

PREBAT

Programme de Recherche et d'Expérimentation
sur l'Énergie dans le Bâtiment

ADEME



CSTB
le futur en construction

PUCA

plan
urbanisme
construction
architecture

COMPARAISON INTERNATIONALE BATIMENT ET ENERGIE

Rapport intermédiaire

Décembre 2006

Le présent rapport a été élaboré en partenariat avec



Danmarks Tekniske Universitet



Fraunhofer Gesellschaft

INGENIEURBÜRO TRINIUS
BAUEN ENERGIE UMWELT



Massachusetts Institute of Technology

Mansi Jasuja

MECHLAB @ UNSW



Sommaire

RESUME.....	5
1- SYNTHÈSE.....	9
PREMIERS ENSEIGNEMENTS POUR LE PREBAT <i>Jean Carassus avec la participation de Jean-Christophe Visier</i>	37
2- PROGRAMMES D'OPERATIONS PERFORMANTES	47
2.1 Recensement. <i>Ahmad Husaunndee</i>	49
2.2 Allemagne. Les programmes « Passivhaus », « Maisons 3 litres », « EnSan » et « Bâtiments à basse consommation dans l'existant ». <i>Jean-Christophe Visier avec la participation de Frédéric Bougrain et Emmanuel Fleury</i>	61
2.3 Etats-Unis. Les programmes « Building America » « Zero Energy Homes » et « Leadership in Energy and Environmental Design » (LEED). <i>Jean-Christophe Visier et Ahmad Husaunndee avec la participation de Frédéric Bougrain</i>	87
2.4 Japon : Le programme maisons à basse consommation. <i>Rodolphe Morlot avec la participation de Philippe Dard</i>	121
3- COMPOSANTS ET EQUIPEMENTS INNOVANTS	149
3.1 Recensement. <i>Daniel Quénard</i>	151
3.2 Parois opaques (murs, toitures, planchers) à haute performance thermique en Autriche, au Danemark et en Allemagne. <i>Hafiane Cherkaoui avec la participation de Marc Colombard-Prout</i>	171
3.3 Parois transparentes à haute performance thermique en Europe du Nord. <i>François Olive avec la participation de Jean-François Arènes</i>	205
3.4 Ventilation double flux en Allemagne, Suisse, Pays-Bas et Belgique. <i>Bernard Collignan avec la participation d'Orlando Catarina</i>	223
3.5 Systèmes compacts ventilation chauffage eau chaude en Allemagne, Autriche et Suisse. <i>Emmanuel Fleury avec la participation d'Orlando Catarina</i>	255
3.6 Photovoltaïque en toiture ou en façade au Japon. <i>Rodolphe Morlot avec la participation de Philippe Dard</i>	281
4- PROGRAMMES DE RECHERCHE DEVELOPPEMENT.....	309
4.1 Recensement. <i>Luc Bourdeau et Jean-Luc Chevalier</i>	311
4.2 Autriche : Programme « Haus der Zukunft ». <i>Luc Bourdeau et Jean-Luc Chevalier avec la participation de Marc Colombard-Prout</i>	333
4.3 Pays-Bas : programmes « Compass » et « Energie Onderzoek Subsidie » (EOS). <i>Luc Bourdeau et Jean-Luc Chevalier avec la participation de Marc Colombard-Prout</i>	353
5- CONTENU PREVISIONNEL DE LA DEUXIEME ETAPE	367
CONCLUSION : TROIS CONCEPTIONS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE DANS LE BATIMENT	371
ANNEXE 1. Bâtiments à consommation d'énergie maîtrisée en France : opérations, financements, initiatives de collectivités territoriales. <i>Emmanuelle Loyson</i>	
ANNEXE 2. Une méthode d'analyse socio-éco-technique	
ANNEXE 3. Organisation du projet, partenariat, comité de lecture	

RESUME

1. Le protocole du Programme de Recherche et d'expérimentation sur l'Energie dans le BATiment (PREBAT) prévoit qu'une de ses premières actions sera la réalisation d'un « état de l'art, aux plans national et international, des recherches, des meilleures pratiques professionnelles et des bâtiments les plus avancés ; cet état de l'art sera le fondement d'une veille permanente pendant la durée du PREBAT et servira de base aux actions de diffusion et de valorisation ».

2. Le présent rapport est le rapport intermédiaire de la *Comparaison internationale Bâtiment et énergie*, qui correspond à l'état de l'art jugé prioritaire par le protocole. Cette recherche, pilotée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), est cofinancée à 50 % par l'ADEME, 25 % par le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA) et 25 % par la dotation recherche du CSTB.

3. Le projet Comparaison internationale analyse dans plusieurs pays étrangers *des programmes d'opérations performantes, des composants et équipements, des programmes de recherche développement*. Le projet se décompose en deux étapes avec un rapport intermédiaire en 2006 et un rapport final en 2007. Le présent rapport est le bilan de la première étape.

4. Une *méthode d'analyse socio-éco-technique* a été élaborée. Elle comporte 6 étapes : contexte, contenu de l'innovation ou de l'initiative, mise en œuvre, évaluation, réflexion critique (points forts, points faibles, opportunités, menaces), conditions de la transposition en France.

5. Des *chiffres clés* sont rappelés. En 2000, le bâtiment représente en France 47 % de la consommation d'énergie, l'industrie et l'agriculture 28 %, les transports 25 %. Deux tiers sont consommés dans les logements, un tiers dans le tertiaire, public et privé. En 2004, l'énergie finale consommée dans l'habitat se répartit ainsi : 44 % dans les maisons individuelles antérieures à 1974, 24 % dans les maisons postérieures à 1974, 23 % dans les immeubles collectifs d'avant 1974, 9 % dans les immeubles d'après 1974.

6. La recherche révèle au travers d'un recensement des initiatives dans les régions que *le mouvement pour des bâtiments à basse consommation est lancé en France*. Les initiatives sont publiques et privées. Certaines régions lancent aujourd'hui des appels à projet avec des objectifs que le PREBAT s'est fixés pour 2010. C'est une bonne nouvelle pour le PREBAT. L'objectif n'est pas de lancer et de diriger un mouvement mais de l'accompagner et le faciliter.

7. Le projet Comparaison internationale a procédé à l'analyse des programmes allemands « Passivhaus », « Maisons 3 litres », « EnSan » et « Maisons basse énergie dans l'existant », des programmes américains « Building America », « Zero Energy Homes », « Leadership in Energy and Environmental Design (LEED®) » et du programme japonais « maisons à basse consommation ». *Passivhaus est transposable* en France, avec une difficulté liée à la qualité de la mise en œuvre garantissant une forte étanchéité à l'air. L'expérience de LEED pourrait être utilisée pour *faire évoluer la certification française NF Bâtiments tertiaires démarche HQE®* vers un label accordant plus d'importance à l'énergie et adapté à la rénovation de bureaux existants. L'expérience des maisons américaines et japonaises basse consommation est plus difficilement transposable vu les différences des modes constructifs.

8. Les composants et équipements étudiés sont les parois opaques à haute performance thermique notamment en Autriche et au Danemark, les parois transparentes à haute performance thermique en Europe du Nord, la ventilation double flux avec récupération de chaleur en Allemagne, Suisse, Pays-Bas, Belgique, les systèmes compacts chauffage – ventilation – eau chaude en Allemagne, Autriche et Suisse, le photovoltaïque au Japon. Les *parois opaques haute performance sont transposables* en France, à condition de créer les conditions d'une bonne mise en œuvre. Le marché des trois autres composants et équipements « Europe du nord » est *lié au développement des opérations à très basse consommation*. Le photovoltaïque nécessite un *soutien politique et fiscal* continu.

9. Les programmes de recherche et développement analysés sont le programme autrichien « Haus der Zukunft », les programmes hollandais « Compass » et « Energy Onderzoek Subsidie » (EOS). Le programme autrichien est intéressant par son réalisme et *l'articulation entre recherche technique et recherche socio-économique*. L'intérêt des programmes hollandais réside dans la concertation avec les acteurs économiques et leur centrage sur *l'approche « système » du bâtiment*.

10. Les expériences étrangères étudiées permettent, en simplifiant, de mettre en avant trois conceptions de la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment.

a) Dans *la conception « fortes économies d'énergie »*, l'objectif est avant tout de baisser de manière importante la consommation d'énergie dans le bâtiment. La « *variante allemande* » très basse consommation, de type « Passivhaus », vise à aller jusqu'à supprimer le chauffage. La « *variante suisse* » basse consommation, de type « Minergie® », est moins exigeante.

b) Dans *la conception « consommation et production d'énergie »*, un objectif prioritaire n'est pas la forte baisse de la consommation mais la production d'électricité par système photovoltaïque. La « *variante américaine* », qui mixte isolation renforcée et photovoltaïque, est liée à un contexte de non véritable remise en cause d'un mode de vie énergivore et marqué par un souci d'atténuation des pics de consommation d'électricité issue de réseaux surchargés. La « *variante japonaise* » n'est pas centrée sur l'isolation, elle met en avant l'utilisation de panneaux photovoltaïques intégrés dans l'enveloppe de la maison préfabriquée. Cette conception privilégie le modernisme des solutions techniques utilisées et également la baisse des pics de consommation électrique.

c) Dans *la conception « énergie et environnement »*, l'énergie est un objectif fort mais articulé à d'autres cibles environnementales (intégration au site, eau, matériaux, confort..) jugées importantes par l'acquéreur du bâtiment. Un exemple de cette conception est celle du label américain LEED® pour les immeubles de bureaux. Les investisseurs souhaitent dans ce cas mettre en avant un cadre de travail sain et confortable plus qu'un souci d'économie d'énergie.

11. Sur la base des enseignements tirés des expériences étrangères étudiées, huit suggestions sont faites au PREBAT :

- *Mettre en place un partenariat avec les collectivités territoriales ;*
- *Mettre en œuvre un partenariat avec le secteur privé ;*
- *Promouvoir des labels sur les bâtiments et sur les composants ;*
- *Donner une grande importance aux instruments économiques, financiers et fiscaux ;*
- *Veiller aux questions de la qualité de la mise en œuvre sur chantier, des compétences et des formations ;*
- *Intégrer la dimension usage et comportement des utilisateurs ;*
- *Lier R & D et évolution de la réglementation technique ;*
- *Lier énergie et environnement, bâtiment et transports.*

12. Cinq axes sont conseillés au PREBAT :

- *Promouvoir l'existence d'un référentiel national et d'un dispositif d'évaluation des opérations et des éco-quartiers ;*
- *Mettre en avant la conception d'ensemble des bâtiments, notamment au moyen d'instruments de simulation ;*
- *Développer des exemples de solutions et des guides de bonnes pratiques ;*
- *Définir une stratégie de R & D pour le parc existant ;*
- *Mettre en place une comparaison inter régionale et internationale permanente et un observatoire des opérations et des éco-quartiers.*

13. Ces cinq axes pourraient être mis en œuvre avec deux visions :

- *Une vision à court terme, centrée sur la diffusion de techniques existantes avec des innovations à dominante incrémentale et une forte préoccupation de faisabilité économique;*
- *Une vision à moyen et long terme, pouvant anticiper des changements qui ne verront le jour que dans plusieurs années et qui peuvent générer des innovations radicales.*

1. SYNTHÈSE

Auteur : Jean Carassus (jean.carassus@cstb.fr)
avec la participation de Jean Christophe Visier
(jean-christophe.visier@cstb.fr)

1.1 LE PREBAT

1.1.1 Les trois finalités du PREBAT

Créé dans le cadre du Plan Climat adopté par le gouvernement en 2004, le Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment (PREBAT) a été mis en place pour la période 2005-2009 par un protocole signé par cinq ministres et cinq présidents et directeur d'agence d'objectifs¹.

Les trois finalités du PREBAT sont la modernisation durable des bâtiments existants, la préfiguration des bâtiments neufs de demain, la construction et la rénovation de bâtiments à énergie positive.

Pour les bâtiments existants, l'objectif est d'obtenir, à l'horizon 2015-2020, des bâtiments dont la *consommation d'énergie primaire pour chauffage, eau chaude, renouvellement de l'air et confort d'été est inférieur à 80 KWh/m² an*, avec un temps de retour sur investissement de 15 ans.

Un objectif intermédiaire est d'obtenir en 2010 des bâtiments rénovés dont la consommation d'énergie primaire pour le chauffage seul est inférieure à 50 KWh/m² an avec un temps de retour sur investissement de 20 ans.

Pour les bâtiments neufs, l'objectif est d'obtenir, à l'horizon 2015-2020, des bâtiments dont la *consommation d'énergie primaire pour chauffage, eau chaude, renouvellement de l'air, confort d'été et éclairage, est inférieure à 50 KWh/m² an* avec un temps de retour sur investissement de 15 ans.

La perspective à terme est de pouvoir construire et rénover des bâtiments qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

1.1.2 La nécessité d'une comparaison internationale mise en rapport avec la situation française

Le protocole prévoit qu'une des premières actions du PREBAT sera la réalisation d'un « état de l'art, aux plans national et international, des recherches, des meilleures pratiques professionnelles et des bâtiments les plus avancés ; cet état de l'art sera le fondement d'une veille permanente pendant la durée du PREBAT et servira de base aux actions de diffusion et de valorisation ».

1.2 UNE COMPARAISON INTERNATIONALE EN DEUX ETAPES

1.2.1. Le rapport intermédiaire

Le présent rapport est un document intermédiaire de la Comparaison internationale PREBAT, qui correspond à l'état de l'art jugé prioritaire par le protocole. Cette recherche, pilotée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, est cofinancée à 50 % par l'ADEME², 25 % par le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA)³ et 25 % par la dotation recherche du CSTB.

¹ Protocole du 25 avril 2006 signé par le ministre de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, le ministre des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, le ministre de l'écologie et du développement durable, le ministre délégué à l'enseignement supérieur et à la recherche, le ministre délégué à l'industrie, les présidents et directeur de l'ADEME, d'OSEO ANVAR, ANR, ANAH, ANRU.

² Convention ADEME n° 0504C0056 du 19 décembre 2005.

³ Décision DGUHC PUCA n° SU 05000288 (A05-07) du 31 octobre 2005.

Elle a pour objectif de tirer des enseignements pour la France de l'analyse de bonnes pratiques étrangères de recherche et opérationnelles pour des bâtiments neufs et rénovés à forte performance énergétique.

La première étape a mobilisé une équipe projet d'une vingtaine d'ingénieurs, économistes et sociologues du CSTB ainsi qu'une dizaine d'experts français et étrangers⁴.

Ont été sollicités des experts du Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques (France), de l'Université de Technologie du Danemark, du Fraunhofer Institut Bauphysik de Stuttgart et de l'Ingenieurbüro Trinius (Allemagne), du Massachusetts Institute of Technology (Etats-Unis), de l'Université de New South Wales (Australie), de POS Architekten (Autriche) et Mansi Jasuja (Pays-Bas).

Le texte a été soumis à un comité de lecture de sept personnes⁵. Le présent rapport n'engage que ses auteurs et ne saurait engager la responsabilité ni des experts sollicités, ni des membres du comité de lecture, que nous remercions vivement.

Conformément à la commande de l'ADEME et du PUCA, le projet Comparaison internationale Bâtiment et énergie analyse:

- *des programmes et des initiatives promouvant des opérations performantes,*
- *des composants et équipements innovants,*
- *des programmes de recherche développement.*

Le projet ne couvre donc pas tout le champ Bâtiment et énergie. Il ne traite pas par exemple des différentes réglementations techniques, ni des mécanismes financiers et fiscaux.

Dans le champ exploré, *l'objectif du projet n'est pas d'être exhaustif*, ce qui serait très difficile vu le nombre d'initiatives prises sur la planète pour maîtriser l'énergie dans les bâtiments, mais d'analyser un certain nombre d'expériences intéressantes, susceptibles d'être transposables en France ou d'inspirer des expériences françaises.

Dans le présent rapport intermédiaire, il est procédé à l'analyse :

- des programmes allemands « Passivhaus », « Maisons 3 litres », « Ensan » et « Bâtiments existants à basse énergie » ;
- des programmes Américains « Building America », « Zero Energy Homes », « Leadership in Energy and Environmental Design (LEED®) » ;
- du programme japonais « maisons à basse consommation ».

Les composants et équipements étudiés sont :

- les parois opaques à haute performance thermique notamment en Autriche et au Danemark ;
- les parois transparentes à haute performance thermique en Europe du Nord ;
- la ventilation double flux avec récupération de chaleur en Allemagne, Suisse, Pays-Bas, Belgique;
- les systèmes compacts chauffage – ventilation – eau chaude en Allemagne, Autriche et Suisse ;
- le photovoltaïque au Japon.

Les programmes de recherche et développement analysés sont:

- le programme autrichien « Haus der Zukunft » ;
- les programmes hollandais « Compass » et « Energy Onderzoek Subsidie » (EOS).

⁴ Cf annexe 3. Organisation du projet, partenariat, comité de lecture.

⁵ Ce comité de lecture était composé d'Alain Birault (Lafarge), Philippe Chartier (Syndicat des Energies Renouvelables), Pascal Couffin (CEA), Jean-Pierre Lepoivre (CERIB), Niklaus Kohler (Université de Karlsruhe), François Penot (CNRS), Ludovic Valadier (ANR).

1.2.2 Le rapport final

Dans la seconde étape, il est prévu d'étudier:

- le mouvement suisse Minergie, la politique énergie d'une ville du sud (Barcelone) et d'un éco-quartier centré sur la réhabilitation de l'habitat privé (quartier Vesterbro à Copenhague),
- les approches, composants et équipements suivants: vision architecturale d'ensemble d'un bâtiment passif et bioclimatique, systèmes constructifs et économie d'énergie, stockage de chaleur, production décentralisée d'énergie, éclairage, micro cogénération, solaire thermique combiné, climatisation et rafraîchissement basse consommation;
- le programme de R & D finlandais.

1.3 UNE METHODE D'ANALYSE SOCIO-ECO-TECHNIQUE

L'analyse de ces programmes d'opérations, composants, équipements, programmes de R & D ne doit pas être seulement technique. Elle doit intégrer la dimension socio-économique pour comprendre le contexte dans lequel est apparue l'initiative ou l'innovation et comment s'articule innovation technique et pratiques des professionnels et des utilisateurs.

Une méthode d'analyse socio-éco-technique a ainsi été élaborée⁶. Elle a été déclinée pour chacune des trois dimensions du rapport. Elle comporte 6 étapes:

Etape 1 - Contexte, antériorités: contexte national, local, antériorités et origine de l'initiative ou de l'innovation;

Etape 2 - Contenu: contenu de l'initiative ou de l'innovation, type de bâtiment concerné, neuf/réhabilitation, type d'énergie, type de filière technique de construction concerné, processus d'innovation, techniques utilisées ;

Etape 3 - Mise en œuvre et dynamiques d'acteurs: fiabilité de la mise en œuvre, acteurs favorables, acteurs réticents, financement, incitations, coûts d'investissement et d'exploitation ;

Etape 4 - Evaluation: les performances réelles mesurées, les coûts réels, le vécu des utilisateurs, l'impact de l'initiative ou de l'innovation, la généralisation dans le contexte du pays, la volonté d'exportation ;

Etape 5 - Réflexion critique sur les 4 étapes (contexte, contenu, mise en œuvre, évaluation): points forts, points faibles, opportunités, menaces, points singuliers au contexte du pays ;

Etape 6 - Conditions de la transposition en France: compatibilité avec le contexte réglementaire français, disponibilité en France des techniques concernées, dynamique d'acteurs nécessaire, avec quel dispositif d'incitations, les résistances possibles.

En effet, une comparaison internationale n'est utile que dans la perspective de transposition en France de tout ou partie d'initiatives ou d'innovations repérées comme performantes à l'étranger.

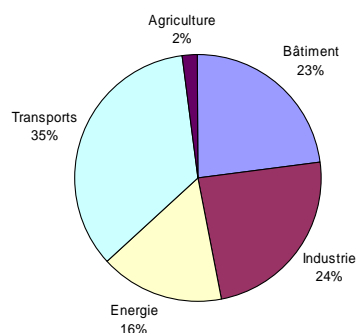
Il faut donc partir de la situation française et il n'est pas inutile de rappeler quelques chiffres clés.

⁶ Cf annexe 2.

1.4 QUELQUES CHIFFRES CLES

1.41. Bâtiment, gaz à effet de serre et consommation d'énergie

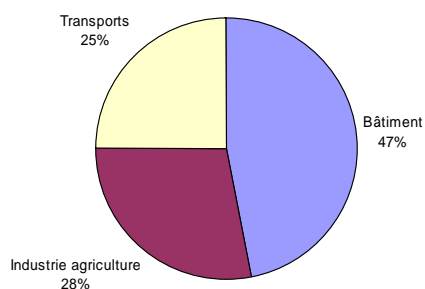
Le CO₂ représente en France 74% des émissions des gaz à effet de serre. En 2004, *le bâtiment a émis 23% du CO₂, approximativement à égalité avec l'industrie manufacturière et sensiblement moins que les transports.*



Graphique 1. Origine des émissions de CO₂ en France en 2004

Source : Rapport du Groupe de travail « Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050 » (rapport De Boissieu). Ministère de l'Economie, des Finances, de l'Industrie, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Août 2006⁷, page 14.

En 2000, le bâtiment représente en France *près de la moitié de la consommation d'énergie*, soit près de deux fois plus que les transports.



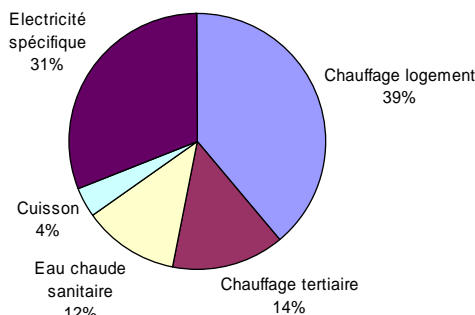
Graphique 2. Répartition de la consommation d'énergie en 2000

Source : Recherche et développement sur les économies d'énergie et les substitutions entre énergies dans les bâtiments (Rapport Orselli). Conseil Général des Ponts et Chaussées. Juin 2005⁸, page 10.

⁷ disponible sur <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/064000757/index.shtml>

⁸ disponible sur <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/054000567/index.shtml>

Le chauffage représente plus de la moitié de la consommation, et l'électricité spécifique (éclairage, appareils électroménagers, audiovisuels, informatique, services - ascenseurs, climatisation... -) un peu plus de 30%.



Graphique 3. La consommation d'énergie dans les bâtiments en 2000

Source : Rapport Orselli, page 10.

Mais entre 1990 et 1999, les consommations de chauffage progressent peu (0,3% par an), celles liées à l'eau chaude sanitaire augmentent rapidement (2,1% par an), tandis que celles liées à l'électricité spécifique croissent très rapidement (3,9% par an).

En volume, les ménages représentent 67 % de la consommation d'énergie, le tertiaire 33%⁹.

Malgré une progression forte de la performance thermique moyenne des bâtiments due à la réglementation de la construction neuve et la réhabilitation d'une partie du parc existant (la consommation moyenne d'un logement passe de 372 KWh/m² an en 1973 à 245 KWh/m² an en 2003), la progression de la surface de logement par habitant et l'augmentation du parc résidentiel et tertiaire font que la consommation finale d'énergie dans le bâtiment a progressé en volume de 24 % entre 1973 et 2004¹⁰.

1.4.2 Construction neuve et parc

Selon la conjoncture, la construction neuve annuelle représente de 300 000 à un peu plus de 400 000 logements et de 8 à 16 millions de m² de tertiaire (100 à 200 000 équivalents-logements¹¹), soit de 1 à 1,5 % du parc.

Contrairement à une idée largement répandue, rappelons que ce chiffre de 1 à 1,5% n'est pas le taux de renouvellement du parc. Il comprend d'une part l'accroissement du parc et d'autre part le renouvellement proprement dit, lié à la destruction d'une fraction du parc existant. Pour le résidentiel, le renouvellement du parc, lié à la destruction de logements, ne représente qu'environ 3 pour mille du parc existant.

Le parc résidentiel et tertiaire français représente près de 40 millions de logements et d'équivalents logements.

En simplifiant et en articulant décision de rénovation et typologie de bâtiments, le parc peut être segmenté en 5 parties:

a/- personnes physiques propriétaires de maisons individuelles (le plus souvent occupants et minoritairement bailleurs): 13 millions de logements environ (plus 2 millions de maisons résidences secondaires et plusieurs centaines de milliers de logements vacants),

⁹ Rapport Orselli, page 11.

¹⁰ ADEME, « Les chiffres clés du bâtiment Energie Environnement » Edition 2005, p.21.

¹¹ Sur la base de 80 m² pour un équivalent logement.

b/- *personnes physiques propriétaires en copropriété d'habitat en immeuble collectif* (le plus souvent occupants et minoritairement bailleurs): 6 millions de logements environ (plus un million d'appartements résidences secondaires et plusieurs centaines de milliers de logements vacants),

c/- *propriétaires institutionnels d'immeubles collectifs d'habitation et de maisons individuelles groupées* (essentiellement organismes d'habitat social et sociétés d'économie mixte¹²): environ 4 millions de logements (dont 600 000 maisons individuelles, plus plusieurs centaines de milliers de logements vacants),

d/- *propriétaires publics d'immeubles tertiaires* (majoritairement collectivités territoriales): environ 5 millions d'équivalents logements,

e/- *propriétaires privés d'immeubles tertiaires et de commerces* (entreprises, sociétés foncières et immobilières, particuliers...): environ 5 millions d'équivalents logements.

Le marché de la rénovation de l'habitat représente 53 milliards € en 2005. 90 % des travaux sont commandés par les ménages, 8 % par les organismes d'habitat social, 2 % par des bailleurs personnes morales privées¹³.

1.4.3 Le potentiel d'économie d'énergie

Le potentiel d'économie d'énergie varie fortement selon la date de la réglementation thermique en vigueur lors de la construction du bâtiment.

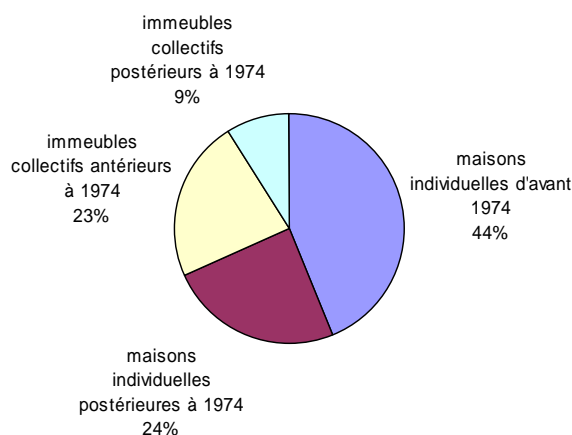
Tableau 1. Consommation d'énergie (chauffage et eau chaude sanitaire) en énergie finale par type d'habitat en France en zone H1 (Source ADEME)

	Individuel	Collectif
Avant la 1 ^{ère} réglementation thermique (1974)	330 KWh/m ² /an	210 KWh/m ² /an
Réglementation de 1988	155 KWh/m ² /an	145 KWh/m ² /an
Réglementation de 2000	130 KWh/m ² /an	110 KWh/m ² /an
Réglementation de 2005	100 à 120 KWh/m ² /an	90 à 110 KWh/m ² /an

¹² Les compagnies d'assurance et les sociétés privées foncières et immobilières se sont ces dernières années fortement désengagées du logement.

¹³ Club de l'amélioration de l'habitat. « Marché de l'amélioration de l'habitat ». Février 2006. p.1.

En 2004, les 528 milliards de KWh consommés en énergie finale dans l'habitat se répartissent ainsi :



Graphique 4. Consommation de l'énergie finale dans l'habitat selon l'âge de l'immeuble en 2004.

Source : ADEME. Chiffres clés. 2005. page 42.

Dans le tertiaire, en 2003, la consommation moyenne d'énergie, pour tous les usages, est de 222 KWh/m² an, la moyenne pouvant varier de 131 KWh/m² an pour les établissements d'enseignement à 243 KWh/m² an pour les commerces et 414 KWh/m² an pour les bureaux¹⁴.

Ces chiffres clés rappelés, où en est la France sur les économies d'énergie dans les bâtiments ?

1.5 FRANCE : UN FOISONNEMENT D'INITIATIVES

1.5.1 Des initiatives publiques et privées

L'annexe 1 du présent rapport est un recensement d'initiatives prises et d'innovations développées en France, le plus souvent récemment, pour améliorer les performances énergétiques des bâtiments.

Les initiatives sont :

- *publiques* (logements sociaux de l'OPAC 38, lycées des conseils régionaux de Rhône-Alpes, Nord Pas de Calais, Limousin, bâtiment d'enseignement de l'Université de la Réunion, bâtiments administratifs de Rennes Métropole et de la ville des Mureaux, éco-quartier à Lille...);
- *privées* (maisons Alyos en Alsace, maisons « Passivhaus » à Lyon, immeuble « Minergie » à Zillisheim, bureaux EMGP à Aubervilliers...);
- *mixtes public-privé* (rénovation Logirep – BASF à Fontenay sous Bois, réhabilitation d'habitat privé avec intervention de la SEM de Mulhouse...).

Plusieurs de ces opérations sont soutenues par des programmes européens (CEPHEUS, RESTART, CONCERTO, THERMIE, SHE, SHINE...).

¹⁴ ADEME, op cit, p.78.

1.5.2 Des conseils régionaux anticipent sur les objectifs du PREBAT

Plusieurs conseils régionaux (Alsace, Rhône Alpes, Nord Pas de Calais, Ile de France, ile de la Réunion...) et municipalités (Dunkerque, Lille, Nancy, Besançon...) adoptent une politique d'ensemble visant à diminuer la consommation d'énergie dans les bâtiments de leur territoire ou de leur propre parc (lycées, collèges, écoles, bureaux...).

Fait intéressant, plusieurs régions s'inspirent d'expériences étrangères (en particulier des labels « Minergie » suisse et « Passivhaus » allemand) pour les transposer en France.

Ainsi, en mars 2006, trois conseils régionaux (Franche Comté, Languedoc Roussillon, Alsace), trois associations locales, un collectif d'industriels de l'isolation, deux établissements financiers et le CSTB, ont créé l'association « Effinergie », visant à promouvoir un label issu de l'expérience suisse et capitaliser l'expérience des acteurs.

Fait encore plus significatif, des conseils régionaux lancent des appels à projet avec des objectifs très proches de ceux du PREBAT, voire identiques.

La région Bourgogne lance un appel d'opérations ayant comme objectif une consommation d'énergie primaire de 50 KWh/m² an pour le chauffage et l'eau chaude pour le neuf et de 100 KWh/m² an dans l'existant, le référentiel étant celui de Minergie.

Pour la réhabilitation, les régions Rhône-Alpes et Alsace veulent atteindre dès aujourd'hui l'objectif 2010 du PREBAT : 50 KWh/m² d'énergie primaire pour le chauffage. Avec cet objectif, la première lance un appel à projet de huit opérations de rénovation, la seconde soutient notamment plusieurs opérations de rénovation d'habitat privé à Mulhouse.

1.5.3 Des industriels se mobilisent

Les industriels se mobilisent également. Le collectif « Isolons la terre », qui regroupe les industriels de l'isolation, a lancé une campagne nationale d'information et est l'un des membres fondateurs d'Effinergie.

Arcelor, EDF, GDF, Lafarge ont créé la fondation privée de recherche Bâtiment et Energie, dotée de 8 millions €. La fondation vient de sélectionner trois projets de recherche développement sur le segment le plus important du marché, la rénovation de la maison individuelle des particuliers. Un appel à projet de recherche sur la construction et la rénovation d'immeubles de bureaux performants en matière énergétique est en cours.

Lafarge est partie prenante, avec United Technologies Corporation, d'un projet qui vise à réaliser des bâtiments neufs et rénovés à zéro énergie, neutres en CO₂ et économiquement viables. Conclu sous l'égide du World Business Council for Sustainable Development, le projet associe un « core group » d'une douzaine de multinationales (dont EDF et GDF).

Enfin Schneider Electric est lauréat d'un projet financé par l'Agence pour l'Innovation Industrielle sur la gestion de l'énergie dans le bâtiment, d'un montant de 80 millions €, financé à 45 % par subventions et avances remboursables.

1.5.4 Des établissements financiers prennent des initiatives

Des aides financières, en particulier pour diffuser les énergies renouvelables, sont proposées par de nombreuses collectivités territoriales et par l'ADEME.

Des établissements financiers (Banque Populaire, Crédit Agricole, Crédit Mutuel...) proposent des prêts bancaires à taux préférentiel, parfois en partenariat avec des conseils régionaux. Certaines sociétés financières spécialisées dans le crédit bail sont dédiées aux investissements de maîtrise de l'énergie. Des distributeurs d'énergie et des professionnels du chauffage et de l'isolation offrent un soutien, notamment financier.

1.5.5 Plusieurs pôles de compétitivité s'emparent du sujet

La mise en place des pôles de compétitivité favorise l'émergence de nouveaux partenariats entre acteurs publics et privés en vue de développer des innovations à partir d'une

proximité territoriale. L'axe énergie et bâtiment est un axe clé d'au moins quatre de ces pôles : Capenergies (Energies non génératrices de gaz à effet de serre, Provence Alpes Côte d'Azur), Derbi (Développement des énergies renouvelables dans le bâtiment et l'industrie, Languedoc Roussillon), Enerdis (Rhône-Alpes), VMD (Ville et mobilité durables, Marne la Vallée, Ile de France).

Examinons maintenant les principaux résultats de la Comparaison Internationale Bâtiment et énergie en commençant par les programmes d'opérations performantes en Allemagne, aux Etats-Unis et au Japon.

1.6 PROGRAMMES D'OPERATIONS PERFORMANTES : ALLEMAGNE, ETATS-UNIS, JAPON

1.6.1. Les contextes nationaux : différences et similitudes

Comparé au contexte français, celui des trois pays analysés présente des différences et des similitudes. L'Allemagne, le Japon et la France sont plus dépendants des sources d'approvisionnement énergétiques étrangères que les Etats-Unis. La France, et dans une moindre mesure le Japon, diminue cette dépendance par le choix de l'énergie nucléaire, qui représente plus des trois quarts de l'électricité française et un tiers de l'électricité japonaise. L'Allemagne a gelé son programme nucléaire.

La consommation moyenne d'énergie primaire par habitant, tous secteurs confondus, est deux fois plus forte aux Etats-Unis que dans l'Union Européenne et le Japon. Dans le secteur du bâtiment, la consommation américaine est particulièrement élevée dans le tertiaire, à cause notamment de la climatisation et d'une large utilisation de l'éclairage.

En Allemagne, la prise de conscience relative à l'environnement et à l'énergie est forte. Elle a notamment comme origine une réaction contre l'importance passée de la pollution industrielle dans des régions comme la Ruhr. Elle est soutenue par un mouvement écologique actif. La prise de conscience est différente au Japon. Elle est portée par un modernisme favorisant l'utilisation importante des technologies les plus récentes.

Les Etats-Unis sont le seul des quatre pays à ne pas avoir signé le protocole de Kyoto, mais cette résistance fédérale est compensée par un mouvement très actif au niveau des Etats (Californie, Etats du nord-est) et des villes (avec notamment un collectif de deux cent villes animé par le maire de Seattle). La préoccupation américaine est plus d'éviter les pics de consommation d'électricité, qui menacent les réseaux, que d'économiser l'énergie.

Le climat est en moyenne plus rigoureux en Allemagne qu'en France, le Japon et les Etats-Unis présentent des situations climatiques très contrastées.

Enfin, la longévité des bâtiments est très différente. France et Allemagne réhabilitent leur parc, Etats-Unis et plus encore Japon ont tendance à le détruire et à le remplacer. La moitié des maisons japonaises ne dépassent pas trente ans.

1.6.2 Réduire les pertes, utiliser des énergies renouvelables, produire le complément de chaleur

Les innovations dans les différents pays partent d'une même analyse du bilan énergétique orientée par la triade énergétique : réduire les pertes, utiliser des énergies renouvelables, produire le complément de chaleur de façon efficace.

On a donc systématiquement une approche portant sur :

- l'isolation des parois et la réduction des ponts thermiques, le remplacement d'une aération non maîtrisée par un système de ventilation, et des parois étanches permettant de maîtriser les débits d'air voire de récupérer la chaleur ,

- le recours à des énergies renouvelables en particulier via le solaire, des pompes à chaleur ou le bois,
- l'utilisation de générateurs de chaleur à haute efficacité et la réduction des pertes de distribution.

Les différences essentielles entre les programmes portent sur :

- le niveau d'ambition visé en matière de consommation de chauffage: modéré dans Building America, élevé dans Maison 3 litres, très élevé dans Passivhaus,
- le traitement des consommations d'électricité : peu présent dans certains programmes et central dans les programmes intégrant le photovoltaïque,
- le traitement du confort d'été : visé uniquement par des solutions passives dans les programmes tels passivhaus, ayant recours à des systèmes de climatisation performants aux Etats-Unis,
- un centrage sur le neuf ou une prise en compte des problématiques de réhabilitation,
- le mode d'animation du programme.

1.6.3 Des « concepts » de bâtiment

Les programmes sont fréquemment basés sur la définition de concepts de bâtiments. Ces concepts définissent à la fois un niveau de performance à atteindre et des exemples de solutions permettant d'atteindre ce niveau. Ces concepts sont un des éléments clé de la dissémination et du succès du programme.

Par exemple pour être labellisé *Passivhaus* ce qui correspond au niveau le plus élevé, un bâtiment neuf doit avoir au maximum les performances suivantes :

- une consommation pour le chauffage de 15 KWh/m²/an d'énergie primaire
- une consommation totale d'énergie primaire de 120 KWh/m²/an,
- une étanchéité à l'air de 0,6 volume/heure.

Les solutions qui permettent d'atteindre ce niveau sont généralement les suivantes :

- une isolation pouvant atteindre 30 cm avec des fenêtres triple vitrage ;
- une ventilation double flux avec récupération de chaleur ;
- une attention aux détails constructifs permettant de réduire considérablement ponts thermiques et perméabilité à l'air
- des gains solaires passifs et parfois actifs optimisés;
- un appareillage électroménager peu consommateur ;

Un bâtiment Passivhaus n'a pratiquement pas d'appareil de chauffage, le chauffage étant assuré par la récupération de la chaleur de l'air intérieur avant qu'il ne soit extrait, le solaire passif, les apports internes des occupants, des appareils ménagers et hi fi.

Le concept Passivhaus est le plus ambitieux, mais d'autres programmes allemands ont des concepts intéressants. Dans celui de la « Maison trois litres », la consommation pour le chauffage est de 34 KWh/m²/an d'énergie primaire. En réhabilitation, le programme « EnSan » développe des bâtiments expérimentaux, tandis que le programme « Bâtiments à basse consommation dans l'existant » concerne des immeubles plus proches des conditions de marché. Les performances sont cependant élevées : 40 à 60 KWh/m²/an d'énergie primaire pour le chauffage.

Aux Etats-Unis, une maison économe type entrant dans le programme « *Building America* », est une maison à ossature bois :

- à épaisseur des ossatures augmentée, avec une membrane d'étanchéité en extérieur ;
- aux combles bien isolés ;
- avec des fenêtres double vitrage peu émissif ;
- munie d'une ventilation mécanique ;
- avec une chaudière à haute efficacité ;
- et des lampes fluo compactes.

Quand la maison s'inscrit dans la perspective d'un « *Zero Energy Home* », le dispositif est complété par un système solaire thermique pour l'eau chaude et un système photovoltaïque pour la production d'électricité.

Selon les performances, la baisse de la consommation d'énergie, en incluant la production photovoltaïque, est de 30 à 90 % par rapport aux standards habituels. L'effort porte essentiellement sur les maisons neuves mais des objectifs de 20 à 30 % ont été fixés pour les rénovations.

Au Japon, une maison à basse consommation type est *une maison préfabriquée, toute électrique, avec une isolation légèrement renforcée, fenêtres double vitrage, ventilation mécanique, pompe à chaleur et production locale par modules photovoltaïques intégrés dans le modèle*. La basse consommation ne concerne que les maisons neuves.

Pour les bureaux, le *label LEED®* (Leadership in Energy and Environmental Design) est une sorte de label Haute Qualité Environnementale tertiaire avec six cibles (site durable, eau, énergie, matériaux, confort, innovation) et quatre niveaux de performance (standard, argent, or, platine) pour les bureaux neufs ou faisant l'objet d'une réhabilitation lourde. Les exigences énergétiques sont relativement élevées puisque sur un échantillon de 60 bâtiments, la réduction de consommation est de 28 % par rapport aux standards habituels.

Il existe une version de LEED® pour les bureaux existants (maintenance et exploitation, réhabilitation de l'intérieur, réhabilitation de l'enveloppe). Des développements sont en cours pour la maison individuelle, l'aménagement de quartier, les écoles et les commerces.

En terme de label pour les constructions, la ville d'Osaka est à l'origine de CASBEE (système pour l'efficacité environnementale des constructions), label de qualité environnementale avec dimension énergétique.

Les travaux des programmes visent généralement à définir ces concepts, à en réaliser un certain nombre, à mesurer leurs performances en terme technique social et économique puis à les diffuser.

La notion de programme exclut totalement la réalisation en ordre dispersé d'opérations de démonstration sans que soit définie une stratégie de capitalisation des pratiques.

Les niveaux de performances sont très fréquemment indiqués par rapport au niveau réglementaire pour les bâtiments neufs. Ils peuvent permettre de tracer les étapes de progrès entre la réglementation et les objectifs futurs à atteindre.

Les programmes conduisent à la réalisation d'outils à destination des concepteurs, entreprises, artisans... Logiciels de calcul, check lists des points clés, guides de bonnes pratiques ... Ces outils sont des éléments essentiels pour une application large des approches en dehors du cercle initial des convaincus

1.6.4 Une forte implication des collectivités territoriales et du secteur privé

Dans les trois pays, ces innovations sont élaborées et diffusées avec une forte implication du secteur privé et un soutien volontariste des Etats (pour les Etats-Unis), des régions et des villes.

Le Passiv Haus Institut, qui est une initiative privée, a créé une dynamique avec un label pour les bâtiments, des certifications pour les composants et les équipements, des réunions d'échanges entre professionnels, des salons pour le grand public, des sites internet.

De nombreux Länder et municipalités ont pris des mesures de soutien aux économies d'énergie et au développement des énergies renouvelables.

Aux-Etats-Unis, les constructeurs de maisons individuelles sont fortement impliqués dans le programme « Building America », dont la démarche, très pragmatique, est fondée sur des guides opérationnels de construction.

Le label LEED® est géré par l'US Green Building Council, organisation non gouvernementale à but non lucratif, associant plus de 6 000 professionnels et collectivités

(architectes, bureaux d'études, constructeurs, industriels, producteurs d'énergie, établissements financiers, Etats, collectivités territoriales, universités, centres de recherche).

De nombreux Etats et villes soutiennent ces initiatives et le développement des énergies renouvelables.

Les maisons industrialisées solaires à basse consommation japonaises sont activement soutenues par un partenariat public privé, fondé sur plusieurs institutions gouvernementales, des régions et collectivités, des industriels, des constructeurs de maisons et des centres de recherche.

1.6.5 Le stade expérimental est dépassé

Les programmes innovants ont dépassé le stade expérimental dans les trois pays. Il existe aujourd'hui en Allemagne environ 5 000 maisons et immeubles « Passivhaus » et assimilés et plus de 12 000 maisons 3 litres. La phase des opérations pilotes des années quatre vingt dix est donc dépassée. La part de marché, pour la construction neuve, est encore marginale¹⁵, mais la progression est chaque année significative.

Le programme « Building America » a lui aussi dépassé le stade expérimental, puisque 31 500 maisons ont été réalisées. Fin 2005, 356 bâtiments sont labellisés LEED®, 3 000 demandes de certification sont en cours d'instruction.

Au Japon, même si toutes les maisons concernées ne sont pas à basse consommation, 58 000 maisons disposent d'un système photovoltaïque.

Le passage vers l'existant est en cours en Allemagne avec un décalage sensible par rapport au neuf.

Le programme « EnSan » est expérimental, le programme « Bâtiments existants à basse consommation d'énergie » a fait l'objet d'une première étape se traduisant par la rénovation de 33 bâtiments, puis en 2005 d'une deuxième étape avec la rénovation de 110 bâtiments.

Passivhaus s'intéresse fortement aujourd'hui aux bâtiments existants.

Les maisons 3 litres en réhabilitation font passer après travaux de rénovation la consommation de chauffage à une trentaine de KWh/m²an, soit l'équivalent de 3 litres de fuel, dix KWh/m²an étant approximativement égaux à un litre de fuel consommé.

1.6.6 Rentabilité économique et « co-bénéfices »

L'investissement d'un immeuble Passivhaus est variable, le plus souvent supérieur de l'ordre de 5 à 12 %, par rapport aux bâtiments usuels, sur la base, il est vrai, d'un coût de construction sensiblement supérieur au coût de construction français. Le calcul en « coût global élémentaire », somme actualisée du coût d'investissement et du coût d'exploitation¹⁶, dépend bien sûr du taux d'actualisation et du prix futur de l'énergie retenus.

