvent, des ponts thermiques au niveau des châssis ou linteaux de fenêtre, des dalles d'étage, des murs de refend.

Jusqu'en 2008 environ, le parti pris de l'isolation par l'intérieur est la règle, ce qui n'est pas le meilleur parti puisque ce mode d'isolation laisse subsister de nombreuses possibilités de ponts thermiques, par exemple au niveau des planchers béton. Par contre, l'isolation par l'extérieur supprime naturellement les ponts thermiques et permet de bénéficier de l'inertie thermique des matériaux lourds comme le béton ou la brique d'un mur ou d'une dalle de niveau.

Ouvertures dans les murs

Les ouvertures à ce niveau sont fréquentes tant pour éclairer le logement que pour en faciliter l'accès. La qualité des ouvertures est très variable tant en résistance au flux de chaleur, qu'en résistance aux courants d'air, etc ... De plus, une certaine dynamique est possible comme fermer des volets en cas de besoin (nuit pour limiter les pertes de chaleur, jour pour se protéger de l'ensoleillement), stores, etc ... Il est important de noter l'orientation de ces ouvertures : au sud, elles permettent un apport calorifique solaire en hiver et mi-saison, au nord, aucune récupération de chaleur possible, et une déperdition à priori, plus importante que par le mur. Si aucun besoin de lumière ou si aucune vue intéressante, penser à supprimer ou du moins à réduire les ouvertures au nord. A l'inverse, les apports de chaleur d'été peuvent être contrecarrés par de la végétation (à feuilles caduques) face aux ouvertures, par des stores, par l'architecture.

Sols

Connaître la composition d'un sol de maison ancienne est souvent difficile. Mais l'incidence des sols de maison sur le bilan thermique global est souvent assez faible, surtout en cas de terre plein. En appartement, le sol du niveau n reçoit la chaleur du plafond du niveau n-1, s'il existe.

Principe de calcul des pertes d'un logement

Le principe de calcul des pertes à travers les parois est très simple: pour chaque surface de même constitution et de même exposition à l'extérieur, on peut déterminer une conductivité thermique U ou son inverse une résistance thermique R. Les pertes sont proportionnelles à U, à l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur et à la surface exposée.

Il suffit de faire la somme de toutes ces déperditions élémentaires pour obtenir la déperdition totale D. Cette déperdition peut être calculée pour 1 degré centigrade. La simple comparaison des déperditions de chaque paroi permet de voir quelles sont celles qui perdent le plus de chaleur, celles qu'il faudra améliorer en priorité.

Degré d'étanchéité du logement

Ouvertures

Non seulement les fenêtres et portes sont en général moins isolantes que les murs ou toitures, mais, en outre, elles peuvent être le siège de fuites d'air importantes. L'âge, l'observation et les caractéristiques connues de la menuiserie permettent de déterminer l'importance des fuites d'air à ce niveau. Si ces fuites sont importantes, il est raisonnable de penser à changer les ouvertures correspondantes.

Appareils électriques encastrés

On remarquera que, bien souvent, en hiver, on sent un petit flux d'air froid au voisinage des prises de courants ou d'autres appareillages électriques ; ceci se produit surtout avec l'existence d'une isolation intérieure. Il est facile d'éliminer ce type de fuite en projetant un produit d'étanchéité en fond de boîte d'encastrement ; nécessite un contrôle strict de chaque point concerné.

Autres

Contrôler toute traversée des murs par des tuyaux d'eau, de gaz, d'électricité, ... Utiliser de même un produit d'étanchéité adapté pour chaque fuite détectée.

Modes de ventilation

On distingue les modes de ventilation suivants : Aération naturelle non contrôlée, Aération naturelle contrôlée, Ventilation mécanique centralisée simple flux, double flux, Ventilation mécanique distribuée.

Voir plus loin dans ce document, la signification précise de ces termes.

Consommation d'eau

Un écologiste pur et dur vous dira qu'il faut être économe en eau. On pourra d'abord tenter de faire des économies sur l'eau chaude. Moins d'eau chaude consommée signifie moins d'eau d'adduction mais aussi moins d'énergie pour chauffer cette eau donc des économies financières et moins de pollution. Et pour économiser l'eau chaude, on peut prendre une douche plutôt qu'un bain ...

Autres économies possibles

Un des moyens les plus simples pour diminuer sa facture de chauffage est de baisser la température ambiante intérieure. Un degré centigrade de moins équivaut à une économie d'énergie de 7% environ. C'est loin d'être négligeable. Vivre avec quelque gros pulls et avec de bonnes couvertures sur son lit est économique et sain.

Bilan des pertes et des gains de chaleur

L'état du logement effectué à l'aide de la feuille de calcul électronique fournie nous permet d'obtenir un tableau des pertes point par point (exemple à adapter selon le logement)

Voir la feuille de calcul bilanpertes.xls qui comprend:

le tableau des pertes paroi par paroi,

la liste des principaux isolants ainsi que la liste des composants les plus courants,

les apports de chaleur solaire des vitrages bien orientés.

Le mode d'utilisation de cette feuille de calcul est précisé dans le document bilanpertes.doc.

Les pourcentages calculés pour chaque paroi et ouverture permettent de voir quelles sont les points les plus dispendieux en énergie de chauffage. Ce sont donc les points sur lesquels on agira en priorité pour améliorer les performances du logement. Il est intéressant de simuler les gains obtenus lors de cette première phase et de les reporter dans le tableau initial des pertes. Les nouveaux pourcentages calculés feront apparaître les nouveaux points restant dispendieux. De cette façon on peut construire, par itération, un plan plus complet des diverses mesures d'amélioration souhaitables.

Les améliorations ou les objectifs requis

Les aides financières en rénovation

Les travaux d'amélioration de l'isolation d'un logement ont un coût. Il est intéressant de se renseigner sur toutes les aides possibles afin de réaliser ces travaux au meilleur coût réellement supporté.

<http://www.anil.org/fr/outils-de-calcul/>

L'éco prêt à taux Zéro

Sans conditions de ressources, le prêt à taux zéro s'obtient à travers 3 options (bouquet de 2 ou 3 types de travaux, l'amélioration de la performance énergétique globale ou la réhabilitation des systèmes d'assainissement) pour un montant allant jusqu'à 30.000€.

Le crédit d'impôt développement durable

Ce crédit d'impôt ouvre droit principalement, selon les travaux effectués, jusqu'à 50% des dépenses d'équipements facturés sur l'isolation et les énergies renouvelables.

Les aides pour la rénovation énergétique des logements existants

Equipement	Crédit d'impôt (en 2011)
Matériaux d'isolation des parois opaques (fourniture et pose)	23,00%
Isolation des ouvertures extérieures	13,00%
Diagnostic de performance énergétique réalisé hors obligation réglementaire	50,00%
Régulation et programmation du chauffage	23,00%
Chaudières à condensation	13,00%
Production d'énergie par source renouvelable (soleil, vent, hydraulique, biomasse)	50,00%
Chauffage au bois	25 à 40%
Pompe à chaleur de production d'eau chaude sanitaire	40,00%
Pompe à chaleur de chauffage autre que air-air	23 à 40%

Les aides de l'Anah

l'Agence Nationale de l'Habitat subventionne les travaux d'économies d'énergie des propriétaires (de 20% à 35% du coût des travaux avec un plafond de 13.000 €). Pour le propriétaire qui loue son logement, le taux peut aller jusqu'à 70% (sous conditions d'engagement de respect d'un plafond de loyer).

Les aides des collectivités territoriales

prêts bonifiés, chèques énergies, subventions sur équipement de production d'énergie renouvelables, et autres dispositifs financiers mis à la disposition des particuliers par les Régions, Départements ou Communes.