Le principe est que dans un bâtiment Passivhaus, le coût global élémentaire diminue quand l'isolation du bâtiment augmente, puis progresse car il est coûteux d'isoler très fortement, puis baisse à nouveau quand l'installation de chauffage peut être supprimée, puis augmente à nouveau vu le coût d'une isolation hyper renforcée. La réalité est variable d'une opération à l'autre.

Dans les cas américains et japonais, il est clair qu'en terme de coût global élémentaire, les maisons avec système photovoltaïque ont un temps de retour élevé et ne sont pas rentables. C'est notamment le cas des Zero Energy Homes américaines. C'est aussi le cas des maisons photovoltaïques japonaises, dont les utilisateurs sont plus motivés par la participation à une cause nationale moderniste que par la baisse de la consommation d'énergie.

¹⁵ Contrairement à la situation suisse, où les bâtiments labellisés « Minergie® » représentent selon les cantons de 10 à 20 % de la construction neuve, comme nous le verrons dans la deuxième étape du présent projet.

¹⁶ Sur les trois notions de coût global, « coût global élémentaire », « coût global élargi », « coût global partagé », cf Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques (MIQCP). « Ouvrages publics et coût global ». Rédaction Jean-Jacques Navarro. Janvier 2006. pp 23-33.

Le « *coût global élargi* » fait intervenir les « co-bénéfices » pour l'utilisateur¹⁷. Il est parfois calculé ou tout au moins pris en compte dans les pays analysés. Certains co-bénéfices sont quantifiables comme le supplément de prix de vente ou de revenu locatif permis par la qualité d'une maison Passivhaus. D'autres ne le sont pas, comme le confort, la protection contre le bruit, la meilleure qualité de l'air, la meilleure hygrométrie, la sécurité accrue, l'augmentation de la surface utile par l'isolation des combles.

Dans le même esprit, des économistes américains ont évalués le coût global élargi d'un immeuble de bureaux certifié LEED pour l'entreprise utilisatrice. Leur hypothèse est que, vu l'environnement plus agréable et plus sain, la productivité du personnel est plus forte de 1 % dans un immeuble LEED® niveau argent, et de 1,5 % avec LEED niveau platine. Il est en fait difficile d'une part de mesurer la productivité d'une activité de service et d'autre part d'isoler le rôle du bâtiment LEED® dans l'augmentation de la productivité du personnel. Si ces hypothèses sont vérifiées, l'économie issue de l'augmentation de la productivité du personnel est 6 fois plus forte que l'économie d'énergie réalisée dans le premier cas, et 10 fois plus forte dans le deuxième cas

Cette notion de co-bénéfice est très importante pour les bâtiments à faible consommation d'énergie. Les arguments mis en avant par les habitants des maisons à basse consommation sont plus l'amélioration du confort et le sentiment de participer à la cause environnementale que de faire des économies d'énergie. La motivation des investisseurs de bureaux à basse consommation est avant tout de donner une image d'acteur économique soucieux de défendre l'environnement et d'offrir un cadre de travail sain aux salariés.

Un champ s'ouvre à la recherche économique avec la notion de « *coût global partagé* », rarement calculé dans les expériences étrangères analysées, qui n'est plus, comme le coût global élémentaire et le coût global élargi, à l'échelle micro économique du propriétaire et de l'utilisateur.

Il se situe à l'échelle macro-économique et intègre l'impact du bâtiment, de sa construction, de sa gestion et de son utilisation sur des biens publics comme les ressources naturelles limitées (énergies fossiles), le climat (émission de gaz à effet de serre), la qualité de l'environnement (rejet de déchets), la santé (qualité de l'air, qualité de l'eau, utilisation de matériaux à risque sanitaire...).

1.6.7 La question essentielle du financement de l'investissement

Cette question est très importante et mérite une approche particulière non développée dans le présent projet.

Le recensement des instruments financiers en faveur de constructions durables a déjà été effectué¹⁸. Pour les prêts préférentiels aux particuliers en faveur de la construction et la rénovation durables de leurs logements, la France dispose d'une comparaison internationale¹⁹.

En Allemagne, 75 000 ménages bénéficient chaque année de prêts préférentiels. Ces prêts sont accordés pour 60 % par des banques publiques territoriales, 40 % par des banques privées, essentiellement coopératives.

Le système dominant est celui qui a été mis en place à partir de 1996 par le Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), banque détenue conjointement par l'Etat fédéral et les Länder, qui bénéficie de la garantie d'Etat. Selon la majorité des professionnels, le financement privilégié est

¹⁷ Comme les appellent les chercheurs suisses analysant Minergie®, cf « Coûts et bénéfices. Protection thermique des bâtiments » Office Fédéral de l'Énergie. Berne 2003.

¹⁸ Cf Dominique Drouet. « Instruments économiques et construction durable ». RDI – ARENE Ile de France. Novembre 2003.

¹⁹ Dominique Drouet. « Prêts préférentiels aux particuliers pour la construction et la rénovation durables. Retours d'expérience (Allemagne, Pays-Bas, Suisse, France) et recommandations de mise en œuvre ». RDI – ADEME – Groupe Banques Populaires – Groupe Caisse d'Épargne – Crédit Agricole – LCL. Octobre 2005.

un argument essentiel pour construire ou rénover une maison ou un bâtiment de façon énergétiquement performante.

Aux Etats-Unis, des prêts préférentiels (energy-efficient mortgages, EEM) sont accordés aux particuliers. Par rapport aux prêts standards, ils peuvent être plus longs, être négociés avec un taux d'effort mensualité sur revenus plus élevé, ou bénéficier d'un taux plus bas.

Dans les trois pays, de fortes exonérations fiscales sont pratiquées, en particulier pour le photovoltaïque japonais et américain.

1.6.8 L'analyse en terme de points forts, points faibles, opportunités, menaces

Examinons les quatre programmes selon l'analyse points forts, points faibles, opportunités, menaces.

Tableau 2. *Passivhaus et maisons 3 litres : points forts, points faibles, opportunités, menaces*

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . fort impact sur la consommation d'énergie . approche globale de la conception du bâtiment . packages de solutions bien définies . force du label . plusieurs milliers de maisons et immeubles réalisés . accroissement du confort . prix de revente plus élevé qu'une maison standard 	<ul style="list-style-type: none"> . importance de la qualité de la mise en œuvre, en particulier pour une bonne étanchéité à l'air . investissement initial relativement élevé . transposition non facile en réhabilitation
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . hausse du prix de l'énergie . accroissement des préoccupations environnementales en particulier dans les collectivités territoriales et chez certains particuliers . soutien des länder et des collectivités locales . transposition en cours dans plusieurs pays (Autriche, Belgique, Italie, France...) . transposition en réhabilitation 	<ul style="list-style-type: none"> . baisse éventuelle des aides publiques . positionnement de l'industrie du chauffage par rapport à des solutions sans système de chauffage.

Tableau 3. *Building America et Zero Energy Homes : points forts, points faibles, opportunités, menaces*

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . approche intégrée de la conception de la maison . participation des professionnels à la démarche . plusieurs dizaines de milliers de maisons réalisées . développement de packages de solutions techniques . prix de revente plus élevé qu'une maison standard 	<ul style="list-style-type: none"> . temps de retour élevé des installations photovoltaïques dans les Zero Energy Homes . nécessite une mise en œuvre de qualité . transposition non facile en réhabilitation
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . hausse du prix de l'énergie . possibilité de soutien des Etats et collectivités territoriales . possibilité de primes d'assurance moins élevées . définition de solutions préfabriquées . progrès attendus en photovoltaïque . fierté des propriétaires 	<ul style="list-style-type: none"> . risque de baisse des aides publiques au photovoltaïque . fragmentation de la profession des constructeurs de maisons

Tableau 4. LEED : points forts, points faibles, opportunités, menaces

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . initiative privée avec forte participation de professionnels . dispositif fondé sur le volontariat . existence en plusieurs versions : bureaux neufs, bureaux réhabilités, intérieurs commerciaux, écoles, logements, aménagement... . approche intégrée du bâtiment avec préoccupation des performances après livraison (« commissioning ») . impact sur la baisse de la consommation d'énergie . amélioration de la qualité du bâtiment . impact positif sur les conditions de travail et la santé des utilisateurs 	<ul style="list-style-type: none"> . approche intégrée du bâtiment moins forte que dans Building America . notoriété moins forte que Building America et Zero Energy Homes . nécessite une mise en œuvre de qualité . contraintes pour l'application en réhabilitation
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . des investisseurs affichant une préoccupation de protection de l'environnement et un souci de santé des occupants . hausse du prix de l'énergie . développement de logiciels de simulation . marché de la réhabilitation de bureaux 	<ul style="list-style-type: none"> . hésitation des investisseurs à utiliser des solutions techniques innovantes

Tableau 5. Maisons japonaises basse consommation: points forts, points faibles, opportunités, menaces

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . forte implication des constructeurs de maisons et des industriels . soutien gouvernemental . marketing intensif à destination des particuliers . sentiment des ménages de participer à une cause nationale 	<ul style="list-style-type: none"> . investissement initial relativement élevé . temps de retour élevé du photovoltaïque . baisse insuffisante de la consommation d'énergie dans certains cas . nécessite une évolution des comportements
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . hausse du prix de l'énergie . développement de la filière photovoltaïque avec solutions complémentaires (pile à combustible à faible puissance par exemple) . développement des maisons préfabriquées . possibilité d'améliorer l'isolation thermique des maisons 	<ul style="list-style-type: none"> . baisse ou suppression des aides publiques au photovoltaïque . différentiel de qualité avec les maisons standards pour lesquelles le règlement de construction est souvent non appliqué

Le mouvement Passivhaus peut être transposé en France. Des premières opérations labellisées Passivhaus sont d'ailleurs en train de voir le jour dans notre pays. Une préoccupation importante doit être la conception d'ensemble du bâtiment (enveloppe, équipements, énergies renouvelables) avec le souci du confort thermique d'été.

Les difficultés de transposition en France sont le haut niveau de la qualité de mise en œuvre exigée pour l'isolation par l'extérieur ou sur ossature, les coûts élevés des solutions et la rupture en matière de système de chauffage. La main d'œuvre française est peu habituée à construire des immeubles avec une telle étanchéité à l'air.

Passivhaus est une solution plus adaptée aux climats du nord et de l'est de la France qu'au climat méditerranéen, où le triple vitrage par exemple n'est pas indispensable.

La variante maison 3 litres, beaucoup plus proche du programme Minergie® que nous étudierons dans la deuxième étape du projet, est plus facile à transposer en France. Fenêtres à triple vitrage, ventilation double flux et systèmes compact chauffage ventilation eau chaude ne sont pas indispensables avec Minergie ou avec la maison 3 litres.

Les travaux en cours de l'association Effinergie pour le développement en France d'un secteur de bâtiments basse consommation exploitant l'expérience Minergie® sont d'une importance stratégique pour la diffusion en France d'un label issu de l'expérience de type Europe du nord. Mais dans ce cas aussi, la question de la qualité de la mise en œuvre et le traitement de l'ensemble des détails constructifs pour éviter les ponts thermiques seront des difficultés à résoudre.

LEED® n'est pas très éloigné de la certification française NF Bâtiments tertiaires démarche HQE®. La place tenue par l'énergie dans le label américain semble plus forte et pourrait influencer une évolution de la certification française. L'accent mis sur le lien entre la construction et l'exploitation (« commissioning ») est intéressant.

La nature du consortium, avec *forte implication du secteur privé*, pourrait également donner des idées sur l'évolution du mode de management de la certification en France. L'action des sociétés de services énergétiques qui fournissent expertise et financement aux utilisateurs de LEED® est utile à étudier.

Enfin, l'avance prise par les américains sur la réhabilitation, puisqu'ils ont mis au point une version LEED® pour la rénovation des bureaux existants pourrait être exploitée pour la mise au point d'une certification NF Bâtiments tertiaires démarche HQE® existants.

La transposition en France des programmes américain et japonais de maisons individuelles basse consommation est plus délicate, à cause de la différence des modes de construction français avec les maisons à ossature bois américaines et les maisons préfabriquées japonaises.

Cependant le développement récent de la maison bois en France, les recherches sur la filière sèche, l'implication de GEOXIA Services dans le projet ODMIR4 et le projet MITECH, tous deux soutenus par la fondation Bâtiment et Energie, sont autant d'éléments qui montrent que la question mérite cependant d'être approfondie avec les constructeurs de maisons français.

Les expériences américaine et japonaise s'inscrivent plus dans une logique de réduction des pics de puissance d'appel aux réseaux électriques que dans la baisse de la consommation d'énergie.

L'apport américain pourrait concerner *l'efficacité de l'organisation des acteurs autour du constructeur de maison* pour produire une maison de meilleure qualité.

Un intérêt de l'expérience japonaise est la forte intégration des éléments photovoltaïques dans la conception et la réalisation des maisons.

1.7 QUATRE COMPOSANTS ET EQUIPEMENTS « EUROPE DU NORD » ET LE PHOTOVOLTAÏQUE JAPONAIS

1.7.1 Les cinq « briques technologiques » étudiées

Les trois moyens techniques de bien maîtriser la consommation d'énergie dans un bâtiment sont :

- *une enveloppe à forte étanchéité et à faible déperdition ;*
- *des équipements à faible impact énergétique ;*
- *une intégration d'énergies renouvelables.*

Les deux premiers sous ensembles et composants analysés dans le présent rapport, les parois opaques et transparentes à haute performance énergétique, appartiennent à la première catégorie, les deux équipements étudiés, ventilation double flux et systèmes compacts ventilation chauffage eau chaude, font partie de la seconde catégorie, le photovoltaïque intégré au cadre bâti participe de la troisième catégorie.

Les quatre premières « briques technologiques » analysées sont caractéristiques de la priorité donnée en Europe du nord et centrale (Allemagne, Autriche, Pays-Bas, Belgique, Suisse, Danemark, Finlande...) à la réduction des besoins d'énergie dans un bâtiment.

Le photovoltaïque intégré au cadre bâti correspond à la priorité japonaise en matière d'énergie renouvelable.

1.7.2 Les quatre « briques » Europe du Nord

Les quatre premiers sont structurellement liés à des standards à forte composante d'isolation thermique tels que « Passivhaus » apparu en Allemagne, puis diffusé notamment en Autriche, et « Minergie » en Suisse.

Ces composants contribuent à trois principes de base de ces standards:

- une enveloppe étanche ;
- une isolation thermique forte ;
- un système de ventilation visant une récupération maximale d'énergie.

Ces choix s'expliquent notamment par des raisons climatiques. Ces pays ont une période d'hiver plus importante que la France.

Année	France	Allemagne	Autriche
2003	2361	3135	3474
2004	2480	3186	3561

Tableau 6. Degrés-jours réels de chauffage (Source : CETIAT)

Les degrés-jours expriment l'intensité du froid pendant une période donnée en tenant compte des températures intérieure et extérieure. Comparé à la France, le nombre de degrés-jours est en moyenne supérieur d'environ 30% en Allemagne et 45% en Autriche. L'autre élément à prendre en compte pour l'analyse des différences climatiques concerne les gains solaires.

Les parois opaques (mur, toiture, plancher) à haute performance thermique utilisées notamment en Allemagne, Autriche et Danemark sont des parois à forte épaisseur, soit avec isolation par l'extérieur, soit en ossature bois (pour les maisons individuelles) enveloppées par des membranes.

Pour les parois transparentes à haute performante thermique, la technique la plus représentative est la fenêtre triple vitrage avec un cadre mixte à rupture de pont thermique. Elle est utilisée en Allemagne, Autriche, Suisse et les pays scandinaves.

Dans la ventilation double flux, utilisée notamment en Allemagne, Suisse, Pays-Bas, Belgique, un récupérateur de chaleur permet d'utiliser la chaleur contenue dans l'air extrait pour chauffer l'air entrant. Les deux techniques principales sont les centrales double flux couvrant les besoins de l'ensemble d'une maison ou d'un immeuble et les systèmes double flux décentralisés couvrant les besoins d'une seule pièce.

Les systèmes compacts sont des produits qui assurent de façon conjointe les fonctions ventilation, chauffage et production d'eau chaude sanitaire d'un immeuble. Ils sont utilisés essentiellement en Allemagne, Autriche et Suisse. Ils ne sont utilisables que dans des bâtiments à très faibles déperditions.

1.7.3 Forces, faiblesses, opportunités, menaces

Résumons pour chacun de ces quatre sous-ensembles, composants et équipements l'analyse en terme de forces, faiblesses, opportunités, menaces et analysons les possibilités de leur transposition en France.

Tableau 7. *Parois opaques à haute performance énergétique : forces, faiblesses, opportunités, menaces*

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . réponse efficace à une forte réduction des besoins d'énergie . solution qui diminue ou supprime les ponts thermiques . bénéficie de la tendance au renforcement de la réglementation thermique, en particulier dans le neuf . retour sur investissement intéressant (variant selon épaisseur du mur et coût de l'énergie) . soutien d'un lobby industriel actif . retours d'expériences étrangères (Allemagne, Autriche, Suisse, pays scandinaves...) 	<ul style="list-style-type: none"> . nécessité d'une mise en œuvre de qualité assurant une bonne étanchéité à l'air : liens mur-toiture et mur-fenêtres notamment . baisse de la surface utile pour la construction neuve . importance d'une vision d'ensemble du bâtiment (parois opaques, parois transparentes, équipements...) dès l'amont du projet, intégrant le confort thermique d'été
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . développer un marché pour le neuf et la réhabilitation lourde . développer un marché sur les ossatures bois et métalliques . mettre en œuvre des qualifications et des formations liées à ces produits . innover dans des produits liés : fixations, isolants sous vide 	<ul style="list-style-type: none"> . concurrence de solutions centrées sur l'offre d'énergie et non sur l'économie d'énergie . culture insuffisante d'une mise en œuvre de qualité

Tableau 8. *Parois transparentes à haute performance énergétique : forces, faiblesses, opportunités, menaces*

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . mise en œuvre peu différente du double vitrage . adaptabilité du produit : taille, couleur, forme . bon vécu des utilisateurs (sentiment de confort) . intérêt croissant pour les bâtiments à très faible consommation d'énergie . retours d'expériences étrangères (Allemagne, Autriche, Finlande...) 	<ul style="list-style-type: none"> . prix élevé . retour sur investissement long . nécessité d'une mise en œuvre de qualité (lien parois opaques - parois transparentes notamment) . poids élevé pour les metteurs en oeuvre . concerne les régions avec un climat rigoureux . pas de soutien réglementaire
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . action possible du lobby verrier . innovation sur produits associés, notamment les cadres (avec système de ventilation...) 	<ul style="list-style-type: none"> . forte concurrence du double vitrage à isolation renforcée . culture insuffisante d'une mise en œuvre de qualité . risque de développement lent du marché des bâtiments à très basse consommation

Tableau 9. Ventilation double flux : forces, faiblesses, opportunités, menaces

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . solution efficace pour une économie importante d'énergie . intérêt croissant pour les bâtiments à très faible consommation d'énergie . améliore la qualité de l'air intérieur . solution applicable à plusieurs marchés : maison individuelle, commerces, petits bâtiments de bureaux . le plus souvent bon vécu des utilisateurs . produit fiable (certifications allemandes) . retours d'expériences étrangères (Allemagne, Suisse, Pays-Bas...) 	<ul style="list-style-type: none"> . prix élevé . mise en œuvre, certes peu complexe, mais nécessitant une bonne maîtrise du produit par l'installateur (dimensionnement, bruit...) . volume important des centrales double flux . importance d'une maintenance de qualité (remplacement des filtres...) . nécessité d'une bonne imperméabilité à l'air du bâtiment (difficile dans la réhabilitation) . produits peu présents en France (centrales) ou absents (par pièce) . marché encore immature (instabilité de l'offre)
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . évolution de la réglementation pouvant favoriser le produit . possibilité de mise en place d'aides fiscales et financières . innovation sur des fonctions complémentaires : filtration de l'air, ventilation pour améliorer le confort d'été, unités compactes avec chauffage et refroidissement... 	<ul style="list-style-type: none"> . forte concurrence de la ventilation mécanique contrôlée en particulier hygro-réglable (différence avec l'Allemagne et la Suisse, pays où le double flux est la 1^{ère} expérience de VMC) . tendance de maîtres d'ouvrage à privilégier la ventilation naturelle . risque de développement lent du marché des bâtiments à très basse consommation

Tableau 10. Systèmes compacts ventilation-chauffage-eau chaude : forces, faiblesses, opportunités, menaces

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . compacité : libère de la place avec la suppression des radiateurs . faible puissance et faible consommation . pas de recyclage de l'air : le bâtiment est chauffé par le chauffage de l'air neuf . produit rapide à mettre en œuvre car système intégré . alimentation électrique peu émettrice de CO₂ en France . produit fiable (certification allemande) . retours d'expériences étrangères (Allemagne, Autriche, Suisse...) 	<ul style="list-style-type: none"> . prix élevé . nécessite un métier nouveau pour l'installation et la maintenance . nécessite la régulation de manière fine à la fois du confort thermique et de la qualité de l'air intérieur (en adaptant le système aux besoins de chaque pièce, éventuel besoin d'apport de chauffage dans la salle de bains) . les utilisateurs doivent être bien informés et formés à la gestion du système (ouverture des fenêtres et lenteur de la mise en régime notamment) et accoutumés à un chauffage aérodynamique . nécessité d'adapter le produit à la réglementation française

Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . opportunité d'un nouveau marché de niche pour une clientèle aisée, informée et motivée . accompagne le développement des bâtiments basse consommation . exigences croissantes de la réglementation thermique . produit complexe et de haute technologie contribuant à augmenter les compétences dans le bâtiment . favorise la diminution du nombre de corps d'état . possibilité de raccordement à une PAC réversible pour le rafraîchissement l'été et à une production photovoltaïque 	<ul style="list-style-type: none"> . forte concurrence de systèmes double flux avec ECS solaire et convecteurs électriques ou des éléments séparés moins chers du système (pompe, double flux...) . risque de développement lent du marché des bâtiments à très basse consommation . développement difficile en l'absence d'aide financière . marché encore immature avec forte concurrence entre producteurs . résistance possible des chauffagistes

Les quatre « briques » sont diffusées en Allemagne, Autriche, Suisse, pays scandinaves... dans le cadre de bâtiments très basse consommation d'énergie de type « Passivhaus » ou « Minergie-P® » et basse consommation d'énergie de type « Minergie® ».

Dans un bâtiment « Minergie », parmi les quatre, seule l'isolation renforcée (avec une épaisseur de 15 à 20 cm) est indispensable, le double vitrage et une ventilation mécanique normale étant par ailleurs suffisants.

Par contre dans un bâtiment « Passivhaus » ou « Minergie-P® », l'épaisseur de l'isolation doit être de 20 à 35 cm, le triple vitrage et la ventilation double flux sont indispensables et les systèmes compacts équipent un grand nombre de maisons passives allemandes.

1.7.4 Le potentiel de développement en France des quatre « briques »

Le développement de ces produits en France est donc directement lié à l'évolution de la construction et de la réhabilitation d'immeubles à basse et très basse consommation. Dans leur pays d'origine, en terme de parc, la part de ces immeubles est pour l'instant marginale (5500 maisons et immeubles « Minergie® » dans une Suisse de 7 millions d'habitants) ou très marginale (5000 maisons passives dans une Allemagne de 80 millions d'habitants). Mais en terme de construction, comme nous l'avons noté, les immeubles « Minergie® » représentent de 10 à 20% de la construction neuve selon les cantons.

Les parois opaques à haute performance énergétique peuvent donc présenter un certain potentiel de développement en construction neuve et en réhabilitation lourde, les triples vitrages, la ventilation double flux et les systèmes compacts ayant des perspectives à court terme plus limitées.

Les parois opaques à haute performance énergétique présentent un certain nombre d'atouts pour la construction neuve et la réhabilitation lourde: efficacité énergétique du produit, soutien de la réglementation, retour sur investissement pouvant être intéressant, existence d'un lobby industriel organisé.

Les principaux obstacles sont la baisse de la surface utile pour la construction neuve, la nécessité d'avoir une vision d'ensemble du projet dès l'amont, incluant les équipements avec le souci du confort thermique d'été, et surtout le caractère central de la qualité de la mise en œuvre, en particulier en matière d'étanchéité à l'air.

Les cultures, et les coûts de construction liés, allemands et suisses sont très différents de la culture et des coûts français. Si une perspective d'un réel développement des immeubles à basse consommation se fait jour en France, soutenu par une évolution de la réglementation et de nombreuses initiatives régionales et privées, les professions concernées, du concepteur jusqu'au

compagnon, doivent s'organiser, pour qu'en l'espace d'une génération, un changement culturel ait lieu et permettent, pour ce créneau du marché, une qualité de mise en œuvre très supérieure aux pratiques actuelles.

En terme de recherche développement, les isolants « sous vide » à très haute performance et de faible épaisseur, et des matériaux à changement de phase intégrés dans l'enveloppe constituent des pistes intéressantes.

Les fenêtres triple vitrage sont efficaces énergétiquement et perçues par les utilisateurs comme une amélioration sensible de leur confort. *Leur prix, leur créneau centré sur les bâtiments à très basse consommation situés dans un climat rigoureux, et la forte concurrence du double vitrage à isolation renforcée sont des obstacles à leur large diffusion.* Une grande partie de leur avenir dépend de la stratégie adoptée dans les prochaines années par les industriels du verre.

Côté recherche développement, la fenêtre comme composant actif multifonctionnel est une piste importante.

En climat froid la ventilation double flux avec récupération est difficilement contournable pour les bâtiments à très basse consommation. Ce système, d'un prix élevé, nécessite une bonne imperméabilité à l'air de l'immeuble, une bonne mise en œuvre et une maintenance de qualité. Pour la France dont le climat est plus tempéré et pour laquelle la ventilation hygroréglable est extrêmement développée, il paraît important d'évaluer les parts respectives que pourront prendre ces deux types de systèmes.

Les *systèmes compacts ventilation-chauffage-eau chaude* sont des dispositifs de faible encombrement et à faible consommation. Leur développement est très lié à celui des maisons passives dont 40 % utilisent ces systèmes en Allemagne. Hors ce créneau, leur prix, la nécessaire bonne information des utilisateurs, la concurrence potentielle de la ventilation double flux avec ECS solaire et convecteurs électriques constituent des résistances à leur développement. Ces systèmes sont surtout *un marché de niche* pour une clientèle aisée, informée et motivée.

1.7.5 Le photovoltaïque au Japon

Le Japon est leader mondial en terme de parc de modules photovoltaïques avec 618 MW installés en 2004, soit deux fois plus que l'Union Européenne et près de cinq fois plus que les Etats-Unis.

Cela est dû à la politique très volontariste du gouvernement qui a lancé dès 1974 le programme « Sunshine », renouvelé en 1993 par le programme « New Sunshine ». Ces programmes visent à obtenir une production d'électricité photovoltaïque à un coût compétitif et à diminuer les pics de demande d'électricité à certains moments de la journée.

Le photovoltaïque est présenté par le gouvernement comme une cause nationale. Ce programme est fondé sur un partenariat entre secteur public (agences gouvernementales, universités, laboratoires de recherche) et secteur privé (industriels, constructeurs de maisons). Le mouvement bénéficie d'un fort soutien des collectivités territoriales

Industriels et constructeurs de maisons développent un marketing intensif mettant en avant le caractère à la fois environnemental et moderniste du choix du photovoltaïque.

Le résidentiel concentre 90 % du marché du photovoltaïque, la moitié des systèmes est diffusée lors de la vente d'une nouvelle maison. Les systèmes sont intégrés dès la conception dans de nombreux modèles de maisons préfabriquées.

Mais la politique bénéficie plus aux industriels qu'aux particuliers qui ont des temps de retour de l'ordre de 25 ans malgré les subventions nationales et locales. Et le photovoltaïque est encore marginal dans le bilan énergétique national au Japon, où la part des sources d'énergie primaire d'origine renouvelable n'est que de 1 %. Cependant, le produit est jugé suffisamment mature pour que depuis 2006, les subventions gouvernementales soient supprimées.

Examinons ce développement en terme de forces, faiblesses, opportunités, menaces.

Tableau 11. Photovoltaïque intégré au bâti : forces, faiblesses, opportunités, menaces

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> . répond au besoin d'une production locale d'énergie . contribue à diminuer la demande lors des pics de consommation d'électricité . marché en expansion avec nombreuses applications . bonne capacité d'intégrer des capacités de faible puissance en toiture et façade (en particulier pour les maisons préfabriquées) . compétitif par rapport à certaines solutions alternatives (création de réseau électrique en milieu rural) . retours d'expériences étrangères (Japon, Etats-Unis, Allemagne) avec important savoir-faire industriel et R&D forte 	<ul style="list-style-type: none"> . énergie chère pendant deux à trois décennies et temps de retour long . pour le photovoltaïque isolé, non relié à un réseau : absence de possibilité de stockage, produit tributaire d'équipements en courant continu à très faible consommation, fabrication des batteries consommatrice d'énergie
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> . possibilité de s'insérer dans une politique nationale ou européenne volontariste . ouvre la perspective de bâtiments à consommation nulle, voire à énergie positive . possibilité d'aides fiscales et de nouveaux financements (prêts aux propriétaires, location de matériel...) . possibilité de création d'entreprises indépendantes de production électrique à partir d'énergie renouvelable 	<ul style="list-style-type: none"> . absence de volonté politique en faveur du produit . à l'inverse, nécessité d'ajuster le soutien politique et financier aux capacités de production de l'industrie

Le photovoltaïque produit une énergie chère avec un temps de retour long. Mais il *constitue une réponse intéressante à la nécessité d'une production locale d'électricité* pour aller vers des bâtiments à énergie nulle et à terme à énergie positive. Il peut s'insérer dans une politique nationale et européenne volontariste.

Il doit devenir, à l'instar de l'expérience japonaise, un composant du bâtiment producteur d'électricité, c'est-à-dire un produit issu d'un mariage réussi entre l'industrie du photovoltaïque et l'industrie de la construction.

Le rythme de son développement dépend de la période à laquelle *vont se croiser la courbe de baisse du coût de l'électricité d'origine photovoltaïque et la courbe de la hausse tendancielle du prix de vente de l'électricité au consommateur final*, en particulier au moment des pics de consommation.

1.8 PROGRAMMES DE R&D EN AUTRICHE ET AUX PAYS-BAS

1.81 Le programme autrichien « Haus der Zukunft »

L'Autriche dépend à 78 % de l'énergie fossile, les 22 % restant de la consommation étant issus des énergies renouvelables, majoritairement hydroélectrique. Le bâtiment représente 40 % de la consommation d'énergie, qui se répartit entre le résidentiel à hauteur de 70 % et le tertiaire

pour 30 %. Le parc est de bonne qualité. Le parc de logements ne connaît pas de difficultés sociales importantes.

La réglementation n'est pas un moyen utilisé pour améliorer la construction. Par contre, le financement, qui privilégie l'aide à la pierre et qui est décentralisé au niveau des länders, est utilisé pour améliorer l'efficacité énergétique de la construction, car c'est un des critères d'attribution des subventions.

Le programme de R & D « Haus der Zukunft », le bâtiment de demain, est placé sous la responsabilité du ministère des Transports, de l'Innovation et de la Technologie. Il est piloté par une agence d'objectifs en partenariat avec l'agence chargée de la promotion de la recherche.

Il procède d'une vision nationale de l'atteinte des objectifs de Kyoto, articulé avec un programme de R & D sur l'industrie et un programme sur les systèmes énergétiques. Il est soutenu par une volonté politique forte et s'inscrit dans un contexte de conscience environnementale élevée de la population. La construction est l'un des six secteurs où doivent être promues les « technologies autrichiennes du développement durable ».

Le programme « Haus der Zukunft » est marqué d'un fort réalisme avec une démarche où *l'analyse socio-économique est un préalable au développement de recherches technologiques et industrielles*. Il tend à favoriser des ruptures technologiques commercialisables et appropriables par les acteurs.

Le programme a été conçu après une analyse des acteurs et des marchés identifiant les obstacles aux innovations et aussi les points d'appui pour les développer. Les appels d'offre sont au début majoritairement à caractère socio-économique pour bien analyser les acteurs et la demande potentielle, puis sont ensuite majoritairement à caractère technique.

Les technologies présentant un fort potentiel de marché à court et moyen terme sont privilégiées. Les préoccupations du programme sont *l'efficacité énergétique pendant tout le cycle de vie, les énergies renouvelables, les produits renouvelables, les services et la qualité de vie, les coûts, le potentiel de marché des technologies innovantes*.

En 1999, l'accent a été mis sur le bâtiment neuf, *le programme a été réorienté en 2002 pour prendre en compte le parc existant*. La recherche de concepts innovants pour la construction et la rénovation de bâtiments est au cœur du programme.

Les critères de sélection des projets sont :

- la valeur scientifique et le degré d'innovation ;
- le lien avec le développement durable ;
- la qualité du consortium ;
- la valeur économique du projet et la diffusion prévue des résultats.

Le financement est de :

- 100 % pour la recherche socio-économique et la recherche de nouveaux concepts ;
- 75 % pour la recherche technique ;
- 50 % pour la recherche industrielle appliquée ;
- 50 % du surcoût de projets de démonstration, limités à 15 % du coût total avec un maximum de 500 000 €

Le programme a été évalué à mi-parcours par un expert extérieur. Les résultats ont été jugés satisfaisants pour les bâtiments neufs, l'action, commencée plus tard, sur le parc existant n'a pas encore porté ses fruits.

1.8.2 Les programmes néerlandais « Compass » et « EOS »

Aux Pays-Bas, pays producteur de gaz naturel, le bâtiment représente 35 % de l'énergie consommée du pays, se partageant entre 65 % pour le résidentiel et 35 % pour le tertiaire.

L'accent est mis sur la diminution de la demande de chauffage. Trois moyens sont privilégiés : le renforcement de l'isolation thermique, la hausse du prix du gaz, le développement de chaudières à haut rendement.

82 % des ménages ont un chauffage central individuel au gaz. 78 % des chaudières ont moins de 15 ans et 50 % sont des chaudières à haute performance.

Le programme de R & D « Compass », qui regroupe d'anciens programmes centrés sur une question technique délimitée, élaboré sous l'égide du ministère chargé du logement, vise à atteindre les objectifs de Kyoto.

Il a été dans un premier temps défini de façon centralisée, « top-down », par le ministère. Ce fut un échec. Un processus « bottom-up » a été défini à partir d'une large consultation des acteurs concernés. Le pilotage en a été confié à l'équivalent hollandais de l'ADEME.

Il est centré non pas sur l'élaboration d'innovations mais *sur les changements de pratiques d'acteurs*. Des groupes cibles ont été identifiés (collectivités locales, promoteurs, architectes, bureaux d'études, gestionnaires) pour favoriser leur sensibilisation, leur participation à des opérations pilotes et la prise de décision pour améliorer leurs pratiques pour économiser l'énergie.

Les thèmes privilégiés sont la *gestion de l'énergie, la réhabilitation et la maintenance, les modèles économiques, le cycle de vie et l'exploitation, l'environnement intérieur, l'évaluation*. Un accent est mis sur la diffusion des résultats auprès des collectivités et des professionnels. Le programme est évalué tous les deux ans.

Le programme « Energy Onderzoek Subsidie » (EOS), sous l'égide du ministère chargé des affaires économiques, est *plus technique et a pour objectif de générer des solutions* pour une énergie soutenable. Le pilotage est également assuré par l'équivalent hollandais de l'ADEME.

Dans un cadre visant à diminuer l'utilisation d'énergies fossiles et développer les énergies renouvelables, *la priorité est mise sur l'approche « système » du bâtiment, au détriment de l'approche par « brique technologique »*, à l'exception du photovoltaïque.

Le lien entre bâtiment et autres secteurs est analysé (système photovoltaïque de la maison pouvant recharger la voiture électrique, logement et agriculture pour un projet de serre, logement et industrie avec utilisation de la chaleur produite par une usine).

La priorité est donnée à des projets de démonstration et un souci de diffusion des résultats est clairement affirmé.

Le programme, prévu pour quatre ans, sera évalué au bout de deux ans.

1.9 CONCLUSION : TROIS CONCEPTIONS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE DANS LE BATIMENT

Les expériences étrangères étudiées, en particulier en Allemagne, Autriche, Suisse²⁰, Etats-Unis et Japon permettent, en simplifiant, de mettre en avant trois conceptions, très différentes, de la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment.

²⁰ Le mouvement « Minergie® » suisse fera l'objet d'une analyse dans la deuxième étape du présent projet, mais une documentation a déjà été rassemblée.

1.9.1 La conception « fortes économies d'énergie ».

Dans cette conception, l'objectif est avant tout de baisser fortement la consommation d'énergie dans le bâtiment.

Les moyens employés sont une enveloppe (parois opaques et transparentes) très isolée, une ventilation maîtrisée, des gains solaires passifs et une certaine utilisation des énergies renouvelables. Deux variantes peuvent être distinguées.

a) La « variante allemande » très basse consommation d'énergie

La solution « Passivhaus », vise à aller jusqu'à supprimer tout chauffage. L'enveloppe est alors surisolée, avec les composants et équipements analysés dans le rapport : murs très épais avec isolation par l'extérieur, fenêtres triple vitrage, ventilation double flux avec récupération de chaleur, systèmes compacts ventilation chauffage eau chaude.

D'abord appliquée à la construction neuve, cette conception est en cours d'expérimentation dans la réhabilitation.

b) La « variante suisse » basse consommation d'énergie

La solution « Minergie®²¹ » est moins exigeante que la solution « Passivhaus ». Le principe est le même, mais la baisse de la consommation moins forte. L'enveloppe est très isolée, le plus souvent par l'extérieur, les fenêtres sont à double vitrage peu émissif, la ventilation peut être mécanique et des appareils de chauffage sont présents.

Cette solution d'abord utilisée pour la construction neuve est également appliquée à la réhabilitation. Près de 500 maisons et immeubles rénovés suisses sont labellisés « Minergie® ».

1.9.2 La conception « consommation et production d'énergie ».

Dans cette conception, l'objectif prioritaire n'est pas la forte baisse de la consommation, une certaine consommation d'énergie est même assumée, une dimension importante est la production d'électricité par système photovoltaïque. Deux variantes peuvent être également distinguées.

a) La « variante américaine »

Surtout appliquée aux maisons individuelles neuves à ossature bois, cette variante utilise des murs à ossature augmentée, des fenêtres double vitrage, une ventilation mécanique, une chaudière haute efficacité, du solaire thermique pour l'eau chaude et un système photovoltaïque.

Cette conception est liée à un contexte de non véritable remise en cause d'un mode de vie énergivore et marqué par un souci d'atténuation des pics de consommation d'électricité issue de réseaux surchargés.

b) La « variante japonaise »

Appliquée en particulier aux maisons individuelles neuves préfabriquées, cette conception accorde peu d'importance à l'isolation, elle met en avant une ventilation efficace et des panneaux photovoltaïques intégrés dès la conception dans l'enveloppe de la maison.

Cette conception privilégie le modernisme des solutions techniques utilisées et également la baisse des pics de consommation électrique.

1.9.3 La conception « énergie et environnement ».

Dans cette conception, l'énergie est un objectif important mais articulé à d'autres cibles environnementales (intégration au site, eau, matériaux, confort..) jugées importantes par l'acquéreur du bâtiment.

Un exemple de cette conception est celle du label américain LEED®, pour les immeubles de bureaux, neufs et réhabilités. Les investisseurs souhaitent dans ce cas mettre en avant un cadre

²¹ Label « Minergie® » et non pas « Minergie-P® », qui lui est très proche du label « Passivhaus ».

de travail sain et confortable plus qu'un souci d'économie d'énergie. Pour être efficace, ce type de label doit comporter un volet énergétique ambitieux.

1.9.4 Pour la France, différentes solutions sont possibles

La question des différentes solutions est ouverte, vu la variété des modes constructifs et du climat en France.

Les différentes solutions possibles méritent une discussion approfondie avec les collectivités et les professionnels.

La variante suisse de la conception « fortes économies d'énergie » est plus accessible que la variante allemande, les deux sont en cours de test en France. Les travaux de l'association Effinergie pour la transposition en France d'un label basse consommation inspiré de « Minergie® » et la capitalisation de l'expérience, sont de ce point de vue d'une grande importance.

La conception « énergie et environnement » est prometteuse, en particulier dans le tertiaire. L'exemple américain pourrait être utilisé pour faire évoluer la démarche française HQE® vers un accent mis sur l'énergie et la réhabilitation.

La conception « consommation et production d'énergie » mérite d'être examinée en détail, en particulier avec les constructeurs de maisons individuelles.

PREMIERS ENSEIGNEMENTS POUR LE PREBAT

Dans le cadre du présent rapport intermédiaire de Comparaison internationale Bâtiment et énergie, de premiers enseignements peuvent être tirés pour l'action et l'organisation du PREBAT.

Il était connu que le mouvement en faveur de la maîtrise des consommations d'énergie et de limitation des émissions de gaz à effet de serre était en marche à des degrés divers au niveau planétaire et européen depuis les années quatre vingt dix et la signature de l'accord de Kyoto. Dans les pays signataires du protocole, les politiques et les programmes de R & D visant à limiter la consommation d'énergie dans le bâtiment s'inscrivent tous dans le cadre des objectifs du protocole.

Même dans un pays non signataire, comme les Etats-Unis, le mouvement est en marche grâce aux initiatives prises par le ministère chargé de l'énergie, les Etats, les collectivités et les associations non gouvernementales. La Chine et l'Inde, non signataires, sont en train d'infléchir leurs politiques dans le même sens, notamment en commençant d'instaurer un développement urbain moins consommateur d'énergie.

Le PREBAT se doit de définir sa stratégie avec celle définie au niveau européen. L'Europe débat d'une politique énergétique européenne et le 7^{ème} Programme cadre de R & D (2007-2013) met le développement durable et l'énergie parmi ses priorités.

1 LE MOUVEMENT EST LANCE EN FRANCE

Le cap a été défini en 2004 par le gouvernement avec l'objectif de diviser par quatre d'ici 2050 les émissions de gaz à effet de serre. *La nouveauté, mise en évidence par le recensement des initiatives françaises* fait dans le cadre du présent projet, *est que le mouvement est désormais lancé dans les régions en France.*

En effet le foisonnement d'initiatives prises par des conseils régionaux, des conseils généraux, des municipalités, des promoteurs, des bureaux d'études, des gestionnaires, des banques, des industriels était mal connu. Avant même le PREBAT, plusieurs régions ont lancé des appels à projet avec des objectifs qui sont ceux que le PREBAT s'est fixés pour 2010.

C'est une bonne nouvelle pour le PREBAT. *L'objectif n'est plus de lancer et de diriger un mouvement mais de l'accompagner et le faciliter.*

L'expérience du programme de R & D hollandais « Compass » est de ce point de vue intéressante. Une première approche « top-down » s'est traduite par un échec. Une seconde approche « bottom-up », à partir d'une large consultation des acteurs concernés, a été ensuite mise en œuvre.

Il faut en effet abandonner l'idée d'une feuille de route définie par un petit nombre de dirigeants publics, que les acteurs et régions seraient censés mettre en œuvre. Le programme autrichien « Haus der Zukunft » a adopté une démarche proche, en privilégiant au départ l'analyse socio-économique des acteurs et des marchés.

Il est suggéré que le PREBAT mette en place un *dispositif d'écoute des acteurs et des régions* et lance plusieurs *recherches socio-économiques sur les acteurs et les marchés*, les obstacles et les points d'appui aux innovations envisagées.

Les lignes qui suivent font des suggestions, issues des expériences étrangères, pour l'accompagnement par le PREBAT du mouvement en cours en France.

2 HUIT SUGGESTIONS

21 Mettre en place un partenariat avec les collectivités territoriales

Dans tous les pays étudiés, les collectivités territoriales, Etats et municipalités américains, länder et villes allemandes, régions et villes japonaises, cantons suisses, jouent un rôle essentiel. *Elles sont plus proches du terrain que l'Etat fédéral ou central et ont une capacité de mobilisation des acteurs nettement supérieure à celle de l'Etat.* Elles sont à même de mettre en œuvre des synergies opérationnelles entre acteurs locaux.

Il est suggéré que le PREBAT collabore activement avec des collectivités territoriales, en privilégiant les régions et les municipalités qui sont déjà en mouvement.

22 Mettre en oeuvre un partenariat avec le secteur privé

Dans plusieurs des pays étudiés, en particulier aux Etats-Unis, au Japon, en Allemagne, la mobilisation des acteurs privés est essentielle. Des constructeurs de maisons américains et japonais, des investisseurs américains, des industriels japonais et allemands jouent un rôle important dans les dispositifs à l'œuvre dans leurs pays.