Les prêts sur livret développement durable

Destinés à financer les équipements ouvrant droit au crédit d'impôt. Les conditions sont à la libre appréciation des banques. Un comparateur est en ligne sur le site de l'Ademe.

La TVA à 5,5%

Taux applicable aux travaux sur les habitations principales et secondaires achevées depuis plus de 2 ans.

Meilleure isolation

Isolation des toitures et des plafonds

Il s'agit souvent du point le plus sensible puisque par convection, la chaleur monte vers le haut. Soigner cette isolation est donc important voire essentiel. Le R recherché devrait être > 8 . Avec des isolants courants comme laine de verre, laine de roche, laine de mouton, laine de chanvre, fibre de cellulose, laine de bois ... qui ont toutes un coefficient de pertes voisin de $0,04 \text{ W/m.K}$, il faut une épaisseur d'isolant d'au moins 33 cm. Avec 40 cm on obtient un R de 10.

Toiture

Si les combles sont habités il faut isoler la toiture ; ceci peut se faire par l'intérieur ou par l'extérieur ou un mixte des deux.

Par l'intérieur ou par dessous

Il faut isoler sous la toiture, c'est à dire poser un isolant entre chevrons et sous les chevrons. L'isolant entre chevrons a une épaisseur de 7cm environ, trop faible pour une isolation suffisante. Il faut toujours ajouter une couche d'isolant croisée sous les chevrons. Les complexes polystyrène + plâtre sont interdits en toiture pour des raison d'inflammabilité. Utiliser un complexe autorisé. Le système placostyle permet de suspendre des plaques de plâtre et d'insérer entre les chevrons de la toiture et les plaques un isolant de type laine de. Un pare vapeur est à placer sur la face inférieure de la première couche de laine.

Inconvénients : réduit la hauteur sous toiture, ce qui peut être rédhibitoire. Quelques nuisances durant les travaux. Peu compatible avec isolation murs par l'extérieur.

Avantages : moins de volume à chauffer, accessible à un bon bricoleur. Adapté à isolation murs par l'intérieur. Coût inférieur à l'isolation par l'extérieur ou par dessus.

Par l'extérieur ou par dessus

Il faut isoler sur la toiture, sans toucher à l'aménagement intérieur. Nécessite de déposer les tuiles ou ardoises ou ..., de déposer les liteaux, de placer un isolant entre et/ou sur les chevrons, de mettre en place une structure en bois de préférence qui permettra de placer l'épaisseur d'isolant nécessaire et sera support de nouveaux liteaux. Sur ces nouveaux liteaux, on remettra en place les tuiles ou ardoises.

Toujours ménager une ventilation sous les tuiles ou ardoises. Il existe des complexes préfabriqués assurant à la fois la structure support et l'isolation ; ces complexes sont à privilégier car ils garantissent un travail de qualité et une rapidité de mise en oeuvre.

Inconvénients : Peu compatible avec isolation des murs par l'intérieur. Plus coûteux que l'isolation par l'intérieur.

Avantages : Adapté à isolation des murs par l'extérieur. Complément d'isolation par l'intérieur possible. L'aménagement intérieur n'est pas perturbé. Garde la hauteur disponible.

Mixte

Une isolation par l'intérieur existe déjà. On souhaite renforcer par une isolation complémentaire par l'extérieur. Se reporter au cas isolation par l'extérieur ci-dessus mais penser à ne pas mettre de pare vapeur (déjà placé en isolation intérieure) et à utiliser un isolant perspirant (qui laisse passer la vapeur d'eau).

Une isolation par l'extérieur existe déjà. On souhaite renforcer par l'intérieur. Pose problème car un pare vapeur a déjà été placé en sous face de l'isolant extérieur. S'il est possible de détruire ce pare vapeur en le perforant par exemple, se reporter au cas de l'isolation par l'intérieur vu ci-dessus. S'il est impossible de détruire l'ancien pare vapeur, on doit isoler par l'intérieur avec un isolant qui ne perd pas ses propriétés en présence de vapeur d'eau et qui permet à cette vapeur de s'évacuer dans l'habitat. Autre possibilité déconseillée, disposer d'un isolant imperméable à l'air et à la vapeur d'eau.

Plafond

Si les combles ne sont pas habités, ou si le niveau supérieur n'est pas habité, on peut poser l'isolant à ce niveau soit sous le plafond si impossible ou non souhaitable par le dessus, soit par dessus, soit un mixte des deux. Penser à la possibilité de mettre en place un chauffage avec apport solaire dans le plafond.

Par dessous

Ceci revient à poser un isolant sous le plafond et par conséquent, il faut rhabiller ce plafond. Ceci peut se faire de différentes façons : coller un combiné laine rigide + plaque de plâtre, faire un plafond suspendu et dérouler sur ce plafond suspendu étanche à la poussière, un isolant laine de roche, de verre, de bois, de cellulose, etc ... La couche isolante en contact avec la plaque de plâtre doit comporter un pare vapeur. Convient avec une isolation des murs par l'intérieur puisque cela donne la continuité d'isolation. Si isolation des murs par l'extérieur, s'assurer d'obtenir la continuité d'isolation par recouvrement de ces murs si possible. Si ce n'est pas possible, existence d'un pont thermique.

Inconvénients : perte de la hauteur disponible ou limitation de l'épaisseur d'isolant. Nuisance durant les travaux dans la zone habitée. Peu adapté à une isolation des murs par l'extérieur.

Avantages : perte de volume à chauffer. Adapté à une isolation des murs par l'intérieur.

Par dessus

Il suffit de dérouler des lés de laine de. sur le plafond ou la dalle. Penser à mettre deux couches croisées de laine afin de minimiser tout risque de fuite thermique au joint des lés de laine ou bien soigner la jointure des lés de laine en vue de restreindre fortement toute fuite d'air. Placer un pare vapeur sur la première couche du coté du plafond ou dalle. Scotcher les joints entre les pare vapeur pour une fuite d'air minimum. Laine nue pour les autres couches. Convient avec une isolation des murs par l'extérieur afin de garder la continuité d'isolation. Avec une isolation des murs par l'intérieur, peut créer un pont thermique au niveau d'une dalle. Pont thermique négligeable si plafond mince en plâtre.

Inconvénients : condamne l'habitabilité éventuelle du niveau supérieur. Peu adapté à isolation des murs par l'intérieur surtout si dalle béton ou murets de pourtour.

Avantages : pose simple et bon marché. Adapté à une isolation des murs par l'extérieur.

Mixte

Ne parait pas très réaliste. Mais pourquoi pas ? Voir les cas Par dessous et par dessus ci-dessus.

Isolation des parois opaques (murs extérieurs, ...)

Les technologies disponibles

Isolation par l'intérieur

C'est souvent la seule possible si on ne peut pas toucher à l'extérieur pour des raisons esthétiques, de non propriété (copropriétaire), etc ... On peut toujours appliquer une couche d'isolant intérieur, un parement plâtre brut, plaque de plâtre, bois, ...

Inconvénients : il faut décaler de l'épaisseur d'isolant tous les appareillages tels qu'interrupteurs, prises de courant, robinets de douche, canalisations qu'il faut éviter de laisser en contact avec le mur froid, ... Il y a perte de surface. Peut laisser subsister des ponts thermiques (dalles de plafond/plancher).

Avantages : perte de surface, donc moins de volume à chauffer, à la portée d'un bon bricoleur, peu onéreux si on s'évite les frais de main d'oeuvre.

Penser à soigner le raccordement aux ouvertures existantes en vue de supprimer les fuites d'air.

Isolation par l'extérieur

Inconvénients : nécessite souvent un entrepreneur qualifié et compétent.