Ces acteurs créent, souvent en partenariat avec des collectivités et des centres de recherche, des associations non gouvernementales qui mettent en œuvre des *guides, recommandations, échanges, très liés aux pratiques d'acteurs.*

Il est suggéré que le PREBAT collabore résolument avec un certain nombre d'acteurs privés. Toute la chaîne d'acteurs est concernée, mais il convient de porter une attention particulière à ceux qui ont une *vision synthétique du bâtiment* (maîtres d'ouvrage, architectes, gestionnaires) et à ceux qui sont les *moteurs des innovations technologiques* (industriels).

L'articulation du PREBAT avec une politique industrielle et l'Agence d'Innovation Industrielle est importante.

23 Promouvoir des labels sur les bâtiments et les composants

Le rôle stratégique des labels a été mis en exergue : « Passivhaus » allemand, « LEED® » américain, « Minergie® » suisse, « CASBEE » japonais... Ils sont des références pour les régions, les municipalités, les promoteurs, les architectes, les industriels.

Ces labels sont rarement d'initiative étatique, ils sont le plus souvent d'initiative privée, portés par des associations issues d'un partenariat entre acteurs privés, centres de recherche et collectivités.

L'association Effinergie qui vise à promouvoir un label français issu de « Minergie® » va dans le sens défriché aux Etats-Unis, en Allemagne, en Suisse. Le fait que le ministère chargé du logement agisse en concertation avec l'association Effinergie va dans le même sens.

Les labels doivent porter à la fois sur les *bâtiments* et les *composants*. En effet si les labels portant sur les bâtiments sont un mode de mobilisation fort des maîtres d'ouvrages et des concepteurs, les labels portant sur les composants permettent une mobilisation des industriels. Les exemples des certifications délivrées par le Passivhaus Institut de Darmstadt ou les listes de produits Minergie vont dans ce sens.

24 Donner une grande importance aux instruments économiques, financiers et fiscaux.

Le calcul économique revu à l'aune de l'énergie, de l'environnement et du développement durable doit être développé, dans la voie ouverte par les économistes suisses, allemands et américains. Les calculs en terme de retour sur investissement doivent être complétés par des calculs en coût global « élémentaire », « élargi » et « partagé ». *Nous proposons de parler désormais d'investissement à rentabiliser et d'abandonner la notion de surcoût.*

La question du financement de l'investissement est centrale. La comparaison internationale disponible en France sur les prêts préférentiels aux particuliers contient plusieurs recommandations notamment sur les objectifs énergétiques à poursuivre, les segments cibles prioritaires à définir, la nécessité de référentiels, le partenariat entre banques et collectivités territoriales.

Pour les investissements financés par des industriels ou par des facilities managers, les mécanismes allemands sont intéressants à connaître.

Les exonérations fiscales jouent un rôle essentiel dans les pays étudiés.

25 Veiller aux questions de la qualité de la mise en œuvre sur chantier, des compétences et des formations.

L'expérience de tous les pays d'Europe du nord et centrale met en évidence le caractère stratégique de la qualité de la mise en œuvre sur chantier, en particulier pour assurer une bonne étanchéité à l'air des immeubles. De leur côté, les maisons basse consommations japonaises et américaines et les immeubles de bureaux certifiés LEED® sont d'une qualité supérieure à la production courante.

Le succès des innovations tant sur l'enveloppe que sur les équipements passe par *une forte modification des habitudes françaises concernant la mise en œuvre.*

Au-delà de la mise en œuvre, la mise en place d'innovations inspirées des expériences étrangères étudiées nécessite une évolution des compétences pas seulement des entreprises mais de toute la chaîne d'acteurs, ce qui suppose de nouveaux *dispositifs de formation*. Cela *renforce le rôle des régions*, qui ont la formation dans leurs prérogatives.

26 Intégrer la dimension usage et comportement des utilisateurs

Les maisons Passivhaus et en particulier certains équipements comme les systèmes compacts chauffage ventilation eau chaude suppose une évolution des comportements des utilisateurs. La très lente mise en régime du chauffage après l'ouverture des fenêtres est l'exemple d'une contrainte inexistante dans un logement ordinaire.

Mais *il ne faut pas voir uniquement la dimension contraignante* de ces maisons, les usagers exprimant au contraire le plus souvent des aspects positifs en particulier en terme de *sensation de confort et de protection*. Rappelons également les études américaines qui tendent à prouver qu'un immeuble de bureaux certifié LEED® offre aux salariés des *conditions de travail* sensiblement meilleures qu'un immeuble ordinaire. L'augmentation liée de la *productivité* des salariés peut devenir un argument important en faveur de la qualité environnementale auprès d'investisseurs.

27 Lier R & D et évolution de la réglementation technique.

Le rôle moteur de la réglementation en faveur de l'innovation est très variable d'un pays à l'autre. A l'opposé de l'Autriche qui a une réglementation peu exigeante, *la France fait partie des pays comme l'Allemagne et le Danemark, où la réglementation joue un rôle important pour l'amélioration énergétique de la construction.*

La récente directive européenne sur l'énergie dans les bâtiments exige une évolution de la réglementation, tant pour le neuf que l'existant, tous les cinq ans. Le PREBAT doit connaître les perspectives de la réglementation de 2010, voire de 2015, pour le neuf et l'existant, pour bien situer son effort en fonction des normes de demain qui s'imposeront à tous les professionnels et propriétaires.

28 Lier énergie et environnement, bâtiment et transports.

Dans les pays étudiés, *la question de l'énergie est le plus souvent liée à la question environnementale.* Même quand l'accent est mis sur la très basse consommation d'énergie, la dimension environnementale est forte. Les utilisateurs mettent en avant leurs motivations en

termes de confort et de participation à la cause environnementale plus que leur volonté de faire des économies d'énergie.

Pour des labels comme la certification américaine LEED®, l'énergie est une cible importante mais s'articule clairement avec cinq autres cibles. Pour ces immeubles de bureaux, la motivation tant des investisseurs que des utilisateurs est plus en terme de confort, de santé et de participation à la défense de l'environnement qu'en terme d'économie d'énergie.

Des études américaines insistent sur *l'importance de la localisation des bâtiments*, une localisation excentrée d'une maison basse consommation pouvant être la cause d'un bilan carbone négatif du fait de l'utilisation accrue de la voiture. Cette analyse est au cœur des *éco-quartiers* dont le rapport final de Comparaison internationale Bâtiment et énergie va étudier un exemple intéressant au Danemark.

Le lien bâtiment – urbanisme – transports est crucial en terme de consommation globale d'énergie et est au centre des préoccupations des élus locaux. Le pôle de compétitivité « Ville et mobilité durables », basé à Marne la Vallée, rappelle l'importance du sujet.

Le programme de R & D hollandais EOS nous indique aussi le lien possible entre bâtiment et activité industrielle ou agricole.

En ayant à l'esprit ces différentes préoccupations, le PREBAT pourrait à la lumière des expériences étrangères, développer son action selon plusieurs axes.

3 CINQ AXES CONSEILLES

31 Promouvoir l'existence d'un référentiel national et d'un dispositif d'évaluation des opérations et des éco-quartiers

Ce référentiel est indispensable pour comparer les régions entre elles et les confronter à des expériences étrangères. Le rôle essentiel de référentiels comme Passivhaus, Minergie® ou LEED® a été noté.

L'indicateur KWh/m² an est utilisé dans pratiquement toutes les expériences étrangères et françaises. Mais la réalité de la performance est très variable selon la définition de l'indicateur.

Parle-t-on d'*énergie finale* telle que la connaît l'utilisateur ou d'*énergie primaire* qui tient compte de la source d'énergie employée et des pertes entre l'énergie initiale et finale ?

De quel m² parle-t-on ? surface brute, surface nette, surface utile ?

Y a-t-il d'*autres indicateurs* possibles? Litres par m² comme en Allemagne ? Euros par m² ? Faut-il une mesure au m² ou à la personne, la question de l'utilisation réelle des bâtiments étant centrale ?

Ce référentiel national doit concerner la construction et la rénovation de bâtiments existants et être décliné par grand type de bâtiment.

Lié à ce référentiel, le PREBAT devrait mettre en place un *dispositif d'évaluation* des opérations et des éco-quartiers. Cette évaluation doit être à caractère *socio-éco-technique*, pour prendre en compte en particulier :

- les performances techniques réelles après livraison des bâtiments;
- le financement ;
- les pratiques des professionnels ;
- les coûts d'investissement et d'exploitation ;
- le comportement et le vécu des utilisateurs.

32 Mettre en avant la conception d'ensemble des bâtiments, notamment au moyen d'instruments de simulation

Passivhaus et Zero Energy Homes sont avant tout des concepts définissant une conception d'ensemble du bâtiment (enveloppe, équipements, énergies renouvelables). Le programme de R & D hollandais EOS fait le choix délibéré de privilégier la dimension « système » du bâtiment et ne favorise pas des recherches sur les « briques technologiques », à l'exception du photovoltaïque.

Cette vision d'ensemble du bâtiment doit en effet être privilégiée tant pour le neuf que pour la réhabilitation. Elle devrait être le fondement d'une recherche architecturale renouvelée par l'intégration des préoccupations énergétiques et environnementales.

Elle doit s'appuyer sur des instruments de simulation. Il a été noté qu'aux Etats-Unis, une faiblesse de LEED® par rapport à Zero Energy Homes est une insuffisance d'outils de simulation. Ces instruments doivent simuler toute la vie du bâtiment, en particulier le confort thermique d'été, parfois insuffisant dans certains bâtiments sur isolés mal conçus. Ils doivent pouvoir s'appliquer aux différents types de bâtiments (maisons individuelles, immeubles collectifs, bureaux, écoles, hôpitaux...).

33 Développer des exemples de solutions et des guides de bonne pratique adaptés aux principaux types de bâtiments et aux besoins des professionnels

Les exemples allemand et américain sont intéressants sur cet aspect important pour une bonne diffusion des innovations chez les professionnels. L'institut Passivhaus de Darmstadt diffuse ce type de guide.

Les constructeurs de maisons américains utilisent les guides mis au point dans le cadre des programmes « Building America » et « Zero Energie Homes ». Dans ce dernier cas les professionnels sont associés à l'élaboration de ces documents.

34 Définir une stratégie de R & D pour le parc existant

La Comparaison internationale PREBAT met clairement en évidence que tous les pays privilégient dans un premier temps l'amélioration énergétique de la construction neuve. C'est parfois justifié dans certains pays comme le Japon et les Etats-Unis où les maisons individuelles sont plus souvent détruites et reconstruites que rénovées.

Puis vient le deuxième temps où les analyses montrent, comme le rappelle le protocole PREBAT, que l'enjeu principal, pour atteindre l'objectif de diminuer par quatre les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, est la rénovation du parc existant.

L'Allemagne a lancé un programme énergie et parc existant. Le programme de R & D autrichien « Haus der Zukunft » a été réorienté vers l'existant. Le label LEED® a créé une version existant pour la rénovation des immeubles de bureaux américains. En Suisse, près de 500 maisons et immeubles rénovés ont obtenu le label « Minergie® ». Des éco-quartiers centrés sur l'existant commencent à voir le jour, comme Vesterbro à Copenhague.

Le PREBAT définira une stratégie pour la construction neuve, mais il devra s'attacher aussi à définir une stratégie de R & D pour le parc existant, sur la base de la typologie des décideurs et des bâtiments esquissée dans le présent projet. La question la plus complexe est la rénovation de l'habitat des propriétaires particuliers qui représente près de 24 millions de logements. Notons aussi que le tertiaire public est très majoritairement détenu par des collectivités locales, dont une proportion croissante se motive en faveur des économies d'énergie.

Des accords pourraient être passés entre le PREBAT et des propriétaires de parcs importants (organismes d'habitat social, sociétés privées immobilières, collectivités territoriales) dans la perspective d'une mise à niveau énergétique progressive de leur parc.

La R & D sur l'existant doit certes avoir une dimension socio-économique pour une bonne compréhension des systèmes d'acteurs et des comportements, mais elle a aussi une forte dimension technique, car les défis techniques sont plus difficiles à relever dans l'existant que dans le neuf.

35 Mettre en place une comparaison inter régionale et internationale permanente et un observatoire des opérations et des éco-quartiers

La présente Comparaison internationale Bâtiment et énergie donne des éléments précieux pour définir et piloter une politique de R & D sur le thème bâtiment et énergie. Elle permet de tirer partie de l'expérience de plusieurs pays. Elle a révélé le mouvement en cours en France.

Comme le prévoit le protocole PREBAT, il convient que *cette comparaison inter régionale et internationale soit permanente pendant toute la durée du PREBAT. C'est un instrument de pilotage indispensable.*

Une telle comparaison permanente doit entretenir un réseau inter régional et international d'experts et d'acteurs qui vont contribuer à la démarche animée par le PREBAT.

Cette comparaison permanente doit déboucher sur un observatoire des opérations et éco-quartiers dans les régions françaises et à l'étranger. Cet observatoire doit être conçu de manière à pouvoir *comparer* les opérations et éco-quartiers entre eux et *capitaliser l'expérience* pour aider de façon pratique les collectivités et les professionnels désireux de développer des opérations et des quartiers économes en énergie.

Ces axes pourraient être mis en œuvre avec deux visions, une centrée sur des préoccupations à court terme, une ayant des perspectives à moyen et long terme.

4 DEUX VISIONS

41 Une vision à court terme

La Comparaison internationale Bâtiment et énergie a mis clairement en évidence que les techniques existent pour construire et rénover des bâtiments avec de fortes économies d'énergie.

L'objectif à court terme est de définir la stratégie et les moyens de diffusion de ces techniques, dont la fiabilité de la plupart est prouvée, notamment par des certifications étrangères, avec un souci de faisabilité économique.

Les deux priorités pourraient être des recherches sur la conception d'ensemble du bâtiment et des recherches socio-économiques.

Les premières, comme dans le cadre du programme de R & D hollandais EOS, mettraient l'accent sur l'assemblage de techniques efficaces pour des bâtiments neufs et rénovés, confortables hiver comme été.

Les secondes, comme dans le cadre du programme de R & D autrichien « Haus der Zukunft », analyseraient les systèmes d'acteurs, les blocages, les points d'appui, le potentiel de développement de solutions techniques efficaces.

Cette vision à court terme privilégierait les *innovations incrémentales* et définirait une *panoplie cohérente d'actions* : recherches, opérations de démonstration, labels, politique industrielle, formation.

42 Une vision à moyen et long terme

L'objectif est la diminution par quatre des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. C'est un objectif à long terme. Dans le domaine du bâtiment, le PREBAT doit initier le mouvement qui doit aller dans cette direction.

Des *innovations radicales* verront le jour. Il faut les préparer dès aujourd'hui avec des perspectives de *nouvelles techniques*, des techniques très *innovantes mais moins coûteuses*, de *nouveaux modes d'assemblage*, de *nouveaux comportements* de professionnels et d'utilisateurs.

La mise au point et le développement de prototypes et de bâtiments expérimentaux sont des moyens pour mettre en œuvre cette vision long terme.

Le soutien continu, japonais et américain, à des solutions techniques pour l'instant non rentables comme le photovoltaïque, montre qu'en matière de R & D, il ne faut pas se limiter au court terme.

5 UNE OPPORTUNITE EXTRAORDINAIRE D'INNOVATION POUR LA CONSTRUCTION

Energie, environnement, développement durable constituent une opportunité extraordinaire d'innovation pour le monde de la construction

Dans les années soixante et soixante-dix, la construction a connu un grand mouvement d'innovation : l'industrialisation du bâtiment. L'initiative était pour l'essentiel publique. Les acteurs ont plus ou moins bien suivi. Les résultats ont été mitigés.

Avec l'énergie, l'environnement et le développement durable, le contexte est aujourd'hui radicalement différent. *Le mouvement d'innovation est lancé.* L'initiative n'est pas d'origine centrale, elle est issue d'un foisonnement régional. Des acteurs privés se mobilisent. La légitimité de l'action n'est pas contestée.

Les acteurs de la construction et de la gestion des bâtiments ont *une extraordinaire opportunité à saisir* pour changer leur image (même non justifiée) de secteur peu innovant, et surtout leurs pratiques, avec des clientèles qui sont, pour certaines d'entre elles, désormais prêtes à payer un peu plus si cela participe à la défense de l'environnement.

Le PREBAT pourrait être un facilitateur efficace de cet important changement en perspective du monde de la construction.

2- PROGRAMMES D'OPERATIONS PERFORMANTES

2.1 RECENSEMENT

Auteur : Ahmad Husaundee (ahmad.husaundee@cstb.fr)

2.1.1 DEFINITION

Par programmes d'opérations très performantes, on entend des *programmes organisant la construction ou la rénovation d'ensembles de bâtiments suivant une dynamique commune*. La dynamique peut être une dynamique régionale, nationale, internationale ou d'un acteur clé.

2.1.2 OBJECTIF

L'objectif est de recenser, sélectionner et analyser des opérations très performantes existantes et d'en tirer des enseignements en matière de conditions de transfert et de mise en œuvre à grande échelle sur le marché français.

2.1.3 RECENSEMENT

Un recensement de programmes régionaux, nationaux, internationaux donnant lieu à des réalisations de bâtiments performants s'appuie sur les critères de sélection suivants :

- Neuf / existant
- Secteurs du parc couverts (résidentiel, non résidentiel, urbain)
- Avance technologique du programme, disponibilité de la technologie
- Labels avec une spécificité énergétique
- Partenaires mobilisables (initiative public ou privé)

Il faut noter que dans ce recensement, on attache une importance particulière à des programmes ou labels développés en Europe et qui sont en train de se développer en France grâce à des initiatives personnelles ou locales.

On analyse d'autre part les programmes développés par des industriels et qui affichent une volonté de les développer en France.

LE PROGRAMME PASSIVHAUS (ALLEMAGNE)

Un «Passivhaus» ou bien «maison passive» est un bâtiment dans lequel l'ambiance intérieure est confortable tant en hiver qu'en été, sans devoir faire appel à un système conventionnel actif de chauffage ou de climatisation, d'où la nomination «maison passive». Il faut entendre non seulement maisons individuelles, mais des immeubles résidentiels, on révèle quelques opérations tertiaires.

Le Label PASSIVHAUS est livré par l'institut de recherche allemande Passivhaus, créé par le Dr. Wolfgang Feist en 1996 (<http://www.passiv.de>).

Une plateforme sur les maisons passives, the Passive House Platform, est développée en Belgique pour promouvoir la construction passive (www.passiefhuisplatform.be).

Dans les maisons passives, la consommation d'énergie est quatre fois inférieure à la consommation moyenne des nouvelles habitations construites selon les standards actuels courants.

Le programme Passivhaus se décline en Klimahaus en Autriche et CasaClima en Italie.

LE PROGRAMME EnSan "ENERGETISCHE SANIERUNG DER BAUSUBSTANZ" (ALLEMAGNE)

Etant donné que plus de 90% de la consommation énergétique pour le chauffage en Allemagne concerne les bâtiments construits avant 1983, le ministère des Affaires Economiques a lancé le programme "Assainissement énergétique de la construction" depuis 1998.

Ce programme national est entièrement consacré à la rénovation. Tous les bâtiments sélectionnés pour servir de démonstration ont pour objectif de réduire leur consommation de chauffage et d'électricité de 50%.

Les résultats escomptés sont des concepts spécifiques aux bâtiments existants permettant de réduire leur consommation énergétique et par ce biais entraîner une réduction des émissions de CO₂.

LE PROGRAMME MINERGIE (SUISSE)

MINERGIE® (www.minergie.ch) désigne et qualifie des biens et des services qui permettent une utilisation rationnelle des ressources énergétiques et un recours aux énergies renouvelables, en améliorant la qualité de la vie et en maintenant la compétitivité.

MINERGIE® est un label de qualité destiné aux bâtiments neufs et rénovés en Suisse. La marque est soutenue conjointement par la Confédération, les cantons et l'économie.

Le confort est un point important : une enveloppe de bâtiment de bonne qualité ainsi qu'un renouvellement systématique de l'air permettent d'assurer ce confort.

La consommation d'énergie spécifique est une grandeur de référence permettant de quantifier la qualité de la construction et de procéder à une évaluation fiable. Seule la consommation finale d'énergie est importante.

Il existe 2 labels Minergie :

- le label MINERGIE® qui vise le résidentiel, individuel et collectif, ainsi que le tertiaire, en neuf et en rénovation.
- le label MINERGIE®-P qui vise essentiellement le résidentiel, individuel et collectif, ainsi que les bâtiments administratifs. MINERGIE®-P correspond au standard "PassivHaus".

LE PROGRAMME "ZERO ENERGY HOME" ET "BUILDING AMERICA» (ÉTATS-UNIS)

Le département de l'énergie soutient les programmes "Construire l'Amérique" et "Maisons zéro Energie" depuis 1996. Ces programmes sont une des actions visant à mettre en œuvre la feuille de route.

Le programme Construire l'Amérique et Maisons zéro énergie sont financés par un budget fédéral d'environ 18M\$ annuels. Ils portent sur les maisons individuelles neuves ou réhabilitées.

Les objectifs sont les suivants :

- Production de bâtiment consommant 30 à 90% d'énergie en moins pour le neuf et 20 à 30% de moins pour l'existant
- Intégration de systèmes de production décentralisés afin d'arriver en 2020 à des bâtiments zéro énergie
- Soutien aux entreprises pour réduire les temps de construction et les déchets

- Amélioration de la productivité des entreprises
- Développement de nouvelles opportunités de marché pour les industriels et les distributeurs
- Développement des technologies qui réduisent les consommations d'énergie et de matière.

Dans la pratique bien que le programme soit ouvert aux bâtiments neufs et à la rénovation environ 95% du budget est employé pour des projets portant sur le neuf. Des travaux portant sur les solutions pour l'existant ont été menés mais n'ont pas à l'heure actuelle fait l'objet d'une diffusion.

Le programme "Zero Energy Home" est aussi déployé aussi au Canada.

LE PROGRAMME ZALEH "ZERO AND LOW ENERGY HOUSE' PROJECT " (NOUVELLE ZÉLANDE)

Le programme ZALEH est financé par la Fondation de recherche en Science et technologie. Ce programme vise à connaître et évaluer les performances des bâtiments zéro énergie ou basse consommation à travers des retours d'expériences d'occupants de ces bâtiments. Le programme cherche à récolter les consommations réelles de ces bâtiments, et analyse le côté confort et usage aussi.

Ce programme fournira des éléments sur les technologies utilisées pour aboutir à des bâtiments zéro énergie ou basse consommation et des conseils sur la mise en oeuvre.

<http://www.branz.co.nz/main.php?page=ZALEH%20Survey>

LE PROGRAMME DE REHABILITATION DE BASF

BASF s'est lancé dans un programme de réhabilitation à travers sa filiale Luwoge (www.luwoge.de) pour démontrer l'utilisation de ses produits dans le cadre des actions pour la réduction de consommation énergétique des bâtiments.

Associé à des centres de recherche et des entreprises elle a mis au point le concept connu sous le nom de "maison à 3L" pour la rénovation : l'objectif étant que les besoins de chauffage d'une telle maison ne dépassent pas 30 kWh/ (m².an) soit un équivalent de 3 litres de fioul (on admet alors que 1 L de fioul = 10 kWh).

Luwoge, la filiale logement du groupe BASF, a entrepris la rénovation du quartier Brunck à Ludwigshafen. Un certain nombre de maisons ont subi une rénovation dite très performante. Les maisons rénovées remplissent les exigences du standard allemand passivhaus et portent le nom « maison 1L ».

LE LABEL LEED "LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN" (ÉTATS UNIS)

Le label LEED (Leadership in Energy and Environment Design) est le principal label indépendant aux États Unis. Le système de notation est élaboré par consensus au niveau national.

Le Label est géré par l'USGBC (US Green Building Council) qui est une organisation non gouvernementale à but non lucratif visant à transformer le secteur de la construction.

LEED a été élaboré pour les bâtiments tertiaires neufs et se décline maintenant pour les bâtiments existants (maintenance et exploitation, réhabilitation de l'intérieur, réhabilitation de l'enveloppe), les maisons individuelles et le développement de quartier. Les deux derniers secteurs sont encore au stade de développement.

Le label a une grille de notation pour : le site de construction, l'eau, l'énergie et l'atmosphère, les matériaux et la qualité de l'ambiance intérieure.

USGBC a élaboré le premier label en 1998 pour les bâtiments tertiaires. À ce jour 356 bâtiments ont obtenus le label LEED et la majorité sont des constructions neuves.

NEW ENERGY TECHNOLOGY (PV) DEVELOPMENT PROGRAMME (JAPON)

Les maisons qui utilisent les technologies solaires photovoltaïques et thermiques pour produire autant d'énergie que leur besoin annuel, sont désignées sous le nom de « Net-Zero Energy Solar Homes » (ZESH).

Les constructeurs japonais sont de plus en plus réputés pour leur approche singulière à la conception et à la production d'habitations usinées « innovatrices », souvent dotées de systèmes photovoltaïques.

Le recours à des techniques de construction industrialisée pour réduire la quantité de déchets de construction, et à des technologies de production d'énergies propres et renouvelables pour réduire les émissions de CO₂, peut répondre à ce besoin sociétal au chapitre des maisons écologiques.

Cette nouvelle « conception » est la maison à faible consommation d'énergie, ou la maison équipée « tout électrique » avec une bonne isolation et une production locale de l'électricité par des modules photovoltaïques.

D'autres concepts existent, comme :

- la maison « Parfait Ex » de SEKISUI Chemical, maison d'un étage à structure métallique et comportant en série, des installations photovoltaïque d'une capacité de 2 à 5 kW, disposé en surimposition sur un toit plan, grâce à une patte de fixation adaptée à ce type de toiture japonaise.
- la maison « Hybrid Z » de haute qualité environnementale de MISAWA Homes, avec 12kWc photovoltaïque intégré sur les 2 pans de toits (tuiles)
- ou « l'Eco Sunny House » de DAIWA HOUSE Industry, qui propose une maison préfabriquée avec 3kWc installé en intégration (tuiles).

L'arrivée sur le marché dès 1994 de produits photovoltaïques adaptés à l'intégration au cadre bâti, a été le signal fort et déclenchant du développement de maison à faible consommation. D'après les résultats d'une enquête sur les habitations réalisée en 1997 par la société d'État japonaise de prêts au logement (Government Housing Loan Corporation), le coût de construction d'une maison traditionnelle était estimé à 175 404 yens (1 698 \$US) par mètre carré et celui d'une maison préfabriquée, à 190 033 yens (1 840 \$US) par mètre carré. Ces résultats révèlent que les habitations usinées coûtaient environ 8 % de plus à produire que les habitations traditionnelles.

Les constructeurs ont par ailleurs tendance à rivaliser entre eux en améliorant la qualité de leurs produits plutôt qu'en réduisant le prix de vente. Dans ce « surcoût » ils y intègrent notamment toutes les évolutions technologiques liées aux exigences du développement durable (produits à valeur ajoutée), à l'image de l'industrie automobile, qui offre dorénavant la plupart des équipements de naguère en « série ».

LE LABEL BREEAM "BRE'S ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD" (GRANDE BRETAGNE)

Le label BREEAM est développé et géré par le BRE. Il est utilisé depuis plus d'une vingtaine d'année et a été constamment remis à jour en fonction des évolutions des exigences réglementaires. Cette méthode d'évaluation s'applique aux bâtiments neuf et existants.

BREEAM évalue la performance des bâtiments dans les secteurs suivants :

- gestion : politique de gestion globale, commissioning sur le site de construction
- énergie : consommation d'énergie et émission de CO₂
- confort : qualité d'air intérieur et extérieur, confort visuel...
- transport : émission de GES lié à l'approvisionnement de matériaux lors de la construction
- utilisation du sol : dépollution
- écologie : aménagement du site, urbain, paysager...
- matériaux : implication environnementale des matériaux de construction, cycle de vie eau : consommation d'eau et efficacité des systèmes de captage traitement...

BREEAM couvre plusieurs secteurs du bâtiment :

- les bureaux
- les maisons (label connue comme ecohomes)
- l'industrie
- le commerce
- les écoles

Différentes "Check-lists" sont développés pour "BREEAM Office": - état du bâtiment :

1. Conception et fourniture (Design&Procurement) + Noyau (Core) = pour la nouvelle construction et les rénovations principales
2. Gestion et opération (Management&Operation) + Noyau (Core) = pour le bâtiment existant et occupé (minimum 12 mois)
3. Noyau (Core) = bâtiments vides et bâtiments où un examen de l'enveloppe et des services est seulement exigé

La "check-list" produit un index environnemental d'exécution (EPI - Environmental Performance Index), et par apport à cet index on peut obtenir la performance de bâtiment.

LE LABEL CASBEE «COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY" (JAPON)

Le label CASBEE est un système exhaustif d'évaluation de l'efficacité environnementale du bâtiment. CASBEE vise à être un système d'évaluation complète du bâtiment "durable" tout en étant simple et relativement peu coûteux.

CASBEE se repose sur un système volontariste.

Le label est géré et développé par un consortium : "Japan Sustainable Building consortium". À travers ses comités :

- Comité de pilotage
- Energie
- Productivité
- Qualité d'air intérieur
- Environnement

- Maison individuelle
- L'urbain et le département
- Ilot de chaleur
- Développement d'outils et d'études de cas.

4 outils d'évaluation visant les différents cycles de vie du bâtiment :

- Casbee Conception
- Casbee Nouvelle construction
- Casbee Bâtiment existant
- Casbee Rénovation

DEVELOPPEMENT DE QUARTIER : VESTERBRO (COPENHAGUE)

Les projets de réhabilitation menés dans le quartier Vesterbro ont débuté au cours des années 1990. , Ils ont contribué à l'élaboration de la politique municipale en matière d'écologie urbaine. L'implication très forte des habitants a été un élément clé de la réussite du programme.

Parmi les nombreuses mesures prises, citons :

- l'amélioration du confort avec la création de verrières ou bow-window,
- le renforcement de l'isolation,
- des panneaux photovoltaïques en toitures, en façades de cage d'escalier ou entre deux façades au-dessus d'une rue pour alimenter l'éclairage public,
- l'aménagement de cours intérieures vertes,
- des laveries écologiques communes,
- des cuves enterrées pour la récupération de l'eau de pluie.

DEVELOPPEMENT DE QUARTIER : BEDZED, BEDDINGTON (GRANDE BRETAGNE)

Ce quartier de 80 logements et 2.300 m² de bureaux et commerces a une vocation de projet de démonstration. Le projet a été initié conjointement par le Bioregional Development Group (<http://www.bioregional.com>) et le cabinet d'architecture Bill Dunster. La Peabody Trust (<http://www.peabody.org.uk/>) principale association de logements sociaux à Londres a financé le projet.. Le projet offre une nouvelle forme urbaine d'« éco-village » dense, et présente de nombreuses technologies ou dispositifs innovants :

- panneaux photovoltaïques alimentant 40 véhicules électriques,
- unité de cogénération à base de copeaux de bois,
- récupération des eaux pluviales pour les toilettes et machines à laver,
- triple vitrage,
- ventilation par des abat-vents capuchons colorés disposés en toiture avec échangeur de chaleur,

- station de traitement biologique des eaux grises.

Chaque logement dispose de son propre jardin privatif en terrasse.

DEVELOPPEMENT DE QUARTIER : BO1, MALMÖ (SUEDE)

Le projet de démonstration «d'une cité écologique du futur» B01 s'est implanté sur une ancienne friche portuaire.

Le projet se singularise par la variété et la qualité des traitements architecturaux des immeubles d'habitation et de bureaux (600 unités sur 9 ha).

Le concept vise l'auto-production (près de 100%) à partir d'énergies renouvelables de l'énergie consommée, On note une utilisation de pompes à chaleurs marines ou aquifères en sus des capteurs solaires pour la chaleur. L'électricité est générée par des éoliennes.

La quasi-totalité des déchets sont triés et évacués par un réseau souterrain en vide d'air, technologie suédoise.

La biodiversité a été renforcée grâce à des nouveaux parcs et mares.

Des informations complémentaires sont disponibles sur <http://www.egbf.org/french/PDFs/Bo01.pdf>

Ces trois éco-quartiers sont donnés en exemples pour des projets de rénovation ou de construction neuve. On note que les approches éco-quartiers se développent dans différentes villes à travers l'europe (Fribourg, Hanovre, Stockholm, Rotterdam...)

SYNTHÈSE

Cette synthèse montre la diversité de programmes d'opération de part le monde. On note dans ce recensement des orientations fortes pour l'utilisation des approches dites "passives", des technologies ayant recours aux énergies renouvelables ou encore des efforts de mise en place de certification, de suivi de mise en œuvre.

Le tableau ci-dessous donne une vue d'ensemble sur les programmes d'opérations.

	Neuf (N) et/ou Existant (R)	Secteur du parc couvert			Avance technologie	Label / certificati on	Partenaires mobilisés	
		résidentiel	Non- résidentiel	urbain			Publi c	Privé
Minergie (CH)	N, R	X	x			X		X
PassivHaus (D) + (NL) + (B)	N, R	X						X
CasaKlima (I) ou KlimaHaus (A)	N	X						X
Zero Energy Homes –ZEH – (US) + Canada	N	X					X	
1-liter ou 3-liter Haus	N, R	X						X
LEED / green building initiative (US) + (Canada)	N, R		X			X		X
BREEAM (UK)	N	X	X			X	X	X
CASBEE (JP)	N, R		X			X	X	
BEDZED (UK)	N			X				X
Vesterbro (DK°)	R			X				
Malmo (S)	N			X				
New Energy technology (PV) development programme (JP)	N	X			X		X	X

Les premières analyses détaillées dans le cadre de la comparaison internationale se sont focalisées sur 3 pays : les États Unis, l'Allemagne et le Japon avec un souci de voir dans un premier temps la diversité des approches.

L'analyse sur les États-Unis concerne :

- le programme Zero Energy House / Building America. Le choix s'est justifié surtout par la dynamique des acteurs car ce sont des actions fédérales ou régionales qui ont conduit à un grand programme national.
- le programme LEED "Leadership on Energy and Environmental Design" pour son implication dans le cadre du tertiaire et le passage de construction neuves à l'existant.

L'analyse sur l'Allemagne s'est restreinte :

- aux programmes "Passivhaus" et "Maisons 3 litres" qui de part leur proximité géographique commencent à s'étendre sur le territoire ;
- aux programmes "EnSan" et "Bâtiments à basse consommation dans l'existant" pour leur cible du bâtiment existant et leur caractère national.

Pour le Japon, le fait qu'un programme se base sur l'utilisation d'une technologie particulière a en soi un côté innovant. De plus, ce programme favorise l'industrialisation du processus de construction.

Dans la deuxième partie du projet, l'analyse portera sur :

- le label Minergie
- la politique énergétique de la région de Barcelone sur le solaire (thermique et photovoltaïque).
- le programme de rénovation du quartier Vesterbro à Copenhague.

2.2 ALLEMAGNE : LES PROGRAMMES « PASSIVHAUS », « MAISONS 3 LITRES », « ENSAN » ET « BATIMENTS A BASSE CONSOMMATION DANS L'EXISTANT »

Auteurs : Jean-Christophe Visier (jean-christophe.visier@cstb.fr),
avec la participation de Frédéric Bougrain
(frederic.bougrain@cstb.fr)
et Emmanuel Fleury (emmanuel.fleury@cstb.fr)

Expert : Franhofer Institut Bauphysik (Stuttgart)

2.2.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUES D'ACTEURS

LE CONTEXTE ENERGETIQUE

Le contexte allemand se caractérise par : Une consommation d'énergie stable depuis plusieurs années.

- La production d'énergies se répartit entre : 23% de gaz naturel, 13% de nucléaire, 13% de houille, 11% de lignite et 5% d'énergies renouvelables.

Les combustibles sont importées dans leur quasi-totalité sauf pour le lignite et le renouvelable.

- Une électricité est pour un tiers d'origine nucléaire.
- Une part d'énergies renouvelables est en croissance forte puisqu'elle est passée de 1,9% en 1995 à 4,6% en 2005.

Les énergies renouvelables utilisées sont les suivantes : biomasse 46,4%, éolien 14,6%, hydraulique 11,9%, géothermie 0,9%, photovoltaïque 0,6%, solaire thermique 1,6%.

Les recherches sur l'énergie représentent 4,7% des financements de recherche fédéraux (environ 8% en France¹)

On assiste à une augmentation forte des travaux sur les énergies renouvelables qui pourraient en 2008 représenter respectivement cinq et deux fois les budgets pour la fusion et la fission.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Secteur privé	178.6	238.0	158.6	156.8	184.7	138.2	113.1	102.6	157.5
Gouvernement fédéral	422.5	397.7	414.4	401.8	404.3	377.4	381.3	392.3	382.0
Dont									
- Charbon et autres fossiles	16.0	13.8	18.5	21.0	16.5	13.8	13.2	7.5	19.2
- Énergies renouvelables et économies d'énergie	168.5	148.0	147.6	141.1	156.3	151.4	184.2	186.3	162.0
- Énergie nucléaire	132.1	121.6	122.3	113.8	103.5	97.3	91.8	84.8	87.9
- Démantèlement centrales nucléaires	7.5	7.7	7.3	8.9	8.8	8.5	8.6	4.2	4.5
- Fusion nucléaire	98.4	106.7	118.8	117.0	119.2	106.4	83.5	109.5	108.4

Dépenses de recherche sur l'énergie en Allemagne en million d'€

LE SECTEUR DU BATIMENT

L'Allemagne dispose d'un parc de 39 millions de logements. 28% datent d'avant la deuxième guerre mondiale, 47% ont été construits entre la guerre et le second choc pétrolier de 1978 et 25% après.

Cette répartition est similaire à celle du parc français moins concentré toutefois sur la période 1948-1978.

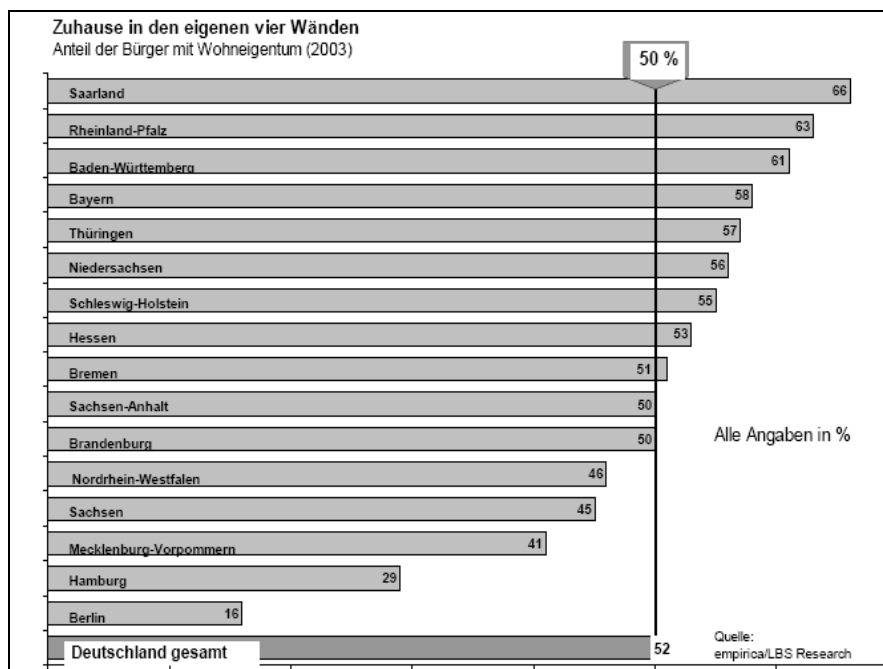
Année de construction	Ex RFA	Nouveaux États fédéraux et Berlin Est	Allemagne Ouest et Est	
before 1900	2,223,800	1,043,600	3,267,400	8%
1901 – 1918	1,823,500	805,900	2,629,400	7%
1919 – 1948	3,524,100	1,446,700	4,970,800	13%
1949 – 1978	16,024,100	2,070,400	18,094,500	47%
1979 – 1986	3,236,800	953,000	4,189,700	11%
1987 – 1990	915,200	321,700	1,236,900	3%
1991 – 2000	3,000,800	1,002,800	4,003,600	10%
2001 and later	239,500	57,900	297,400	1%
Total	30,987,800	7,702,000	38,689,800	100%

L'analyse des bâtiments par période de construction met en évidence les éléments suivants :

- Seuls les bâtiments construits depuis les années 1980 ont intégré des critères de performance énergétique.
- Les bâtiments d'avant la première guerre mondiale ont fréquemment des caractéristiques architecturales qui leur donnent une valeur spécifique.
- Les constructions de l'entre deux guerres sont constituées soit de briques, soit de béton. Dans le premier cas, les façades sont fréquemment encore en bon état dans le second, elles sont alors très dégradées.
- Dans les années 50 les besoins de la reconstruction rendaient rares les matériaux de qualité. Les installations techniques chauffage/sanitaire/électricité de ces bâtiments doivent fréquemment être refaites.
- Les bâtiments des années 60 utilisent largement le béton. Les toitures sont généralement en état correct ainsi que les installations électriques. En revanche les installations de chauffage ne correspondent plus aux critères de qualité actuels.
- Dans les années 70, les toits plats dominent. La ventilation pose aujourd'hui fréquemment un problème.

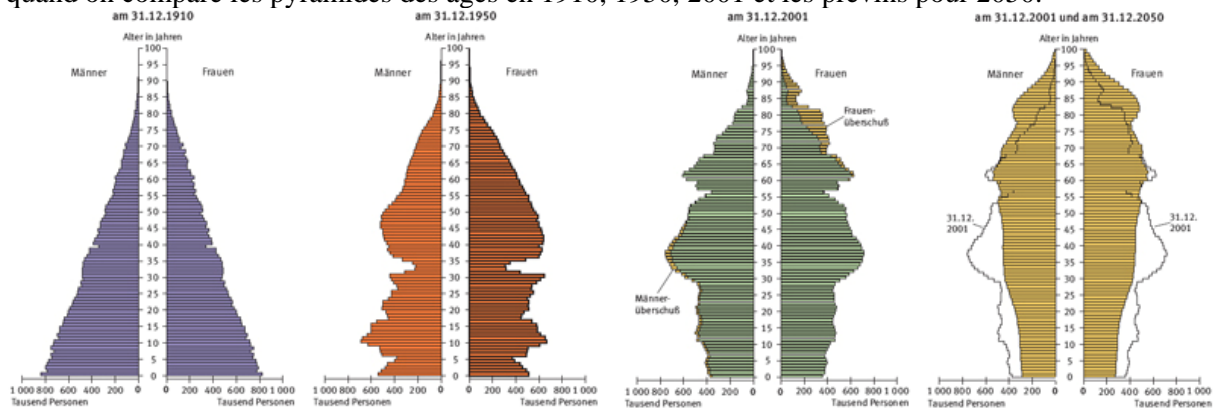
Le type de logement préféré en Allemagne est la maison individuelle qui représente 48% des nouvelles constructions. Ces dernières et les constructions à deux logements constituent 58% de la surface habitable du parc.

50% des allemands sont propriétaires. Mais les écarts interrégionaux restent importants.



Comme en France, la surface habitable par personne croît chaque année. Elle est en 2004 de 40,8 m²/habitant. Les prévisions pour 2015 et 2030 s'élèvent respectivement à 48m² et 52 m².

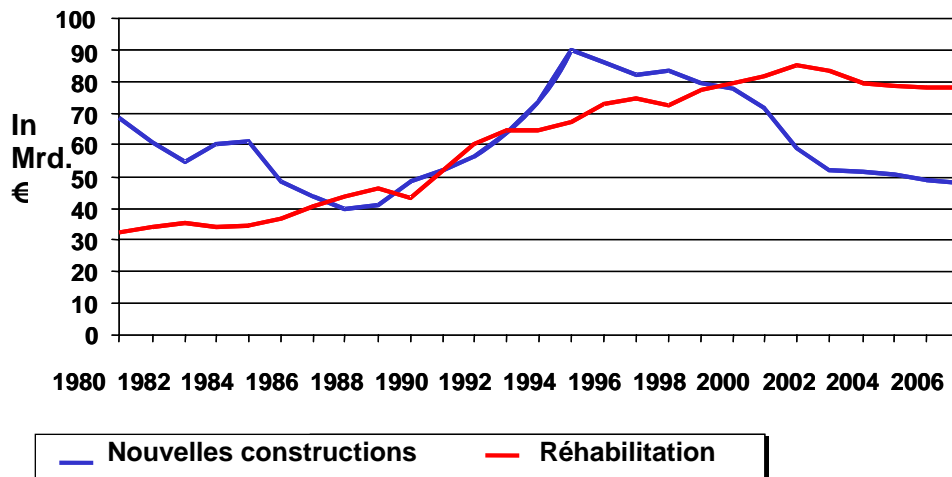
L'Allemagne est confrontée à un problème de vieillissement de sa population qui est bien visible quand on compare les pyramides des âges en 1910, 1950, 2001 et les prévins pour 2050.