Avantages : pas de perte de surface, aucun travaux en intérieur, suppression de ponts thermiques, bonne étanchéité à l'air si réalisation soignée.

simple

On applique un isolant de préférence perspirant (qui laisse passer la vapeur d'eau) ; celui-ci s'applique avec des fixations en plastique dont le nombre au m² varie selon la force du vent supportée par le logement. Il peut aussi se coller. Sur l'isolant on applique un treillis parfois intégré à l'isolant. Sur ce treillis on enduit en 2 couches, une de préfixation et une de finition lisse, granitée, ... Cet enduit doit être de préférence perspirant. Les enduits à la chaux conviennent bien à cet usage.

Remarque: nombre de réalisations d'isolation par l'extérieur sont à base de polystyrène expansé recouvert d'un enduit ciment; cette solution est possible si les murs de la construction ne respirent pas. Par contre cette solution est à proscrire sur des murs qui ont besoin de respirer (pierre, briques, bois, ...): en effet ni le polystyrène, ni l'enduit ciment ne sont perspirants ! Dans le doute, toujours utiliser en extérieur des isolants perspirants.

double mur

Consiste à construire un deuxième mur extérieur, assez fin ayant un double but : créer une protection supplémentaire aux intempéries et pouvant être isolant si possible. Entre ce double mur et le premier, on laisse au minimum un vide d'air et au mieux un isolant efficace. Dans le cas de la construction neuve, il peut être intéressant d'avoir un mur intérieur à la fois isolant et lourd de façon à bénéficier à la fois d'une grande isolation thermique et d'une grande inertie thermique pour un bon confort d'hiver ou d'été (par exemple béton cellulaire moyennement dense). On l'associe à un mur extérieur qui assure les fonctions d'esthétique et de protection (par exemple brique).

Isolation mixte intérieur/extérieur

Un isolant intérieur existe déjà ; on souhaite améliorer l'isolation par l'extérieur. Est-ce possible ? Si oui, quelles précautions faut-il prendre ? C'est le cas qui intéresse particulièrement les logements déjà isolés de l'intérieur dont on souhaite améliorer l'isolation par l'extérieur. Ceci ayant l'avantage de ne pas toucher à l'aménagement intérieur. Il faut penser ici à l'évacuation de la vapeur d'eau. L'isolant intérieur dispose d'un pare vapeur qui oblige donc la vapeur d'eau à se dissiper à travers le mur de béton ou parpaings puis à travers l'enduit de finition extérieur. Il faut donc que l'isolant extérieur ainsi que le nouvel enduit ou le double mur soit lui aussi perspirant.

Adéquation avec l'existant

La liste des solutions possibles, ainsi que leurs contraintes, leurs avantages et inconvénients permet de choisir une ou plusieurs solutions compatibles avec l'existant ;

Choix de la bonne solution, coût, exigence de résultat

Parmi les diverses solutions on choisira sans doute celle qui semble la moins coûteuse ou encore celle qui est la plus performante. Peut être affinera-t-on l'étude afin de chiffrer plus précisément la ou les solutions retenues. Il faut également penser à l'interaction entre la solution retenue pour les murs et les solutions qui seront retenues pour les ouvertures, la toiture, le sol. Si l'on soustrait les travaux d'isolation, faire signer une exigence de résultat.

Isolation des ouvertures

Les technologies disponibles

La fenêtre ancienne, simple vitrage, non étanchéité à l'air

Ce type de fenêtre se retrouve de moins en moins dans l'ancien ; à remplacer d'urgence par un modèle à isolation renforcée ou encore à doubler avec une deuxième fenêtre de qualité.

La fenêtre d'après 1985, double vitrage, étanchéité correcte à l'air

Ce type de fenêtre a des qualités isolantes correctes et surtout bien adaptées avec une isolation des murs ayant un R de 1,5 à 2. Il ne sert à rien de remplacer ces fenêtres par du plus performant si les parois ne sont pas également avec une isolation ayant un $R > 3$.

La fenêtre récente à double vitrage à isolation renforcée (VIR), très bonne étanchéité à l'air

Ce type de fenêtre a de très bonnes performances isolantes pour un prix attractif.
Performances courantes : $U_w = 1,4$

Coûts : environ 1000 euros le m² de vitrage en PVC posé, 1200 euros en aluminium, 1300 euros en bois, 1500 euros en aluminium + bois.

La fenêtre à triple vitrage

Ce type de fenêtre a des performances isolantes excellentes mais le prix s'en ressent. Son facteur de transmission solaire est plus faible que le double vitrage, donc les apports solaires de mi-saison sont réduits.

Coûts : environ 1700 euros le m² en PVC, 2000 euros en aluminium, 2200 euros en bois, 2500 euros en bois + aluminium

La double fenêtre

Il s'agit d'ajouter une deuxième fenêtre à la première. C'est une solution courante dans les pays froids. Elle peut être intéressante quand on ne peut ou on ne veut pas remplacer la fenêtre existante. C'est aussi une sécurité anti-effraction possible, une isolation phonique, un mixte de technologies (bois pour l'une, aluminium ou acier pour l'autre).

Adéquation avec l'existant

La liste des solutions possibles, ainsi que leurs contraintes, leurs avantages et inconvénients permet de choisir une ou plusieurs solutions compatibles avec l'existant ;

Choix de la bonne solution, coût, exigence de résultat

Parmi les diverses solutions on choisira sans doute celle qui semble la moins coûteuse ou encore celle qui est la plus performante. Peut être affinera-t-on l'étude afin de chiffrer plus précisément la ou les solutions retenues. Il faut également penser à l'interaction entre la solution retenue pour les ouvertures et les solutions qui seront retenues pour les murs, la toiture, le sol.

Comparatif matériaux des ouvertures

Matériau	Avantages	Inconvénients
PVC	Bon marché, performance, entretien nul	Peu écologique, peu résistant
Aluminium	Solidité, entretien nul, coloris	Moins bien isolant (à cause du cadre)
Bois	Solidité, performance, écologique	Plus onéreux, entretien nécessaire
Bois + Aluminium	Avantages du bois et de l'aluminium	Beaucoup plus cher, entretien très léger (bois en intérieur)

Classement des fenêtres

Étanchéité, résistance au vent

- A Étanchéité à l'air
- E Étanchéité à l'eau

V Résistance au vent

Isolation thermique

- TH4 $?? < U_w < 2,5$
- TH5 $2,5 < U_w < 2,9$
- TH6 $2,2 < U_w < 2,5$
- TH7 $2,0 < U_w < 2,2$
- TH8 $1,8 < U_w < 2,0$
- TH9 $1,6 < U_w < 1,8$
- TH10 $1,4 < U_w < 1,6$
- TH11 $U_w < 1,4$
 $U_w < 0,8$ le meilleur possible en 2011

Isolation phonique

- AR1 $R \geq 25$ db (A)
- AR2 $R \geq 28$
- AR3 $R \geq 31$
- AR4 $R \geq 33$

Formule de calcul du U_w d'une fenêtre à double vitrage

- Ug Coefficient perte du vitrage en $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- Sg Surface du vitrage (clair)
- Uf Coefficient perte de la menuiserie en $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- Sf Surface des 'bois' (opaque)
- ?g Coefficient de pertes du à l'intercalaire entre les vitrages en $W/m \cdot ^\circ C$
- Lg Longueur de l'intercalaire = périmètre du vitrage

$$U_w = (U_g * S_g + U_f * S_f + ?_g * L_g) / (S_g + S_f)$$

Pose des fenêtres

Mode de rénovation fenêtre	Avantages et inconvénients
Remplacement vitrage simple ou double par nouveau double vitrage	Gain de performance faible pour un coût important. Risque de surpoids pour les vantaux de la fenêtre Etanchéité vantaux et cadre fenêtre non améliorés
Remplacement battants mais cadre ancien conservé	Risque d'abimer le cadre ancien par le remplacement des gonds Si cadre en mauvais état ou hors d'équerre, très mauvais ! Etanchéité nouveaux vantaux avec ancien cadre douteuse Etanchéité de l'ancien cadre de fenêtre non amélioré
Remplacement fenêtre sur l'ancien cadre	Simplifie le travail du poseur: rien à démonter ! Perte de clair puisque surface disponible réduite Etanchéité de l'ancien cadre de fenêtre non amélioré Ne permet pas de repositionner la fenêtre dans l'épaisseur du mur
Remplacement total de la fenêtre	Préserve voire améliore le clair Utilise une nouvelle fenêtre intégrale Permet de soigner l'étanchéité du nouveau cadre Permet de revoir le positionnement de la fenêtre dans l'épaisseur du mur <u>ce qu'il faut faire: 8 à 15% de meilleure performance</u>

Les volets

Eviter les volets roulants car perte thermique au niveau du boîtier, peu esthétique et perte de clair si pose tunnel.
Préférer les volets battants ou glissants (ils sont également automatisables !)