Construction neuve et réhabilitation

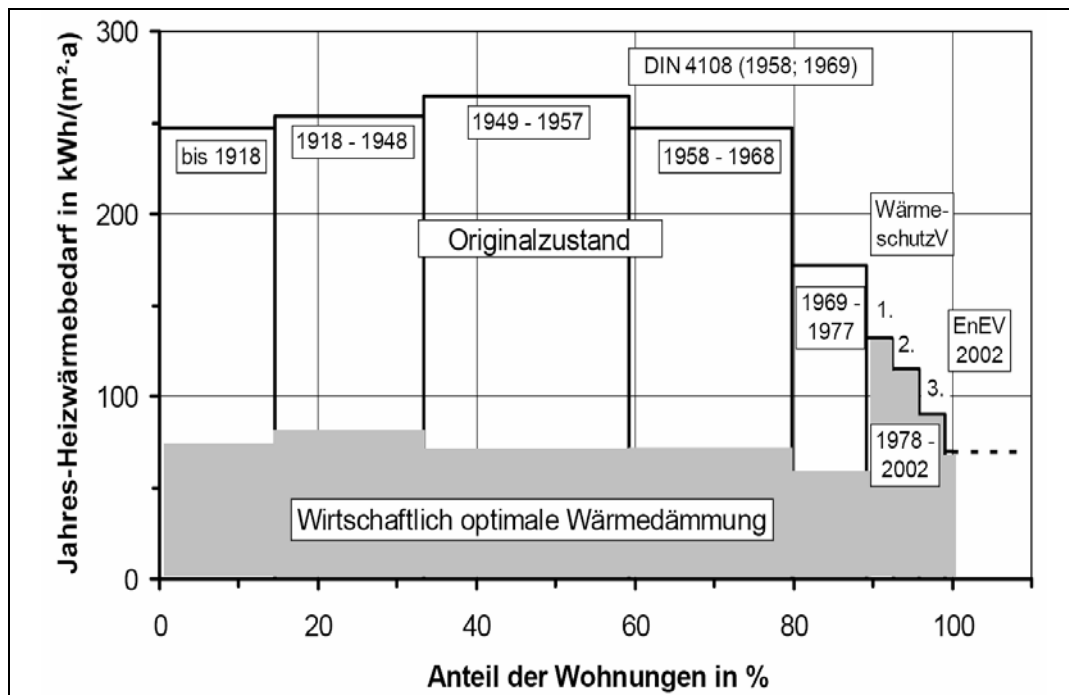
Le secteur de la construction allemand traverse une crise. Le pays est passé de 600 000 logements achevés en 1995 à 268 000 en 2003.

Le marché de la réhabilitation dépasse aujourd'hui très nettement celui de la construction neuve.



Le schéma suivant montre la répartition du parc de logements par époque et par performance énergétique. On constate :

- une croissance régulière de la consommation des bâtiments jusqu'à 1958,
- une forte décroissance à partir de 1968 du fait de la mise en place de réglementations.
- La poursuite de la baisse des consommations suite aux réglementations des années 1977, 1984, 1995 et 2002.



2.2.2 DESCRIPTION DU PROGRAMME

DEFINITION

En France on associe fréquemment l'Allemagne au programme des « maisons passives ». Les faits indiquent qu'il existe une série de programmes tout aussi intéressants. Les lignes suivantes en brossent un premier tableau synthétique.

Programmes Anciens

Bâtiments basse énergie (NEH)

Le terme bâtiment basse énergie n'est pas protégé en Allemagne. Les acceptions peuvent donc varier d'un partenaire à l'autre et évoluent avec le temps.

On considère généralement comme bâtiment basse énergie un bâtiment qui consomme 30% de moins qu'un bâtiment conforme à la réglementation du neuf.

Près de 500 000 bâtiments basse énergie auraient été construits en Allemagne depuis 1990.

Maisons solaires.

Les maisons solaires se caractérisent par un recours important à l'énergie solaire active et passive. Ces maisons sont systématiquement bien isolées.

On estime à un millier le nombre de maisons solaires qui auraient été construites en Allemagne en particulier à la fin des années 1980.

Programmes récents ayant fait l'objet de nombreuses réalisations.

Maisons 3 litres



Les maisons 3 litres (www.3-liter-haus.com) correspondent à une consommation de chauffage de 34 kWh/m² par an. En ajoutant la consommation d'eau chaude sanitaire d'environ 25 kWh/m² par an on arrive à une consommation d'environ 60 kWh/m² an d'énergie primaire.

Ce niveau de 60kwh/m² par an est celui pour lequel une aide au financement peut être obtenue dans le cadre du schéma appelé KfW 60.



Les maisons 3 litres se sont principalement développées dans le résidentiel avec quelques opérations récentes dans le non résidentiel. Au démarrage les projets portaient principalement sur le neuf. On en compte aujourd'hui environ 12000.

Maisons Passives



Une maison passive a un besoin d'énergie pour le chauffage inférieur à 15kwh/m² par an, une puissance de pointe pour le chauffage de 10w/m², une perméabilité à l'air maîtrisée et une consommation totale en énergie primaire inférieure à 120kWh/m². (www.passiv.de, www.passivhaus-info.de)

Si l'on ajoute au 15kwh de chauffage la consommation d'eau chaude sanitaire on arrive à environ 40 kWh/m² par an.

Ce niveau de 40kwh/m² par an est celui pour lequel une aide au financement peut être obtenue dans le cadre du schéma appelé KfW 40.

Le programme « Maisons passives » a conduit à construire environ 5000 bâtiments.



Programmes ciblés sur les bâtiments existants

Deux programmes sont ciblés sur l'existant.

1/ Le programme EnSan (www.ensan.de) couvre les projets de démonstration du département de la recherche du ministère de l'Économie et des Technologies. Les projets de ce programme qui appliquent des technologies innovantes, restent expérimentaux et ils ne visent pas une diffusion économique immédiate.

22 bâtiments représentant différents types de bâtiments existants ont fait l'objet de rénovations et les résultats ont été documentés.

2/ Le programme Bâtiment à basse consommation dans l'existant (www.neh-im-bestand.de) est géré pour sa part par l'agence allemande pour l'énergie pour le compte du ministère de l'Économie et de la Technologie, du ministère des Routes, du Bâtiment et du Développement urbain et de la banque fédérale Allemande KfW. Il vise des projets beaucoup plus proches du marché.

Ce programme a conduit dans sa première phase à la rénovation de 33 bâtiments représentant 880 logements pour une surface de 50 000 m².

Les consommations de chauffage ont été réduites de 40 à 60 kWh/m² d'énergie primaire grâce à l'utilisation de technologies innovantes (chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire) et par une réduction drastique des pertes de l'enveloppe. Ceci démontre que des bâtiments rénovés peuvent atteindre une consommation réduite de 50% par rapport à la réglementation des bâtiments neufs.

Une deuxième phase du programme a été lancée en mai 2005. Elle doit conduire à la réhabilitation de 110 bâtiments construits entre 1663 et 1976. L'objectif est d'arriver à réduire de 57% les consommations d'énergie et de 46% les déperditions par transmission par rapport à la réglementation des bâtiments neufs.

Les projets sont financés avec des prêts à taux d'intérêt bonifiés.

Programme ciblé sur le tertiaire

L'utilisation de l'énergie solaire étant devenue courante dans les bâtiments résidentiels mais beaucoup moins dans le non résidentiel, le programme « Sola bau » vise à démontrer le potentiel de l'énergie solaire dans les bâtiments non résidentiels.

Une des originalités du programme est d'avoir une équipe qui analyse et documente les résultats obtenus suivant des modalités communes. Ceci favorise les retours d'expérience, augmente les échanges autour de ces projet et conduit à préparer de nouveaux matériels d'enseignement.

Le site du programme (www.solarbau.de) présente 23 exemples de bâtiments tertiaires.

Autres programmes

A côté de ces programmes qui ont permis de réaliser de nombreux bâtiments on trouve également des programmes spécifiques qui vont plus loin mais dont le développement en terme de bâtiments est beaucoup plus réduit.

Bâtiments sans besoins de chauffage

Ces bâtiments n'utilisent pas d'énergie fossile pour le chauffage qui est apporté par des capteurs solaires et un système de stockage d'énergie.

Une dizaine de maisons neuves auraient été réalisées sur ce principe.

Maisons à énergie positive.

Ces maisons produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment. Pour atteindre ce résultat, elles comprennent une surface importante de composants photovoltaïques.

Une trentaine de maisons et aujourd'hui quelques bâtiments résidentiels ont été réalisés en particulier dans la région de Fribourg.

Maisons zéro énergie

Le bilan énergétique de la maison est nul. Toutefois la maison est connectée au réseau et peut donc échanger de l'énergie avec celui-ci. La prise en compte de l'énergie incluse dans les matériaux de construction n'est pas clarifiée.

Deux maisons neuves auraient été réalisées sur ce principe.

Maison autonome

Ce type de maison n'est pas connecté au réseau. Elle ne consomme aucune énergie fossile pendant son exploitation. La aussi la prise en compte de l'énergie incluse dans les matériaux de construction n'est pas clarifiée.

Maison zéro émission

La définition de ce type de maison reste à préciser. Un des points important est la prise en compte dans le bilan des émissions liées à la fabrication des matériaux. Les émissions étant multiples le bilan est généralement fait ici sur les émissions de CO₂.

Quelques maisons auraient été réalisées.

LES ACTEURS

La variété de programmes se traduit aussi par une grande diversité d'acteurs.

L'Institut de la maison passive

L'institut de la maison passive (www.passiv.de www.passivhaus-info.de) a été créé en 1996 par le Dr FEIST. Cet institut de recherche indépendant joue un rôle d'animation central autour du concept technique de la maison passive.

Il se présente comme un centre de ressources pour les personnes intéressées par la maison passive : aide aux architectes, bureaux d'études et constructeurs pour le développement de concepts et de produits pour les maisons passives. Il développe et applique des méthodes de calcul et de mesure de la performance, certifie des bâtiments, organise des séminaires d'information et des journées de la maison passive.

Cet institut a également une activité internationale notamment via des projets européens qui visent à décliner le concept de la maison passive dans différents climats.

La banque KfW

Cette banque fédérale qui à l'origine avait son activité dédié à la reconstruction d'après guerre, fournit des crédits immobiliers aux propriétaires qui entreprennent des travaux d'amélioration de leurs logements. Récemment elle a mis en place des programmes spécifiques destinés à réduire les émissions de CO₂.

En 2005, ses prêts envers le secteur résidentiel s'élevaient à 10,9 milliards (le total de ses crédits atteignait 38,7 milliards d'euros). Une grande partie de ces fonds a bénéficié à des programmes destinés à diminuer les consommations d'énergie. Ceci concerne aussi bien le neuf que l'existant :

- Programme de « modernisation énergétique et de diminution du CO₂ dans le bâtiment » (depuis 2001) : Les crédits accordés pour la période 2001 – 2005 ont atteint un volume de 5 milliards (pour des travaux de 7,5 milliards). Ceci a concerné la réhabilitation d'environ 200

000 logements. Pour ce programme, le propriétaire (une personne physique, une entreprise foncière privée, un organisme communal) reçoit en contrepartie de ces engagements, un crédit à taux préférentiel pour dix ans (jusqu'à 3 points au dessous du taux du marché). En fin de programme, si l'objectif initial de réduction de CO₂ est atteint, il obtient un abattement supplémentaire de 15% sur le montant du prêt à rembourser. Pour financer ce dispositif, le KfW emprunte sur les marchés financiers et reçoit une subvention fédérale qui compense la bonification d'intérêt et l'abattement de 15%.

- Programme de modernisation des bâtiments existants (2003 – 2005) : 139 000 prêts pour un volume total de 5,5 milliards d'euros.
- Programme « construire écologique » (depuis 2005) : 10 275 prêts pour un montant de 0,4 milliards d'euros.

L'agence allemande de l'énergie

L'agence allemande de l'énergie est chargée du programme bâtiment basse consommation dans l'existant. Son rôle dans la diffusion d'informations sur la maîtrise de l'énergie est proche de celui de l'ADEME.

Les centres de recherche appliquée

Les centres de recherche appliqués de la « Fraunhofer Gesellschaft » (IBP à Stuttgart et ISE à Freiburg) jouent un rôle clé dans les programmes portant sur les concepts de bâtiments à basse consommation.

Dans les programmes « maison 3 litres » (lotissement de maisons 3 litres ou moins), « EnSan » (22 exemples de réhabilitation) et « Solarbau » (23 bâtiments tertiaires solaires), ces centres aident à faire émerger des exemples de solution ou des bâtiments conceptuels. Ils mesurent également les performances des bâtiments, proposent des solutions d'évolution et pour faire connaître ces exemples. Dans le programme « Solarbau » l'accent est également mis sur le développement d'outils de formation.

L'institut IBP est par ailleurs le support technique des pouvoirs publics allemands pour la mise en place des réglementations thermiques. A ce titre, il joue un rôle clé pour que les réglementations thermiques destinées au neuf ou à l'existant évoluent en intégrant les apprentissages tirés des bâtiments basses consommations.

Les régions

Les régions s'impliquent fortement via des systèmes d'aide aux solutions basse énergie.

LIEN AVEC LES TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

Depuis 1976 l'Allemagne a mis en place et régulièrement renforcé ses réglementations en matière énergétique. La réglementation actuelle intègre des exigences autrefois séparées sur les aspects isolation, chaudières... en un texte unique dont le principe se rapproche de celui de la RT2005. Il faut noter que ces textes sont aujourd'hui développés pour permettre l'application de la directive performance énergétique.

Les démarches « maison passive » et maisons 3 litres ont défini leurs propres référentiels de performances principalement à partir des consommations de chauffage. En effet, avant 2002, la réglementation allemande s'intéressait principalement aux consommations de chauffage.

Depuis 2002 la réglementation « EnEV » fixe des objectifs exprimés en énergie primaire qui portent sur les consommations pour le chauffage, la ventilation, l'eau chaude sanitaire et l'éclairage dans le tertiaire. Elle est très similaire dans son principe et son niveau de détail aux RT2000 et 2005.

Les programmes de subvention de la banque KfW et le programme bâtiments basse énergie dans l'existant qui sont plus récents s'appuient fortement sur la réglementation allemande « EnEV ». L'utilisation de cette référence devrait entraîner une plus grande lisibilité des différents labels développés et permettre de se rapprocher d'un indicateur homogène exprimé en kWh/m².an.

L'échelle utilisée est la même pour les bâtiments neufs ou en réhabilitation. Certaines réhabilitations offrent des consommations deux fois inférieures à celles du neuf.

Le tableau suivant permet de mettre en évidence les évolutions des exigences réglementaires

Année		Energie primaire chauffage/eau chaude/ventilation	U moyen W/K.m ²	Part du parc
Avant 1977		220-280 kWh/m ² .an	>1,2	72%
Après 1977	1 ^{ère} réglementation isolation	< 200 kWh/m ² .an	1,2	8%
Après 1984	2 ^{ème} réglementation isolation	130-180 kWh/m ² .an	0,7	12%
Après 1995	3 ^{ème} réglementation isolation	80-130 kWh/m ² .an	0,5	8%
Après 2002	Réglementation performance énergétique	<100 kWh/m ² .an	< 0,5	
Passivhaus/Kf W 40		< 40 kWh/m ² .an	0,1	Environ 3000 maisons
Maisons 31/KfW 60		< 60 kWh/m ² .an		Environ 3000 maisons

Il est à noter que les calculs de consommation sont faits en utilisant les mêmes données climatiques pour toute l'Allemagne. Ceci explique pourquoi on peut avoir des exigences identiques pour tout le pays que ce soit pour la réglementation ou les labels. Cela ne signifie pas pour autant que les consommations réelles seront indépendantes de la région.

Dans le cas de la France, les calculs sont faits sur les bases de la RT2005 avec huit zones climatiques.

LES TECHNOLOGIES UTILISEES

Si la maison traditionnelle est le type de construction dominant en Allemagne. Les maisons préfabriquées connaissent une progression importante, et dans une moindre mesure celles à ossature bois

Les constructeurs de maisons préfabriqués basent leur argumentaire commercial sur les aspects énergétiques.

Cependant la frontière entre maison traditionnelle et maison préfabriquée décroît. En effet, de nombreuses maisons traditionnelles font appel à des composants préfabriqués complexes tels que les panneaux de façade complets.

Architecture

Les maisons basse consommation sont généralement compactes avec une forte proportion de fenêtre orientées au sud. Les surfaces de fenêtres sur les autres orientations sont limitées à ce qui est nécessaire pour l'éclairage naturel.

Des arbres sont plantés pour permettre un ombrage en été et obtenir un micro climat

Dans la partie nord des espaces tampon sont mis en place et les zones d'usage restent limitées.

Le zonage thermique adapté aux usages permet d'avoir des niveaux de température différents

Les installations techniques intégrées en volume chauffé conduisent à une récupération de chaleur.

L'emplacement est choisi pour limiter les longueurs des réseaux de distribution.

Les formes de construction sont simples (pas de fenêtres en saillie ou de lucarnes). Il convient aussi d'éviter les décrochements de façades de plus de 50 cm.

L'espacement suffisant des bâtiments favorise une bonne solarisation même quand le soleil est bas.

Système d'isolation.

Le tableau suivant présente les niveaux d'isolation requis dans les différents programmes de bâtiments basse consommation et le compare au niveau réglementaire :

	Réglementation	Maison 3 litres	Maison Passive	Maison à énergie positive
U mur	0,25-0,50	0,15-0,25	<0,16	0,12
U toit	0,20-0,40	0,10-0,20	<0,15	0,12
U sol	0,25-0,40	0,15-0,25	< 0,16	0,12
U fenêtres	1,20-1,40	0,80-1,20	<0,8	0,10

Pour atteindre de tels résultats un grand nombre de prescriptions techniques et organisationnelles doivent être respectées.

- Les portes extérieures sont systématiquement isolées.
- Pour que les systèmes constructifs mis en place aient peu de ponts thermiques, le concepteur doit analyser les détails constructifs en amont des projets. Ceci conduit à une organisation différente du chantier. En effet on ne peut se contenter de concevoir un bâtiment en décrivant les épaisseurs d'isolants ou leur résistance thermique, il faut également faire une analyse fine des jonctions entre parois.

Cette approche peut conduire à définir pour chaque bâtiment une vingtaine de détails constructifs relatifs aux caractéristiques thermiques, hydriques et d'étanchéité à l'air. Ces détails fournissent des solutions concrètes utilisables.

Ceci se traduit sur le chantier par la vérification :

- de la qualité de la réalisation des détails sur site (Une thermographie infrarouge peut être réalisée en hiver),
- des performances des matériaux livrés sur site.

Par ailleurs, sur le plan technique cela impose de désolidariser les balcons des murs pour éviter les ponts thermiques.

- L'isolation s'effectue généralement par l'extérieur sauf dans les cas de rénovation de bâtiments avec des façades protégées (isolation par l'intérieur dans ce cas). Ceci conduit à conserver une bonne inertie thermique et limite les risques d'inconfort d'été.

Ces programmes favorisent aussi la diffusion de matériaux d'isolation « naturels » qui représentent aujourd'hui 4 à 5% du marché.

Le béton cellulaire qui représente environ 20% du marché, est employé sans isolant complémentaire dans les projets simplement conforme à la réglementation et avec un isolant rapporté dans les projets de bâtiments basse consommation.

L'isolation transparente et les super isolants sous vide sont parfois employés. Cependant, l'utilisation d'isolants transparents impose une analyse fine des risques d'inconfort en été.

Perméabilité à l'air

Il convient aussi de définir un concept cohérent pour la perméabilité à l'air et de s'assurer que les membranes d'étanchéité sont scotchées et pas seulement jointives.

Parois vitrées

Le tableau suivant présente les coefficients U requis dans les différents programmes de bâtiments basses consommation et les compare au niveau réglementaire :

	Réglementation	Maison 3 litres	Maison Passive	Maison à énergie positive
U fenêtres	1,20-1,40	0,80-1,20	<0,8	0,70

Ces valeurs peuvent éventuellement correspondre à d'excellentes fenêtres doubles vitrage pour la maison 3 litres.

Pour les autres programmes, cela correspond à du triple vitrage. Dans ce cas, il faut conserver de bon facteurs solaires pour permettre une captation ($g > 0,5$).

Toutes les fenêtres ne sont pas nécessairement ouvrantes.

Système de chauffage

Depuis le début des années cinquante on est passé successivement du chauffage à combustible solide (bois, charbon) au chauffage à combustible liquide (fioul) puis gazeux. Dans le marché standard, le chauffage à eau chaude domine aujourd'hui dans le neuf comme dans la réhabilitation. Le gaz est l'énergie de chauffage la plus utilisée. La chaudière à condensation est devenue un produit standard.

Les systèmes de chauffage à eau chaude utilisés dans les bâtiments basse consommation fonctionnent à basse température. Une température d'environ 45°C permet une optimisation entre les pertes de distribution et la consommation d'électricité pour les pompes. Cette basse température favorise également un raccordement à différentes sources de chaleur (solaire par exemple).

Le chauffage aéraulique qui était absent du parc des logements réapparaît aujourd'hui dans les bâtiments basse consommation notamment via les unités compactes (cf. analyse de ce type de produit)

Les systèmes de chauffage utilisés par exemple dans les maisons passives sont diversifiés :

Systèmes de chauffage	
Pompes à chaleur	36%
Gaz	22%
Réseau ou micro réseau de chaleur	18%
Micro cogénération	12%
Électricité	6%
Bois	5%

Les réseaux de distribution sont prévus courts et bien isolés y compris les tuyaux intégrés dans la structure.

Ventilation

Les bâtiments basses consommations disposent de manière quasi systématique d'un système de ventilation mécanique. Ce qui n'est pas toujours le cas des bâtiments standards.

Dans les maisons 3 litres ce système ne dispose pas nécessairement d'une récupération de chaleur alors qu'elle est systématique dans les maisons passives ou à énergie positive. Les rendements d'échangeur sont alors de l'ordre de 80%.

La ventilation double flux peut être centralisée ou décentralisée. Dans les immeubles collectifs l'utilisation de systèmes décentralisés peut permettre de résoudre les problèmes de sécurité incendie et limiter les problèmes liés aux passages des gaines en particulier lors des réhabilitations.

Un effort important est fait sur la perméabilité à l'air. Dans les maisons passives, la valeur $n_{50} < 0,6$ doit être vérifiée par un essai à la fausse porte.

L'utilisation d'un puits canadien ou d'un préchauffage de l'air neuf dans une serre est possible mais demande une conception détaillée.

Énergie solaire

L'utilisation de l'énergie solaire est très fréquente dans les maisons passives (production d'eau chaude sanitaire). Dans les maisons à énergie positive on a en complément une utilisation systématique de photovoltaïque.

L'intégration du solaire thermique est conçue en amont des projets pour permettre une réduction des longueurs des réseaux de distribution.

Les systèmes solaires sont munis de compteurs pour permettre de vérifier leurs performances.

Dans les maisons passives l'utilisation du solaire passif permet de couvrir environ 60% des besoins de chauffage.

Autres éléments

Dans les maisons passives, des appareils ménagers basse consommation et des lampes fluo compactes sont également utilisés.

2.2.3 MISE EN ŒUVRE

DIFFICULTES DE MISE EN ŒUVRE

Le point essentiel de la réalisation des maisons basse consommation est le mode de gestion des projets de construction.

Les phases de conception doivent être détaillées et intégrées de façon précoce une analyse de l'ensemble des systèmes. Ceci concerne aussi bien l'enveloppe que les équipements. La conception intégrée de l'enveloppe et du système de chauffage amène alors à de nouveaux optimums énergétiques. Les efforts faits sur l'isolation se traduisent notamment par des économies drastiques sur le système de chauffage. C'est en particulier le cas dans les maisons passives où la suppression du système de distribution et des radiateurs à eau peut être envisagée.

Tous ces détails constructifs contribuent à la performance globale du système.

Le suivi des points critiques En phase de réalisation, le traitement des ponts thermiques et de l'étanchéité à l'air, doivent faire l'objet d'une attention particulière.

LES COÛTS DE CONSTRUCTION

Les surcoûts de construction atteignent environ :

- 50 à 100€/m² pour les maisons 3 litres
- 150 à 250€/m² pour les maisons passives
- 500€/m² pour les maisons à énergie positive.

La courbe suivante présente la fourchette des surcoûts en fonction du niveau de consommation de chauffage :

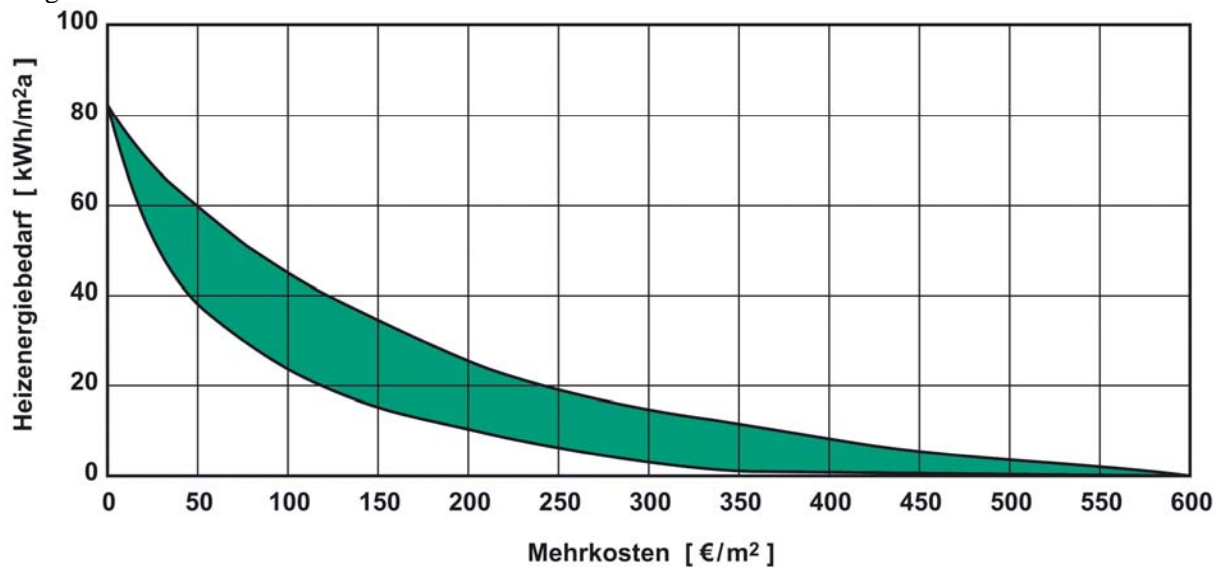


Fig. 1: Surcoûts (« Mehrkosten ») par rapport à une construction standard. La section verte correspond à plus de 200 projets

Les surcoûts des composants sont fonction de la performance obtenue.

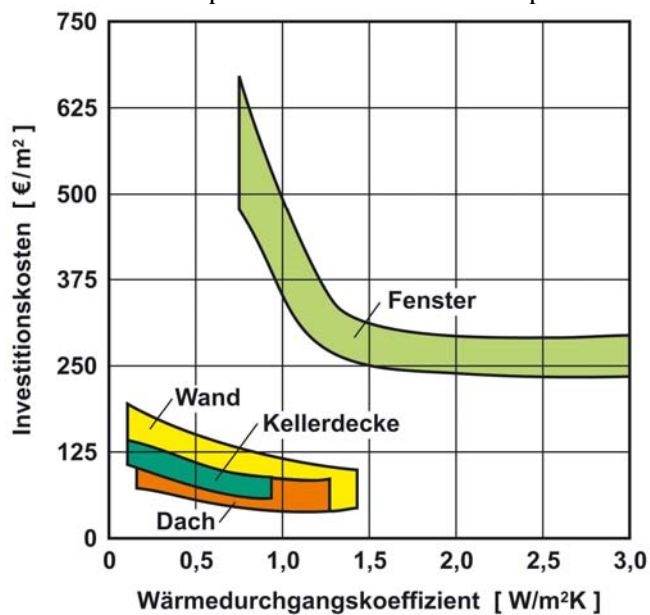


Fig. 2: Comparaison des coûts de différents produits en fonction de leur performance thermique (« Fenster » - la fenêtre ; « Wand » - le mur ; « Dach » - la toiture ; « Kellerdecke » - plafond de la cave)

MODES DE FINANCEMENT

La plupart de ces programmes bénéficient d'un grand nombre d'aides financières publiques.

- Le gouvernement fédéral finance des projets expérimentaux et accorde des déductions fiscales aux clients qui acceptent les surcoûts d'investissement initiaux... Par exemple, les bâtiments consommant neufs moins de 40 ou 60kwh/m² (ceci couvre respectivement les maisons passives et les maisons 3 litres) bénéficient de prêts à taux réduits.
 - Des prêts à taux aidés pour la rénovation des logements sont disponibles. L'aide dépend de l'ambition du projet. Trois niveaux sont repérables :
 - Niveau standard : il s'agit de mesures destinées à moderniser et à renforcer la valeur d'usage, à corriger des défauts de construction, à améliorer la situation résidentielle, à remplacer les chauffages à base de combustibles fossiles par des chaudières de chauffage à basse température ou à condensation, par des installations de cogénération ou de réseau de chaleur. Aucune de ces mesures ne prévoit le recours aux énergies renouvelables.
 - Niveau ÖKO-PLUS : Ceci concerne :
 - l'isolation du toit, des murs extérieurs et du plafond de la cave,
 - le remplacement du chauffage existant par un système basé sur les énergies renouvelables, la cogénération chaleur-force ou les réseaux de chaleur. Par exemple, des pompes à chaleur, des installations à combustion de biomasse, des systèmes de ventilation avec récupération de chaleur et des centrales de cogénération peuvent être utilisés.
- Le taux d'intérêt dépend de l'ampleur du crédit octroyé. Plus le projet est important, plus le taux d'intérêt est favorable.
- Les mesures de la catégorie MIX combinent des mesures standard et des mesures ÖKO-PLUS.

- Le programme KfW soutenu par la banque fédérale allemande, finance la modernisation et la mise aux normes de confort des bâtiments.
- Des programmes de rachat de l'électricité photovoltaïque et de soutien à l'installation de systèmes utilisant les énergies renouvelables bénéficient aussi d'un soutien fédéral. Certains ministères développent des programmes plus spécifiques qui bénéficient à leur secteur. Par exemple, le ministère de l'Agriculture accorde des subventions pour l'utilisation des produits renouvelables : biocarburants et matériaux naturels d'isolation.

A côté des aides financières, des structures d'information ont été créées pour aider les acteurs intéressés à se repérer parmi les différents dispositifs :

- Une structure d'information a été mise en place pour informer les acteurs intéressés des différents modes de financement possibles pour la recherche : www.foerderinfo.bmbf.de. (le site fait penser à celui de l'ANR en France).
- Des conseils sur site pour l'amélioration de la performance énergétique sont régulièrement dispensés.

Le programme de la KfW relatif à la réhabilitation d'immeubles en copropriété ou en location, est ouvert à tous les maîtres d'ouvrage qui investissent dans des immeubles résidentiels. Mais cela concerne les projets de type "contracting". Dans ces projets, un prestataire de services s'engage contractuellement à vendre une économie d'énergie (qui peut être une économie d'électricité, de gaz,

de fioul, de chaleur ou d'eau). Ces économies garanties refinancent sur la durée du contrat, les investissements de modernisation et d'optimisation des installations énergétiques (production, distribution, consommation) menés en début de contrat.

Les financements accordés par le KfW sont destinés à six groupes d'actions de réhabilitation :

1. L'isolation thermique des murs extérieurs, du toit, du plafond de la cave ou des surfaces extérieures de pièces chauffées en contact avec le sol, le renouvellement des fenêtres.
2. Le remplacement du chauffage et de l'isolation thermique du toit et des murs extérieurs.
3. Le remplacement du chauffage, l'isolation thermique du toit, du plafond de la cave ou des surfaces extérieures de pièces chauffées en contact avec le sol et le renouvellement des fenêtres.
4. Le renouvellement des fenêtres, le remplacement et la reconversion du système de chauffage vers d'autres sources d'énergie.
5. Des investissements qui après avis d'un expert autorisé pour le programme, conduisent à une réduction des émissions de CO₂ d'au moins 30 kg par an et m² de surface utile.
6. Le remplacement de poêles au charbon, au mazout ou au gaz, de chauffages électriques à accumulation nocturne ou de chauffages centraux au charbon par des systèmes d'approvisionnement calorifique correspondant aux exigences du règlement sur les économies d'énergie ; le remplacement de chaudières traditionnelles au gaz ou au pétrole, installées avant juin 1982, par des systèmes permettant d'utiliser des énergies renouvelables (biomasse, chaleur ambiante) ou par des chaudières à condensation au gaz/au pétrole combinées avec des collecteurs solaires.

Actions régionales

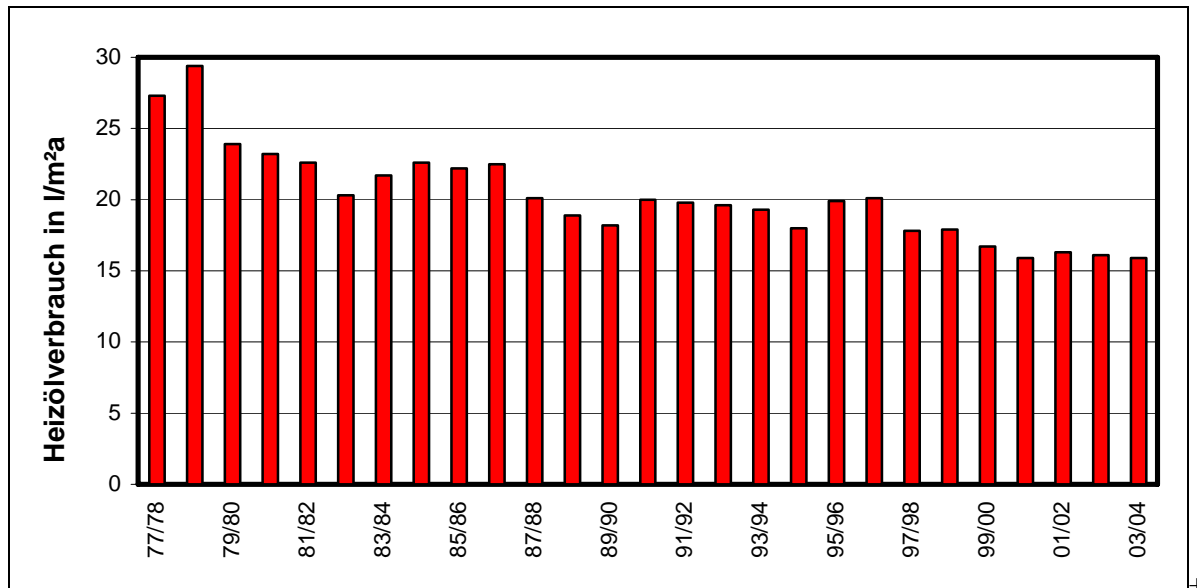
Ce soutien national coexiste avec plusieurs programmes de financement régionaux visant aussi bien les propriétaires occupants que les propriétaires bailleurs. Ces subventions couvrent une partie des investissements relatifs à la rénovation du parc, au développement du solaire et du bois et aux diagnostics énergétiques.

2.2.4 EVALUATION DU PROGRAMME

MESURES DES PERFORMANCES

Les performances du parc

Depuis 1978 une étude permet de suivre les consommations d'énergie de 250 000 bâtiments collectifs chauffés au fioul. La figure suivante qui porte sur l'évolution de ces consommations exprimées en litre de fioul/m².an, indique une diminution des consommations de 40% au cours des seize dernières années...

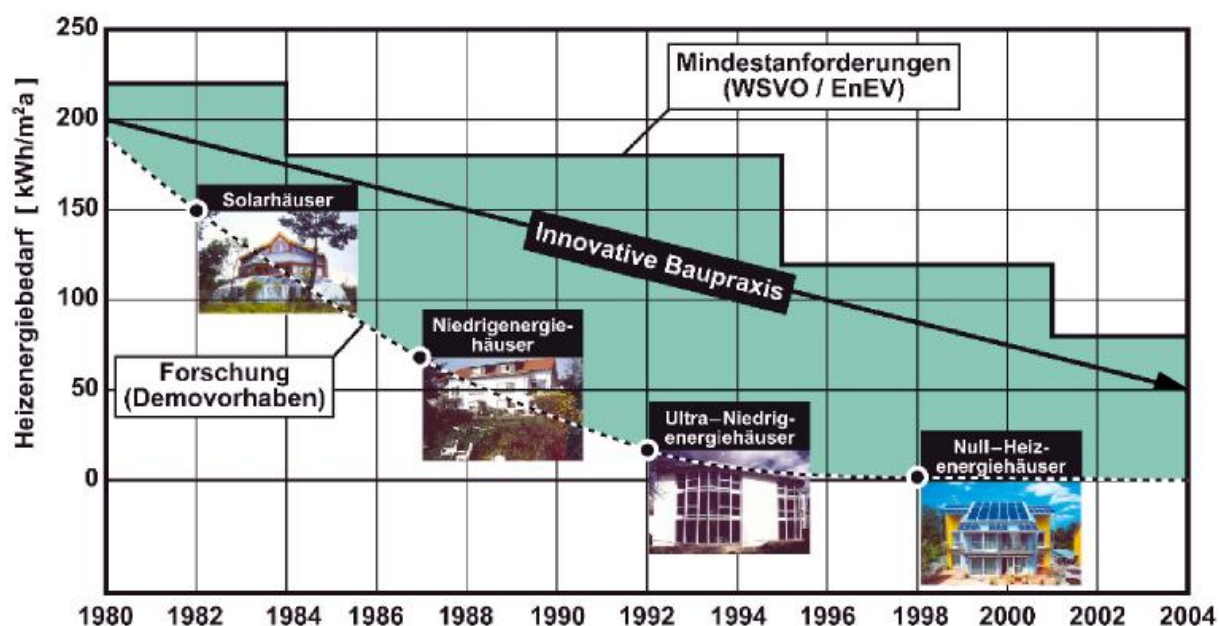


Consommation de fioul (« Heizölverbrauch ») de 250 000 bâtiments collectifs résidentiels en chauffage collectif

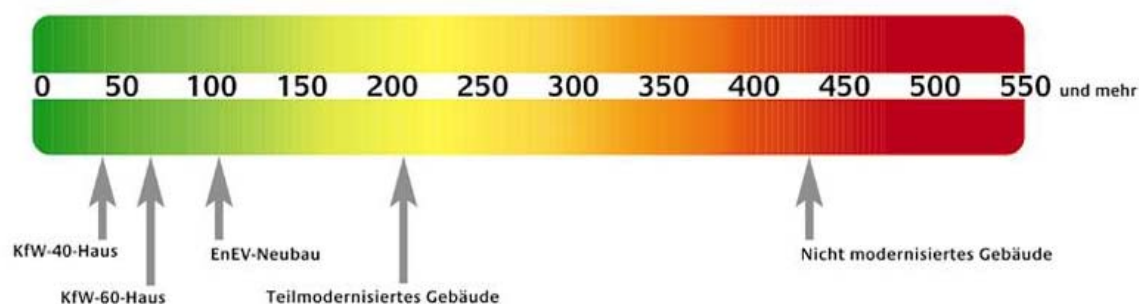
Le schéma suivant (« Meilensteine des energiesparenden Bauens » - les différentes étapes des constructions basse consommation) met en parallèle les consommations énergétiques requises par la réglementation (« Mindestanforderungen ») entre 1980 et 2004 (courbe haute), le niveau de consommation énergétique atteint par les constructions courantes innovantes (droite intermédiaire) et le niveau de performance atteint par des projets de recherche (« Forschung ») successifs (courbe basse).

Cette juxtaposition indique combien les projets de recherche sont moteurs et en avance sur la réglementation en terme de consommation d'énergie. Ce n'est en fait que lorsque certaines pratiques commencent à se diffuser que la réglementation les impose à l'ensemble des acteurs.

Meilensteine des energiesparenden Bauens



Le schéma ci-dessous place les performances respectives des bâtiments neufs et existants en perspective. Il met très bien en évidence l'écart de performance qui existe entre les maisons anciennes non modernisées et les maisons basse consommation KfW 40 (« la maison passive ») et KfW 60 (« la maison 3 litres »).



Les performances mesurées des bâtiments basse consommation

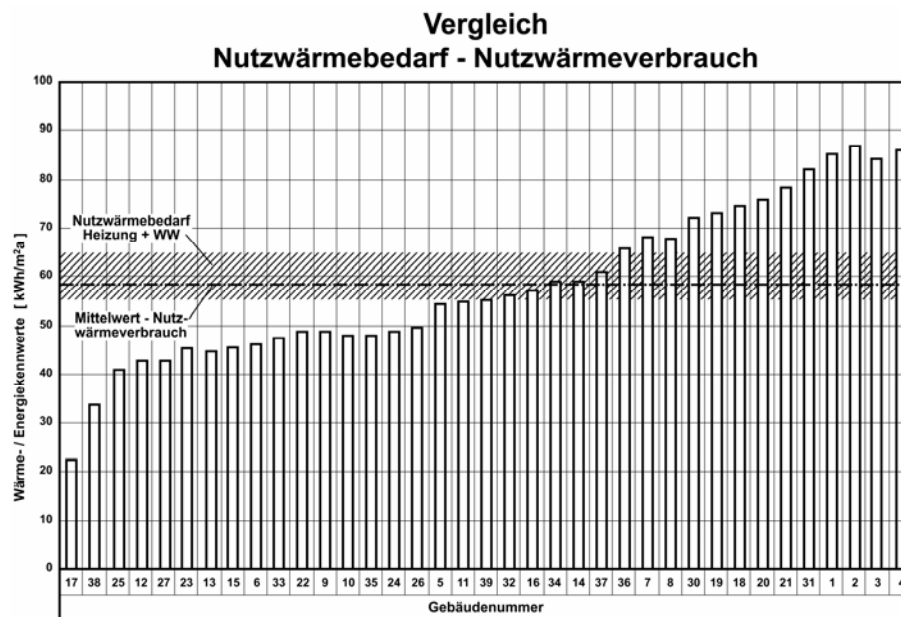
Le suivi des programmes pilotes est régulièrement effectué. Ceci met en avant combien les performances des bâtiments sont aussi liées au comportement des usagers.

Lotissement de Bâtiments basse énergie à Stuttgart Bugholzhof

Le schéma suivant présente les besoins pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire d'un lotissement de 39 bâtiments de tailles comparables comprenant chacun vingtaine de logements (soit environ un total de 800 logements).

Les consommations prévues (« Nutzwärmebedarf ») étaient de l'ordre de 60 kWh/m² par an (entre 57 et 65 avec une moyenne à 59,6) selon la méthode de calcul réglementaire allemande. La valeur moyenne obtenue (« Nutzwärmeverbrauch ») fut de 58,4 kWh/m². Cette valeur est proche de la valeur prévue mais elle ne reflète en rien les variations dues aux comportements individuels. Entre deux

bâtiments, des différences de consommations atteignent parfois 50kWh/m².par an; Certains bâtiments enregistrent des performances supérieures ou inférieures aux prédictions. .



Comparaison des consommations pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire réelles et prédites dans un quartier de bâtiments basse consommation à Stuttgart-Burgholz Hof.

Maisons passives à Stuttgart Feuerbach

51 maisons individuelles passives ont été construites à Stuttgart Feuerbach dans le cadre d'un concours visant à la réalisation de maisons basse consommation à bas coût.

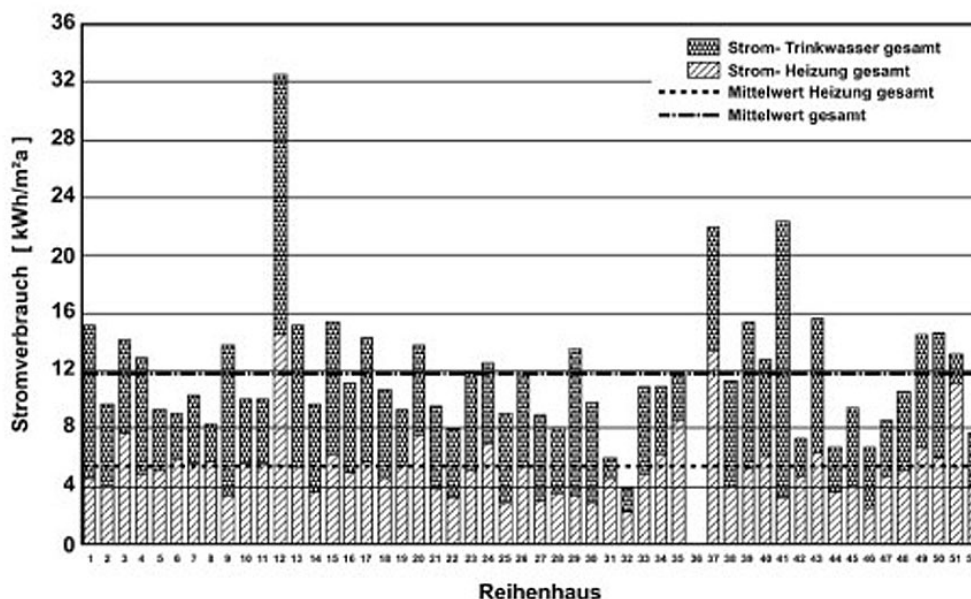
Les bâtiments d'une taille d'environ 120 m² ont des besoins de chauffage calculés inférieurs à 15kWh/m².an. En ajoutant une consommation prévisible pour l'eau chaude sanitaire d'environ 25kWh/m².an, on arrive à une quarantaine de kWh/m².an.

La consommation moyenne fut mesurée à 12kWh/m².an d'électricité. Suivant les conventions allemandes ceci correspond à une consommation en énergie primaire d'environ 36 kWh/m².an, soit un tiers de la consommation réglementaire.

En moyenne, la convergence entre les consommations estimées et mesurées est plutôt bonne. Cependant ces résultats globaux masquent une forte dispersion. Les écarts d'une maison à l'autre atteignent parfois 28kWh/m².an d'énergie finale soit 84 kWh/m².an. En retirant les deux cas extrêmes, la consommation varie de 1 à 4.

Ces deux exemples indiquent que :

- Les consommations moyennes obtenues sont proches des prédictions.
- Les variations d'un bâtiment à l'autre sont considérables en raison de comportements différents des usagers du bâtiment.



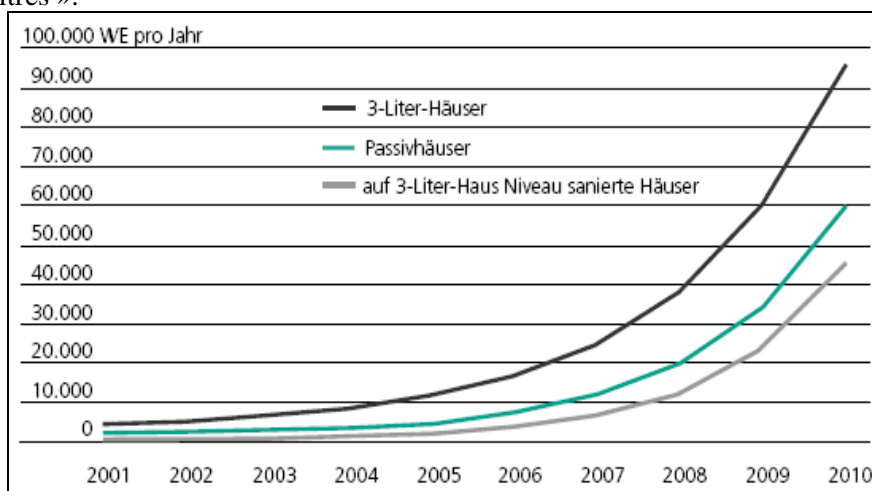
Consommation pour le chauffage (« Strom Heizung gesamt ») et l'eau chaude sanitaire (« Strom Trinkwasser gesamt ») pour les appartements de Stuttgart Feuerbac pendant la saison de chauffage 2001 -2002 (Septembre à mai)

Programme de « modernisation énergétique et de diminution du CO2 dans le bâtiment

Ce programme qui a débuté en 2001 et a touché jusqu'en 2005, 200 000 logements, a conduit à une réduction annuelle de 1,1 Mt de CO2 émis. Ces résultats constituent une réussite au regard de l'impact des travaux ponctuels réalisés depuis 15 ans. Ces travaux qui ont concerné dix fois plus de logements (deux millions) ont conduit à réduire le CO2 émis annuellement de 4Mt.

NOMBRE DE BATIMENTS REALISES

Le FhG ISE a fait une évaluation du marché des maisons « passives », « 3 litres » et rénovées au standard « 3 litres ».



Évaluation du marché des maisons 3 litres, des maisons passives et des maisons rénovées au standard 3 litre en unités par an.

Comme l'indique la figure ci-dessus :

- Le marché des maisons économes en énergie enregistre une croissance forte et régulière.

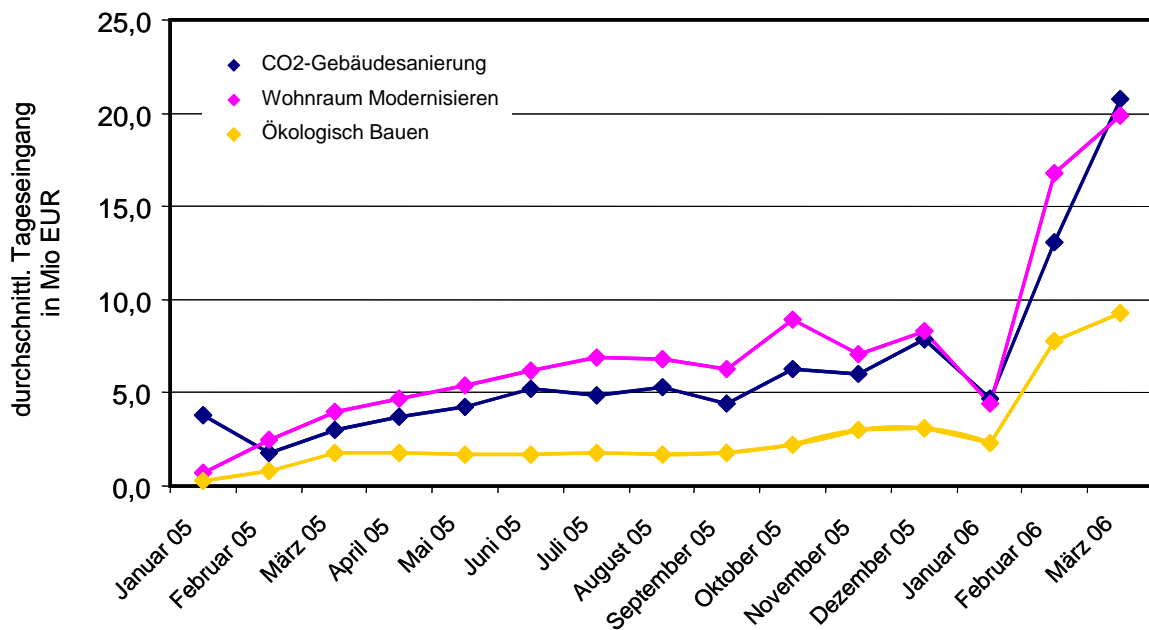
- La maison trois litres occupe une part de marché dominante avec une douzaine de milliers de réalisations (5000 pour les maisons passives et environ 5000 pour les maisons 3 litres rénovées).

Les prévisionnistes considèrent que d'ici 2010, dans la construction neuve, un tiers des maisons seront à 3 litres et un cinquième des maisons passives.

Cette évaluation donne des ordres de grandeur. Elle montre surtout que la coexistence sur un même marché de plusieurs programmes offrant des niveaux de performance distincts, est possible.

Une évaluation de la dynamique des programmes peut également être faite à partir des demandes de prêts faites auprès de la banque KfW.

Depuis le début 2006, les programmes de rénovation (CO₂ Gebäudesanierung) et ceux dédiés aux maisons basse énergie (Ökologisch bauen) enregistrent une croissance forte.



PERCEPTION DES UTILISATEURS.

Dans le cadre du projet « Vivre dans des maisons passives ou basse consommation » l'institut IWU à Darmstadt a réalisé une enquête auprès des habitants de vingt maisons passives et sept maisons basse énergie. Un groupe de contrôle intégrant des habitants de maison conventionnel a également été interrogé.

Presque tous les habitants interrogés étaient satisfaits du confort d'hiver.

Les occupants des maisons passives trouvaient le confort d'été moins bon que le confort d'hiver

La plupart des occupants appréciaient de ne pas devoir ouvrir leurs fenêtres grâce au système de ventilation mécanique (l'ambiance intérieure était agréable et contrainte de la gestion des fenêtres avait disparu). Un cinquième des habitants se sentait contraint par le manque d'air frais ou l'absence de contact avec la nature.

Globalement la satisfaction des occupants étaient élevée. Les appréciations négatives ne portaient pas sur le concept de maisons passives mais sur la réalisation de certains détails. La plupart des habitants recommanderaient d'ailleurs ce type de maison à un de leurs amis et choisiraient à nouveau de vivre dans une maison passive.

MODE DE DECISIONS DES ACTEURS

Une analyse du Fhg ISE s'est interrogée sur les origines du choix d'une maison 3 litres. Les questions ont été posées à différents professionnels.

	Réduction du coût du chauffage	Confort	Financement	Conseil
Architectes	75%	20%	37%	25%
Promoteurs	62%	22%	62%	50%
Fabricants de maisons préfabriquées	55%	20%	75%	60%
Concepteurs de techniques de construction	55%	30%	67%	62%
Fabricants de systèmes de ventilation	45%	20%	80%	75%
Ensemble	60%	22%	62%	52%

Pour tous les professionnels consultés (à l'exception des architectes), le critère financier (aides accordées) constitue le premier critère de choix. Les perspectives de réduction du coût du chauffage sont mentionnées en premier lieu par les architectes.

2.2.5 REFLEXIONS CRITIQUES

FORCES

Les programmes de soutiens publics conduisent progressivement à l'émergence d'un secteur important de bâtiments à basse consommation.

Les programmes initialement réservés au neuf se portent aujourd'hui sur l'existant.

La plupart des acteurs s'impliquent : l'Etat, les régions, les concepteurs, les maîtres d'ouvrages, les industriels...

Les programmes ne se limitent aux aspects financiers. Ils intègrent aussi de nombreuses actions de communication : création de sites internet, organisation régulière de conférences favorisant les échanges entre acteurs, publication de documents concrets sur la manière de réaliser des maisons, diffusion d'information sur les performances des opérations suivies et les solutions bien maîtrisées.

Des outils de financement déployés à large échelle conduisent à passer de la notion de surcoût à celle de surinvestissement. La conscience écologique développée en Allemagne permet justement d'accepter ces surinvestissements.

Les coûts de construction et de réhabilitation sont élevés en Allemagne. La population accepte d'ailleurs plus facilement qu'en France de payer plus pour bénéficier de solutions de qualité. Ceci favorise la diffusion des solutions basse consommation qui représentent un surinvestissement.

La diversité des labels conduit à plusieurs niveaux de performances correspondant à des niveaux de surinvestissements différents. Cette variété peut attirer différents types d'acteurs ayant des convictions plus ou moins affirmées.

FAIBLESSES

Le foisonnement des initiatives et la diversité des programmes rendent parfois peu lisibles les approches.

Malgré la forte croissance du nombre de bâtiments réalisés (selon les prévisions, en 2010 un tiers des maisons nouvellement construites seront à 3 litres), cela ne représente aujourd'hui que 1 à 2% du parc.

La phase de généralisation de ces approches n'est donc pas encore atteinte. Elle n'est envisageable qu'à moyen terme.

OPPORTUNITES

Les renforcements de la réglementation à la fois dans le neuf et dans l'existant peuvent conduire à généraliser certaines solutions.

Les travaux de recherche sur des bâtiments nettement plus performants que les maisons 3 litres ou les systèmes passifs continuent à tirer les performances vers le haut.

La généralisation de ces solutions techniques et la diffusion des produits utilisés amèneront progressivement à une baisse des coûts des projets de construction. Couplées à une hausse continue du prix de l'énergie, ces programmes qui ne sont aujourd'hui pas rentables d'un point de vue comptable, pourraient alors le devenir.

L'adoption de nouvelles approches financières qui ne se limitent pas à des critères comptables traditionnels pourraient aussi stimuler la mise en œuvre de ces programmes. En effet les approches actuelles tendent seulement à opposer le coût de l'investissement réalisé au gain direct réalisé. Or un investissement destiné à économiser de l'énergie ne se traduira pas seulement pas une baisse de la consommation d'énergie. Il devrait aussi engendrer un degré de confort supérieur pour l'utilisateur du bâtiment, un allongement de la durée de vie du bâtiment et une baisse des primes d'assurance et dans le cas de location de bâtiment un taux de vacance inférieur.

MENACE

La crise que traverse le secteur de la construction limite de fait le nombre d'opérations réalisées.

Les opérations très performantes réalisées (maisons passives) pourraient demeurer un marché de niche touchant uniquement les personnes à sensibilité écologique forte.

Les subventions importantes dont bénéficient l'ensemble des programmes basse consommation et ceux en faveur des énergies renouvelables pourraient être remises en cause dans la perspective d'une baisse des dépenses publiques.

2.2.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

L'IMPLICATION DES ACTEURS

L'approche allemande se caractérise avant tout par la multiplicité des acteurs impliqués et leur complémentarité : instituts privés et publics, constructeurs, industriels, organismes de financement publics aux niveaux fédéral et régional, centres de recherche appliqués. Ces acteurs sont en outre stimulés par des acteurs de la demande dotés d'une conscience environnementale assez marquée. Un juste équilibre s'établit entre un système d'offre très proactif et une demande assez captive.

Une telle mobilisation et un tel équilibre seraient probablement difficiles à atteindre en France où l'articulation entre acteurs ne semble pas aussi bonne. Par ailleurs, sur le plan culturel, les propriétaires français ne marquent pas le même souci pour les questions environnementales. Faute de clients leaders exigeants, le système semble soumis dans son ensemble à plus d'inertie.

Parmi les acteurs, la banque fédérale KfW joue un rôle central dans le processus de financement des bâtiments basse consommation. Cet organisme qui a l'origine n'accordait pas de soutien à des programmes basse consommation, a fait preuve d'une remarquable capacité d'adaptation. A priori, il n'existe pas en France d'organisme financier qui pourrait jouer un rôle similaire et surtout être impliqué avec la même ampleur. Par ailleurs, au niveau gouvernemental tant fédéral que régional, le soutien des autorités allemandes semble beaucoup plus massif qu'en France. En revanche, le mécanisme financier incitatif couplant aides immédiates et aides différées en cas d'atteinte du résultat annoncé, semble facilement transférable.

La diversité des initiatives participe à la dynamique du mouvement en faveur des programmes basse consommation. Pour éviter que cela nuise à la lisibilité du système de soutien, l'aspect communication n'a pas été négligé. A côté des aides financières, des structures d'information aident les acteurs intéressés à se repérer parmi les différents dispositifs. Par exemple, une structure a été créée pour informer les acteurs sur les modes de financement existants.

.Au moment où une telle dynamique se met progressivement en place en France, il semble aussi nécessaire de favoriser les échanges entre des acteurs motivés. Sur ce plan, l'exemple allemand peut servir de modèle (création de nombreux sites internet, organisation de conférences, publications de guides de réalisation).

L'exemple allemand semble par contre indiquer que l'usager a été le grand oublié des différents programmes. Les opérations de suivis ont notamment révélés que d'un bâtiment à l'autre les occupants adoptent des comportements très différents qui peuvent se traduire par des écarts de consommation allant de 1 à 4. Le transfert de certains dispositifs relatifs aux maisons basse consommation, nécessiterait d'organiser des opérations d'information auprès des futurs usagers afin de limiter les écarts de consommation entre bâtiments offrant des caractéristiques techniques identiques.

LES LABELS

Il existe en Allemagne plusieurs labels correspondent à des niveaux de performances différents. Ceci a sans aucun doute l'avantage de dynamiser la démarche allemande. Les banques, les industriels, les constructeurs, la recherche publique se mobilisent pour faire émerger des solutions et les labéliser.

En revanche cette diversité conduit à une difficulté de lecture. Les usages (chauffage seul, chauffage plus eau chaude) et les unités (kWh/m² par an, litres de fioul...) pris en compte dans les différents labels diffèrent.

Pour la France, il conviendrait d'arriver à un consensus entre acteurs, portant à minima sur les unités à employer et les usages à couvrir. La réglementation thermique devrait servir de référence et les résultats seraient exprimés en kWh/m².

En revanche le fait que des acteurs se mobilisent autour de niveaux de performances différents et de plusieurs modes de financement ne nuit pas a priori au fonctionnement du système. Au contraire une dynamique d'entraînement se crée pour le bénéfice du plus grand nombre.

LES BATIMENTS EXPERIMENTAUX ET LES OPERATIONS COMMERCIALES

Les programmes allemands associent fréquemment :

- la réalisation d'un petit nombre d'opérations suivies dans le détail. Sur cette base, des guides de bonnes pratiques et des exemples de solutions sont mis en place. Ces opérations de réalisation de « bâtiments expérimentaux » conduisent à l'émergence de solutions innovantes. Ce travail est animé par des équipes de R&D telles que celles du Fraunhofer.
- la réalisation d'un grand nombre d'opérations commerciales qui abordent les problèmes organisationnels, financiers... Ces opérations sont dirigées par des maîtres d'ouvrages

La transposition en France de cette double approche ne pose sur le principe aucun problème.

Néanmoins dans la pratique, son succès dépend de plusieurs facteurs :

- L'acceptation par la main d'œuvre française de nouvelles façons de faire : le cas de l'isolation est emblématique. Le principe de l'isolation par l'extérieur qui est couramment utilisé en Allemagne, risque de se heurter aux pratiques françaises où l'isolation par l'intérieur domine¹.

¹ L'analyse du transfert des technologies allemandes vers la France, sera davantage développée dans les rapports consacrés aux « briques technologiques ».

- La bonne coordination des opérations menant à une mise en œuvre réussie des systèmes constructifs prédéfinis : La précision requise au stade de la conception puis du chantier contribue aux performances des systèmes d'isolation, de chauffage et de ventilation. Mais ces nouveaux modes de conception et d'organisation pourraient requérir de nombreux ajustements dans le cas français. La réalisation de guides de bonnes pratiques semble un exemple à suivre pour limiter les risques d'échec.

LES GUIDES DE BONNE PRATIQUE

En Allemagne, la volonté de réaliser en nombre des bâtiments basse consommation a conduit à la réalisation de guides de bonnes pratiques.

Ces guides se concentrent principalement sur trois sujets : le niveau de performance visé, les solutions techniques utilisables, l'organisation à mettre en place au niveau des études à réaliser, du suivi de chantier...

Cette démarche se rapproche de la HQE qui établit des exigences tant sur des performances à atteindre que sur la qualité du management du projet de construction.

De tels guides de bonnes pratiques pourraient être progressivement développés en France.

Par exemple la description en phase de conception des schémas des détails constructifs pourrait être publiée dans un catalogue destiné aux maîtres d'ouvrages, aux concepteurs et aux entreprises de construction. De tels guides qui seraient élaborés collectivement, participeraient à l'évolution de la filière construction. A plus long terme les spécifications exposées dans ces guides seraient intégrées dans les DTU.

2.3 ETATS-UNIS : LES PROGRAMMES « BUILDING AMERICA », « ZERO ENERGY HOMES » ET « LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN » (LEED)

Auteurs : Jean Christophe Visier (jean-christophe.visier@cstb.fr),
Ahmad Husaunndee (ahmad.husaunndee@cstb.fr)
avec la participation de Frédéric Bougrain (frederic.bougrain@cstb.fr)

Expert : Leslie K. Norford (Massachusetts Institute of Technology)

2.3.1 LES PROGRAMMES “BUILDING AMERICA” ET “ZERO ENERGY HOMES”

2.3.1.1 CONTEXTE, ANTERIORITES

LE CONTEXTE

Le contexte américain se caractérise par :

- de fortes consommations énergétiques
- une dépendance énergétique relativement faible (29% d'énergie primaire est importée)

Les consommations des bâtiments sont les suivantes :

- Résidentiel : 256 kWh/m² d'énergie primaire ce qui est du même ordre que les bâtiments français
- Tertiaire : 561 kWh/m² d'énergie primaire ce qui est supérieur aux bâtiments français.

Pour les maisons individuelles la construction bois est très fortement utilisée. Les constructions sont généralement réalisées sur site et l'isolation est mise en place à l'intérieur des ossatures bois. Des panneaux sandwichs préfabriqués sont utilisés de manière non négligeable.

Les systèmes de climatisation sont très fréquents mais les systèmes de ventilation spécifique ne sont pas systématiques.

Les solutions techniques utilisées dépendent de la région et du climat.

On peut différencier aux Etats-Unis 6 grands types de climat. Le climat « mixed Humid » qui couvre une partie de l'est américain est le plus proche du climat Français.

ANTERIORITES

Au **plan national américain** une loi de 2005 :

- met en place ou renforce les normes d'efficacité énergétique pour de nombreux équipements utilisés dans les bâtiments résidentiels ou non résidentiels
- instaure des aides fiscales pour les actions de maîtrise de l'énergie et de sources alternatives d'énergie
- impose aux états la mise en oeuvre de réglementations sur les bâtiments non résidentiels basés sur une norme d'efficacité énergétique définie par l'association des ingénieurs de génie climatique (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE)

Des aides de certains états peuvent couvrir jusqu'à 50% du coût des systèmes photovoltaïques sous des formes diverses.

Le ministère de l'Energie (DOE – Department of Energy) a défini une **feuille de route** qui définit les performances à atteindre par rapport aux bâtiments du milieu des années 1990. -40% en 2010, -50% en 2015, -70% en 2020 avec en 2020 une production locale satisfaisant les besoins.

Cette feuille de route comprend donc deux objectifs complémentaires :

- améliorer l'efficacité énergétique
- produire de façon décentralisée.

2.3.1.2 DESCRIPTION DU PROGRAMME

DÉFINITION

Depuis 1996 le département de l'énergie soutient les programmes « Construire l'Amérique » (*Building America*) et « Maisons zéro Energie » (*Zero-ENERGY HOMES*) qui portent sur les maisons individuelles neuves ou réhabilitées. Cependant, dans la pratique, environ 95% du budget est employé pour des projets portant sur le neuf. Des travaux portant sur les solutions pour l'existant ont été menés mais n'ont pas à l'heure actuelle fait l'objet d'une diffusion.

Ces programmes sont une des actions visant à mettre en œuvre la feuille de route Ils poursuivent à la fois des objectifs de baisse des consommations d'énergie et d'amélioration les performances économiques des entreprises impliquées dans le programme. Le budget fédéral dédié au programme « Construire l'Amérique » s'élevait à 16M\$ pour 2005. Ce budget couvre les activités de conception, de formation, de tests et aussi la publication des guides.

L'atteinte des objectifs de baisse des consommations d'énergie conduit à promouvoir :

- La production de bâtiment consommant 30 à 90% d'énergie en moins pour le neuf et 20 à 30% de moins pour l'existant,
- L'intégration de systèmes de production décentralisés afin d'arriver en 2020 à des bâtiments zéro énergie et
- Le développement des technologies qui réduisent les consommations d'énergie et de matière.

L'atteinte du second objectif repose sur :

- Le soutien aux entreprises pour réduire les temps de construction et les déchets,
- L'amélioration de la productivité des entreprises et
- Le développement de nouvelles opportunités de marché pour les industriels et les distributeurs.

Le programme vise notamment à modifier les habitudes individualistes des acteurs. L'idée est de promouvoir un travail collectif et des approches systèmes (system engineering approches).

Une des hypothèses du programme « Construire l'Amérique » est que des économies d'énergie importantes peuvent être obtenues à coût nul et marginal via une optimisation globale des systèmes. L'exemple type est la réduction des coûts des systèmes de chauffage climatisation rendue possible par un surinvestissement dans l'enveloppe.

LES ACTEURS

Les programmes sont portés par plusieurs consortiums placés sous l'autorité d'un leader qui coordonne des équipes pluridisciplinaires composés d'architectes, d'ingénieurs, de producteurs d'équipement, de fournisseurs de matériaux, de collectivités locales, d'entreprises de construction, de sociétés de crédit immobilier. La plupart des consortiums sont impliqués dans les deux programmes.

Les consultants spécialistes des questions énergétiques, et les constructeurs de maison individuelles forment les acteurs clés des programmes. :

Les consultants ont formé plusieurs partenariats en associant les entreprises de construction et les fournisseurs et en assurant une assistance technique. Ce dernier point est déterminant dans la mesure où les modes de construction liées aux programmes diffèrent des pratiques courantes.

Ceci explique aussi pourquoi un des points clés du programme est la réalisation de guides de construction utilisables par les entreprises de construction (gros œuvre et second œuvre). Ces guides ont été établis progressivement à partir des études menées par les différents consortium. Chaque consortium a son approche par rapport à ces guides (descriptions succinctes des performances des composants à mettre en œuvre ou descriptions détaillées de maisons dont les usages sont conformes aux attentes (60 pages décrivent les plans et vont jusqu'aux détails constructifs).

Les constructeurs de maisons ont une place centrale puisqu'ils portent les produits finaux. Ce ne sont pas les perspectives liées à une baisse des consommations énergétiques des bâtiments construits qui les motivent. Ce sont davantage les perspectives d'amélioration de la qualité du bâti et de réduction des risques de litiges et de malfaçons (en particulier des problèmes de condensation et de moisissures) qui les stimulent. Côtés sur les marchés financiers, ils réussissent par ce biais à satisfaire des actionnaires sensibles à la baisse du nombre de litiges et de recours en justice.

En outre, dès que la direction générale est convaincue de l'intérêt d'adopter une approche globale de la conception des maisons, les entreprises ont les capacités pour mettre en œuvre les nouvelles techniques avec le support de l'équipe projet Construire l'Amérique et l'aide indirecte des guides.

Les producteurs d'équipement et les fournisseurs de matériaux jouent un rôle moins central. Néanmoins, ils sont étroitement associés à la rédaction de guides et à l'optimisation des solutions retenues par les consortiums pour les différentes zones climatiques.

LE MARKETING DU PROGRAMME

Les consultants qui pilotent la plupart des consortiums, présentent sur leur site internet les finalités du programme « Construire l'Amérique ». Des études de cas exposant les atouts du programme pour les acheteurs sont exposés. Il est également possible d'acheter en ligne les guides de mise en œuvre qui ont été conçus pour les différentes zones climatiques.

Les constructeurs n'ont pas négligé les aspects commerciaux. Des documents de promotion destinés aux acheteurs insistant sur la réduction des factures énergétiques, la possibilité d'acheter autre chose avec l'argent économisé, le confort, la durabilité et la qualité du bâti pour la santé, ont été diffusés.

Par ailleurs, le programme fournit des exemples concrets de plans de financement prenant en compte les différentes aides disponibles.

LIEN AVEC LES TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

Un système d'évaluation de la performance énergétique des maisons est en place depuis 2002. Il est géré par le Residential Energy Services Network (RESNET). L'objectif de ce réseau est d'éduquer le public sur les avantages des maisons économes en énergie. La première version de ce système prenait en compte le chauffage, la climatisation et l'eau chaude sanitaire. En 2006 le système a été modifié pour intégrer l'ensemble de la consommation d'énergie de la maison.

Ce système d'évaluation de la performance est utilisé pour la distribution des prêts aidés et pour l'obtention d'un certificat de performances énergétique via le label ENERGY STAR.

ENERGY STAR est un label sur la performance énergétique qui s'applique en premier lieu à des produits industriels. Il traite notamment pour le bâtiment des performances des climatiseurs, des chaudières, des pompes à chaleurs, des ventilateurs, de l'éclairage, des matériaux de couverture, des portes et fenêtres... ENERGY STAR propose aussi un label pour les bâtiments eux même. Il est utilisé par les constructeurs pour prouver à leurs clients la performance énergétique des maisons qu'ils vendent.

Le niveau actuel du label correspond à une réduction de consommation de 30% par rapport à une maison type de 1993. Le label peut être obtenu soit via le calcul de la performance énergétique soit par l'application de packages de solutions standard.

TECHNOLOGIES APPLIQUEES

Les consommations typiques d'une maison américaine se répartissent principalement entre le chauffage (30%), l'éclairage (12%) et la climatisation (11%). Le reste provenant des usages spécifiques de l'électricité.

Les technologies typiquement utilisées pour le programme sont les suivantes :

Ossature bois : L'épaisseur des ossatures est augmentée pour permettre la mise en place d'une plus grande épaisseur d'isolant.

Les intercalaires sont éloignées les unes des autres pour réduire les ponts thermiques.

Une membrane d'étanchéité à l'air est mise en place sur la face extérieure

Les détails des jonctions sont soignés pour éviter les problèmes d'infiltration d'air

Fenêtres : Les fenêtres métalliques avec vitrage standard sont remplacées par des fenêtres PVC avec vitrage peu émissif (double vitrage)

Ventilation : L'augmentation de l'étanchéité à l'air conduit à mettre en place un système de ventilation mécanique.

Réseau de distribution : Les réseaux de distribution d'air chaud ou froid sont passés en volume conditionnés (par exemple en isolant les combles) pour récupérer les pertes

On recherche des réseaux courts entraînant moins de pertes et plus facile à rendre étanches.

Génération de chaleur et de froid : Utilisation de chaudières sans stockage et à haute efficacité.

Eclairage : Utilisation de lampes fluo compactes.

Pour les bâtiments du programme Maisons Zero Energie recours systématique au solaire photovoltaïque et à un système solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire.

Les tableaux ci-dessous présentent d'autres exemples de solutions.

Climat froid

	Solution 1	Solution 2	Solution 3
Fondation	Vide sanitaire non ventilé isolation extérieure R =1,8		
Murs	R= 2,8 , 2 ,3 dans l'ossature et 0,5 en extérieur	R = 3,4 dans l'ossature	R= 4,2, 3,9 dans l'ossature et 0,9 en extérieur
Fenêtres	Ouvertures nord minimisées, surface vitrée inférieure à 21 % de la surface au sol, conductivité de 0,35, facteur de transmission solaire de 9,45		
Toit	R=6,7 dans les combles et 5,3 dans les plafonds		
Renouvellement d'air	0,35		
Chauffage	Générateur d'air chaud rendement annuel 90% ou PAC sur air avec cop Annuel de 2,1	Générateur d'air chaud rendement 90% ou PAC sur air avec cop Annuel de 2,1	Générateur d'air chaud rendement 80% ou PAC sur air avec cop Annuel de 2,1
Froid	Cop = 2,93		
Ventilation	Système mécanique simple flux extraction ou double flux		
Eau chaude sanitaire	Efficacité de 0,56 en gaz ou 0,88 en électrique		

Climat mixte humide (le plus proche du climat français)

	Zone ouest	Zone est Sur vide sanitaire ou sous sol	Zone est Sur terre plein
Fondations	Vide sanitaire non ventilé, isolation extérieure R=1,8, Terre plein isolation périphérique horizontale R=1,8 sur 60 cm	Vide sanitaire non ventilé, isolation extérieure R=1,8,	Pas d'isolation
Murs	R=2,3 entre ossatures		
Fenêtres	Ouvertures nord minimisées, surface vitrée inférieure à 21 % de la surface au sol, conductivité cadre de 0,35 , facteur de transmission solaire de 0,45		
Toit	R=6,7 dans les combles et 5,3 dans les plafonds		
Renouvellement d'air	0,35		
Chauffage	Générateur d'air chaud rendement annuel 90% ou PAC sur air avec cop Annuel de 2,1	Générateur d'air chaud rendement 80% ou PAC sur air avec cop Annuel de 2,1	Générateur d'air chaud rendement 90% ou PAC sur air avec cop Annuel de 2,1
Froid	Cop = 2,9	COP = 3,5	COP = 3,5
Ventilation	Système mécanique simple flux en surpression ou double flux		
Eau chaude sanitaire	Efficacité de 0,56 en gaz ou 0,88 en électrique		

Maisons zéro énergie en Floride

	Maison de référence	Maison zéro énergie
toiture	Shingle gris brun avec débord de 45 cm	Ardoises blanches avec débord de 91 cm
Isolation des combles	R=5,3	
Isolation des murs	R=0,7 en intérieur des blocs béton	R= 1,8 en extérieur des blocs béton
Fenêtres	Simple vitrage, cadres aluminium, Ucadre =1,1, facteur solaire 0,88	Double vitrage sélectif, U cadre = 0,34, facteur solaire 0,38
Distribution air conditionné	Isolation R = 1,1 passage en combles	Réseau en volume climatisé
Réfrigérateur	standard	Basse consommation
Eau chaude sanitaire	Electrique standard	Capteur solaire thermique avec appoint propane
Sèche linge	Electrique standard	propane
Eclairage	Eclairage incandescent standard	Eclairage fluo compact
Système de climatisation	Climatiseur standard 14 kW, COP = 2,9	Climatiseur puissance réduite 7kW, Cop 4,2 avec ventilateur de soufflage à vitesse variable et vérification sur site des débits
Système photovoltaïque		4kW relié au réseau

2.3.1.3 MISE EN OEUVRE

ELABORATION ET MISE EN ŒUVRE DES PROGRAMMES

Pour favoriser la mise en œuvre du programme « **Construire l'Amérique** » qui requérait une approche système, des guides opérationnels ont été conçus par les équipes constitués principalement de consultants, de constructeurs et d'industriels.

Ces guides qui présentent un recueil des meilleures pratiques en cours ont été réalisés via :

- des travaux de simulation présentant les coûts et bénéfices des différentes solutions de conception retenues,
- le développement de nouvelles technologies.

Cette approche a requis une interaction permanente entre les membres des consortiums établis. En effet, la principale rupture du programme est moins technique qu'organisationnel. Il s'agit notamment de faire travailler en commun des acteurs plus habitués à opérer sans se coordonner.

Les solutions adaptées à chaque zone climatique ont été testées sur la base des premières maisons réalisées en intégrant les objectifs de réduction des coûts et une réflexion sur les modes de financement.

Ce processus de recherche action portant sur l'assemblage et la réalisation des maisons, a conduit à l'enrichissement progressif des premières approches.

La réussite du programme « Construire l'Amérique » étant conditionnée par la coordination des acteurs, il a fallu renforcer le dialogue entre entreprises du chantier. Pour cela plusieurs dispositifs de contrôles ont été élaborés :

- Les tâches à accomplir sont définies dans un contrat établi entre le constructeur et les entreprises du second œuvre. Cela couvre l'ossature, les fenêtres, le réseau de distribution, les systèmes d'isolation, de chauffage et de ventilation.
- Les informations contenues dans les guides de construction spécifiques à chaque zone climatique sont affichées sur le chantier.
- Des entreprises contrôlent le travail effectué en mesurant l'étanchéité de l'enveloppe extérieure et des conduits. Les entreprises de second œuvre responsable de ce lot sont ainsi assurées de bénéficier d'un retour d'expérience.
- Des objectifs de performance à atteindre : ceci concerne les consommations énergétiques relatives au chauffage et à l'eau chaude sanitaire et la baisse du nombre de recours pour malfaçons.

Cette garantie a constitué un puissant vecteur d'achat (certains industriels impliqués ont même offert une garantie à vie pour leurs produits). Cependant, certains acheteurs qui considéraient que les objectifs de performance n'étaient pas atteints, ont porté plainte devant la justice.

Le programme « **Maisons Zéro Energie** » repose davantage sur la réalisation d'opérations pilotes.

Trois types de travaux ont été menés :

- Maisons de recherche à énergie zéro. Un petit nombre de maisons de démonstration ont été construites afin de tester quelques solutions alternatives potentiellement intéressantes. Il s'agit là d'un travail de recherche essentiellement technique n'incluant pas d'optimisation économique.
- Maisons de production à énergie zéro. L'objectif est de tendre vers la construction de maisons à une grande échelle. Les équipes « maisons zéro énergie » ont travaillé avec des constructeurs de maisons individuelles pour développer des ensembles de solutions qui suivent les recommandations de l'Association Nationale des Constructeurs de Maisons (National Association of Home Builders). Ces ensembles incluent des solutions techniques typiques des maisons basse énergie auxquelles on rajoute un système de production d'eau chaude solaire efficace, un système photovoltaïque optimisé et un système de gestion permettant l'interruption des systèmes électriques non utilisés.
- Développement d'un outil d'optimisation : Le principe de l'outil consiste à mettre en œuvre toutes les solutions d'efficacité énergétique dont le coût marginal est inférieur à celui du photovoltaïque (PV) et à dimensionner ensuite le système PV pour produire l'énergie

nécessaire restante. Ce logiciel est utilisé par les chercheurs pour estimer l'impact potentiel sur le marché des maisons zéro énergie.

DIFFICULTES DE MISE EN ŒUVRE.

Les problèmes de mise en œuvre et de coordination liés à la nouvelle approche défendue par le programme « Construire l'Amérique » ont été progressivement résolus.

Les équipes qui se sont impliqués dans le programme avaient généralement les compétences techniques pour mettre en œuvre les solutions envisagées mais avaient besoin d'un support pour le faire. L'absence d'architectes sur les sites ne permettait pas d'avoir accès aux explications nécessaires. Les guides de construction ont répondu à ces insuffisances en intégrant les changements de mode de faire..

Des inspections programmées de l'enveloppe et des réseaux de distribution ont été instaurées à des moments clé pour vérifier la mise en œuvre. Ces inspections ont été généralement faites par une entreprise extérieure.

Par ailleurs, il apparaît que le programme « Construire l'Amérique » s'est intéressé à l'amélioration des performances et peu à l'amélioration du process constructif. Seul un constructeur a associé ce programme à une approche innovante de construction rapide.

Dans les projets pilotes du programme « Maisons Zéro Energie », quelques difficultés liées à l'appropriation des techniques de construction et des équipements par des constructeurs qui n'en avaient pas l'habitude, se sont faites sentir. Ces difficultés ne sont toutefois pas jugées comme bloquantes.

L'objectif de rentabilité poursuivi par les constructeurs a constitué une barrière beaucoup plus forte pour le développement des maisons zéro énergie. Dans l'état actuel de la technique et au prix actuel de l'énergie, le programme n'est pas rentable puisque les temps de retour sur investissement sont beaucoup trop longs.. Les systèmes PV sont en effet chers. Réduire les consommations d'énergie jusqu'au point où elles peuvent être assurées par des systèmes actifs implique donc des niveaux d'investissement très nettement supérieurs. Des entreprises ayant réalisé des bâtiments zéro énergie ont d'ailleurs indiqué qu'elles ne reproduiraient pas la démarche.

LES COÛTS DE CONSTRUCTION

Les maisons « Construire l'Amérique » sont conçues pour arriver à des surcoûts faibles ou marginaux. L'approche consiste à transférer les coûts d'un poste à l'autre en améliorant l'efficacité énergétique.

L'approche consiste généralement à surinvestir sur l'enveloppe pour réduire les coûts des systèmes de chauffage et de climatisation.

Résumé des coûts (en fonction des zones climatiques)

Type de climat	Coûts typiques pour un constructeur	Economie typique annuelle pour un acheteur
Froid	+\$350	\$300 – \$500
Chaud et sec	-\$100	\$200 - \$300
Mixte	-\$200	\$200 - \$350
Chaud et humide	+\$300	\$200 - \$300

Source : <http://www.buildingscience.com/buildingamerica/overview.htm>

Pour les maisons zéro énergie le surcoût est très important comme l'indiquent les exemples suivants (les coûts sont en US\$):

	Maison de référence	Maison zero énergie 1	Maison zero énergie 2	Maison zero énergie 3
Maison	59,300	78,900	84,000	87,900
Foncier et infrastructures	14,500	14,500	14,500	14,500
Système PV	0	22,400	16,000	16,000
Coût total	73,800	115,800	114,500	122,400
Coût total par m ²	750	1,180	1,170	1,250

LES MODES DE FINANCEMENT

Les fonds fédéraux ont permis de couvrir les actions de conception, de formation et de test, ceci inclut la publication des guides de conception et des guides pratiques. Cette part du budget est variable selon les années (18,8 M\$ annuels demandés pour 2007 alors que le budget 2005 s'élevait à 16M\$).

Les propriétaires peuvent généralement financer les investissements d'efficacité énergétique via leurs fonds propres, des emprunts, des contrats de performance énergétique ou des soutiens des distributeurs d'énergie.

LES PRETS POUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE

Des prêts pour l'efficacité énergétique sont proposés par plusieurs organisation publiques et privées.

Beaucoup d'acheteurs souhaiteraient bénéficier de taux d'intérêts réduits.. Cumulés à une baisse future des factures énergétiques, ils compenseraient le surinvestissement initial.

Cependant, la logique des prêts pour l'efficacité énergétique n'est pas d'abaisser les taux d'intérêt mais de permettre aux acheteurs d'accéder à des emprunts plus conséquents. L'idée est que la réduction des factures énergétiques permettra de rembourser un crédit plus important. Cette approche conduit à faire courir la totalité du risque associé aux économies d'énergie à l'acheteur.

L'intérêt suscité par ces prêts est jusqu'à présent mitigé. Certains acteurs ont du mal à penser qu'ils rembourseront plus en réalisant des économies d'énergie. Par ailleurs, le processus administratif d'obtention de ces prêts manque parfois de fluidité et les prêts classiques proposés sur le marché du crédit offrent des conditions presque aussi avantageuses. Enfin le coût de la certification exigée par les prêteurs constitue un autre frein.

2.3.1.4 EVALUATION DU PROGRAMME

NOMBRE DE MAISONS

Le programme Construire l'Amérique a conduit à la construction de plus de 31 000 maisons. Les leaders des projets évaluent à 30 à 45% les réductions d'énergie sur ces maisons.

Environ 500 des maisons construites en 2002-2003 intègrent une production localisée d'électricité en vue d'aller vers des maisons à énergie nulle. Plus de 2000 maisons de intégrant de ce type sont en cours de réalisation.

Le programme « Maisons zéro Energie » ne permet pas encore d'arriver généralement à une consommation nulle d'électricité. Des recherches se poursuivent pour améliorer l'efficacité du système. Selon les estimations une baisse des taux d'intérêt constituerait un stimulant à la diffusion de ce type de construction.

Le tableau suivant donne les exemples de consommations et d'économies réalisées pour quatre maisons « zéro énergie ».

	Référence Floride	Zéro énergie Floride	Référence Tennessee	Zéro energie Tennessee 1	Zéro Energie Tennessee 2	Zéro Energie Tucson
Consommation annuelle nette d'électricité kWh/m ²	114	11	173	84	101	22
Economie/ référence	-	90%	-	52%	42%	
Electricité Photovoltaïque produite, kWh/m ²	-	21	-	20	23	45
Consommation d'électricité hors PV, kWh	114	32	173	104	124	67
Economie par rapport à la référence hors PV		72%		40%	28%	

On constate sur chacune des maisons que la plus grosse économie est faite sur les actions hors PV.

Ceci confirme très nettement le fait que pour aller vers des maisons à zéro énergie il faut absolument commencer par réduire drastiquement les besoins de la maison avant d'envisager l'installation de PV.

EVALUATION ECONOMIQUE

Les maisons du programme « Construire l'Amérique » engendrent des surcoûts de construction très faibles voire nuls. Ceci conduit à des temps de retour très rapides (de 0 à 6 ans) par rapport à des maisons standards.

A l'inverse, le coût du PV ne permet pas, au prix de l'énergie actuelle, un temps de retour rapide pour les maisons zéro énergie.

D'autre part dans les maisons à zéro énergie, les constructeurs installent un grand nombre de dispositifs d'économie d'énergie en raison du coût du PV. L'installation a lieu si le coût marginal de l'installation est inférieur au coût du PV.

En outre, la rentabilité du programme dépend étroitement des subventions liées à l'installation de systèmes photovoltaïques. Suivant les maisons les temps de retour hors subvention de la partie

photovoltaïque vont de 50 à 100 ans. Ces systèmes ne sont donc pas envisageables aujourd'hui sans subvention. Cependant, le rapport sur la brique « photovoltaïque » montrent clairement que le développement de cette technologie doit être apprécié dans une perspective de long terme visant à réduire son coût de production.

2.3.1.5 REFLEXIONS CRITIQUES

FORCES DU PROGRAMME

Le programme conduit à développer une approche intégrée de la conception de la maison individuelle. Il amène progressivement à faire travailler en commun des corps de métier qui n'avaient pas l'habitude de se coordonner. Cette rupture organisationnelle a été rendue possible par un soutien fédéral (le budget fédéral de 16M\$ pour 2005, couvre les activités de conception, de formation, de tests et aussi la publication des guides d'assistance aux équipes du chantier). Par ailleurs, les constructeurs de maisons sont incités à soutenir une approche qui semble réduire le nombre de sinistres et est appréciée à ce titre par leurs actionnaires.

Ce travail conjoint entre acteurs améliore la qualité du produit final (baisse du nombre de malfaçons, réalisation de plusieurs milliers de maisons plus performantes sur le plan énergétique, amélioration de la qualité de l'air intérieur par la mise en place de systèmes de ventilation).

Les coûts de revente des maisons sont plus élevés que celles des maisons standards.

FAIBLESSES

L'industrie a encore une approche très fragmentée. Ce changement organisationnel du mode de construire ne peut se diffuser que progressivement. Cette fragmentation se traduit aussi par une faible diffusion de l'information de la part des constructeurs.

Les modes de financement utilisés s'avèrent peu adaptés aux caractéristiques des projets. Leur gestion administrative est lourde et ils n'apportent quasiment aucun avantage par rapport à des prêts classiques. Par conséquent, les acheteurs assument la totalité des risques financiers associés aux projets de construction.