Crédit d'impôt

Montant du crédit d'impôt en 2011: 13% sur la fourniture seulement.

Donnent droit au crédit d'impôts les fenêtres suivantes :

- Les fenêtres ou portes-fenêtres en PVC affichant un U_w inférieur ou égal à $1,4 W/m^2 \cdot K$
- Les fenêtres ou portes-fenêtres en bois affichant un U_w inférieur ou égal à $1,6 W/m^2 \cdot K$
- Les fenêtres ou portes-fenêtres métalliques affichant un U_w inférieur ou égal à $1,8 W/m^2 \cdot K$
- Doubles fenêtres $U_w < 2,0$

- Portes d'entrée $U_d < 1,8$
- Volets isolants $R > 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- Vitrage de remplacement $U_g \leq 1,5$

Attention, pour bénéficier du crédit d'impôt, l'installation des **fenêtres** doit impérativement être effectuée par l'entreprise qui les fournit.

Des sols ou planchers

La rénovation des sols ou planchers est souvent délicate car casser un carrelage et le refaire ou bien démonter un plancher ou le restaurer sont des tâches lourdes. Pourtant il peut être judicieux de profiter de la rénovation d'un sol pour revoir son isolation d'une part, et installer un dispositif de chauffage par le sol d'autre part. En général un sol se compose d'une dalle support souvent en béton, d'une chape de lissage et soit d'un carrelage, soit d'un plancher. Parfois, lorsque la construction est assez récente, on trouve un isolant entre le béton et la chape.

Les technologies de sols

Le terre plain

Sous le sol il y a contact direct avec la terre (ou le roc). Dans ce cas, le sol constitue plus ou moins bien un accumulateur thermique et on peut considérer qu'il y a peu de pertes surfaciques. Néanmoins tout autour de la dalle de sol, des pertes par pont thermique avec les murs sont possibles et doivent être évitées ou minimisées si possible. Par exemple en plaçant un bon isolant entre le mur et la dalle; dans cette hypothèse la dalle repose sur la terre; elle est désolidarisée des murs, ce qui n'est pas souvent réalisable.

L'isolation des murs par l'extérieur, en descendant sur les fondations est une bonne solution pour supprimer ce pont thermique.

Le vide sanitaire ou un espace inférieur non chauffé

Sous le sol, on ménage un vide d'air et une circulation de cet air afin que la dalle n'ait aucun contact avec la terre et aucun risque de remontée d'eau. Dans ce cas, il faut soigner l'isolation surfacique de la dalle d'une part et le pont thermique au contact des murs. Cela est obtenu en plaçant un isolant sur toute la surface de la dalle et un isolant de pourtour pour supprimer le pont thermique avec le mur.

L'espace inférieur à priori chauffé

Sous le sol il existe un espace à priori chauffé, comme un appartement, un niveau habité, etc ... On peut alors considérer que l'isolation du sol est inutile puisque l'on peut même récupérer partiellement la chaleur émise par le niveau inférieur. Cela peut se justifier entre un séjour chauffé au rez de chaussée et une chambre située juste au dessus. Dans ce cas, la dalle de béton existante se comporte comme un accumulateur thermique; elle se réchauffe grâce au chauffage du séjour et diffuse lentement la chaleur reçue par le sol de la chambre.

Si l'espace inférieur est froid continuellement ou par intermittence, ou si cet espace est occupé par un tiers, il faut isoler soit pour diminuer les pertes thermiques, soit pour éviter le vol de calories à un tiers.

La dalle béton

C'est la réalisation la plus courante des dalles de sols existantes, c'est lourd, solide ... mais très mauvais isolant ! Il faut donc compléter avec un isolant de surface résistant à la pression comme vu ci-dessus. Compatible avec le vide sanitaire.

La dalle béton avec ponts thermiques minimisés

Idem ci-dessus mais désolidarisée des murs; cette dalle repose sur le terrain.

La dalle isolante par nature

Elle peut être réalisée en bois massif, en béton de chanvre, ... C'est moins dur que le béton mais c'est suffisamment solide pour supporter tout revêtement compatible et c'est souvent un vrai matériau écologique (exemple: chaux+chanvre=béton de chanvre). A valoriser et à utiliser très souvent en rénovation.

La terre battue

On en trouve de plus en plus rarement bien que c'était la règle dans les maisons campagnardes de plus de 150 ans ! Sur la terre battue, il sera judicieux de couler un béton de chanvre léger et isolant.

Le revêtement carrelage

Il s'agit d'une finition communément admise de par les qualités de ce revêtement, lavable, inusable, de bel aspect, sain. On le trouve couramment dans les pièces d'eau, le séjour, les entrées et dégagements. Piètre isolant.

Le revêtement plancher

On peut préférer ce revêtement chaleureux, plus doux au contact que le carrelage, mais dont l'entretien est un peu plus prenant. On peut trouver du plancher dans toutes les parties du logement. On évitera néanmoins sa pose en pièces d'eau. Bon pouvoir isolant

Le revêtement moquette

Sur une dalle bien lisse, la moquette est un revêtement agréable au toucher le plus souvent. On le trouve principalement dans les chambres. Bon pouvoir isolant.

Le revêtement linoléum ou équivalent

Recommandé pour sa faible épaisseur

Le chauffage par le sol

Le chauffage par le sol a plusieurs avantages: il dégage complètement la pièce, n'est pas visible, permet d'accumuler un peu de chaleur dans l'épaisseur du sol. Il répartit au mieux la chaleur dans toute la pièce. Il est prévu pour les basses températures de fluide caloporteur et se couple très bien avec un chauffage solaire. Si l'on doit casser un vieux sol, il peut être judicieux de prévoir la pose d'un chauffage par le sol. Préférer le système à circulation d'eau qui laisse plus de liberté dans le choix du générateur de chaleur. Prohiber le fil électrique chauffant car la génération de chaleur électrique est la plus chère. Eviter le fluide caloporteur direct d'une pompe à chaleur qui vous lie à ce type de générateur et augmente le volume de liquide frigorigène nécessaire.

Juste ventilation

Quelques chiffres

Chaque personne produit entre 1 et 1,5 litre d'eau / jour

Le taux d'humidité de l'air, idéal est de 40 à 60%

75% des logements français sont pollués chimiquement (cov, ...)

Les technologies possibles

Aération naturelle non contrôlée

Dans ce cas, les fenêtres, les portes laissent passer un flux d'air important. Les courants d'air se créent au gré des vents. Tout faire pour remédier à ce système très dépensier en énergie. On le trouve souvent dans le logement ancien. A remplacer par l'un des 3 types suivants selon les possibilités.

Coûts : Sans objet ; l'aération naturelle non contrôlée est à éviter.