Le programme vise principalement les bâtiments neufs

L'approche systémique mise en œuvre pour les bâtiments neufs n'a pas encore été appliquée aux bâtiments existants. Pourtant les enjeux se situent à ce niveau. Il conviendrait notamment lorsque des projets de réhabilitation/rénovation sont mis en œuvre de réussir à faire travailler ceux qui interviennent sur l'enveloppe du bâtiment et ceux qui installent les systèmes de chauffage.

Pour les bâtiments neufs l'approche passant par de gros constructeurs de maisons individuelles semble peu adaptée

Les maisons zéro énergie ne sont pas rentables au prix actuel de l'énergie et au regard du stade de développement des systèmes PV.

Les coûts de transactions sont élevés en particulier en matière de labellisation et de connexion au réseau des systèmes PV

Les maisons zéro énergie requièrent de gérer de manière très fine les différents appareils électriques.

OPPORTUNITES

La hausse durable du prix de l'énergie constituerait le meilleur soutien à ce type de programme. En effet, la plupart des maisons aux USA restent construites en dehors du cadre défini par le programme « Construire l'Amérique ».

Certains habitants fiers de leur maison zéro énergie s'impliquent dans le nettoyage régulier des capteurs pour conserver les performances du bâti. Même si de tels cas restent très marginaux au regard du nombre de maisons construit chaque année aux U.S.A., on peut espérer à terme une évolution du comportement des acteurs allant vers une conscience environnementale plus affirmée.

Des progrès technologiques notables peuvent encore être réalisés en matière de systèmes photovoltaïques, de cogénération, de logiciels permettant une analyse en coût global... La recherche, le développement et la démonstration sur les maisons zéro énergie se poursuivent. L'ensemble de ces facteurs améliorera à terme la rentabilité économique de ce type de programme.

Le renforcement de la réglementation des états fédéraux aux USA conduira progressivement à rendre systématique l'adoption des mesures qui ont prouvé leur efficacité énergétique.

MENACES

Les subventions au PV par les distributeurs d'énergie risquent de diminuer au fur et à mesure du développement de ce type de technologie. Hors subvention les coûts actuels du PV le rendent peu attractif.

La mise en œuvre sans précaution de certaines des mesures d'économies d'énergie peut conduire à réduire la qualité de l'air intérieur ou entraîner des pourrissements des systèmes constructifs bois. Cela risquerait alors de nuire à l'image de ce type d'approches.

La segmentation du marché rend difficile la généralisation de solutions qui ont montré leur rentabilité dans le cadre du programme « construire l'amérique ». On compte ainsi 500 000 constructeurs de maisons individuelles aux Etats-Unis. Les 5 plus grands ne construisent que 10% des maisons.

2.3.1.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

L'analyse de la transposition en France peut être menée en partant des éléments techniques et organisationnels, clés des programmes Américains :

- Eléments techniques : l'utilisation de solutions d'isolation à ossature, les systèmes de climatisation, les systèmes à air, une prise en compte de tous les usages de l'énergie
- Eléments organisationnels : l'interaction entre le programme et une feuille de route politique, un programme à deux niveaux : maisons à basse consommation et maisons zéro énergie, une approche systémique basée sur la collaboration entre acteurs, les coûts de transaction.

C'est sur le plan organisationnel que les transpositions possibles vers la France semblent les plus intéressantes

TRANSPOSITION TECHNIQUE

La transposition en France est la moins facile du fait des différences de climat et des différences constructives.

Néanmoins il nous semble que les éléments suivants pourraient être envisagés :

Utilisation des systèmes à ossature bois.

Ces systèmes permettent des augmentations importantes d'épaisseur d'isolant et une réduction des ponts thermiques. Les solutions employées dans le programme Construire l'Amérique semblent permettre de résoudre les problèmes de perméabilité.

Systèmes de climatisation.

Il semble parfaitement réalisable dans le climat français d'arriver à un confort d'été important sans climatisation. On peut cependant se poser la question dans le cas où on utiliserait des systèmes photovoltaïques et des systèmes de chauffage réversibles de la possibilité d'assurer dans certains cas une climatisation dans les périodes caniculaires.

Systèmes à air

Les systèmes à air pourrait se développer en France dans les bâtiments très basse consommation. La démarche Américaine en terme de minimisation des longueurs de réseaux et de passage en volumes chauffés ou climatisé peut probablement être utilisée.

Prise en compte de tous les usages de l'énergie

Aller vers maisons zéro énergie nécessite une prise en compte de l'ensemble des postes de consommations électriques. Une attention particulière doit notamment être apportée à tous les appareils électro ménagers et à toutes les charges électriques. Une analyse plus détaillée des approches américaines sur ces points pourrait être utile.

TRANSPOSITION ORGANISATIONELLE

Programme et feuille de route politique

Les objectifs des deux programmes sont très liés à une feuille de route politique qui fixe des objectifs chiffrés en matière de réduction des besoins des bâtiments et en matière de production locale.

Deux objectifs différents sont poursuivis :

- Le programme Construire l'Amérique permet d'atteindre rapidement une baisse des consommations d'énergie sur un nombre conséquent de maisons. Il vise à développer les solutions qui permettent de généraliser la construction de bâtiments basse consommation.
- Le programme Maisons Zéro Energie vise de son côté le long terme. Il fait émerger des solutions qui ne sont pas largement diffusables sur le marché sans systèmes d'aide.

L'approche systémique basée sur la collaboration entre acteurs et le centrage sur le constructeur mériterait d'être examinée de plus près pour envisager un essai de transposition au cas français.

Le mode de management des consortiums est un des points les plus originaux du programme et les plus intéressants à transposer.

Le programme est structuré autour d'un petit nombre de consortiums pérennes qui travaillent ensemble au cours des différents projets et qui animent des réseaux.

Les consultants spécialistes des questions énergétiques, et les constructeurs de maison individuelles forment les acteurs clés des programmes.

Les premiers ont formé plusieurs partenariats en associant les entreprises de construction et les fournisseurs et en assurant une assistance technique. Ce dernier point est déterminant dans la mesure où les modes de construction liées aux programmes diffèrent des pratiques courantes. Les constructeurs de maisons occupent aussi une place centrale puisqu'ils portent les produits finaux. Ils sont essentiellement motivés par les perspectives d'amélioration de la qualité du bâti et de réduction des risques de litiges et de malfaçons (en particulier des problèmes de condensation et de moisissures).

Cette coopération est en outre facilitée par le soutien fédéral qui a contribué à l'élaboration et à la diffusion de guides de construction adaptés à chaque zone climatique et aux choix techniques opérés.

On constate que l'on arrive à des évolutions sensibles des pratiques en mettant en avant non pas les industriels mais les constructeurs. On ne part donc pas des briques technologiques mais du bâtiment à atteindre.

La mise en place d'une organisation similaire n'est transposable en France que si les constructeurs y trouvent un avantage financier et un argument commercial leur permettant d'augmenter leurs ventes. Cependant à ce jour la sinistralité liée aux problèmes de moisissures et de pourrissement des systèmes constructifs est moins importante en France qu'aux Etats-Unis. Cela limite d'autant l'intérêt des acteurs pour ces nouveaux modes organisationnels de construction. Par ailleurs, le secteur de la construction en France est toujours en forte croissance. Les carnets de commande sont remplis pour les années à venir. Ceci ne favorise pas l'adoption de nouvelles pratiques, jugées a priori comme perturbantes.

Pour motiver des acteurs qui à ce jour n'ont pas de raisons objectives de l'être, il conviendrait de montrer qu'en adoptant un autre mode d'organisation, on réussit à baisser le nombre de malfaçons. La baisse des primes d'assurance qui s'ensuivrait logiquement, pourraient alors constituer un vecteur de motivation suffisant.

En ce qui concerne les maisons zéro énergie on a une approche du même type mais qui se heurte aux problèmes financiers du financement du photovoltaïque. On peut éventuellement penser que les nouvelles aides financières au PV mise en place en France pourraient lever en grande partie ce blocage financier. Cependant, il conviendrait d'avoir un soutien gouvernemental beaucoup plus massif et surtout continu pour que cette technologie se diffuse à moindre coût.

Le problème de la fluidité et des coûts de transaction

L'analyse faite par nos partenaires du manque de fluidité des systèmes à la fois du côté des procédures de raccordement au réseau, des procédures d'aides financières et des procédures de certification doivent nous conduire à nous préoccuper dans les programmes français des solutions permettant de rendre les procédures aussi simples que possibles. On peut penser que si nos collègues Américains réputés pour leur pragmatisme en ce domaine ont des difficultés il sera utile d'être très vigilants en France.

2.3.2 PROGRAMME LEED : LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN

2.3.2.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUES D'ACTEURS

LE CONTEXTE

Le contexte américain se caractérise par :

- de fortes consommations énergétiques
- une dépendance énergétique relativement faible (29% d'énergie primaire est importée)

Les consommations des bâtiments sont les suivantes :

- Résidentiel : 256 kWh/m² d'énergie primaire ce qui est du même ordre que les bâtiments français
- Tertiaire : 561 kWh/m² d'énergie primaire ce qui est supérieur aux bâtiments français.

Pour les maisons individuelles la construction bois est très fortement utilisée. Les constructions sont généralement réalisées sur site et l'isolation est mise en place à l'intérieur des ossatures bois. Des panneaux sandwichs préfabriqués sont utilisés de manière non négligeable.

Les systèmes de climatisation sont très fréquents mais les systèmes de ventilation spécifique ne sont pas systématiques.

Les solutions techniques utilisées dépendent de la région et du climat.

On peut différencier aux Etats-Unis 6 grands types de climat. Le climat « mixed Humid » qui couvre une partie de l'est américain est le plus proche du climat Français.

ANTERIORITES

Au **plan national américain** une loi de 2005 :

- met en place ou renforce les normes d'efficacité énergétique pour de nombreux équipements utilisés dans les bâtiments résidentiels ou non résidentiels,
- instaure des aides fiscales pour les actions de maîtrise de l'énergie et de sources alternatives d'énergie,
- impose aux états la mise en œuvre de réglementations sur les bâtiments non résidentiels basés sur une norme d'efficacité énergétique définie par l'association des ingénieurs de génie climatique (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE)

Le ministère de l'Énergie (DOE - Department of Energy) a élaboré un plan jusqu'à 2007 dans le secteur des bâtiments non résidentiel à usage des bureaux et des commerces essentiellement. Ce plan se décline en quatre catégories :

- le développement de trois à cinq ensembles de solutions permettant 30 à 50% de réduction sur l'énergie net consommée dans les petits immeubles tertiaires neufs par rapport aux normes de l'ASHRAE (90.1 de 2004). L'étape pour 2007 consistera à atteindre 30 % de réduction pour les petits immeubles tertiaires neufs. Le DOE cherchera des partenaires parmi les constructeurs et apportera un soutien à la réalisation d'un certain nombre de ces bâtiments.

- la promotion des technologies émergentes : ceci par exemple la gestion dynamique des baies vitrées incluant le vitrage sélectif ou le « solid state lighting ». Il s'agit aussi de soutenir le développement d'outils de simulation dynamique, en particulier, EnergyPlus, afin d'optimiser la conception de bâtiments basses consommations
- la mise en place de normes sur les équipements. Cet action renforce les exigences relatives à la certification EnergyStar.
- la validation de technologies et l'introduction sur le marché. Cette activité analyse les plans de financement, les moyens de lever les barrières technologiques et institutionnelles.

2.3.2.2 DESCRIPTION DU PROGRAMME

DÉFINITION

Le label LEED (Leadership in Energy and Environment Design) est le principal label indépendant aux États Unis. Le système de notation est élaboré par consensus au niveau national.

Le Label est géré par l'USGBC (US Green Building Council), une organisation non gouvernementale à but non lucratif visant à transformer le secteur de la construction en l'amenant à mieux intégrer le bien être des occupants, la performance environnementale et le rendement économique des bâtiments.

LEED a été élaboré en 1998 pour les bâtiments tertiaires neufs par l'USGBC. Il se décline maintenant pour les bâtiments existants (maintenance et exploitation, réhabilitation de l'intérieur, réhabilitation de l'enveloppe), les maisons individuelles et le développement de quartier. Ces deux dernières actions sont encore au stade de développement.

Le label présente un ensemble de critères de performance qui s'articulent autour de cinq catégories :

- 1/ L'aménagement écologique des sites,
- 2/ La gestion efficace de l'eau,
- 3/ L'énergie et l'atmosphère,
- 4/ Les matériaux et les ressources,
- 5/ La qualité des environnements intérieurs.

À ce jour 356 bâtiments ont obtenus le label LEED, Ceci concerne principalement des constructions neuves.

LES ACTEURS

Le label est porté par les 6000 adhérents de l'USGBC. On compte parmi ces derniers :

- Des cabinets d'architectes,
- Des bureaux d'ingénierie,
- Des constructeurs,
- Des industriels (vitrage, éclairage, climatisation, régulation et contrôle...),

- Des producteurs/distributeurs d'énergie,
- Des organismes financiers et d'assurance,
- Des collectivités locales, des municipalités,
- Des états fédéraux,
- Des universités et centres de recherche.

Ces adhérents appartenant à divers secteurs, la promotion du label s'effectue de manière très diffuse. Néanmoins l'appartenance à l'USGBC fédère les actions.

Les adhérents de l'USGBC sont motivés par la protection de l'environnement. Pour certains, le label constitue un moyen de différenciation vis-à-vis de la concurrence. Ils signalent ainsi à leurs clients et à leurs employés qu'ils se soucient des questions environnementales. C'est notamment le cas des propriétaires qui en améliorant la qualité de l'environnement intérieur des bâtiments, espèrent en retour bénéficier d'une fidélité et d'une productivité supérieure.

La certification LEED est aussi soutenue par de nombreux organismes professionnels (ASHRAE, SNACMA, ASTM...) qui participent à l'évolution des exigences réglementaires. Par exemple, une association telle que l'ASHRAE, joue un rôle moteur dans l'évolution et la promotion de la certification. L'ASHRAE a développé notamment des guides pour la promotion de bâtiments commerciaux à faible consommation d'énergie et a établi un partenariat avec l'USGBC pour développer la certification.

Les Etats fédéraux et de nombreuses agences gouvernementales soutiennent également ces initiatives en favorisant la construction de bâtiments certifiés pour leur propre usage. Au 19 octobre 2005 parmi les 2069 projets qui demandaient à bénéficier du label, 42% concernaient des bâtiments gouvernementaux, 20% des organisations à but non lucratif et 28% des sociétés commerciales. 358 projets en cours, étaient localisés en Californie, Etat dont la réglementation sur la consommation énergétique des bâtiments est une des plus contraignantes aux U.S.A.

LA PROMOTION DU PROGRAMME

La promotion de la certification se fait à travers :

- les membres de l'USGBC et ses représentants au niveau des états fédéraux,
- le processus d'accréditation des professionnels,
- la formation à la certification LEED (séminaires, cours par internet),
- le site internet de l'USGBC qui présente des cas d'opérations exemplaires,
- des conférences internationales « GreenBuild » (la participation est passée de 4200 personnes en 2002 à 9700 en 2005).

LIEN AVEC LES TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

Le système de notation (points) de LEED est développé pour la partie énergétique en lien étroit avec les normes de l'ASHRAE pour le génie climatique. Par exemple LEED NC 2.2, fait référence à :

- la norme 52 sur la performance des filtres des systèmes à air.

- la norme 55 pour le confort thermique
- la norme 62 pour la ventilation et la qualité d'air
- la norme 90.1 pour la consommation énergétique en incluant la consommation de l'éclairage extérieur du bâtiment

Le label LEED fait aussi références aux normes développées par l'organisme de test et des matériaux (ASTM – American Society of Testing and materials) pour la caractérisation de produits.

Ce label s'appuie également sur l'arrêté concernant la politique énergétique nationale (EPACT – National Energy Policy Act) de 2005. Cet arrêté permet au DOE d'établir des normes sur l'efficacité énergétique des produits et des équipements. Ces normes incitent d'une part les industriels à mettre des produits plus performants sur le marché et d'autre part les constructeurs/concepteurs/bureaux d'études à choisir des produits plus performants afin d'atteindre les exigences du LEED.

Par ailleurs en vue de la certification, des points supplémentaires sont accordés :

- aux bâtiments respectant les recommandations du guide de conception de petits immeubles de bureaux de l'ASHRAE,
- aux installations respectant, dans la partie "environnement intérieure", les recommandations du SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning National Contractors Association - Association des installateurs de conduits aérauliques et de conditionnement d'air) pour les conduits d'air des bâtiments occupés.

TECHNOLOGIES APPLIQUÉES

La certification LEED est basée sur des techniques connues et utilisées par la profession. Le résultat obtenu sur les bâtiments certifiés LEED est en grande partie due à

- une bonne mise en œuvre
- la mise en place d'une procédure d'assurance qualité dès la phase conception (le process de "commissioning").

La liaison entre la certification LEED et les normes de type EnergyStar ou EPACT (Energy Policy ACT) conduit à faire évoluer les exigences donnant lieu à la certification.

Cette certification évalue les améliorations de manière globale. Aucune liste complète des améliorations n'est exigée. Le personnel de l'USGBC en charge du suivi des opérations, a constaté que dans une majorité des cas, un effort particulier est réalisé sur le poste éclairage. Ce choix est lié à la répartition des consommations énergétiques dans un bâtiment tertiaire :

- 21% pour l'éclairage
- 12% pour le chauffage
- 9% pour le refroidissement
- 8% pour les équipements de bureaux.

MODE DE FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME

La certification LEED est gérée par l'USGBC. La certification LEED est accordée aux projets qui atteignent les critères de performance relatifs à cinq catégories : l'aménagement écologique des sites, la gestion efficace de l'eau, l'énergie et l'atmosphère, les matériaux et les ressources, la qualité des environnements intérieurs. Les projets se voient accorder un ou plusieurs points en vue de leur certification s'ils respectent ou dépassent les exigences techniques propres à chacune des cinq catégories (plusieurs caractéristiques composent ces catégories).

Une sixième catégorie, « innovation et processus de conception » récompense une performance ou une innovation environnementale exceptionnelle qui surpasse nettement les exigences propres à chaque caractéristique.

Catégorie	Caractéristique	Points
<i>Site Durable</i>		<i>14 au maximum</i>
	Prévention de la pollution liée à l'activité sur le site	Obligatoire
	Sélection du site	1
	Densité de développement	1
	Dépollution et redéveloppement de site	1
	Système alternatif de transport	4
	Développement de site	2
	Conception pour la gestion de l'eau des intempéries	2
	Effets d'îlots de chaleur	2
	Pollution de l'éclairage	1
<i>Gestion de l'eau</i>		<i>5 au maximum</i>
	Aménagement efficace pour l'eau	2
	Technologies pour le traitement des eaux usées	1
	Réduction de la consommation d'eau	2
<i>Energie et Climat extérieur</i>		<i>17 au maximum</i>
	Procédure de « commissioning »	Obligatoire
	Performance énergétique minimale	Obligatoire
	Gestion des fluides frigorigènes	Obligatoire
	Performance énergétique améliorée	1 - 10
	Energie renouvelable sur site	1 - 3
	Procédure de « commissioning » améliorée	1
	Gestion des fluides frigorigènes améliorée	1
	Energie verte	1

Matériaux et ressources		13 au maximum
	Stockage et collecte de déchets recyclable	Obligatoire
	Réutilisation de Bâtiment	3
	Gestion des déchets de construction	2
	Réutilisation de matériaux	2
	Utilisation de matériaux recyclés	2
	Matériaux en provenance de la région	2
	Matériaux renouvelables	1
	Bois certifié	1
Qualité de l'ambiance intérieure		15 au maximum
	Qualité d'air intérieure suivant les normes	Obligatoire
	Contrôle de la fumée du tabac	Obligatoire
	Suivi de la qualité de l'air extérieur délivré	1
	Ventilation améliorée	1
	Gestion de la qualité de l'air en phase de construction	2
	Matériaux à faible taux d'émission	4
	Contrôle de sources chimique et de polluant intérieur	1
	Possibilité de régulation de système thermique et d'éclairage	2
	Confort thermique	2
	Lumière naturelle et "vue externe"	2
Innovation et processus de conception		5 au maximum
	Innovation en conception	4
	Présence de personnel accrédité LEED	1

Les points s'accumulent en une note finale correspondant à l'un des quatre niveaux de certification possible : certifié, argent, or ou platine :

Nombre de points	Niveau de Certificat
26-32	Standard
33-38	Argent
39-51	Or
52-69	Platine

L'USGBC est garant du suivi des opérations en vue de l'obtention de la certification LEED à travers l'accréditation de professionnels.

2.3.2.3 MISE EN OEUVRE

DIFFICULTES DE MISE EN ŒUVRE

La certification LEED n'exige pas de recourir à des technologies innovantes. Elle s'appuie au contraire sur l'existant. De ce fait, la mise en œuvre liée à la certification ne pose pas de difficulté.

Par ailleurs, la certification LEED étant très souvent portée par la maîtrise d'ouvrage, il existe une forte volonté d'appliquer une procédure de Commissioning (assurance qualité) améliorée. Cette procédure permet de réduire les problèmes de mise en œuvre sur le site.

LES COÛTS DE CONSTRUCTION

Les bâtiments qui sont certifiés LEED enregistrent un surcoût de construction. Une étude portant sur 33 projets a montré un surcoût de 2% en moyenne par rapport à un bâtiment respectant uniquement les normes de construction de bâtiment "environnementale".

Niveau du certificat	Valeur moyenne du surcoût (%)
Standard	0.66
Argent	2.11
Or	1.82
Platine	6.50
Moyenne général	1.84

Par exemple dans la région californienne, pour des coûts de construction compris entre \$1600 et \$2700/m², le surcoût serait de l'ordre de \$43/m².

LES MODES DE FINANCEMENT

L'obtention de la certification LEED ne donne lieu à aucun plan spécifique de financement.

2.3.2.4 EVALUATION DU PROGRAMME

NOMBRE DE BATIMENTS

L'USGBC a certifié 356 bâtiments depuis 1998. Le nombre de demande de certification s'élève à 3000 avec un tiers de demandes au cours de l'année 2005.

Le programme LEED pour les bâtiments existants à commencé en 2004.

LEED	Date	Standard	Bronze	Argent	Or	Platine	Total
NC 1.0 pilots	08/1998	4	3	1	1	1	10
NC 2.0	03/2000	68		57	50	6	181
NC 2.1	11/2002	52		36	18	5	111
NC 2.2	10/2005						0
EB 1.0 pilots	10/2004	5		5	12	1	23
EB 2.0	07/2005						0
CI 1.0 pilot	11/2004	10		9	10	1	30
CI 2.0	06/2005						0
CS 1.0 pilot	09/2003			1			1
Total		139	3	109	91	14	356

EVALUATION ENERGETIQUE

Selon un groupe de chercheurs, qui a mené une étude sur une soixante de cas, les bâtiments enregistreraient une réduction moyenne de 28% de la consommation énergétique (par rapport à un bâtiment respectant les réglementations et les normes en vigueur).

	Standard	Argent	Or	Moyenne
Réduction de consommation énergétique par rapport aux réglementations	18	30	37	28
Présence d'énergie renouvelable sur site	0	0	4	2
Énergie verte	10	0	7	6
Total	28	30	48	36

EVALUATION ÉCONOMIQUE

Comme l'indiquait précédemment le tableau relatif aux coûts de construction, les surcoûts d'un bâtiment certifié sont d'environ 2%. Cependant, il apparaît que les bénéfices économiques liés à cette procédure, sont multiples :

- Le label LEED occasionne des économies liées une baisse de la demande d'énergie et à une baisse de la consommation énergétique en heure de pointe. La réduction de 28% de la facture énergétique constatée en Californie pour les bâtiments de bureaux représente une économie de \$4.73/m² par an soit une valeur actualisé sur 20 ans de \$59.00/m² (au taux d'actualisation de 5%). Les gains actualisés, liés à une baisse de la consommation énergétique en heure de pointe s'élèvent à \$3.30/m². Ceci représente des économies totales sur la facture énergétique de \$62.30/m².
- Sur la base des cours pratiqués sur le marché des émissions de gaz à effet de serre, le gain lié à la réduction des émissions par les centrales de production est évalué à \$12.70/m² (en valeur actualisée sur 20 ans).
- Les bénéfices sur la consommation d'eau s'évaluent à \$5.50/m² en valeur actualisé sur 20 ans.
- La réduction des déchets de construction a un impact quasi-nul sur le plan financier.
- La procédure de « commissioning » devrait permettre de réduire les frais d'exploitation et de maintenance de 5%. En Californie, cela correspond à une économie estimée à \$7.32/m² par an soit une valeur actualisée sur 20 ans de \$91.10/m².
- Les gains économiques les plus importants sont engendrés par l'amélioration de la productivité des usagers des bâtiments et l'impact des bâtiments "verts" sur la santé. Cela s'explique par un coût des employés dix fois supérieur au coût du foncier en valeur actualisé sur 20 ans. Les gains de productivité sont évalués à 1% pour les bâtiments ayant le LEED-Standard ou LEED-argent et à 1.5% pour les bâtiments ayant obtenus le LEED-or ou LEED-platine. Cela représente respectivement \$396.90/m² et 595.40/m² de gains en valeur actualisée sur 20 ans.

Catégorie	Valeur actualisé des bénéfices sur 20 ans en \$/m ²
Energie	62.30
Emissions	12.70
Eau	5.50
Déchets de construction (sur une année seulement)	0.30
Commissioning	91.10
Productivité et santé (LEED Standard et argent)	396.90
Productivité et santé (LEED or et platine)	595.40

2.3.2.5 REFLEXIONS CRITIQUES

FORCES

Le programme est piloté par le secteur privé sur une base volontaire. Il n'est donc pas perçu comme une nouvelle réglementation.

Le programme permet une approche intégrée de la conception à la réception et favorise l'utilisation de la procédure de « commissioning ».

La certification LEED qui a été développée aux USA s'est diffusée au Canada qui a acheté un accord de licence.

Les gains économiques engendrés par la certification apparaissent multiples : réduction des consommations d'énergie et d'eau, gains potentiels sur l'exploitation et la maintenance liés à la procédure de commissioning, amélioration de la qualité environnementale intérieure occasionnant une meilleure productivité et une santé supérieure des usagers du bâtiment.

Bien que le programme soit peu diffusé, il bénéficie d'une bonne image de marque. Par exemple, les propriétaires plébiscitent la certification LEED parce qu'elle véhicule une image de respect de l'environnement et d'un lieu de travail sain. Cette certification les sensibilise progressivement à investir dans la construction durable.

FAIBLESSES

Absence d'une méthodologie formelle d'optimisation du bâtiment dans son ensemble similaire à celle développée lors du programme « Construire l'Amérique ».

Les architectes/ingénieurs conçoivent l'enveloppe et les systèmes techniques de manière à atteindre les exigences minimales de la certification. Le système de points accordés lorsque les projets respectent ou dépassent les exigences techniques propres à chacune des cinq catégories se doit d'évoluer constamment dans le sens de la réglementation afin de pousser aux économies d'énergie.

Le label LEED ne se place pas dans une perspective de long terme. Les bâtiments certifiés enregistrent une réduction d'environ 28% des consommations énergétiques. Mais cela est comparable à ce que les bâtiments fédéraux devront atteindre en 2006. Par ailleurs, des opérations exemplaires sur le plan énergétique qui ne sont pas sous le label LEED mais bénéficient d'une très large couverture médiatique, sont menées pour des bâtiments tertiaires.

Le programme manque d'ambition. Des performances supérieures pourraient être requises. Il apparaît enfin que le label n'est pas encore très diffusé et ne touche qu'une part infime des bâtiments du parc immobilier des Etats-Unis..

OPPORTUNITÉS

La hausse du prix de l'électricité accentuerait la diffusion de ce type de certification.

La certification favorise l'utilisation du comptage d'énergie et la gestion de l'énergie dans les bâtiments commerciaux. Cela permet aux exploitants de mieux gérer les fluctuations des coûts de l'énergie et des services.

La certification soutient les initiatives pour l'optimisation dès la conception. Ceci implique le développement de la simulation et de logiciels d'optimisation qui permettront aux concepteurs d'analyser le cycle de vie des technologies innovantes.

S'il était prouvé à long terme que la certification occasionne la réduction des coûts d'exploitation et de maintenance, cela constituerait un moyen de promotion du programme.

Dans les bâtiments commerciaux existants, les sociétés de services d'énergie jouent un rôle important, en fournissant l'expertise et le financement afin de soutenir la réhabilitation des bâtiments.

Si les assureurs prennent conscience des atouts de la certification notamment en termes de baisse des risques lors de la construction des bâtiments mais aussi après au niveau de l'exploitation, et proposent des baisses des primes d'assurance, alors cela favorisera la diffusion du programme.

MENACES

Il y a une hésitation générale des concepteurs pour inclure les technologies peu répandues (ventilation contrôlée à la demande, échangeurs pour des systèmes de ventilation, la sur ventilation nocturne) dans leur analyse pour une optimisation des choix techniques.

Certaines approches pour réduire la consommation énergétique du bâtiment peuvent entraîner une dégradation de la qualité de l'ambiance intérieure et du bâti. Si ce type de contre-exemple se développait, cela nuirait à l'image de la certification. La certification doit évoluer pour contenir des liens entre les exigences sur l'énergie et la qualité d'air.

2.3.2.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

La certification de LEED a un équivalent français : la démarche HQE. Une transposition à l'identique par le biais de la vente d'une licence à un organisme accrédité semble donc totalement inenvisageable². La démarche HQE commence à être reconnue d'un grand nombre d'acteurs et l'introduction d'une approche similaire risquerait plus de perturber le jeu d'acteurs qui apprennent progressivement comment la mettre en œuvre.

En revanche, certains concepts qui ont fait leur preuve dans le programme LEED mais sont absents (quelque fois partiellement) de la HQE française mériteraient d'être analysés de plus près dans le cadre d'une éventuelle transposition :

- Le label LEED distingue différents niveaux de certification (Standard, argent, or et platine), là où la HQE française est uniforme. Ceci permet d'introduire des nuances entre des opérations très performantes sur le plan environnemental et d'autres qui le sont moins. Le maître d'ouvrage qui se lance dans une opération exemplaire s'en trouve récompensé puisque son projet se différencie de ceux qui ont cherché à bénéficier d'une certification « à minima ». Le gain potentiel en termes d'image peut alors mieux compenser le surcoût original (6.50% pour les opérations certifiées « platine » alors qu'il n'est en moyenne que de 0.66% pour les opérations « standard »).
- Les performances enregistrées aux USA semblent aussi liées à l'application de la procédure de « commissioning ». Sur ce plan, il conviendrait d'examiner comment cette approche qui semble contributive à la qualité des projets de construction aux USA, pourrait être plus rapidement adoptée en France.
- La certification LEED qui était initialement dédiée aux bâtiments tertiaires neufs, s'est progressivement déclinée à un ensemble d'opérations (maintenance et exploitation, réhabilitation de l'enveloppe, développement du quartier). Même si certains de ces

²Cependant cette solution a été choisie au Canada qui n'avait justement pas encore développé un système de certification comparable)

programmes sont encore à l'état embryonnaire, ils mériteraient d'être suivis, notamment dans le cadre de l'extension actuelle des démarches HQE.

- L'expérience LEED a donné lieu à plusieurs rapports qui se sont penchés sur l'impact économique tant en terme de coûts directs de construction qu'indirects au niveau de la santé et de la productivité des usagers des bâtiments. Les opérations HQE ne semblent pas avoir fait l'objet d'analyses similaires. De telles études seraient pourtant source d'apprentissage pour de futures opérations et pour l'évolution de la démarche.
- La démarche HQE a déjà modifié le rapport des acteurs sur le chantier en les amenant à mieux se coordonner. Ceci donne a priori des opérations de meilleure qualité comme l'atteste l'engagement d'un assureur en faveur d'une baisse de 10% de la prime d'assurance relative aux bâtiments tertiaires certifiés HQE. Aux USA des décisions similaires ont été prises par les assureurs pour des bâtiments économes en énergie. Ce rôle moteur que peuvent jouer les assureurs mériterait d'être examiné de plus près. La baisse de la prime d'assurance constitue en effet un gain immédiat et facilement perceptible pour tout client.

2.4 JAPON : LE PROGRAMME MAISONS A BASSE CONSOMMATION

Auteurs : Rodolphe Morlot (rodolphe.morlot@cstb.fr)
avec la participation de Philippe Dard (philippe.dard@cstb.fr)

2.4.1 INTRODUCTION

Les maisons qui utilisent les technologies solaires photovoltaïques et thermiques pour produire autant d'énergie que leur besoin annuel, sont de part le monde, désignées sous le nom de « Net-Zero Energy Solar Homes » (ZESH). Au cours des 25 dernières années, une quantité importante de projets isolés de démonstration et initiatives internationales, ont favorisé le développement des maisons à très faible consommation d'énergie [1-4]. Plus récemment, alors que les pays commencent à mettre en application des mesures pragmatiques pour la construction de maisons « vertes » afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et répondre au réchauffement climatique global, l'intérêt des maisons ZESH auprès des utilisateurs a augmenté.

En France des programmes de R&D supportés par les Pôles de Compétitivités des Régions ont récemment placés comme prioritaire le sujet sur l'optimisation de maisons à faible consommation d'énergie. L'objectif de ce document est d'examiner le travail effectué par d'autres pays dans ce domaine, aperçu des technologies existantes et naissantes, et de développer des stratégies de simulation et d'optimisation afin d'apprendre ce qu'il est nécessaire de mettre en application pour concevoir avec succès, des maisons solaires à basse consommation d'énergie, dans des conditions climatiques françaises. L'étude se focalisera sur la pratique en la matière du Japon.

2.4.2 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUE D'ACTEURS

2.4.2.1 CONTEXTE NATIONAL ET LOCAL

Japon :

La consommation en énergie au Japon a augmenté de façon continue depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, avec simplement un ralentissement pendant les crises pétrolières des années 1970. La consommation d'énergie finale atteint aujourd'hui un peu plus 350 Mtep. La consommation d'énergie primaire ¹ est d'environ 4,0 tep/habitant, identique à la moyenne des 15 pays de l'Union Européenne avant 2004 et deux fois plus faible que celle des Etats-Unis ².

La sécurité d'approvisionnement a toujours été au centre de la politique énergétique du Japon, obsédé par sa propre vulnérabilité en ce domaine. Et le Japon ressemble à bien des égards à la France, notamment par sa pauvreté en ressources énergétiques, et par les réponses apportées à cette situation. Ainsi, le nucléaire représente plus du tiers de la production d'électricité. On ne saurait en effet occulter la réalité du développement du nucléaire japonais, entériné par l'adoption du programme énergétique publié le 12 juillet 2001 (Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie - METI).

Pour autant, et suite à la première crise pétrolière de 1973, le potentiel des énergies renouvelables et plus particulièrement du solaire photovoltaïque, a été reconnu par le gouvernement japonais, qui a soutenu un programme de R&D combiné à des subventions pour l'installation de systèmes. La crise financière des années 1990 (chute des cours boursiers et des prix fonciers) a entraîné une baisse des investissements privés puis publics dans l'industrie et la construction. Le gouvernement japonais a adopté en 1997 un large plan de restructuration économique. Le volet énergétique de ce plan d'action classe le développement et la commercialisation des énergies renouvelables comme l'une des priorités. Sur le plan législatif, cette loi sur les nouvelles énergies définit la responsabilité de chaque secteur (gouvernement, consommateurs, fournisseurs, fabricants d'équipements) pour introduire et développer les nouvelles énergies, qui ont atteint techniquement un niveau d'utilisation

¹ Consommation d'énergie primaire : consommation d'énergie finale + pertes de distribution + consommation des producteurs et des transformateurs d'énergie. 516 Mtep en 2002.

² Source : statistiques de l'Agence Internationale de l'Energie.

pratique mais qui ne sont pas encore largement utilisées pour des raisons économiques. Cela inclut l'éolien, le photovoltaïque, la biomasse, l'incinération de déchets et l'hydroélectrique de petite taille (jusqu'à 1 MW).

L'utilisation d'énergies renouvelables (excepté le photovoltaïque) n'en est encore qu'à ses balbutiements dans le résidentiel, car pendant longtemps, la politique énergétique a essentiellement compris par «renouvelable» la promotion du photovoltaïque. Aujourd'hui, les déficits dans les autres secteurs importants sont patents : les systèmes de chauffage modernes avec capteurs solaires ou au bois sont totalement sous-développés. Une isolation thermique vraiment efficace, garantissant aux habitants le confort le plus élevé et la meilleure rentabilité, est plutôt l'exception que la règle. Il n'y a guère non plus de valeurs-limites à respecter.

Même dans les régions aux hivers froids, les bâtiments relativement bien isolés avec des besoins en énergie de chauffage inférieurs à 120 kWh/m² sont plus difficiles à trouver que les maisons mal isolées dotées d'installations photovoltaïques. Les maisons vendues au Japon comme «zéro énergie» présentent généralement des valeurs supérieures à 100 kWh/m². Seuls quelques architectes et entreprises de construction sont capables de construire une maison bien isolée. Dans le climat de Tokyo, avec ses hivers doux et ensoleillés, une maison dotée d'une bonne isolation, ombragée par des plantes en été, pourrait se passer de chauffage et d'installation de climatisation. Il y a là un immense potentiel d'économie d'énergie encore inexploité.

Les nouvelles énergies représentent environ 1% de la totalité des sources d'énergie primaire au Japon, mais seulement 0,5% pour la production d'électricité. Le METI a fixé comme objectif pour 2010 que les nouvelles énergies, prises de façon globale, représentent 3% de l'énergie primaire. L'objectif est de produire 1.35% de la fourniture nationale d'électricité à partir des nouvelles énergies en 2010, soit 12.2 TWh, contre 0.33 TWh en 2003.

Ce n'est pourtant qu'en 2002 que le Japon a ratifié le protocole de Kyoto. Dans le cadre de cet accord international, le Japon s'engage à réduire d'ici 2010 ses émissions polluantes de 6% par rapport aux niveaux observés en 1990.

Prise de conscience collective et actions

Deux lois gouvernementales ont permis d'asseoir la stratégie nationale du développement des énergies renouvelables au Japon, et induire au passage, les progrès planétaires de la filière photovoltaïque, et sa diffusion par son aspect « intégration au bâtiment ».

En 1980 le gouvernement adopte une loi concernant « *la promotion du développement et de l'introduction des énergies alternatives* ». Cette loi a pour objectifs :

- d'approvisionner le Japon en énergies de substitution des énergies fossiles,
- la création du NEDO (New Energy Development Organization), pour la mise en œuvre des développements techniques concernant les énergies de substitution (la feuille de route à l'horizon 2030 vise à assurer 50% des besoins du secteur résidentiel par le photovoltaïque),
- la création de la NEF (New Energy Foundation) pour la diffusion des ENR, notamment par l'attribution de subventions.

En 1996 le gouvernement adopte une loi concernant « *les mesures spéciales pour la promotion de l'utilisation des nouvelles énergies* ». Cette réglementation visant à intensifier la diffusion des ENR, a conduit schématiquement à l'adoption des points suivants :

- 1er Principe : Les consommateurs et les fournisseurs d'énergie ont pour **DEVOIR de collaborer** avec le gouvernement en vue de promouvoir les ENR (engagement de l'ensemble du pays est fondamentalement nécessaire)
- 2nd Principe : le pays prévoit de prendre des mesures d'aides destinées à apporter un **soutien financier aux entités qui UTILISENT** dans leur activité ou profession des ENR, par exemple sous forme de prêts garantis.

Cette réglementation invite les professionnels et les particuliers à opter de manière active pour les ENR, en précisant par des recommandations pragmatiques le rôle que doivent assumer d'une part les consommateurs et les fournisseurs d'énergie, d'autre part le gouvernement et les collectivités locales.

Les mesures pour la promotion des nouvelles énergies sont alors différentes pour chaque région et chaque ENR. Le gouvernement agit soit directement via le MITI (Ministry of International Trade and Industry, devenu le METI en 2001), soit indirectement via le NEDO ou la NEF .

2.4.2.2 ANTERIORITES ET ORIGINE DE L'INNOVATION

Les constructeurs de maisons individuelles japonais ont bénéficié à trois reprises de programmes d'aides gouvernementales avant de proposer sur le marché, le concept de maison « efficiente » :

- en 1963, dans le but d'améliorer l'image des maisons préfabriquées auprès de la population, le Ministère de la Construction et celui du Commerce International et de l'Industrie ont créé l'Association japonaise des fournisseurs et fabricants de constructions préfabriquées (Japan Prefabricated Construction Suppliers and Manufacturer Association) ;
- en 1976, le gouvernement a lancé à l'échelle nationale le concours « House 55 » pour encourager les constructeurs à améliorer la qualité de leurs maisons préfabriquées et prouver au public que ces maisons n'étaient pas forcément de faible qualité et qu'elles pouvaient répondre aux besoins des consommateurs au chapitre de la qualité [2].
- en 1993 enfin, à travers le déploiement des systèmes photovoltaïques et le programme d'incitation « Residential Photovoltaic System Dissémination Program » (et son prédécesseur « Residential Photovoltaic System Monitoring Program ») [3], partie intégrante du programme de R&D « New Sunshine Project ».

Certains grands constructeurs japonais en ont profité pour mettre au point leur propre procédé de production, axé sur la qualité, entièrement articulé sur des systèmes de conception informatisés (R&D), de production à la chaîne et contrôle des stocks (Robotique). Leurs maisons préfabriquées ne sont plus ces habitations uniformes produites en série que le public a associé aux habitations de « qualité inférieure » dans les années 70 et 80. Aujourd'hui, les fabricants produisent plutôt des résidences préfabriquées « personnalisables » (aménagement intérieurs et extérieurs tout autant que l'organisation spatiale), dotées de systèmes photovoltaïques.

En 2004, 1 160 083 maisons ont été construites au Japon. De ce nombre, 159 224 maisons étaient préfabriquées [1]. On constate que 13,7 %, soit environ une nouvelle maison sur sept, s'inscrit dans la catégorie des habitations préfabriquées. L'industrie des habitations préfabriquées a profité de l'aide gouvernementale.

C'est en 1998 que le constructeur de maisons individuelles Misawa Home Co. a développé le premier, le concept « Hybrid Z » de maison à haute qualité environnementale, avec un toit photovoltaïque de 12 kWc (premier concept de maison à faible consommation d'énergie, la production d'électricité solaire compensant la consommation). Après une recherche bibliographique avancée, il semblerait qu'à la même époque, ce soit le Ministère du gouvernement fédéral canadien qui ait développé un programme de maison « Super E » pour offrir au marché japonais des maisons confortables, ayant une haute efficacité énergétique, et soit à l'origine du développement du concept au Japon [22]. Depuis que ce programme a été lancé, 30 compagnies japonaises auraient fait des alliances avec 10 sociétés canadiennes, offrant ainsi à l'industrie canadienne de la construction l'opportunité de s'ouvrir sur un marché d'exportation au Japon (le programme de la maison « Super E » aurait même été récemment étendu au Royaume Uni !).

Entre 2002 et 2003, Sekisui Chemical Co. - l'un des plus gros fabricants japonais d'habitations solaires - rapporte que la production d'habitations à faible consommation d'énergie contribue à la croissance des ventes et des commandes, ses livraisons de maisons solaires étant passées de 32 % à 46 % de ses ventes totales, en réponse à la demande à l'égard d'habitations durables et de grande qualité [4]. De nombreux Japonais souhaitent en effet faire quelque chose contre le réchauffement climatique et sont également sensibles aux nouveautés techniques.

Sekisui Chemical Co. installe dorénavant le système d'électricité solaire comme un *élément standard*, et non plus *facultatif*. En règle générale, les fabricants japonais mettent l'accent sur les éléments distinctifs de leurs habitations usinées « efficaces » et en intègrent maintenant toute une gamme aux installations standard (dont les toitures photovoltaïques), sans pour autant chercher à réduire le prix de vente. Autrement dit, leur production de maisons préfabriquées privilégiant la qualité est fondée sur une stratégie de commercialisation « axée sur l'efficacité » [5].

Par ailleurs, le réseau des constructeurs JAHB'Net lance le concept de « **Zero Utility Cost Housing** » [23]. Ce réseau national d'environ 600 constructeurs de maisons individuelles et compagnies de construction au Japon, a rédigé et publié le 20 Avril 2005, une charte décrivant une **maison normalisée** capable de réaliser des coûts de service nuls, en combinant un système photovoltaïque de production de l'électricité avec tous les appareils électriques. Appelée **HYUGAzero**, la maison fortement isolée et totalement électrifiée, est équipée d'un système de génération photovoltaïque de 5.76 kW, et d'une pompe à chaleur air/eau « économique », comme équipement standard de la maison. Le revenu de l'électricité solaire produite en surplus des consommations surpasse les coûts de l'électricité de réseau utilisés, ramenant des coûts de service annuels à zéro (le réseau indique qu'il est possible de réduire les coûts de service d'environ 5.920.000 yens sur 30 ans).

2.4.2.3 DYNAMIQUE DES ACTEURS

Les acteurs qui accompagnent le développement de maisons à faible niveau énergétique sont :

Les institutions gouvernementales

- **NEDO** (New Energy and Industrial Technology Development Organization): Organisme principal du Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie pour orienter et subventionner la recherche sur les technologies des nouvelles énergies et de l'environnement.
- **ANRE** (Agency for Natural Resources and Energy): Agence chargée de la politique énergétique au sein du Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie (METI).
- **NEF** (New Energy Foundation) : Chargé du programme de subvention.

Les industriels de la Construction

- **Sekisui Chemical Co.**, constructeur de maisons individuelles
- **Misawa Homes Co.**, constructeur de maisons individuelles
- **Daiwa House Industry Co.**, constructeur de maisons individuelles
- **Sanyo Homes Co.**, constructeur de maisons individuelles
- **Toyota Motor Co.**, constructeur de maisons modulaires
- **Kyoei,**
- **Kajima,**
- **Obayashi,**
- **Shimizu,**
- **Takenaka,**
- **Yano-juken,**
- **National House Industrial Co.**, constructeur proposant des solutions techniques pour réduire les niveaux de pollutions dans l'habitat (bruit, CO2,...)
- ...
- **Asahi Glass Co. Ltd., Nippon Sheet Glass Co. Ltd.**
- **Chisso Corporation, Clean Venture 21 Corporation, Ebara Corp.**
- **Daido Metal Co. Ltd., Daido Steel Co Ltd., Kawasaki Steel Corp.**
- **Nippon Shokubai Co. Ltd., Stanley Electric Co., Toppan Printing Co.**

Les associations de la filière construction

- **JAHB'Net** (Japan Area Home Builders' Network): réseau national d'environ 600 constructeurs de maisons individuelles et compagnies de construction au Japon (siège à la maison d'Aqura).

Les laboratoires de Recherche dans le domaine de la construction

- **Building Research Institute,**
- **Tokyo Institute of Technology**
- **Nagoya Institute of Technology**

Il n'y a à proprement parler pas d'acteurs résistants à l'innovation : il semble en effet que tous les acteurs jouent le jeu, car même si certains suivent une politique prudente, ils sont tous conciliant avec la NEDO, dans la mesure où cela ne leur coûte rien. Leur volonté d'aboutir à une production industrielle n'est pas toujours très affirmée, à en juger des annonces d'industrialisation à grande échelle, pas toujours suivies des effets escomptés. Il n'en reste pas moins que la politique volontariste du gouvernement leur offre la possibilité de passer rapidement d'une attitude proche d'une veille active, à une stratégie offensive si l'opportunité commerciale se présente.

2.4.3 CONTENU DE L'INNOVATION

2.4.3.1 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Les constructeurs japonais sont de plus en plus réputés pour leur approche singulière à la conception et à la production d'habitations usinées « innovatrices », souvent dotées de systèmes photovoltaïques. Leurs habitations sont produites selon une formule de commercialisation axée sur l'efficacité qui leur permet de satisfaire aux besoins et aux désirs des individus tout autant que de la société.

En règle générale, les consommateurs cherchent aujourd'hui une maison « personnalisable » à prix abordable, apte à s'adapter aux tendances socio-économiques issues des changements démographiques qui s'opèrent au sein de la société. Pour satisfaire cette demande, les constructeurs adoptent une nouvelle approche à la conception. Mieux sensibilisés au Développement Durable, préconisé en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, les constructeurs intègrent ces principes à la production d'habitations respectueuses de l'environnement :

- amélioration de l'efficacité énergétique de la maison (isolation thermique mur-toiture, vitrage,...)
- utilisation des nouvelles énergies (solaire photovoltaïque et thermique, géothermie, bois,...)
- amélioration des performances énergétiques des appareils électriques (éclairage, cuisson,...)
- utilisation des ressources locales (eau de pluie,...)

Le recours à des techniques de construction industrialisée pour réduire la quantité de déchets de construction, et à des technologies de production d'énergies propres et renouvelables pour réduire les émissions de CO₂, peut répondre à ce besoin sociétal au chapitre des maisons écologiques.

Cette nouvelle « conception » est la maison à faible consommation d'énergie, ou la maison équipée « tout électrique » avec une bonne isolation et une production locale de l'électricité par des modules photovoltaïques.

D'autres concepts existent, comme :

- la maison « Parfait Ex » de SEKISUI Chemical, maison d'un étage à structure métallique et comportant en série, des installation photovoltaïque d'une capacité de 2 à 5 kW, disposé en surimposition sur un toit plan, grâce à une patte de fixation adaptée à ce type de toiture japonaise.
- la maison « Hybrid Z » de haute qualité environnementale de MISAWA Homes, avec 12kWc photovoltaïque intégré sur les 2 pans de toits (tuiles)
- ou « l'Eco Sunny House » de DAIWA HOUSE Industry, qui propose une maison préfabriquée avec 3kWc installé en intégration (tuiles).

L'arrivée sur le marché dès 1994 de produits photovoltaïques adaptés à l'intégration au cadre bâti, a été le signal fort et déclenchant du développement de maison à faible consommation. D'après les résultats d'une enquête sur les habitations réalisée en 1997 par la société d'État japonaise de prêts au logement (Government Housing Loan Corporation), le coût de construction d'une maison traditionnelle était estimé à 175 404 yens (1 698 \$US) par mètre carré [6] et celui d'une maison préfabriquée, à 190 033 yens (1 840 \$US) par mètre carré [7]. Ces résultats révèlent que les habitations usinées coûtaient environ 8 % de plus à produire que les habitations traditionnelles.

Les constructeurs ont par ailleurs tendance à rivaliser entre eux en améliorant la qualité de leurs produits plutôt qu'en réduisant le prix de vente. Dans ce « surcoût » ils y intègrent notamment toutes les évolutions technologiques liées aux exigences du développement durable (produits à valeur ajoutée), à l'image de l'industrie automobile, qui offre dorénavant la plupart des équipements de naguère en « série ».

2.4.3.2 HORIZON TEMPOREL

Les fabricants d'installations photovoltaïques, les compagnies d'électricité et les grands groupes du bâtiment effectuent un marketing intensif et font beaucoup de publicité à la télévision. Ensemble, ils ont sorti un « hit » sur le marché : la maison 100% électrifiée, avec option photovoltaïque. Le concept se définit ainsi : finis le gaz et le mazout, nous offrons un système domestique avec photovoltaïque, pompe à chaleur, cuisinière électrique, climatisation, aération mécanique. Plus une enveloppe du bâtiment légèrement améliorée (avec env. 5 à 8 cm d'isolation thermique) – tout en un!

L'association JAHB'Net a également réussi à abaisser ses coûts de construction en mutualisant l'achat des matériaux, en concentrant ses campagnes de promotion sur de courtes périodes (publicité également commune), et en éliminant le système de sous-traitant.

L'heure est donc à la réduction des prix des maisons usinées et préfabriquées, répondant à un niveau de confort de qualité supérieur, avec des systèmes plus performants et de meilleurs rendements.

Dans le domaine des systèmes énergétiques, le METI a annoncé son intention de soutenir la recherche pour améliorer la durée de vie des piles à combustibles PEFC (5,5 milliards de yens attribués en 2005 par l'intermédiaire de la NEDO). Un consortium de 7 entreprises (comprenant Osaka Gas, Tokyo Gas et Matsushita Electric) conduira des recherches sur le

mécanisme de détérioration des membranes, l'objectif étant d'atteindre 2,1 millions de kW générés par des piles à combustibles, à la fois dans les entreprises et les maisons individuelles en 2010, 10 millions en 2020.

Le constructeur de maison particulière Misawa Homes a conclu en 2005 un accord avec Tokyo Gas pour installer des piles de type PEMFC qui utilisent le gaz de ville comme source d'hydrogène, lors de la construction d'habitation autour de la capitale.

Sanyo Electric va également fournir des piles PEMFC fonctionnant au gaz de ville pour 26 maisons individuelles dans un quartier d'Osaka en mars 2005 et 17 en hiver 2005 dans la ville de Mushanino [19].

La piste de la mini-cogénération (750W) suivie pour le futur, est donc sérieuse, référence faite au développement stratégique de la filière du photovoltaïque et de l'engagement du gouvernement à « supporter » la technologie.

2.4.3.3 CHAMPS D'APPLICATION

Il est étonnant que la durée de vie d'une habitation japonaise soit considérée plus courte que dans d'autres pays avancés [10]. En 1993, on comptait 45 940 000 habitations, dont seulement 2 150 000 dataient d'avant la guerre. La durée de vie légale des habitations à ossature de bois est de trente ans au Japon; toutefois, les statistiques révèlent que 10% d'entre elles disparaissent dans les 18 années qui suivent leur construction et que près de la moitié des maisons à ossature bois sont détruites dans les 33 années suivant leur construction. Conscients du court cycle de vie de leurs maisons plus anciennes, les constructeurs japonais s'efforcent d'expliquer au public que les nouvelles maisons usinées sont saines aux plans structural, environnemental et économique, autrement dit, *durables*.

Habitations durables

Les constructeurs japonais d'habitations adaptent les stratégies qui permettent d'économiser les ressources, et s'efforcent de construire des habitations qui pourront abriter plusieurs générations les unes après les autres pendant une centaine d'années, basées sur les critères suivants :

- durabilité structurale,
- durabilité de la conception
- flexibilité nécessaire pour s'adapter aux changements de mode de vie de leurs propriétaires.

Les constructeurs japonais offrent des produits de qualité supérieure intégrant un degré de confort plus élevé qui fait de la maison non seulement un simple abri, mais aussi un milieu de vie, où la température ambiante, la qualité de l'air et l'insonorisation sont bien contrôlées et régulées. L'étanchéité à l'air permet de réduire efficacement les coûts de climatisation et de chauffage, puisqu'elle améliore le degré d'isolation. De fait, la plupart des constructeurs prennent de plus en plus conscience des gains à tirer de l'efficacité énergétique.

Misawa Homes Co., explique par exemple, qu'en raison de leurs grandes caractéristiques d'isolation, les maisons préfabriquées sont plus économiques et enregistrent des fuites d'air de 67 % inférieures à celles des maisons traditionnelles [11]. En conséquence, les coûts annuels de chauffage et de climatisation sont réduits de 32 %.

Pour être sain, un milieu de vie a aussi besoin de ventilation. Une ventilation inadéquate crée de l'humidité, de la condensation et une accumulation de substances gazeuses toxiques (comme les composés organiques volatils) qui dégradent la qualité de l'air à l'intérieur et peuvent causer des maladies.

Toyota Motor Co. est l'un des pionniers de la ventilation artificielle résidentielle et a conçu un ventilateur d'aération et d'épuration [12]. Ce ventilateur est constitué de filtres catalytiques ultraviolets qui décomposent les substances toxiques gazeuses telles que les oxydes d'azote et le formaldéhyde.

National House Industrial Co. a pour sa part mis au point un conditionneur d'air qui détecte les niveaux de CO₂ dans l'habitation et purifie l'air automatiquement [13],

Le bruit est une autre nuisance qui peut réduire le niveau de confort d'un foyer. Nombre de constructeurs d'habitations s'efforcent de réduire l'intensité du bruit provenant de l'extérieur, tout autant que de l'intérieur, en appliquant des procédés d'insonorisation qui atténuent le bruit propagé par voie aérienne et le bruit d'impact.

Par exemple, National House Industrial Co. conçoit des murs extérieurs à ossature d'acier et des planchers capables de réduire le niveau sonore de 43 % et de 64 % respectivement, grâce à l'intégration d'éléments acoustiques en caoutchouc qui atténuent le bruit d'impact lourd et léger [13].

Systèmes photovoltaïques de toiture

Aujourd'hui de plus en plus de systèmes photovoltaïques sont installés au Japon à des fins résidentielles, ce qui réduit l'incidence de la production énergétique résidentielle sur l'environnement. Les systèmes photovoltaïques de 3 kW ou moins étaient courants par le passé, mais les systèmes de grande puissance (5 kW) font maintenant leur apparition sur le marché [14]. En plus d'améliorer la durabilité des produits et les éléments de confort de leurs habitations, les constructeurs japonais ont commencé à installer des systèmes de production d'énergie solaire électrique renouvelable et à produire des maisons solaires photovoltaïques dès 1994.

Aujourd'hui, les plus gros constructeurs créent un nouveau marché pour les systèmes photovoltaïques résidentiels en offrant des habitations entièrement électriques dotées de systèmes photovoltaïques, pour la production d'habitations à « **Zero Utility Cost Housing** ».

La société Kyocera propose également un « Super Solar System » qui combine solaire photovoltaïque et solaire thermique pour la récupération d'eau chaude pour le fonctionnement d'une pompe à chaleur. Grâce à la seule énergie solaire, les systèmes permettraient de couvrir 65% des besoins en énergie d'un foyer (durée d'amortissement calculée à 10 ans).

Dans l'optique d'améliorer la qualité de l'habitation usinée, la stratégie de commercialisation « axée sur l'efficacité » encourage les constructeurs japonais à installer un certain nombre d'éléments standard, lesquels pourraient être facultatifs dans des maisons de construction traditionnelle à meilleur marché, tout en maintenant un prix de vente plus élevé. En plus d'appliquer le concept de la production à valeur ajoutée à leurs habitations photovoltaïques de haut rendement qui tiennent compte du besoin sociétal de durabilité de l'habitation, les fabricants adoptent également une approche unique à la conception qui satisfait aux exigences diverses des consommateurs [1].

2.4.3.4 IMPACTS

Au Japon, la demande importante pour des habitations et le coût élevé du terrain, de la main d'œuvre et des matériaux, a conduit à une pénurie de logements abordables. Au même moment, les coûts élevés de l'énergie ont créé une demande accrue pour des maisons offrant une bonne efficacité énergétique, et une production d'énergie locale, comme l'électricité solaire (photovoltaïque).

Consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre

La grande majorité des installations photovoltaïques sont aujourd'hui des systèmes de 3 ou 4 kW installés chez des particuliers et reliés au réseau. On considère qu'un système photovoltaïque possède un facteur de charge de 12%. Un système de 3,5 kW peut donc fournir 10 kWh par jour, 3,7 MWh par an, ce qui correspond aux besoins domestiques liés à un niveau de confort moderne incluant télévision, hifi et électroménager. En 2005, il s'est vendu plus de 58000 installations de type résidentiel, soit près de 215 GWh produit par l'électricité solaire.

Contenu environnemental

Pas d'information au niveau des déchets que génère ce nouveau type de construction. La seule référence faite est que certain concept (« Sunny Eco-House » en particulier) récupère et utilise l'eau de pluie.

Concept « Hybrid Z » de Misawa Home Co. 228m ² habitable	Concept « Sunny Eco-House » de Daiwa House Industry Co. 167m ² habitable
<p>Roof integrated PV system</p>	

<i>Section</i>		<i>Insulation Spec.</i>	
WALL		PALC80mm + GW125mm	
FLOOR		GW100mm	
ROOF		GW150mm	
WINDOW		AL+Plastic sash Triple glazed	

<i>Building Spec.</i>	
Total Floor area	: 228.56 m ²
U values :	Wall 0.38 W/Km ²
	Roof 0.48 W/Km ²
	Floor 1.00 W/Km ²
	Window 2.55 W/Km ²
Total equivalent leakage area	: 891 cm ²
Heat loss coefficient	: 441.1 W/K

Districts IV & V		
	Material/System	K-Value
Roof/Ceiling	Blow-forming cellulosic fiber(25kg type), t=160	0.24
Exterior walls	General	High efficiency glass wall (16kg type), t=72
	Between floors	Hard polyurethane foam t=20
Flooring	General	Polystyrene foam sheet (B3),t=62
	Tatami	Polystyrene foam sheet (B3),t=45
	Unit bath	Hard polyurethane foam t=10
	Back door	adiabatic door
Aperture	Window	High adiabatic air-tight sash
	Front hall door	adiabatic door
	Back door	adiabatic door
Ventilating system	New-VAC system	
Heating system	Connecting sleeves & outlet for air conditioner in each room	
Air tight works	Patching sheets, taping & etc.	
Insulation efficiency (Q-value) heat loss coefficient: W/m ² K (Next Generation Standards)	2.37 (2.70)	
Insulation shielding efficiency (α) (Next Generation Standards)	0.07 and below (0.07 and below)	
Air tightness efficiency: C-value cm ² /m ² (Next Generation Standards)	5.00 (5.00 and below)	

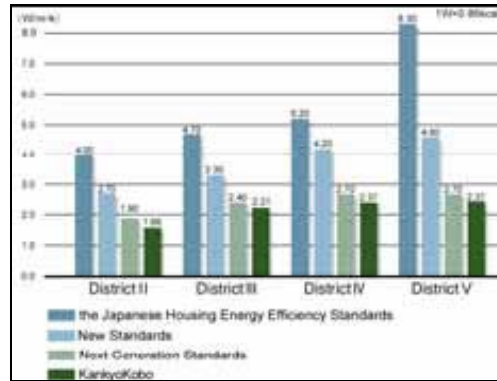
District II: Cold districts, District III: Coldish districts, Districts IV & V: Temperate districts

Source:

IEA – SCH Task 28 / ECBCS Annex 38:
Sustainable Solar Housing

L'objectif de la maison « Hybride Z » est de ne pas dépendre de sources énergétiques extérieures, comme par exemple le gaz ou le mazout. Cela signifie que l'énergie nécessaire est fournie par les énergies renouvelables, comme le générateur d'énergie solaire photovoltaïque. Sa puissance ne doit pas suffire à la seule solution pour rendre la maison à faible consommation, il faut également chercher à réduire les consommations. L'amélioration des performances de l'isolation thermique et de la conception de la maison doit réduire les besoins, et l'utilisation de produits à rendement élevé doit limiter les consommations (climatisation, équipements électriques pour la cuisine,...). Il est nécessaire, cependant, que cette technologie reste à un prix raisonnable pour atteindre une large diffusion.

L'objectif de la maison « Sunny Eco-House » est la protection de l'environnement. C'est une maison préfabriquée (structure poteau-poutre en acier), de conception bioclimatique, qui permet la valorisation du solaire passif et actif (solaire thermique - 54% de couverture des besoins - et photovoltaïque - 53% des besoins électriques dans la version 3kWc, 100% des besoins (6350 kWh/an) dans la version 6.75kWc). Ce concept satisfait « les normes de prochaine génération » dans chaque zone du Japon.



La « Sunny Eco-House » possède également un dispositif de récupération des eaux de pluie, qui sont décontaminées avant d’être réutilisée pour les WC, l’arrosage du jardin ou le lavage des voitures. Ce dispositif peut réduire l'utilisation de l'eau propre jusqu'à 200 litres par jour.

2.4.4 MISE EN ŒUVRE

2.4.4.1 MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Pas de précisions sur cet aspect. Il semblerait que les constructeurs de maisons individuelles assurent la mise en œuvre sur chantier. Pour le concept « Hybrid Z », les modules photovoltaïques sont fabriqués et assemblés chez MSK Corporation, puis sont intégrés dans la toiture dans l’usine de Misawa Homes Co. Alors qu’il faut trois jours à Misawa pour construire en usine la maison modulaire, cela prend seulement huit heures pour qu’elle soit entièrement installée sur le site.

2.4.4.2 MODALITES DE GESTION, D’EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Le concept de « **Zero Utility Cost Housing (HYUGAzero)** », maison normalisée capable de réaliser des coûts de service nuls, en combinant un système photovoltaïque de production de l’électricité et une pompe à chaleur air/eau « économique » avec un équipement « tout électrique », profite des prix relativement bas de l’électricité du réseau relatifs aux périodes creuses des demandes (priorité au chauffage de l’Eau Chaude Sanitaire la nuit) pour réduire les coûts de fonctionnement d’environ un sixième des coûts générés par une chaudière au gaz. Cela profite à la vente d’un maximum de surplus de la production d’électricité solaire réalisée, en réduisant la puissance d’énergie appelée au cours de la journée.

2.4.4.3 INCITATIONS REGLEMENTAIRE, FISCALE,... MODALITES DE FINANCEMENT

Réglementation

Le Japon a connu trois étapes principales dans l’évolution de la réglementation thermique du bâtiment (secteur résidentiel) : 1980, 1992 et 1999. Les exigences retenues en 1999 pour le coefficient de déperditions sont de 30 à 40% plus strictes qu’en 1992, qui étaient d’environ 30

à 40% plus strictes que les valeurs de 1980. L'évolution du secteur non résidentiel dévie légèrement de ces étapes selon la typologie du bâtiment.

Ces réglementations successives s'appliquent aux bâtiments neufs (résidentiel et tertiaire), mais pas aux bâtiments existants. La valeur moyenne du coefficient de déperdition diminue graduellement d'année en année ; la valeur en 1998 pour le résidentiel était de 4.68 W/m².K.

Ces exigences ne sont pas imposées, mais l'application de la norme est confiée aux « constructeurs ». C'est au maître d'ouvrage à prendre conscience de la performance et du coût de sa construction, par l'intermédiaire du constructeur. La réglementation n'est donc pas « l'absolu ».

Dans ces conditions, il est difficile d'appliquer la sévérité de la réglementation thermique. Selon qu'il s'agisse de la construction d'une maison individuelle neuve (seulement 1% de la totalité des maisons neuves construites en 1998 satisfont à la réglementation thermique 1992) ou d'un bâtiment tertiaire neuf (89% des bâtiments construits en 1998 satisfont aux exigences de la réglementation 1992), la valeur moyenne du coefficient de déperdition a tendance à s'approcher de la valeur standard préconisée en vertu de l'« Energy Conservation Law ».

Le Japon s'est donc fixé les normes suivantes (critères d'évaluation) pour le bâtiment résidentiel et non résidentiel [18] :

Factors for the energy-saving standard	Regions	Year of notification		
		1980	1992	1999
Degree days ¹⁾		500-2500	500-2500	500-2500
Heating Cooling				
Types ³⁾		Type 2	Type 2	Type 3/4 Type 2 (S)
		Heat transmission	Heat transmission	Heating/Cooling demand + Building equipment (NR)
Mandatory/Voluntary		M	M	M
Typical standard		Heat loss coefficient	Heat loss coefficient	Annual heating + cooling load
Specifications for annual heating and cooling load [MJ/(m ² * year)]	I			390
	II			390
	III			460
	IV			460
	V			350
	VI			290
Specifications for heat loss coefficient (W/m ² *K) (for single-family houses)	I	3.26	1.74	1.6
	II	4.19	2.67	1.9
	III	5.12	3.14	2.4
	IV	5.58	3.95	2.7
	V	7.91	4.30	2.7
	VI		6.40	3.7
Standard varying according size ⁴⁾		(S), (M), (NR)	(S), (M), (NR)	(S), (M), (NR)
A/V dependence ⁵⁾		no	no	no
Building certificate				
Distinction energy carriers		no	no	no
Additional costs ⁶⁾				

1. Mean long-term
2. First year is when the regulation was published in the official Journal, the second year is, when it became active
3. houses (Type 1); multi-storey residential units (Type 2); residential occupancies for long term or transit living for a number of unrelated persons such as hotels, motels, aged care facilities and boarding houses (type 3); and residential unit attached to a commercial building (type 4).
4. Different standards according to single family (S), multi-family residential (M) and non-residential buildings (NR)
5. The surface to volume ratio A/V measures the compactness of the building. Single family houses have higher ratios than multi-family houses
6. Compared to previous step of building code

Remarque : pour les constructeurs, il est proposé des formations aux techniques de construction de bâtiments répondant à la plus récente des réglementations thermiques et les nouvelles normes d'économie d'énergie dans les bâtiments non résidentiels.

Financement

Sekisui Chemical Co. introduit en 2004 sur le marché une nouvelle maison, la « Parfait Ex » - concept « **Zero Utility Cost Housing** ».

En collaboration avec **Sumitomo Taist and Banking Co., Sekisui Chemical Co.** a mis au point un nouveau prêt hypothécaire qui aide les consommateurs à acheter une maison dotée d'un système photovoltaïque de grande puissance. L'entreprise explique que « *plus grande est la capacité du système photovoltaïque de produire de l'énergie, et plus faible est le taux hypothécaire; celui-ci pouvant s'abaisser jusqu'à 2,8 % et ainsi se comparer favorablement aux prêts bancaires à taux fixe à long terme, ce qui accroît d'autant plus l'attrait économique de nos produits* » [15].

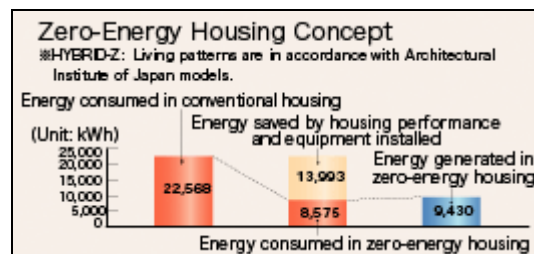
La **Government Housing Loan Corporation (GHLC)** - organisme spécialisé dans le crédit à l'habitat et, depuis octobre 2003, à la titrisation des crédits à l'habitat consentis par des banques privées - accorde également un financement pouvant aller jusqu'à 2.5 millions de yens pour adapter les logements à la norme d'économie d'énergie.

2.4.5 EVALUATION DES RESULTATS DANS LE PAYS CONCERNE

2.4.5.1 LES PERFORMANCES

Campagnes de mesures :

Elles sont en cours d'implémentation dans les nouveaux programmes (cf. Roadmap PV 2030). Les campagnes de mesures existantes sont uniquement le suivi des consommations électriques, qui sont comparées à la production d'électricité solaire intégrée en toiture (photovoltaïque), dans le but de valider la démarche de maison à faible consommation d'énergie (Zero Energy Solar Home).



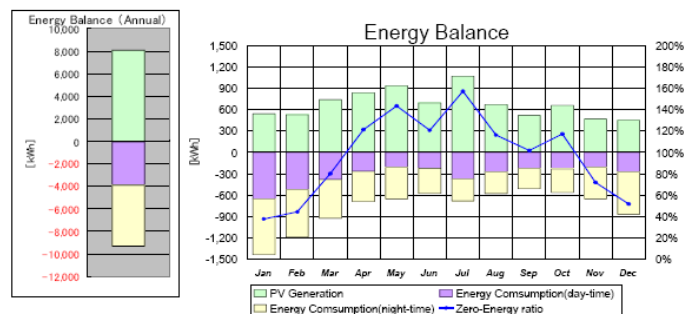
Source :http://www.misawa.co.jp/misawa/kankyuu_e/gizyutu/kaihatu/shoene.html

Les systèmes techniques du Concept « Hybrid Z » (surface habitable 228m²) sont :

- un générateur photovoltaïque intégré en toiture de 11.3kW (répartis 5.2 kW pan de toiture Est, 6.1kW pan de toiture Ouest). Quand l'électricité produite par le système photovoltaïque est supérieure à l'énergie consommée dans la maison, l'électricité en surplus est automatiquement vendue aux compagnies d'électricité.
- un système de pompe à chaleur air-air (COP > 3.0) permettant d'économiser sur les consommations de la climatisation
- d'équipements électriques très performants.

La consommation d'énergie annuelle de cette maison se répartit comme suit (données réelles) :

chauffage	1600 kWh
climatisation	1200 kWh
eau chaude sanitaire	2100 kWh
éclairage et appareils	4000 kWh
total	8900 kWh/an



La génération d'électricité photovoltaïque est de 8300 kWh/an, couvrant ainsi 93% de la consommation.

La labellisation du concept (CASBEE)

Afin de promouvoir la construction de bâtiments respectant l'environnement, la ville d'Osaka a mis en place le Système pour l'évaluation de l'efficacité environnementale des constructions (CASBEE). Les sociétés qui prévoient la construction de bâtiments à grande échelle seront encouragées à effectuer une évaluation environnementale globale basée sur le CASBEE, classer leur projet et soumettre les résultats à la ville. Le CASBEE présente une série de facteurs pour évaluer la qualité environnementale et les performances d'un bâtiment (température des pièces et aération, quantité des espaces verts à l'intérieur du terrain, etc.) et les efforts entrepris pour réduire l'impact du bâtiment sur l'environnement (utilisation de l'énergie naturelle et de l'eau de pluie, etc.). Un résumé des résultats sera mis en ligne sur la page Web de la ville d'Osaka pour permettre aux habitants de consulter ces informations lorsqu'ils envisagent d'acheter ou de louer un appartement ou une maison d'habitation par exemple.

De plus, la ville d'Osaka sera la première autorité locale au Japon à réclamer que les bâtiments atteignent un certain niveau sur l'échelle du CASBEE s'ils veulent profiter de la prime de surface utile et d'autres avantages offerts aux constructions à grande échelle dans le cadre du système de conception global [24].

Caractérisations en laboratoire

Les constructeurs japonais obtiennent souvent les accréditations ISO 9000 et 14000 qui attestent de l'assurance qualité de leurs habitations, aussi bien que de celle de leur usine. Ils se fixent des normes plus rigoureuses que ne l'exige le Code du Bâtiment et maintiennent une qualité uniforme en exerçant un contrôle rigoureux de leurs produits [8]. Plus précisément, la plupart des constructeurs japonais établissent leurs propres normes de qualité de façon à accroître la résistance structurale, la durabilité et le confort. C'est le cas pour les maisons haute qualité environnementale à faible consommation d'énergie. Sur le plan de la résistance structurale, leur norme de qualité est déterminée en fonction du Grand tremblement de terre du Kanto (142 807 morts en 1923), qui a détruit les maisons avec une force horizontale d'environ 9 tonnes. La résistance structurale est en effet une préoccupation d'importance majeure pour l'industrie de l'habitation japonaise. Pour illustrer, Misawa Homes Co., produit des maisons modulaires capables de résister à une force horizontale de 1 000 gallons (28,7 tonnes). De même, Sekisui Chemical Co. a récemment mis sur le marché sous l'appellation « GRAND TO YOU », des maisons dont l'ossature des murs extérieurs qui sont conçues pour résister à une force horizontale maximale de 1 600 gallons [9].

Confort thermique

Les informations communiquées à ce jour sont les valeurs des coefficients de déperditions des éléments de l'enveloppe (parois, fenêtres,...).

L'usage en matière de construction traditionnelle au Japon est plutôt d'utiliser des fenêtres avec un simple vitrage et un cadre en aluminium. Le concept des maisons à faible consommation d'énergie a permis d'importer la technique du double vitrage, remplie à l'argon, avec un film à faible émissivité et un cadre en PVC ($U_g=1.5W/m^2.K$). Les fenêtres à haute efficacité permettent de réduire les pertes thermiques en hiver et les gains solaires en été. Il y a également moins d'infiltration d'air autour du cadre, limitant de façon drastique les problèmes de condensation et l'apparition de moisissures. Les fenêtres sont un élément clé du succès, car elles génèrent des économies d'énergie et apportent un confort appréciable. Ces avantages sont notables quelque soit le climat considéré parmi la grande variété de climats rencontrés au Japon.

Les maisons à faible consommation d'énergie sont équipées d'un système central qui assure chauffage et climatisation, ainsi que d'un système central de ventilation mécanique, récupérateur d'énergie, nécessaire à cause de l'étanchéité de la maison. Ces systèmes changent radicalement la façon de « vivre » à l'intérieur de la maison, puisque les japonais ont l'habitude de chauffer ou climatiser uniquement les pièces utilisées à un moment donné, à l'aide de climatiseurs de fenêtre ou de pompes à chaleur mobiles, voire de systèmes de chauffage portatifs au kérosène.

Le chauffage et la climatisation étant employés modérément dans les maisons japonaises, les économies d'énergie des maisons ZESH sont souvent plus faibles que ce à quoi l'on s'attendrait selon nos standards d'habitation. Cela revient à dire qu'une maison à faible consommation d'énergie pour laquelle toutes les pièces sont chauffées ou climatisées, ne consomme à peine moins qu'une maison traditionnelle où seules les pièces occupées sont chauffées ou climatisées. Cette réflexion est à méditer face au potentiel d'économie d'énergie encore possible dans les maisons à faible consommation d'énergie.

2.4.5.2 LES COUTS REELS

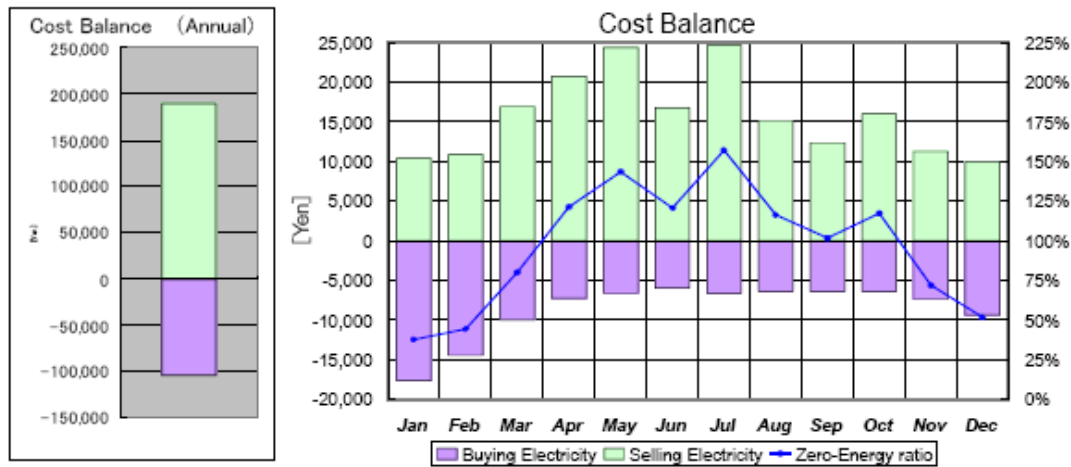
Les constructeurs japonais d'habitations utilisent généralement les épargnes tirées de la diminution des coûts de production occasionnée par la production de masse pour doter les maisons d'un plus grand nombre de composantes standard de grande qualité, ce qui en retour a pour effet de rehausser la qualité du produit et de démarquer leurs maisons usinées des maisons traditionnelles. En général, les stratégies de commercialisation ont des effets considérables sur les processus de développement des produits.

Concept « Hybrid Z »

Quartier de Misawa Homes à Aichi - Coût d'une maison **avec le terrain** s'élève à environ 50,5 millions de yens (350 000€)

Cette maison a été subventionnée par la NEF (New Energy Foundation) dans le cadre du programme de subvention pour la diffusion de systèmes photovoltaïques résidentiels. Le taux de subvention s'élève au tiers (1/3) du coût total de l'installation. En conclusion, le coût additionnel du concept « Hybrid Z » comparé à une maison standard de référence, est de 7 millions de yens, et l'économie liée au fonctionnement se situe autour des 300000 yens/an.

Le bénéfice net réalisé sur la production d'énergie solaire est de l'ordre de 70 000 yens/an.



Concept « Sunny Eco-House »

Les coûts affichés par Daiwa House Industry Co. sont de 25,3 millions de yens pour 150m² habitables soit 167 700 yens/m² (le prix du terrain n'est pas pris en compte).

2.4.5.3 LE VECU DES UTILISATEURS – AVIS DES ACTEURS ET DU PUBLIC

En 1998, une étude conduite par le ministère japonais de la construction a révélé que 48% des ménages n'étaient pas satisfaits de l'état de leur logement ; les raisons en étaient la vétusté, le manque d'insonorisation et d'isolation thermique, d'espace intérieur, l'usage au quotidien fastidieux des équipements de climatisation (qu'il faut en général le déplacer de pièce en pièce) et d'eau. Ce mécontentement est en partie reflété par l'âge moyen des logements démolis dans la première moitié des années 90 : autour 26 ans (ceci reflète également l'absence de transaction immobilière - 7 fois moins qu'en France [7] - et le rapport à l'entretien quasi inexistant de l'habitat au Japon). Pourtant le Code du Bâtiment avait été mis à jour en 1983, pour forcer l'augmentation de qualité et la longévité des logements.

C'est seulement suite au dramatique tremblement de terre de Kobe en 1995, qu'une prise de conscience a réellement opérée et donnée de véritables motifs pour l'industrie d'améliorer la qualité de la nouvelle construction. En 1996, la Government Loan Housing Corporation a mis en application un programme pour fournir des taux d'intérêt préférentiels sur des prêts pour le logement de haute qualité.

Le sondage de 2003 réalisé par l'association japonaise des fournisseurs et fabricants de constructions préfabriquées [1] a révélé que la « grande qualité » attribuée aux habitations préfabriquées était le facteur déterminant de l'intérêt des acheteurs potentiels. En fait, 23 % des propriétaires sondés ont dit préférer les habitations usinées en raison de la qualité supérieure du produit sur les plans de la durabilité, de l'isolation et de l'étanchéité à l'air, ce qui donne à penser que *la durabilité de l'habitation* est un facteur important de la décision d'achat. Le second facteur en importance était la « fiabilité » d'une entreprise de renom, ce qui témoigne en quelque sorte de l'incidence de la « marque » sur les ventes, comme l'ont indiqué 15% des répondants. Le troisième facteur serait, selon 9 % des propriétaires ayant répondu,

les explications que leur avaient données, à propos de leurs produits et services, les vendeurs d'habitations usinées, dont le prix de vente est en moyenne de 8 % supérieur à celui des habitations traditionnelles. Ces résultats révèlent que les acheteurs sont portés à considérer la *qualité* de l'habitation, laquelle peut se répercuter à la fois sur la valeur d'agrément et sur le coût du cycle de vie, comme la première priorité, et que le prix de vente pèse moins dans la balance. Autrement dit, les consommateurs d'aujourd'hui sont disposés à se procurer un produit *novateur* de prix raisonnable s'ils sont convaincus de la supériorité de sa qualité [1].

2.4.5.4 VITESSE DE DIFFUSION DANS LE PAYS

Le marché – Commercialisation

76% des maisons individuelles construites chaque année au Japon sont des maisons à structure bois. C'est devenue une référence en matière de qualité. Les maisons préfabriquées (13,7% de part de marché en 2004), sont l'opportunité de créer des maisons à faible consommation d'énergie, avec une production locale d'électricité et de chaleur, et de diffuser le concept.

Le renouvellement du parc immobilier est d'autre part relativement rapide : l'âge moyen des maisons individuelles se porte à une trentaine d'années, le marché de l'immobilier « ancien » est dans ce secteur du résidentiel très réduit. Les Japonais n'achètent qu'une ou deux maisons dans leur vie en raison de l'investissement considérable que cela représente. Ils sont par conséquent prudents et sélectifs car la maison doit satisfaire à leurs besoins personnels et tenir compte des changements démographiques de la société contemporaine.

Les fabricants japonais ont déjà réussi à personnaliser leurs habitations usinées [16], grâce au concept novateur du *sur-mesure en série*, ou *personnalisation de masse*. La conception japonaise des maisons « personnalisables » intègre les avantages de l'industrialisation des habitations, où la production de masse des divers éléments contribue à réduire les coûts de conception et de production (maîtrise des temps de fabrication), et où la production en usine garantit un approvisionnement régulier de produits de qualité.

La personnalisation des produits fabriqués en série nécessite évidemment une communication forte avec l'utilisateur. A l'étape de la conception, les constructeurs japonais offre un service « d'aide à l'aménagement » en encourageant les futurs propriétaires à prendre part à la personnalisation de leur demeure dans un centre d'information sur l'habitation [5] (produits, technologie, gamme, conception assistée par ordinateur pour la création, la modification, l'analyse et l'optimisation du couple produit/coût [17]).

Les éléments standard d'habitation peuvent être classés en trois catégories : structure, extérieur et intérieur. Les éléments de structure entrent dans la construction du modèle qui déterminera le nombre de pièces et les dimensions de chacune, tandis que les éléments d'intérieur et d'extérieur permettent d'agencer les éléments décoratifs et fonctionnels qui interviennent dans la personnalisation. La préparation en usine est ainsi simplifiée (analogie au jeu de construction Lego), la qualité contrôlée, et l'assemblage sur le site très rapide.

Efficacité des incitations, actions de diffusion

Les fabricants d'installations photovoltaïques, les compagnies d'électricité et les grands groupes du bâtiment effectuent un marketing intensif et font beaucoup de publicité à la

télévision. Les paramètres pour la diffusion de l'habitat à haute qualité environnementale, incluant la faible consommation d'énergie et le recours aux énergies renouvelables, sont ainsi réunis.

2.4.6 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRES DIMENSIONS ETUDIEES

2.4.6.1 POINTS FORTS, POINTS FAIBLES DE L'INNOVATION (METHODE SWOT)

S : Strength – Forces

Ce concept :

- répond au défi de réduire les émissions de gaz à effet de serre, en consommant moins et en utilisant les énergies renouvelables. La sécurité des approvisionnements et la diminution de la facture énergétique, font toujours partie de l'argumentaire en faveur de ce développement, mais l'environnement a pris le relais et les objectifs de Kyoto, difficiles à tenir face à une croissance importante de la consommation, sont désormais en première place.
- trouve un succès grandissant grâce à une volonté sans réserve du gouvernement qui a développé et assuré la création d'un marché initial pour la filière du photovoltaïque, via des subventions à la R&D et aux industriels à travers des programmes de démonstration ou de dissémination à grande échelle des systèmes photovoltaïques intégrés, en particulier dans le secteur résidentiel.
- cette réussite est liée à une forte implication des constructeurs de maisons individuelles, comme Sekisui, Misawa Homes et Daiwa House, qui ont su développer une offre commerciale sérieuse. Une grande partie des maisons au Japon sont soit préfabriquées, soit construites avec des éléments standard, facilitant ainsi l'intégration de panneaux solaires, la réduction du coût de production, la qualité du produit et ainsi, la conception de « Zero Energy Solar House ».
- un « marketing intensif » de la part des industriels sur le concept de maison à faible consommation d'énergie, via l'intégration de toiture photovoltaïque, font que les japonais sont prêts à payer, même un peu plus chère comparée à une maison traditionnelle (de l'ordre de 8%), une maison ZESH pour les économies d'énergie et le confort additionnel qu'elle procure.
- une maturité exemplaire des japonais et leurs souhaits de faire « quelque chose » contre le réchauffement climatique. Ils sont également sensibles aux nouveautés techniques.

W : Weakness : Faiblesses

Le concept :

- peut être « victime » du manque de sévérité du Code du Bâtiment, reportant sur le fabricant l'entière responsabilité de vendre, sans obligation apparente, une construction répondant aux normes fixées. C'est donc au constructeur de faire valoir le surcoût des

maisons à faible consommation d'énergie, le client restant au final, maître du degré de la personnalisation de son logement, en fonction de ses moyens. La négociation en amont du contrat est très importante, d'où un gros effort de la part du constructeur à développer des services « d'aide à l'aménagement », pour convaincre les futurs propriétaires d'opter pour les ZESH.

- le coût des habitats ZESH est 8% plus élevé qu'un habitat traditionnel, et la nécessité de réduire les coûts de la construction. Il semble que seul le marché de la construction usinée ou préfabriquée puisse répondre à cette attente.
- Enfin, le concept peut à long voire moyen terme, faire évoluer l'habitude comportementale des japonais, qui à priori semble exemplaire dans le domaine des consommations d'énergie (utilisation de l'énergie – climatisation, chauffage,... - en lieu et place de leur activité dans la maison).

O : Opportunities – Opportunités

- Le développement de la filière photovoltaïque au Japon soutenue fortement par le gouvernement, et auquel a adhéré tous les acteurs des secteurs de l'Industrie à celui de la Construction (cf. Briques technologiques : Photovoltaïque intégré au cadre bâti), est à l'origine du lancement du concept de maison à faible consommation énergétique (Zero Energy Solar House).
- Le concept ZESH a profité également de l'antériorité d'expériences japonaises sur les maisons usinées et préfabriquées, et le cheminement de cette filière spécifique de la Construction dans la quête de la qualité, pour conquérir des parts de marché. Le « mariage » de la maison usinée avec le photovoltaïque a été un révélateur pour la société japonaise, et l'opportunité donnée à tout en chacun de pouvoir agir pour l'environnement.
- Pendant longtemps, la politique énergétique a essentiellement compris par «renouvelable» la promotion du photovoltaïque. Aujourd'hui, les déficits dans les autres secteurs importants sont patents: les systèmes de chauffage modernes avec capteurs solaires ou au bois sont totalement sous-développés. C'est l'occasion aujourd'hui d'intégrer les systèmes performants sur le plan énergétique et environnemental : une des voies identifiées est la cogénération par pile à combustible de petite puissance. Le gouvernement lance un projet de soutien au développement de cette filière et les programmes de démonstration commencent à voir le jour.
- L'isolation thermique vraiment « efficace », garantissant aux habitants le confort le plus élevé et une meilleure rentabilité, est plutôt l'exception que la règle. Il n'y a guère non plus de valeurs-limites à respecter. Le concept ZESH donne au japonais l'opportunité de mettre à jour les normes du Code du Bâtiment, et les outils pour les faire appliquer.
- L'opportunité est finalement pour la France, d'exporter son expérience et son savoir faire pour la définition et la réalisation de maisons ZESH, notamment pour la filière de la construction bois, comme a su le faire le Canada en 1998.