Aération naturelle contrôlée

Dans ce cas, un système d'aération naturelle et contrôlé est mis en place. L'air frais est admis sous contrôle par des bouches d'aération situées dans les pièces à vivre en niveau bas. L'air réchauffé est expulsé par convection dans la partie haute des pièces de service (cuisine, salle d'eau, bains,wc,...) ; généralement par cheminée calibrée. Le système est parfaitement statique. Pas de ventilateurs. Son réglage est délicat. Il est sensible aux vents dominants et fonctionnera mal si les pièces de vies ne sont pas au vent dominant. On peut considérer qu'une yourte classique utilise ce système, du moins si l'espace entre le dôme et la couverture est bien calculé.

Coûts : Tout dépend de la réalisation de la ou des cheminées d'extraction calibrées. Difficile à chiffrer sans éléments concrets.

Ventilation mécanique centralisée (VMC)

Dans ce cas, une aspiration centrale mécanique est mise en place ; l'air des pièces de service, à priori vicié, est extrait via des bouches d'extractions calibrées, voire réglables en fonction de l'hygrométrie de la pièce (type A). L'air frais est admis dans les pièces à vivre par des bouches d'entrées d'air calibrées, anti-refoulement et coups de vents ; parfois ces bouches sont réglables en fonction de l'hygrométrie de la pièce à vivre (type B). Le ventilateur d'extraction génère un peu de bruit et consomme un peu d'énergie électrique. Ce type de ventilation est plus économique s'il est de type A ou mieux B.

Enfin il existe une ventilation double flux ou l'air frais admis se réchauffe au contact de l'air chaud extrait. L'air frais peut provenir d'un puits canadien afin d'être préchauffé par la terre. La ventilation double flux ne se justifie que pour des logements très bien isolés. En rénovation la ventilation mécanique simple flux de type A ou B est le meilleur choix.

Dans nombre de logements construits après 1985, la VMC est de type ni A ni B ; on dit qu'elle est auto régulée. Dans ces logements, cette VMC est souvent le point qui perd le plus de chaleur. Transformer cette VMC en type A et B est peu coûteux ; l'économie réalisée est significative.

L'inconvénient majeur de ce type de ventilation : la nécessité de passer des tuyaux souples ou rigides raccordant chaque bouche d'extraction au ventilateur central. Ce qui est encore plus contraignant pour une ventilation double flux, puisque chaque bouche d'entrée d'air en pièce à vivre doit aussi être raccordée à la centrale de ventilation double flux.

Coûts : Une VMC simple flux régulée vaut environ 150 euros, accessoires compris, prix 2011.

Une VMC simple flux hydro B complète vaut environ 350 euros

Une VMC double flux complète vaut environ 1000 euros.

Un puits canadien coûte environ 800 euros.

On voit bien sur ces prix que la rentabilisation d'une VMC double flux est beaucoup plus longue que celle d'une VMC simple flux hydro B. Il sera souvent judicieux, surtout en rénovation d'existant de se rabattre sur la VMC hydro B.

Par contre dans le neuf, prévoir dès le départ toutes tubulures pour pouvoir installer ultérieurement une VMC double flux. Dans l'immédiat, raccorder l'arrivée générale d'air frais à un puits canadien.

Ventilation mécanique distribuée

Dans ce cas, il y a autant de ventilateurs d'extractions que de bouches d'extraction. L'extraction est déclenchée manuellement ou mieux en fonction du degré d'hygrométrie de chaque pièce de service. Les entrées d'air se font par des bouches situées dans les pièces à vivre. C'est une solution qui convient bien en rénovation car elle nécessite peu de travaux. Son réglage est assez délicat.

Coûts : Chaque ventilateur avec sa commande installé vaut environ 200 euros.

Autre

On trouve sur le marché, une ventilation double flux individuelle qui se monte sur chaque fenêtre. L'échangeur thermique est miniaturisé ; il loge dans l'appendice ajouté à la fenêtre. Un mini ventilateur fait entrer de l'air frais tandis qu'un autre extrait l'air vicié et chaud ; un peu gadget, nouveau, peu de recul, sans doute onéreux de part la multiplication des systèmes individuels.

Adéquation avec l'existant et choix d'une solution satisfaisante

Existant			Objectifs		
	Aération naturelle contrôlée	VMC simple flux type B	VMD	VMC double flux	Autre
Aération naturelle non contrôlée	Oui	Peut être	Oui	Déconseillé	
Aération naturelle	Ne rien changer	Peut être	Oui	Déconseillé	

contrôlée					
VMC simple flux	Sans intérêt	Oui	Déconseillé	Déconseillé	
VMC simple flux type A		Oui	Déconseillé	Déconseillé	
VMC simple flux type B		Ne rien changer	Déconseillé	Peut être	
VMC double flux			Déconseillé	Ne rien changer	
VMD		Peut être	Ne rien changer	Peut être	

Bilan des solutions possibles

Priorité des actions

Le tableau des pertes point par point, (bilanpertes) fait apparaître en % les pertes les plus importantes (colonne G). Dans cet exemple, on voit que les pertes les plus importantes proviennent des parois opaques de murs. C'est donc à ce niveau que l'on doit renforcer l'isolation en priorité. Les pertes en plafond ou toiture arrivent en deuxième priorité (14%). Si on améliore l'isolation des murs seulement, on s'aperçoit que les pertes par le haut deviennent prépondérantes. Il faut donc également améliorer ce point.

Choix des solutions

Pour les murs on peut isoler par l'extérieur ou par l'intérieur. Pour la toiture on peut isoler par dessus ou par dessous. On choisit ici l'isolation des murs par l'extérieur car ajouter une forte isolation intérieure a de nombreux inconvénients : on perd l'inertie du mur, il faut reprendre toute l'installation électrique voire sanitaire, on perd de la surface habitable. On accepte un pont thermique autour des ouvertures situées vers l'intérieur que l'on minimisera en isolant au mieux les tableaux de menuiseries et en remplaçant les châssis béton par des châssis isolés. On choisit l'isolation de la toiture par l'intérieur bien moins chère et ne posant pas de problème de réduction de hauteur insupportable dans les chambres et le séjour. On tolère un léger pont thermique en haut des murs qui se trouve atténué par la lisse courante en bois.

Ordonnancement des actions

Les travaux envisagés, murs et haut, sont parfois dépendants les uns des autres. Si oui, commencer par le point dont dépend l'autre. Dans cet exemple, il faut sans doute commencer par la toiture mais en tenant compte que la meilleure isolation des murs va entraîner un débord de toiture supplémentaire, du moins si on isole par l'extérieur. Avant de commencer l'isolation des murs, il faudra remplacer les châssis sous fenêtres en priorité, casser l'enduit autour des tableaux de fenêtres, puis poser l'isolation des tableaux. Bien souvent, l'isolation des murs doit être associée au remplacement des ouvertures.

Economie réalisée et retour sur investissement

Rappelons que tout travail d'isolation est bon pour la planète puisqu'il diminue presque immédiatement la pollution énergétique. Dans l'exemple proposé, la facture énergétique calculée deviendra 4 fois moins importante après travaux. Comme dit en introduction, l'énergie primaire sous forme de combustible (pétrole, gaz, uranium, charbon) devient rare et chère. Le prix de ce type d'énergie ne peut qu'augmenter rapidement.

Supposons que les travaux réalisés fin 2010, divisent notre facture énergétique par 4, ce qui est à peu près l'ambition du Grenelle de l'environnement à l'horizon 2020. Imaginons une progression des prix de l'énergie comme sur le tableau suivant. Supposons que notre facture énergétique annuelle initiale soit de 2000 euros en 2010. Nous en déduisons la progression de notre facture énergétique Avant et Après travaux. Nous pouvons calculer la différence de coût année après année, la différence de coût et même la différence de coût cumulée.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
taux	20,00%	25,00%	30,00%	40,00%	50,00%	60,00%	70,00%	80,00%	90,00%	100,00%
Avant travaux	2400	3000	3900	5460	8190	13104	22276	40098	76186	152373
Après travaux	600	750	975	1365	2047	3275	5568	10022	19042	38084
Diff.	1800	2250	2925	4095	6143	9829	16708	30076	57144	114289
Diff. cumulée	1800	4050	6975	11070	17213	27042	43750	73826	130970	245259

Si le montant des travaux s'est élevé à 20000 euros, nous voyons que le retour sur investissement est obtenu en 2016 soit seulement 6 ans après la fin des travaux. Si nous avons du emprunter les 20000 euros à un taux de 5%, le retour sur investissement sera un peu plus long; néanmoins on remarque que le taux du crédit est nettement inférieur au taux de croissance du prix de l'énergie.

Enfin, nous voyons aussi, que malgré nos travaux, la facture énergétique s'envole et devient difficilement supportable avec les années. Nous pouvons en déduire qu'il faut **absolument** tendre à annuler notre dépense énergétique de combustibles et ce le plus tôt possible ...

Vers un logement positif et autonome

Peut-on s'affranchir totalement des hausses du coût de l'énergie ? A priori, non. Néanmoins il existe quelques possibilités d'être de moins en moins dépendant. L'une d'elle consiste à réduire au maximum la surface habitable chauffée soit en condamnant certaines pièces inutilisées soit en déménageant vers un logement plus petit. Une autre possibilité : chauffer beaucoup moins tout particulièrement les chambres, même si le givre s'installe à la fenêtre ! Une autre encore, loger à plusieurs dans un même logement. Toutes ces possibilités sont réalistes mais malheureusement peu compatibles avec notre mentalité individualiste.

Reste alors à se tourner vers deux scénarios:

- mettre en oeuvre une super isolation de telle sorte que la chaleur de nos corps suffise à maintenir une bonne température dans le logement
- réaliser des systèmes de récupération locale et renouvelable, de chaleur, d'électricité ou d'eau.

La super isolation

Le principe en est très simple. Il suffit d'isoler suffisamment chaque paroi du logement d'une part et faire la chasse aux fuites d'air d'autre part de façon à obtenir une perte d'énergie inférieure ou égale à l'énergie apportée par les habitants du logement. Une personne seule produit environ 100 W d'énergie calorifique. Il faut donc que l'isolation limite les pertes du logement à 100 W maximum pour une température du logement de 18° et ce quelle que soit la température la plus basse extérieure. On peut aussi compter sur les quelques apports de chaleur des ouvertures orientées au Sud lorsque le soleil donne.

On peut isoler très soigneusement le logement et obtenir une perte totale inférieure à 100 W pour une température extérieure de -10° par exemple. Le delta de température est de 18 - (-10) = 28°. Dans ces conditions, et sous réserve que la plus grande étanchéité à l'air soit acquise, le confort d'hiver est assuré.

Mais que se passe-t-il en été ? Notre logement ne risque-t-il pas de surchauffer ?

En été, le problème est inversé. Pour une température extérieure de 40° il faut maintenir une température intérieure d'environ 25° et ce sans dépense énergétique, donc sans climatisation frigorifique. Le delta de température est de 40-25 = 15°. Ce delta est inférieur à celui d'hiver. L'isolation des parois fonctionne dans les deux sens de flux de chaleur. Donc, à priori, le confort d'été peut être obtenu. Mais c'est sans compter sur les apports de chaleur nombreux. Les fenêtres orientées au Sud, l'accumulation de chaleur et l'inertie thermique des matériaux.

Il faut donc faire en sorte que le soleil ne pénètre pas par les ouvertures en été, mais qu'il pénètre en hiver !

Il faut également que les parois extérieures du logement ne s'échauffent pendant la saison chaude; en d'autres termes il faut trouver le moyen de les protéger du soleil si possible et de les refroidir sans climatisation si nécessaire. Tout se passe comme si l'isolation des parois devenait dynamique et intelligente.

Isoler suffisamment et intelligemment

Etanchéifier le logement

On peut faire la chasse à toutes les fuites d'air et rendre le logement tellement hermétique ... qu'il devienne irrespirable ! Il faut alors accepter une entrée d'air frais et une sortie d'air chaud et vicié calibrées selon les besoins des occupants. Mais cette entrée d'air frais et cette sortie d'air chaud constituent dès lors des pertes d'énergie importantes ! Le problème semble insoluble. La solution existe pourtant: elle s'appelle Ventilation Mécanique Contrôlée Double Flux. Dans ce système, le flux d'air frais entrant est mis au contact thermique du flux d'air chaud sortant à travers un échangeur. Ainsi l'air frais est-il réchauffé suffisamment avant d'entrer dans le logement et l'air chaud est-il refroidi en donnant une grande part de ses calories à l'air frais, avant de quitter le logement.

Récupérations optimum d'énergies locales

Les diverses récupérations possibles

On peut récupérer la chaleur du soleil, de l'électricité solaire ou éolienne, de l'eau. Il est essentiel de noter que toutes ces récupérations sont gratuites, le soleil, le vent, l'eau de pluie étant accessibles à tous. Néanmoins l'orientation au soleil ou au vent ne sont pas les mêmes pour tous. Et la pluie peut être rare ou au contraire trop abondante en certains endroits.

La chaleur solaire

Cette récupération se fait naturellement par les murs et les ouvertures orientées au sud, sud-ouest ou sud-est.

Mur à effet de serre

On place devant le mur un vitrage ; on peint le mur d'une couleur sombre. Le vitrage laisse passer les rayons du soleil et permet de piéger le rayonnement infrarouge. Le mur s'échauffe. Ce mur, en contact avec la pièce à chauffer, accumule la chaleur reçue et la restitue avec un déphasage important (environ 5 heures) vers la pièce. Il s'agit d'un système de chauffage différé.

Le mur doit être constitué de matériaux denses et ayant une assez bonne conductivité de la chaleur. Eviter les coupures de conductivité (mur monobloc). Compter 25 à 35 cm de terre crue, 30 à 40 cm de briques, 35 à 45 cm de béton par exemple. Comme ce mur est du côté ensoleillé, il est souvent alterné avec de véritables fenêtres. Préférer le double vitrage au vitrage simple si le mur à effet de serre n'est pas protégé la nuit ou par vent froid et fort. Pour que la température de la pièce varie peu, il faut que cette pièce soit bien isolée sur toutes ses autres faces. On peut tabler sur une température variant de 9 à 15° sans autre apport de chaleur. La température maximum de 15° est obtenue vers 17 heures, la température mini est obtenue vers 8 heures du matin.

Aucune intervention de l'habitant n'est nécessaire.

Coûts : Le mur à effet de serre est très facile à réaliser ; il est à la portée d'un bon bricoleur. Tabler sur 100 euros par m2 de mur à effet de serre si on le fait faire.

Mur Trombe

On place devant le mur un vitrage ; on peint le mur d'une couleur sombre. On aménage une ouverture dans le haut et dans le bas du mur, plus une ouverture dans le haut et en bas du vitrage, chaque ouverture étant munie de clapet. Le jour quand le soleil est au rendez vous, un jour d'hiver, on maintient les clapets de vitrage fermés ; si la température du mur trombe est supérieure à celle de l'habitat, on ouvre les clapets de mur. L'habitat est réchauffé par le courant de convection qui s'instaure. Sinon, on maintient les clapets de mur fermés afin de laisser s'échauffer le mur et aussi pour éviter une circulation inverse qui refroidirait la pièce. Le mur accumule la chaleur et peut même la restituer en soirée par inertie, dans l'habitat, un peu comme le mur à effet de serre. La nuit d'hiver, les clapets de vitrage reste fermés. En été si le soleil donne trop, on peut tenter de mettre à l'ombre le mur trombe avec un arbre feuillu et on maintient ouverts les clapets de vitrage afin de ventiler le mur, tandis que les clapets de murs restent fermés. Peut s'envisager dans le cas d'un appartement mais surtout pour une maison.

Le mur Trombe est un peu plus performant que le mur à effet de serre, mais il présente deux inconvénients par rapport à celui-ci: intervention humaine nécessaire ou automatisation plus coûteuse, empoussièremment assez rapide diminuant l'efficacité.

Coûts : Le mur trombe est facile à réaliser ; il est à la portée d'un bon bricoleur. Tabler sur 120 euros par m2 de mur trombe si on le fait faire. Il existe sur le marché, des panneaux solaires thermiques à air qu'il suffit de poser et raccorder à la pièce attenante. Certains de ces matériels intègrent un petit capteur photovoltaïque qui alimente un ventilateur dès que le soleil brille. Ce genre de matériel semble séduisant pour garder hors gel des pavillons de vacances.

La serre accolée ou véranda

On peut assimiler la véranda à un grand mur trombe qui englobe au moins une ouverture du type porte fenêtre

établissant la communication avec l'habitat. Cette ouverture remplace les clapets du mur trombe. La véranda comporte un clapet d'aération haute et au moins une porte donnant sur l'extérieur (ouvrant et ou coulissant). Cette porte joue le rôle du clapet bas de virage du mur trombe et peut servir d'accès au logement. La véranda n'est pas une pièce à vivre au sens courant car les variations de températures y sont importantes. En effet elle n'est confortable que dans certaines périodes limitées de l'année et certaines périodes de la journée. Réservé à la maison, ne convient pas pour cultiver des plantes.

Inclinaison de la surface vitrée de la véranda: latitude du lieu + 15°. Le mur mitoyen joue un rôle d'accumulateur de chaleur comme dans le mur à effet de serre ou le mur trombe. Son épaisseur doit être d'environ 20 à 30 cm s'il est en terre crue, 25 à 35 cm si brique, 30 à 45 si béton; ceci afin de profiter du déphasage optimum jour-nuit.

On peut améliorer le stockage de chaleur en plaçant des containers d'eau dans la serre. Tabler sur 150 litre par m2 de vitrage.

Coûts : La véranda ajoutée coute cher. Pour qu'une véranda soit efficace, il faut qu'elle soit comme incrustée dans la maison et non surajoutée. Son prix est de l'ordre de 500 euros par m2 de verrière. Pour une petite véranda de 2m par 3m et de 2,5 m de hauteur moyenne, on a une surface vitrée d'environ 25m2 soit un coût global de 12.500 euros. La véranda rajoutée est difficile à amortir.

La toiture

Ca chauffe ! Récupération possible si ...

La double peau

On peut étendre la véranda à toute l'habitation et englober cette habitation dans une cage de verre ou plutôt de plexiglas meilleur isolant que le verre et surtout sécurisant les habitants des bris de verre.

Ceci protège des vents et courants d'airs extérieurs d'une part et permet une certaine récupération de chaleur comme dans le mur à effet de serre ou la véranda. L'ensemble des murs de l'habitation devient alors un accumulateur thermique. C'est une solution efficace mais dont le coût est important.

Coûts : Compter 500 euros par m2 de double peau. Pour une habitation de 80 m2 habitables et compacte, il y a environ 180 m2 de surface de murs et toiture, soit un coût total de 90.000 euros. En fonction du gain d'isolation obtenu, très variable selon l'existant initial, on peut calculer un retour sur investissement. Remarquer que 90.000 euros, c'est un part importante du coût d'une maison neuve BBC. Peut être vaudrait-il mieux vendre son vieux pavillon et faire construire un neuf aux normes, super-isolé !

Ouvertures et volets

Tout vitrage de qualité laisse entrer largement les rayons lumineux dans le logement ; au contact des matériaux du logement, ce rayonnement se transforme en chaleur et en rayonnement infrarouge. Or, le vitrage interdit le passage du rayonnement infrarouge vers l'extérieur. C'est l'effet de serre qui s'applique tout autant au mur trombe, à la véranda et à la double peau vus ci-dessus. Donc toute fenêtre orientée sud est un excellent capteur thermique intéressant en saison froide. Néanmoins il faut éviter le réchauffement lors de la saison chaude. Ceci peut être obtenu par un débord de toiture (les rayons d'été plus verticaux que ceux d'hiver n'atteignent pas le vitrage), des stores (banne ou autre), des déflecteurs, des volets. Penser également à l'utilisation de feuillus qui protègent du soleil en été et laissent entrer la lumière solaire en hiver. Enfin, il ne faut pas oublier que le verre simple n'est pas un bon isolant thermique et que la chaleur captée peut se dissiper par diffusion à travers le verre. C'est pourquoi, le double voire triple vitrage est recommandé. Enfin mettre de très bonnes fenêtres sur un mur passoire n'a bien sûr aucun intérêt.

Vitrage de 4mm d'épaisseur conductivité du verre 1 soit 250W/K pour 4mm d'un vitrage de 1m2 !

(équivalent à 125m2 d'un mur opaque en béton de 20cm d'épaisseur)

Double vitrage 8mm d'air conductivité air = 0,025W/m.K pour 8mm 0,0025/0,008 = 8,33W/K

pour 16mm 0,0025/0,016 = 1,56 (équivalent à 4m2 de mur béton de 20cm isolé par 10cm de polystyrène)

Apport de chaleur d'une baie vitrée au sud de 2,4mx2,15m = 1000kWh annuel

Gains ou pertes d'un m2 de vitrage en région parisienne selon orientation

Vitrage	K en W/m2. °C	Sud	Sud/Est ou Sud/ouest	Est/Ouest	Nord
Double, peu émissif + volets	1,5	125	114	62	-4
Double, peu émissif	1,8	107	96	45	-21

Double + volets	2,25	81	70	19	-47
Double	2,95	41	30	-22	-87
Simple	4,95	-75	-86	-137	-203

Coûts : Une ouverture de bonne qualité c'est à dire avec un clair important et une isolation renforcée peut être estimée à 500 euros par m2 d'ouverture. Le gain obtenu par rapport à un simple vitrage justifie cette dépense dans la mesure où le mur sur lequel on installe la nouvelle ouverture est lui même bien isolé. Le gain obtenu par rapport à un double vitrage moyen (année 1986) ne justifie pas cette dépense si le mur existant (R = environ 2 en construction 1986) est gardé tel quel. De même dépenser pour des volets mieux isolés et plus hermétiques n'est pas rentable car le gain de performance de l'ouverture, de l'ordre de 10 à 15%, est trop faible pour avoir un retour sur investissement rapide.

Le solaire thermique

Il en existe 2 types de capteurs thermiques, à air ou à eau.

Capteur à air : c'est le plus simple à réaliser. Son fonctionnement est équivalent aux dispositifs vus précédemment.

Néanmoins il faut, cette fois, organiser la circulation d'air. Cela peut se faire naturellement par convection, comme le mur trombe ou bien par ventilation forcée.

Capteur à eau : l'eau transporte mieux la chaleur que l'air ; de plus on peut espérer réchauffer ainsi de l'eau sanitaire ou encore de l'eau pour le chauffage du logement. On trouve 2 modèles de capteurs à eau : *le modèle à tubes et avec caloduc et le modèle plan*. La réalisation du modèle à tubes est plus technique et donc plus chère mais le caloduc transporte beaucoup plus vite la chaleur qu'une plaque de cuivre. Son inertie thermique étant très faible, ce modèle peut récupérer un peu de chaleur même si l'ensoleillement est passager.

Le rendement d'un capteur thermique est de l'ordre de 30%, ce qui signifie qu'il peut capter 30% de l'énergie solaire incidente.

L'eau chaude obtenue ainsi peut être envoyée dans un échangeur situé dans le ballon d'eau chaude sanitaire. De cette façon on peut espérer une économie de 30 à 50% selon les régions de France. On peut aussi envoyer l'eau dans un plancher afin de chauffer la dalle de béton et ainsi réchauffer partiellement un logement gratuitement.

Par ces techniques on peut récupérer environ 30% de l'énergie solaire reçue.

La surface de capteurs nécessaire varie énormément en fonction des besoins, de 2m2 pour chauffer un petit ballon d'eau chaude sanitaire, à quelques dizaines de m2 pour chauffer un logement individuel. Et jusqu'à plusieurs centaines de m2 pour les besoins d'un hôtel ou d'un ensemble collectif. Le retour sur investissement brut de ces installations n'est pas très bon. Néanmoins le Fond chaleur (SoCol) subventionne très largement ce type d'installations et permet d'améliorer considérablement le retour sur investissement.

Coûts : une installation solaire thermique individuelle permettant de produire de l'eau chaude sanitaire, coûte environ 5000 euros posé.

Pour ce prix on dispose d'un ballon de 200 à 300 litres et d'environ 2 à 4 m2 de capteurs. A la latitude de Paris on peut espérer réduire sa facture de chauffage électrique de l'eau de 30%. Et donc de faire l'économie de 900 kwh annuels soit de 100 euros environ. Le crédit d'impôt est de 50% ce qui ramène le prix supporté à 2500 euros. Le retour sur investissement à prix constant est donc de 25 ans. Compte tenu de la raréfaction des énergies fossiles et donc de l'électricité, le retour sur investissement sera obtenu bien plus tôt. Mais bien malin celui qui peut prévoir les évolutions des prix énergétiques avec certitude.

Une installation thermique collective est relativement meilleur marché grâce au facteur d'échelle. Pour produire 9000 kwh annuels, le coût sera d'environ 40.000 euros. Grâce au Fond chaleur, sous réserve qu'il soit bien abondé par le gouvernement actuel, la subvention peut être de 70%. Ce qui ramène le prix de l'installation à 12.000 euros.

L'économie réalisée chaque année est d'environ 1000 euros. Le retour sur investissement n'est plus que de 12 années à prix constant.

L'électricité solaire

Le capteur photovoltaïque transforme le rayonnement lumineux reçu en électricité. Par cette technique on peut récupérer au mieux 16% de l'énergie solaire reçue. Ce qui est beaucoup moins que la récupération obtenue par le capteur thermique. Cette technique est financièrement intéressante mais elle semble réservée aux pavillons du fait des limitations introduites par la loi depuis 2010.

Coûts : Une installation solaire personnelle doit avoir une puissance crête inférieure à 3kw. Pour 3kw il faut environ 20 m2 de capteurs photovoltaïques. Le coût global de l'installation est alors de 20.000 euros environ. Le crédit d'impôt est de 23% en 2011, ce qui ramène le coût réellement supporté à 15.400 euros. L'électricité produite peut être revendue à EDF qui l'achètera à 0,5 euro du kwh en 2011. La production annuelle à la latitude de Paris sera d'environ 3200 kwh si bonne exposition plein sud. Soit un revenu annuel de 1600 euros. L'amortissement sera obtenu dans 9,4 années à prix d'achat constant, sans doute plus tôt car le prix d'achat du kwh photovoltaïque est indexé sur le prix de vente, lequel a

tendance à croître au fur et à mesure de la raréfaction des énergies fossiles de toute nature (pétrole, gaz, uranium, ...). Néanmoins, ce prix peut aussi baisser au fur et à mesure que le nombre d'installations augmente. Le revenu de cette vente d'électricité peut constituer une petite assurance contre toute hausse de l'énergie, si on ne paie pas plus qu'on ne facture. Consommer moins de 3200 kwh est possible si par ailleurs on a fait tous travaux de nature à très bien isoler son logement. Les régions bien ensoleillées sont avantagées.

L'électricité éolienne

La petite ou moyenne éolienne est accessible au particulier. Il existe plusieurs types d'éoliennes : à axe horizontal et pales verticales, à axe horizontal et pales horizontales, à axe horizontal et pales volumiques, à axe vertical et pales verticales.

La première catégorie est largement utilisée dans les champs d'éoliennes gigantesques. Très peu d'intérêt pour le particulier, beaucoup pour les grosses entreprises et EDF.

La 2ème catégorie comprend des modèles à installer sur terrasse d'immeuble mais aussi des modèles de faitière installables sur toits pentus.

La 3ème catégorie et la 4ème catégorie sont intéressantes même pour la particulier.

Notez que les 2ème, 3ème et 4ème catégories sont beaucoup moins bruyantes que la catégorie 1 (du au fait que les pales ne coupent pas le vent).

On trouve de petites éoliennes de façage qui s'intègrent harmonieusement au bâti et produisent assez d'électricité pour satisfaire environ 20% des besoins d'un ménage normal (donc peu économe en énergie). Cette production comme celle issue du soleil est difficilement stockable. Il est donc intéressant, à chaque fois que possible de la revendre au fil de l'eau sur le réseau EDF. Avec l'avènement probable des voitures électriques, il peut être judicieux de s'équiper d'un générateur électrique gratuit. Cela ne règlera pas tous les problèmes (disponibilité, stockage, ...) mais permettra de faire un pas important vers davantage d'autonomie énergétique.

Coûts : une éolienne de puissance 1kw coûte environ 5000 euros ; selon l'exposition au vent, elle peut produire au mieux 2500kwh annuels, et au moins 500kwh au pire. Le prix de rachat de cette électricité par EDF n'est pas obligatoire. Le coût d'achat est de 0,08 euros / kwh ; ce prix est inférieur au prix de vente pratiqué par EDF, environ 0,11 euros le kwh.

L'électricité produite par ce moyen est donc à usage personnel. Une éolienne se justifie pour un site isolé bien venté (bateau, île, bords de mer, abri de montagne, ...). Le vent étant très variable, il y a lieu de stocker l'énergie électrique, par exemple dans des batteries, ce qui enchérit l'installation.

Une éolienne géante de 1Mw de puissance coûte environ 1.000.000 euros. Bien située, ce qui est souvent le cas, sa production annuelle sera de 2,5Mwh. La revente de cette électricité à EDF rapporte 200.000 euros par an. Le retour sur investissement est alors de 5 ans. Néanmoins, les monstres éoliens ont un coût de maintenance élevé qui assombrit le tableau. Le retour sur investissement réel sera plutôt de 10 ans, ce qui reste intéressant.

L'eau

Adéquation avec l'existant

Choix d'une ou plusieurs solutions de récupération, coût

Production minimale de déchets

A la ville

A la campagne

Diverses informations

DPE : 150 euros, validité 10 ans

ouate de cellulose : 15 euros/m² en 27cm d'épaisseur

laine de coton : 17 euros/m² en 10cm, 24 euros/m² en 20cm

laine de verre : 8 euros/m² en 20cm

laine de mouton : 12 euros/m² en 10cm 0,6 euro /kg en vrac

Etoile du berger Prades 63210 Saint Pierre Roche 04 73 65 89 03

Textinap 4 rue M. Vardelle 87050 Limoges 05 55 01 46 67

Domus 09120 Varhihes 05 61 67 73 45

granulats chanvrinove 100 à 120 euros/m³

granulats chanvre non stabilisé : 70 à 85 euros/m³

laine de chanvre : 20 euros/m² en 10cm

briques de chanvre : 20x30x60 65 euros/m², 10x30x60 23 euros/m²,

Technichanvre 02 98 06 45 34

Balthazard et Cotte 03 81 47 40 10

Ateliers du chanvre Olivier Dupont 04 76 81 27 45/ 06 80 72 07 58

fibres de bois : 20 euros/m2 en 8cm

laine de lin : 13 euros/m2 en 8cm

perlite, vermiculite : efiisol 14/24 rue des agglomérés 92000 Nanterre 01 41 37 57 44/ 03 86 63 29 00