T : Threats – Menaces

Le concept :

- peut, à travers l'image de la communication intensive qui en est faite, ne pas correspondre à la réalité : à savoir une construction qui pour les raisons économiques précitées (moyens financiers du client, valeurs limites « réglementaires » non imposées), privilégie le critère de production décentralisée (installation photovoltaïque « surdimensionnée » notamment), aux critères de performance de l'enveloppe et de la maîtrise de l'énergie. Ainsi, les bâtiments relativement bien isolés avec des besoins en énergie de chauffage inférieurs à 120 kWh/m² sont plus difficiles à trouver que les maisons mal isolées dotées d'installations photovoltaïques. Le risque est, dans la phase de négociation et « d'aide à l'aménagement », de vendre comme « zéro énergie » une maison qui présentent généralement des valeurs de besoins supérieures à 100 kWh/m². Seuls quelques architectes et entreprises de construction sont aujourd'hui capables de construire une maison ZESH.

2.4.6.2 POINTS SINGULIERS AU CONTEXTE DU PAYS

Comparaison des caractéristiques techniques entre différents concepts de maisons à faible consommation en énergie :

Project	Country	Wall RSI	Roof RSI	Window U-Value	PV kWc	Solar m ²	Storage liter	Other comments
Sunny Eco-House	Japan	2.2	5.3	2.33	3.0	4.2	yes	Rain and grey water collection
Hybrid-Z	Japan	2.6	2.1	2.55	11.3			Air-to-air heat pump for AC
Budstikka 18	Norway	6.25	10	0.85				Electric-floor heat in w/r, fireplace for very cold days
Minergie-P	Switzerland	8.8	9.3	0.74	7	4.5	320	Ground ventilation preheat
Plus Energy House	Austria	9.1	9.1	0.79	10.4	17		Ground vent. for air pre-heat/cool.
Passivhaus	Austria	9.1	11.1	0.78	2.8	22	2000	Rain water storage

Description of Selection of IEA SHC Task 28 Demonstration Projects

Les niveaux d'isolation thermique sont faibles au Japon comparés aux pratiques des labels Minergie-P ou Passivhaus. Les performances des vitrages sont dans la moyenne de ce qui est aujourd'hui exigé dans la réglementation thermique en France. Il faut donc être prudent quant à la notion de concept ZESH.

2.4.7 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

L'analyse de la transposition en France peut être menée en partant d'une série d'éléments clé du concept Zero Energy Solar House développé au Japon. Ces éléments sont d'ordre :

- Technique : le développement du marché de constructions usinées ou préfabriquées, l'intégration de toitures solaires photovoltaïques « standard », l'utilisation d'équipements électriques de haute performance énergétique, les systèmes de climatisation, les systèmes à air...
- Organisationnelle : une approche basée sur la collaboration entre acteurs, une mutualisation des savoir-faire pour réduire les coûts de production, de commercialisation (campagnes « marketing » télévisées),...

Il est à ce stade important d'attirer l'attention sur la nécessité de distinguer le concept de maisons à « basse consommation » et le concept de maisons « zéro énergie », ce qui n'est pas clairement affiché au Japon. Le contexte particulier de l'intégration du photovoltaïque au bâtiment, fortement subventionnée par le gouvernement jusqu'en 2006 afin de créer le marché initial au développement de la filière, a tendance à orienter le marché de la construction japonaise vers des offres de maisons « zéro énergie », capables de produire localement la quantité d'énergie consommée, sans pour autant avoir mis en œuvre les solutions techniques adéquates pour minimiser les déperditions de l'enveloppe.

2.4.7.1 TRANSPOSITION TECHNIQUE

Sur le plan technique, il semble intéressant pour la France de s'inspirer des modèles d'intégration du photovoltaïque pour pouvoir reproduire l'offre d'une gamme de produits réellement adaptés aux bâtiments (cf. Briques Technologiques correspondantes).

L'utilisation des maisons préfabriquées semble le vecteur porteur du concept ZESH au Japon. Il permet également plus facilement l'approche « basse consommation ». Sachant le cheminement parcouru par les constructeurs japonais pour arriver à proposer des maisons préfabriquées de qualité (15% de part de marché sur le résidentiel neuf aujourd'hui), il nous faut en France considérer avec attention la filière de la construction bois, qui offre les mêmes outils et les mêmes garanties de qualité.

A l'instar des pratiques au Japon, cette filière est propice au déploiement d'un programme de démonstration subventionné, pour valider la réalité du concept et du produit (systèmes à ossature bois), à travers les différentes étapes de préparation en usine, d'assemblage in situ et de certification en exploitation.

Pour les autres points (systèmes électriques performants, systèmes de climatisation ou de ventilation), il semble que la Réglementation Thermique 2005 exige déjà l'essentiel des recommandations japonaises. Sur la question de la climatisation notamment, il semble parfaitement réalisable dans le climat français d'arriver à un confort d'été important, sans la climatisation. Malgré ce constat, la construction d'un bâtiment « zéro énergie » ne justifierait-elle pas de l'installation d'une climatisation pour répondre à des demandes tout à fait exceptionnelles (périodes de canicule) ?

Les pratiques comportementales sont par contre plus à même d'être soulignées, à savoir de chauffer ou climatiser uniquement les pièces dans lesquelles il y a une activité. Cela ouvre un

large champ exploratoire sur la définition d'une « gestion technique et dynamique globale des bâtiments », et le contrôle-commande de systèmes de cogénération ou de composants d'enveloppes multifonctionnels « communicants ».

2.4.7.2 TRANSPOSITION ORGANISATIONELLE

Les constructeurs de maisons individuelles ont au Japon un rôle central, dans la mesure où ils développent des produits de toiture ou de façade avec les industriels de la filière photovoltaïque, mais proposent également les concepts de maisons à faible consommation d'énergie ou ZESH, dans l'objectif de répondre à la norme d'économie d'énergie fixée (mais non imposée) par le Code du Bâtiment.

Il semble aujourd'hui nécessaire de recréer en France cette situation, cette motivation, pour aider les filières d'énergies renouvelables à concevoir et produire un panel de composants ou systèmes qui fait défaut au secteur du bâtiment. On montre en l'occurrence par la démonstration que l'on peut aujourd'hui réaliser techniquement des bâtiments à « énergie positive », sans encore évidemment, la rentabilité économique.

Il faut donc convaincre les professionnels de la construction à s'intéresser à de nouveaux matériaux, de nouvelles pratiques : se rapprocher finalement des filières d'énergies nouvelles. Il faut les accompagner à mettre en place ensemble, des mesures propres à créer un marché de qualité (R&D, production, formation...).

L'expérience japonaise sur la naissance du concept de « **Zero Utility Cost Housing** », portée par l'association JAHB'Net (réseau national d'environ 600 constructeurs de maisons individuelles et compagnies de construction au Japon), est sur cet aspect riche d'enseignements. Cette association de professionnels a rédigé une charte décrivant une **maison normalisée** capable de réaliser des coûts de service annuels nuls (le revenu de l'électricité solaire produite en surplus des consommations surpasse les coûts de l'électricité de réseau utilisés).

Le travail de cette association va au-delà du concept, et travaille à la réduction des coûts du produit final en mutualisant l'achat des matériaux, en concentrant ses campagnes de promotion sur de courtes périodes (publicité également commune), et en éliminant le système de sous-traitant.

Facilité par des accords d'association, n'importe quel membre du réseau JAHB'Net peut offrir le générateur photovoltaïque, l'électrification et donc cette nouvelle génération de maison « efficiente » en énergie.

Il semble là encore que la transposition à la France soit l'organisation d'un réseau sur une technique de construction émergente, comme celle de la construction bois. La filière de la construction bois semble la plus pertinente de par les valeurs politiques, environnementales et culturelles communes qu'elle véhicule, qui intellectuellement se « marient » bien avec les filières des énergies renouvelables. Ces valeurs sont importantes pour l'appréhension des étapes de travail à conduire, et éviter les divergences d'intérêts. Enfin ces valeurs semblent correspondre à une demande aujourd'hui forte de la société, ce qui assure un taux de réussite du réseau à mettre en place, quasi certain.

ANNEXE : REFERENCES

1. M. Noguchi, *Habitations solaires photovoltaïques – Stratégie japonaise de commercialisation axée sur l'efficience*, ISES 2005, Solar World Congress, 6-12 Aout 2005, Orlando USA, 8 pages
2. J.G. Sackctte, *Japan's Manufactured Housing Capacity: A Review of the Industry and Assessment of Future Impact an the U.S. Market*, Saint Luis, Energy Design Resources, 1986.
3. O. Ristau, *The Photovoltaic Market in Japan: Unquestiuned Leadership of World Market*. The Solarserver Forum for Solar Energy, janvier 2005
<http://www.solarserver.de/solarmagazin/artikelseptember2001-e.html>
4. Sekisui Chemical Co., Ltd., *Sekisiti Chemical Co. Ltd.*, Annual Report 2004
http://www.c-direct.ne.jp/english/divide/10104204/4204_04/ar2004e.pdf.
5. M. Noguchi, A. Friedman, *Manufacturer-User Communication in Industrialized Housing in Japan*, Open Home International, vol. 27, n°2 (2002), p. 21-29.
6. Government Housing Loan Corporation, correspondance électronique personnelle tokyo@jyukou.go.jp
7. Residential construction <http://www.mckinsey.co.jp/services/practices/pdf/mgi/Rcj.pdf>
8. H. Suzuki, K. Kato, T. Wakayama, T. Sato, *Jyutaku Sangyokai*, Tokyo, Kyoikusya, 1995.
9. T. Utsu, *Daitoshi Chokka no Katsudansou*, Asahigraph, février 1995, p. 67-71.
10. Sekisui Chemical Co., Ltd., *Unit Technology for Comfortable Human Life of Future*, Tokyo, Sekisui Chemical Co., Ltd., 2000.
11. S. Matsumura, S. Tanabe, *Kinmirai Jyutaku no Gijyutsu ga Wakaru Hon*, Tokyo, PHP Kenkyujyo, 1996.
12. Misawa Homes Co., Ltd. *Technology Ceramics*, Tokyo, Misawa Homes Co., 1995.
13. Toyota Motor Co., *Toyota Home Technology*, Tokyo, Toyota Motor Co., 1999.
14. National House Tndustrial Co., Ltd., *Technical Guide*, Osaka, National House Industrial Co. Ltd., 1999.
15. Japan External Trade Organization, *Japan Lights the Way to More Efficient Solar Power*, JETRO
http://www.jetro.go.jp/en/market/trend/market/docs/200411_mtv.html
16. M. Nogucht, C. Hemández, *A Mass Custom Design Approach to Upgrading Traditional Housing Development in Mexico*, Journal of Habitat International, Vol. 29. No.2 (2005), p. 325-336.
17. B. J. Pine II, *Mass Customization: The New Frontier in Business Compétition*, Boston, Harvard Business School Press, 1993.
18. http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/eepi/a1_newbuildings/japandata.asp
19. O. Georgel, *The latest Fuel Cell News in Japan*, BE Japon 350 - Ambassade de France à Tokyo, janvier 2005.
20. IEA – SHC Task 28 / ECBCS Annex 38, *Sustainable Solar Housing : a zero energy house - a low energy house with PV system in Kanagawa, Japan*, 4 pages.
21. IEA – SHC Task 28 / ECBCS Annex 38, *KankyoKobo : Sunny Eco-House*, 4 pages.

22. Retscreen International, *Etude de cas – Projet de chauffage solaire passif : maison préfabriquée / Kagoshima Japon*, Centre de la technologie de l'énergie de CANMET_Varenes (CTEC – Ottawa), PNUE, 2006, 2pages.
 23. <http://www.japanfs.org>
 24. http://www.city.osaka.jp/french/mayors_message/conference/2004_05_26.html
-

3. COMPOSANTS ET EQUIPEMENTS INNOVANTS

3.1 RECENSEMENT

Auteur : Daniel Quénard (daniel.quenard@cstb.fr)

3.1.1 INTRODUCTION

L'objet de cette partie est de recenser les briques technologiques qui permettent de réduire la consommation énergétique des bâtiments, déjà utilisées dans d'autres pays et qui pourraient être transposée en France. Ce recensement ne traite pas de la problématique du développement durable dans sa globalité. Néanmoins, dans l'analyse des briques les aspects socio-économiques seront abordés en complément des aspects techniques.

3.1.2 DEFINITION

La définition initiale de la brique technologique a été la suivante :

- Une "brique technologique" désigne un élément ou un sous-ensemble nécessaire à la réalisation du système bâtiment. Une brique technologique peut donc être un composant, un équipement ou un sous ensemble.

Mais après discussion avec nos donneurs d'ordres, il est apparu nécessaire d'étendre la notion de brique au-delà de l'objet technologique élémentaire en intégrant les aspects liés à l'assemblage des briques et aux liens entre le bâtiment et son environnement proche, le bâtiment étant considéré comme une "cellule vivante" dans un "organisme vivant"

3.1.3 LES CRITERES DE CHOIX DES BRIQUES

Comme l'objectif premier du PREBAT est la réduction de la charge énergétique des bâtiments dans la consommation nationale, il nous a paru important de partir des besoins tels qu'ils sont présentés dans les tableaux 1 et 2 (page suivante) pour le résidentiel et le tertiaire (Source ADEME)

On constate immédiatement que l'usage dominant est le chauffage, plus de 70 % dans le résidentiel et plus de 50 % dans le tertiaire. Mais pour ce dernier, si on combine chauffage et climatisation, on approche les 60 %. Viennent ensuite les besoins spécifiques en électricité (éclairage, électroménager, multimédia ...), l'ECS et la cuisson. Il faut noter que dans les logements neufs la part de l'électricité se rapproche de celle du chauffage, c'est surtout dans l'ancien que les besoins de chauffage doivent être réduits.

Face à cette situation, il existe trois options principales : la réduction des besoins (surtout pour le chauffage et la climatisation), la substitution des sources d'énergie (pour l'ECS, l'éclairage et l'électricité spécifique) ou une combinaison des deux.

En observant ce qui se passe dans les trois pôles mondiaux "énergivores" : Europe, Amérique du Nord et Asie les réponses sont variables suivant les climats, les traditions constructives et l'appétence à l'innovation.

Par exemple, en Europe du Nord et Centrale (Allemagne, Suisse, Autriche, Benelux, Pays Scandinave, Irlande ...), les efforts se portent surtout sur la réduction des besoins de chauffage en développant des procédés d'isolation thermique à très haute performance. Au Japon, un effort très important est fait sur l'intégration du photovoltaïque en toiture et en façade avec une implication forte des constructeurs de maisons individuelles. Aux Etats-Unis, on s'oriente plutôt vers une combinaison énergies renouvelables/réduction des besoins avec la recherche d'un bilan annuel énergétique proche de zéro en énergie fossile.

Dans tous ces pays, la tendance forte reste néanmoins d'atteindre, pour le neuf, une consommation en énergie fossile quasi-nulle vers 2050 avec une réduction d'environ 70 % des besoins et par conséquent un apport en énergie renouvelable de 30 %.

En effet, avec la consommation actuelle des bâtiments, substituer les énergies fossiles par des énergies renouvelables est peut-être techniquement réalisable mais économiquement illusoire et réduire les consommations, c'est aussi augmenter les chances de succès des énergies renouvelables.

	Nombre en millions	Chauffage	ECS	Cuisson	Electricité spécifique	Consommation totale
MI	13,94	200,3	28,4	19,1	37,3	285,1
IC	10,68	117	18,8	10,1	21,1	167
TOTAL	24,61	317,3	47,3	29,2	58,3	452,1
%		70.2	10.5	6.5	12.8	

Tableau 1 - Répartition des résidences principales par usage (Source ADEME)

MI : Maison Individuelle – IC : Immeuble Collectif – ECS : Eau Chaude Sanitaire

Branches	Consommations d'énergie (TWh)					Total
	Chauffage	ECS	Cuisson	Electricité spécifique	Climatisation	
Commerces	22,2	2,9	1,1	20,5	2,9	49,7
Bureaux	28,5	1,4	0,8	16,3	4,2	51,2
Enseignement	19,9	2,4	1,6	2,3	0,3	26,6
Santé, action sociale	14,9	3,7	1,2	5,3	1	26,6
Sports, loisirs	9,1	3,8	0,4	2,9	0,8	17
CAHORE	9,8	2,6	5,9	3,3	0,9	22,6
Habitat communautaire	7	2,1	1,3	1,9	0,1	12,3
Transports	4	0,5	0,2	3,8	0,1	8,7
Total	115,4	19,4	12,7	56,3	10,3	214,1
Parts en %	54 %	9 %	6 %	26 %	5 %	100

Tableau 2 - Tertiaire : consommations énergétiques finales par usages en 2001

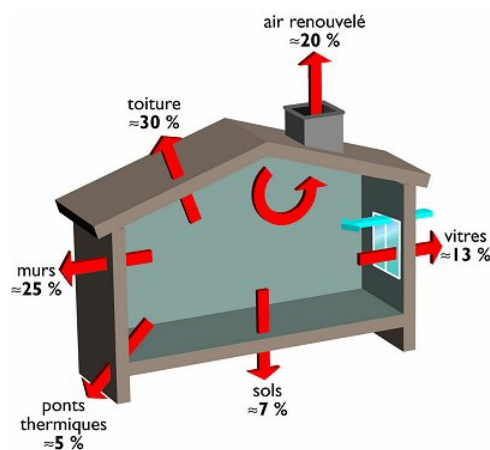


Figure 1 : Les pertes par l'enveloppe et la ventilation (source ADEME)

3.1.4 LA CLASSIFICATION DES BRIQUES

La classification des "briques" est organisée suivant les trois composantes principales des bâtiments :

Structure (fondations incluses), Enveloppe (finitions incluses), Equipements :

La structure :

Les fondations, le sol environnant et la structure porteuse se voient rarement confier un rôle "énergétique" dans le bâtiment, or ils existent des potentialités importantes dans ce domaine.

Parmi les systèmes existants ou en développement, nous pouvons citer les exemples suivants :

- les pompes à chaleur
- les puits canadiens
- le stockage dans les fondations
- l'utilisation des locaux enterrés (caves, parking, vide sanitaires ...).
- ...

L'exploitation de la structure pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments ne pourra se faire si les incontournables concernant la sécurité (sismique et feu) et la qualité de l'air ne sont pas respectés.

L'enveloppe :

La réalisation d'un bâtiment à haute efficacité énergétique dépend très fortement de l'optimisation de son enveloppe qui va jouer trois rôles essentiels :

- la réduction des besoins (chauffage, climatisation et éclairage) qui passe par deux actions primordiales : l'étanchéité et l'isolation.
- la production d'énergie par intégration de capteurs : solaire, micro-éolien ...
- ...

Auquel, pourraient s'ajouter les émetteurs intégrés (plancher et plafonds chauffant/rafraichissants, ventilation ...)

Les équipements :

Pour assurer le confort des occupants, les équipements viennent généralement en complément et leur dimensionnement dépend généralement des caractéristiques de l'enveloppe. Les principaux couplages enveloppe/équipements sont les suivants : chauffage/isolation et climatisation/inertie/protection solaire/ventilation, et dans une moindre mesure éclairage/fenêtres ...

Reste l'ECS et les équipements électriques qui constituent deux entités à part qui nécessitent un double effort des constructeurs pour faire des produits économes et des utilisateurs pour en faire un usage raisonné. Mais dans les deux cas, les énergies renouvelables (solaire thermique et photovoltaïques, voire la biomasse et l'éolien ...) peuvent apporter des solutions intéressantes.

Les besoins chaleur/électricité peuvent aussi être produits simultanément et efficacement par la cogénération.

Les équipements seront classés en deux grandes catégories :

Equipements pour le Chauffage, l'ECS, l'Eclairage, la Ventilation, la Climatisation

L'effort important envisagé sur l'enveloppe pour réduire drastiquement les besoins (surtout sur le chauffage) devrait induire des changements importants dans le domaine des systèmes de chauffage avec une demande croissante de systèmes de faible puissance ou pour des raisons de rendement le développement de systèmes compacts multifonctionnels, voire leurs mise en réseau.

Pour illustration, on peut lister quelques technologies déjà disponibles ou en développement :

- Production et Stockage de Chaleur : équipements à faible consommation, basse température, systèmes compacts, cogénération, chaudière bois granulés ...
- Eau Chaude Sanitaire : équipements à faible consommation, ENR, systèmes compacts ...
- Eclairage : naturel, artificiel faible consommation, LED, OLED
- Ventilation et Qualité de l'Air : double flux, récupération d'énergie, systèmes compacts ...

- Climatisation : équipements à faible consommation, modulables, climatisation solaire ...
- Production Décentralisée d'Electricité : solaire, éolien, cogénération ...
- Réseaux de Chaleur :
- ...

Équipements pour la Gestion Technique "Intelligente" des Bâtiments

Les paragraphes précédents illustrent la complexité grandissante du système bâtiment : couplage enveloppe/équipement, systèmes multi-source/multi-fonction ... sans oublier le rôle primordial des utilisateurs et/ou des gestionnaires.

Pour atteindre un fonctionnement optimal de ce système, une approche globale et intégrée dès la conception est obligatoire ainsi que l'introduction d'un peu d'intelligence pour au minimum informer l'utilisateur et/ou le gestionnaire, l'aider dans ses choix et l'accompagner pendant toute la durée de vie du bâtiment.

Cette approche globale du bâtiment nécessite à la fois des technologies et des procédures.

Parmi les technologies, on peut citer :

- les capteurs/actionneurs intégrés : micro-climat local, qualité des ambiances intérieures ...
- les systèmes de gestion intelligents des sources et des émetteurs : régulation multi-sources (gaz, fioul, bois, cogénération, électricité réseau/solaire/éolien/cogénération), systèmes hybrides pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage, éclairage naturel/artificiel ...
- les systèmes de contrôle, diagnostic, affichage, NTIC : information des utilisateurs et/ou des gestionnaires (tableau de bord, livret de l'utilisateur, carnet d'entretien ...).

Une Architecture Globale et Intégrée:

A l'issue de la première phase du projet et après discussion avec des acteurs du PREBAT, la nécessité d'une brique sur l'architecture globale et intégrée est apparue comme évidente.

Cette brique, un peu particulière puisque n'étant pas réellement un objet technique concret, devrait permettre d'éviter certains travers comme la juxtaposition de briques technologiques performantes qui ne fourniraient pas forcément un bâtiment efficient du point de vue énergétique à l'image (puisque le Mondial approche !) d'une équipe de "stars" qui ne constituent pas forcément une équipe homogène, complémentaire et efficace.

Dans cette brique seront analysés les principes souvent rassemblés sous le vocable de "bio-climatique" tels que la ventilation naturelle, l'éclairage naturel, les apports solaires passifs, voire les puits canadiens et provençaux ...

3.1.5 LE CHOIX DES BRIQUES

Le choix des cinq premières briques (Tableau 1) a été réalisé sur la base des constats exposés précédemment et après analyse des technologies les plus utilisées dans les principaux projets de bâtiments basse consommation à travers le monde, c'est-à-dire : Minergie (Suisse), Passivhaus (Allemagne, Autriche, Benelux, Pays Scandinave, Italie) et Zéro Energy Home (USA et Japon). Après analyse, les trois critères les plus importants sont les suivants :

- 1 : réduction des besoins (sobriété), en Europe principalement le chauffage.
- 2 : efficacité énergétique des équipements et confort des occupants.
- 3 : production locale ou décentralisée d'énergie

Les critères N°1 et 2 traduisent plutôt la spécificité de la marque Minergie et du label PassivHaus ; c'est-à-dire la réduction des pertes par un renforcement de l'étanchéité et de l'isolation de l'enveloppe qui, d'une part, induit l'installation d'une ventilation non pénalisante donc avec récupération d'énergie et d'autre part et permet d'utiliser des systèmes de faible puissance, combinés ou compacts. Le critère 3 est plutôt une caractéristique des bâtiments dit Zéro Energie qui doivent équilibrer leur "compte énergétique" annuel et donc produire pendant les périodes favorables, généralement de l'électricité photovoltaïque qui est utilisé pour les besoins proches et dont le surplus est réinjecté sur le réseau.

Les briques 1 et 2 répondent au critère N° 1, les briques 3 et 4 au critère N°2 et la brique 5 au critère

N° 3.

Les briques suivantes sont plutôt venues en complément des cinq premières, sans ordre de priorité pour l'instant. Les deux dernières répondent à la nécessité de considérer le bâtiment comme un système globale (assemblage des briques et utilisation des spécificités du site) dans son environnement local (urbain ou rural).

N°	"Briques Technologiques"
<i>Première Phase</i>	
1	Parois Opaques (murs, toitures, planchers ...) à Haute Performance Energétique $U < 0,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ – Inertie Thermique
2	Parois Transparentes (Fenêtres, Baies Vitrées...) à Haute Performance Energétique - $U < 1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ – Protections Solaires
3	Ventilation Double Flux avec Récupération d'Energie
4	Systèmes Compacts Ventilation/Chauffage/ECS
5	Systèmes Photovoltaïques Intégrés en Toitures et Façades
<i>Deuxième Phase</i>	
6	Eclairage Basse Consommation - Naturel
7	Production Décentralisée à l'échelle du Quartier / Réseaux de Chaleur
8	Systèmes de Production Faibles Puissances (Chaud-Froid)
9	Solaire Thermique - Systèmes Solaires Combinés
10	Climatisation/Rafraîchissement - Basse Consommation
11	Stockage de Chaleur
12	Systèmes Constructifs Comparés
13	Conception Architecturale Globale

Tableau I : Les 13 briques technologiques sélectionnées

BRIQUE N°1 : PAROIS OPAQUES A HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Comme indiqué dans les paragraphes précédents, l'usage dominant de l'énergie dans les bâtiments reste en France, et dans la plupart des pays européens, le chauffage (environ 70 %). Alors quelles actions entreprendre pour réduire la consommation de chauffage ?

Toutes les études sur l'utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment montrent que limiter les pertes est le moyen le plus efficace avec le meilleur retour sur investissement.

En effet, quelle que soit l'efficacité du système de chauffage, l'efficacité énergétique globale du bâtiment sera dégradée si certaines caractéristiques thermiques ne sont pas satisfaisantes et induisent du gaspillage.

Pour l'enveloppe, les deux caractéristiques thermiques primordiales (Figure 1) sont l'isolation thermique (ponts thermique inclus) et l'étanchéité à l'air.

En utilisant les matériaux isolants disponibles (industrialisés ou non), la voie la plus directe pour renforcée l'isolation thermique est l'augmentation de l'épaisseur ; c'est la solution préconisée dans les deux programmes de développement de bâtiment basse consommation ou passif : le label PassivHaus en Allemagne et la marque Minergie en Suisse.

Pour traiter les ponts thermiques, deux procédés se dégagent : l'isolation thermique par l'extérieure et les structures à ossature (surtout pour la maison individuelle), en utilisant principalement le bois.

Un effort tout particulier est porté sur l'étanchéité à l'air (pour éviter les "tunnels thermiques" résultant principalement des passages de réseaux et des jonctions entre éléments). Pour les labels les plus exigeant, un contrôle de la perméabilité à l'air est même imposé. Dans les maisons ossatures bois (MOB), un "emballage" (par l'utilisation de membranes) de la maison est souvent réalisé.

Le point critique reste la rénovation dans les cas où l'isolation par l'extérieur n'est pas acceptée. Pour répondre à ce défi, un effort important est fait en Suisse et en Allemagne pour développer des isolants "sous-vide" à très haute performance et de faible épaisseur (réduction attendue d'un facteur 6 à 8).

Enfin, avec le regain d'intérêt pour le solaire passif, l'inertie thermique des bâtiments revient au premier plan. En effet, alors que l'inertie thermique "consomme" de l'énergie quand celle-ci est payante (on chauffe les murs !), au contraire, quand l'énergie est gratuite, l'inertie thermique un rôle essentiel pour le "stockage" et la ré-émission. L'inertie thermique joue aussi un rôle primordial pour le confort d'été. C'est pourquoi, à côté des solutions traditionnelles de murs "lourds" (béton, pisé, brique ...), de nouvelles technologies sont redécouvertes et adaptées, comme l'utilisation des matériaux à changement de phase dans l'enveloppe.

BRIQUE N°2 : PAROIS TRANSPARENTES A HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Dans l'habitat, laisser entrer la lumière a depuis toujours été un besoin primordial pour le confort et la santé des occupants mais la réponse à cette exigence fondamentale, initialement "le trou" dans le mur a pendant très longtemps pénalisé l'efficacité énergétique de l'enveloppe.

En effet, ce "trou" est resté le point faible du point de vue thermique à cause principalement de l'exigence de transparence pour la vision. Le simple vitrage ne joue qu'un rôle d'étanchéité à l'air. La taille des fenêtres a donc beaucoup variée au cours des temps. En effet, la fenêtre (ou les baies vitrées en générale), de part son caractère multifonctionnel doivent présenter un équilibre entre des fonctions parfois antagonistes : éclairage/isolation, apports solaires/surchauffe ...

Mais les innovations technologiques récentes ont permis à la fenêtre de faire des progrès considérables et de devenir un des premiers composants d'enveloppe à présenter "un bilan énergétique annuel positif".

Parmi les innovations technologiques, nous pouvons citer :

- le double-vitrage qui permet d'introduire une couche isolante, la lame d'air (l'air immobile restant un des meilleurs isolants thermiques ...)
- la ou les couches basse-émissivité qui limite fortement les pertes thermiques par rayonnement

de l'intérieur vers l'extérieur

- le triple vitrage qui n'est qu'une augmentation de la lame d'air ... mais aussi du poids
- la double fenêtre qui, avec le retour du mur épais résultant du renforcement de l'isolation, pourrait retrouver de l'intérêt.
- le vitrage "sous-vide" qui élimine le dernier "transporteur" d'énergie qu'est l'air et permet ainsi de réduire les épaisseurs ... mais bien sûr avec une augmentation du coût d'investissement.

De même que pour la Briques n°1, un soin très particulier devra être apporté à la liaison fenêtre-mur pour limiter au minimum les ponts thermiques et assurer une étanchéité parfaite. Ces deux derniers points sont cruciaux et dépendent essentiellement de la qualité de la mise en œuvre, dont de l'information et de la formation des poseurs.

Afin de ne pas renouveler les erreurs des premières "maisons solaires" qui ont abusé des vitrages pour favoriser au maximum les apports solaires (ce qui avait pour conséquent des surchauffes en été et des déperditions importantes en hiver ... car les vitrages simples protègent du vent et des intempéries mais n'isolent pas ...), une protection solaire (store, brise-soleil ...) devra être associée à toutes les fenêtres. Enfin, dans le futur, la fenêtre, de part sa forte industrialisation, est certainement appelée à jouer un rôle très important, que ce soit dans le neuf ou la réhabilitation, en devenant un composant actif multifonctionnel (protection, isolation, ventilation, éclairage, production ...)

BRIQUE N°3 : VENTILATION DOUBLE FLUX AVEC RECUPERATION D'ENERGIE

Avec la réduction drastique des pertes dans les bâtiments à faible consommation, par le renforcement de l'isolation et de l'étanchéité, la ventilation devient une exigence absolue pour assurer la qualité de l'air dans les logements.

Mais comme le montre la Figure 1, la ventilation mécanique contrôlée dans son principe initiale : aspiration d'air extérieure froid et rejet d'air chaud ; contribue pour une part importante (environ 20 %) aux déperditions thermiques.

Afin de traiter cet antagonisme : renouvellement d'air sans perte d'énergie ; de nouveaux systèmes de ventilation ont été développés dans les pays les plus avancés dans le domaine des bâtiments à faible consommation. Le système de ventilation simple flux a donc été remplacé par un système double-flux avec récupération d'énergie.

Dans certains pays, comme la Suisse où la ventilation n'était pas obligatoire, on a même inventé une nouvelle appellation : l'aération douce.

BRIQUE N°4 : SYSTEMES COMPACTS : VENTILATION/CHAUFFAGE/ECS

Les besoins limités des bâtiments basse consommation ou des maisons passives ont induits aussi le développement de systèmes compacts qui rassemblent en un seul produit les fonctions ventilation, chauffage et production d'eau chaude sanitaire.

Ces nouveaux systèmes constituent une famille de produits comportant généralement :

- une pompe à chaleur sur air extrait pour le chauffage d'un ballon d'ECS,
- un récupérateur de chaleur statique air extrait/air neuf.

Le vecteur du chauffage est généralement l'air. En plus du ballon d'ECS, il peut y avoir un ballon d'eau de chauffage qui peut compléter le chauffage de l'air soufflé.

Le ballon d'ECS comporte un appoint généralement électrique, de puissance variable suivant les produits. Certains industriels proposent de coupler ce système compact à d'autres éléments :

- puits canadien pour le préchauffage de l'air neuf,
- capteurs solaires contribuant au chauffage du stockage.

BRIQUE N°5 : SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES INTEGRES EN TOITURE ET FAÇADES

Bien que ne représentant aujourd'hui que 13 % dans le résidentiel mais déjà près de 30 % dans le tertiaire, l'usage spécifique de l'électricité va certainement croître dans les années à venir à cause de la multiplication des équipements et cela malgré une diminution régulière des consommations individuelles des appareils.

Pour répondre à cette demande en électricité, la production photovoltaïque reste une des solutions les plus élégantes mais le coût d'investissement reste très pénalisant.

Les pays les plus actifs dans ce domaine sont le Japon, l'Allemagne, les Etats-Unis et l'Espagne.

Au Japon par exemple, l'intégration du photovoltaïque dans le bâtiment, en particulier en toiture, a été fortement soutenu par le gouvernement et les principaux constructeurs (Sekisui, Misawa) ont développé des solutions standards de toitures solaires, pour pérenniser, voire développer le marché après l'arrêt des subventions.

L'intégration en toiture et en façades est une voie de développement intéressante car elle permet de réduire les coûts en remplissant 2 fonctions (étanchéité et production d'électricité) en une seule pose.

BRIQUE N°6 : ECLAIRAGE BASSE CONSOMMATION

L'éclairage des bâtiments consomme environ 4 millions de tep/an et il constitue un poste important de la consommation d'électricité, en effet la consommation annuelle d'électricité liée à l'éclairage d'un logement représente près de 15 % de la facture d'électricité. Le gain potentiel est de 2,5 millions de tep/an. Le poids moyen de l'éclairage sur la facture d'électricité atteint 30 % dans les bureaux, voire 39 % dans les locaux d'enseignement.

La durée de vie modérée des lampes actuelles (1 à 3 ans en usage normal) fait que ce résultat pourrait être acquis très rapidement. La seule mesure récente est l'obligation faite par la réglementation thermique 2000 aux immeubles tertiaires neufs d'utiliser un fort pourcentage de sources à basse consommation.

Rien n'existe concernant les « logements neufs » et encore moins la rénovation. Le secteur tertiaire public qui couvre 10 % environ du marché de l'éclairage utilise peu de sources performantes dans ses immeubles anciens. Pourtant, il pourrait avoir un effet d'entraînement sur l'ensemble du marché. On estime qu'une réduction de 30 % est possible sur le poste éclairage, à qualité égale.

La France se situe extrêmement mal entre les pays européens pour l'usage des sources les moins consommatrices (moins de 10 % du marché), bien loin des pays d'Europe du Nord où les sources « basse consommation » couvrent près de 90 % du marché, et plus proche de pays comme la Grèce ou le Portugal.

Parmi les nouvelles technologies on peut citer les lampes à diodes (LED, OLED) qui sont dans une phase de développement. Ces lampes ont un meilleur rendement en lumière que les lampes fluorescentes. Quelques applications existent dans des créneaux particuliers et il y a donc déjà de petits marchés. Cette technologie paraît particulièrement prometteuse pour l'avenir. La diffusion de matériels de ce type obéira, évidemment, à la même problématique que celle des lampes « basse consommation » qui peine toujours à s'imposer au bout de 30 ans. Enfin, à l'image du chauffage basse température ou l'augmentation de la surface d'échange permet la diminution de la température, une augmentation des surfaces éclairantes devrait être permettre une réduction de la consommation et apporter un meilleur confort visuel.

BRIQUE N°7 : PRODUCTION DECENTRALISEE A L'ECHELLE DU QUARTIER / RESEAUX DE CHALEUR

Au-delà du bâtiment, il est important de prendre en considération le quartier car la mise en réseau de certains équipements ou l'installation de réseaux de chaleur peut permettre soit de valoriser localement de la chaleur "gaspillée", soit mettre en place des systèmes efficaces de production-distribution (production décentralisée + réseaux). En effet, la production décentralisée (souvent chaleur/électricité) fournit les solutions flexibles et potentiellement très efficaces (au dessus de 75 %). Avec une politique appropriée, cette technologie pourrait avoir une contribution significative à la recherche de l'efficacité énergétique en site urbain. En particulier le développement de la cogénération couplée aux réseaux de chaleur pourrait fournir des solutions locales intéressantes. Ce type de systèmes se développe au Royaume-Uni, Danemark et en Allemagne.

La Commission Européenne estime que si la cogénération se développait jusqu'à atteindre 18 % de l'électricité produite en Europe en 2010, cela déboucherait sur des économies d'énergie de l'ordre de 3 à 4 % de la consommation totale d'énergie primaire de l'UE.

Dans certains cas, le bâtiment pourrait même jouer un double rôle de producteur/consommateur dans son environnement local.

BRIQUE N°8 : SYSTEME DE PRODUCTION (CHAUD-FROID) FAIBLES PUISSANCES

La réduction drastique des besoins (par exemple, 15 kWh/m².an pour les besoins de chauffage en maison passive) rendent les systèmes de production actuels obsolètes ou du moins, mal adaptés. De nouveaux équipements de production de faible puissance sont donc en développement et plusieurs types de sources pourront être utilisés : fioul, gaz, biomasse ...

Cette brique analysera donc tous les systèmes de production faible puissance comme par exemple la "petite" ou micro-cogénération, la trigénération, micro-turbine, moteur à gaz, moteur Stirling, pile à combustible ...

La cogénération est la production simultanée de chaleur et d'énergie mécanique, généralement transformée en électricité, à partir d'une même source d'énergie, ce qui permet d'améliorer très nettement l'efficacité énergétique du système avec un gain d'énergie primaire qui s'élève à 35 %.

BRIQUE N°9 : SOLAIRE THERMIQUE – SYSTEMES SOLAIRES COMBINES

Le soleil constitue la principale source d'énergie renouvelable et la plus disponible. A côté de l'architecture solaire et/ou bio-climatique qui est l'un des piliers des bâtiments à basse consommation, une utilisation plus active de l'énergie solaire s'est développée comme les équipements pour l'ECS et le chauffage : CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel) et PSD (Plancher Solaire Direct).

BRIQUE N°10 : CLIMATISATION/RAFRAICHISSEMENT BASSE CONSOMMATION

Le secteur tertiaire représente environ 17% de la consommation d'énergie nationale. Une faible part de cette consommation du tertiaire est due à la climatisation mais ce poste est l'un des seuls qui augmente fortement depuis plusieurs années. La promotion de nouvelles technologies de climatisation à faible consommation d'énergie et l'amélioration de l'efficacité énergétique est indispensable. Pour des bâtiments conçus pour avoir un niveau de charges modéré en été (gains internes réduits, protections solaires efficaces, optimisation de l'inertie), des techniques alternatives aux systèmes classiques

peuvent être envisagées.

Elles cumulent trois avantages :

- une faible puissance installée (et donc coûts d'investissement réduits),
- une consommation énergétique réduite
- la non-utilisation de fluides frigorigènes.

La réduction cumulée de la puissance de pointe et de la consommation font de ces systèmes des solutions prometteuses qui peuvent être utilisées seules ou en fonctionnement hybride avec un système classique.

Quelques exemples :

- Le rafraîchissement par évaporation qui repose sur la chaleur latente de vaporisation de l'eau pour réduire la température sèche de l'air.

- Le rafraîchissement par dessiccation a pour principe de déshumidifier l'air au travers d'une roue à dessiccation pour pouvoir le refroidir ensuite par réhumidification de cet air. Le passage de l'air au sein de la roue déshumidificatrice induit une hausse de la température sèche. Cette technique entre dans la catégorie 'faible consommation' lorsqu'une source de chaleur gratuite est disponible.

- Les plafonds froids refroidissent le local en grande partie par transfert de chaleur radiatif. Le rafraîchissement est obtenu par circulation d'eau froide dont la température doit être supérieure à la température de rosée de l'air (16°C). Des sources froides comme l'eau de mer/lac/rivière/nappe aquifère ou d'une tour de refroidissement peuvent être envisagées.

BRIQUE N°11 : STOCKAGE DE CHALEUR

Dans un bâtiment, les besoins de chaleur sont dominants. Le chauffage et l'ecs (C+ECS) représente parfois plus de 80 % de la consommation, en particulier dans les logements existants.

Par ailleurs, pour les EnR, l'énergie n'est généralement pas disponible quand on en a besoin et pour une utilisation optimale des centrales de production d'électricité, il vaudrait mieux produire alors qu'il n'y a aucune demande.

Par conséquent, à cause du caractère intermittent des énergies renouvelables (solaire, vent ...) et de l'intérêt de lisser la demande pour les énergies secondaires (électricité), il est indispensable de mettre en place des systèmes de stockage qui joueront un rôle tampon entre offre et demande.

BRIQUE N°12 : SYSTEMES CONSTRUCTIFS COMPARES

Il existe à travers le monde plusieurs systèmes de construction : construction lourdes ou légères, voie humide ou sèches, ossature bois ou acier, modulables ...

L'analyse des programmes de construction des maisons basse-consommation montre que les constructions à ossature sont dominantes, en particulier les maisons à ossature bois pour les maisons passives (Allemagne) et zéro-énergie (US-Japon)

Cela signifie-t-il qu'il n'y aurait qu'un nombre limité de solutions pour réaliser des bâtiments basse-consommation énergétique.

BRIQUE N°13 : ARCHITECTURE GLOBALE INTEGREE

Toutes les briques décrites précédemment peuvent présenter des performances intrinsèques remarquables mais l'objectif final restant la performance du bâtiment; seule une approche globale permettra un assemblage optimal pour atteindre l'objectif d'un bâtiment confortable toute l'année au moindre coût en énergies fossiles.

De plus, la conception architecturale intégrée permet de considérer le bâtiment dans son environnement local (vent, ensoleillement, température sèche et humides, sol ...).

Dans cette brique seront donc analysés les principes dits du "solaire passif", de "l'architecture bio-climatique" avec prise en compte des scénarii possibles de ventilation naturelle, d'éclairage naturel, l'intégration des murs solaires et des puits canadiens et provençaux qui pourraient couplés avec d'autres briques décrites précédemment.

Cette brique importante revêt un caractère original par rapport aux précédentes car elle ne s'intéresse pas à un objet technique mais plutôt à une démarche d'intégration, une approche globale pour réaliser un produit "bâtiment" performant.

REFERENCES :

- 1 : Stratégie et moyens de développement de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelables en France - Rapport au Premier ministre - Yves COCHET - La Documentation française; 2000;183 pages
www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/014000086/index.shtml
- 2 : Débat national sur les énergies -Rapport du Comité des Sages, Pierre Castillon, Mac Lesggy, Edgar Morin -Remis à Nicole Fontaine, Ministre déléguée à l'Industrie – 12/09/2003
www.industrie.gouv.fr/debat_energie/site/pdf/rapport-sages.pdf
- 3 : Rapport de Jean Besson - Parlementaire en mission sur le Débat national sur les énergies Remis à Nicole Fontaine, Ministre déléguée à l'Industrie – 8/10/2003
www.industrie.gouv.fr/debat_energie/site/pdf/rapport-besson1.pdf
- 4 : Nouvelles technologies de l'énergie – Rapport Gagnepain
Proposition de Programme de Recherche
Direction de la Technologie - 15 février 2005
www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rapport-gagnepain.pdf
- 5 : Nouvelles technologies de l'énergie – Rapport Thierry Chambolle
www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rapportnte.pdf
- 6 : Recherche et Développement sur les économies d'énergie et les substitutions entre énergies dans les bâtiments, Rapport Conseil Général des Ponts et Chaussée, N° 2004-0189-01-juin 2005- établi par Jean Orselli.
<http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/054000567/0000.pdf>
http://www2.equipement.gouv.fr/rapports/archive_r/hab_r.htm
- 7 : Les Politiques de l'urbanisme et de l'habitat face aux changements climatiques : Avis et rapports du Conseil Economique et Social présenté par M. Paul de Viguierie – Séance des 25 et 26 avril 2006.
www.conseil-economique-et-social.fr
- 8 : Le Logement de Demain, pour une Meilleure Qualité de vie : Avis et rapports du Conseil Economique et Social présenté par Mme Cécile Felzines – Séance des 13 et 14 décembre 2005
www.conseil-economique-et-social.fr
- 9 : Rapport Nouvelles Technologies de l'Energie, Proposition de Programme de Recherche - Direction de la Technologie -15 février 2005 - www.recherche.gouv.fr
- 10 : Habitat et développement durable – Les perspectives offertes par le solaire thermique - Jean-Pierre Traisnel,
www.iddri.org/iddri/telecharge/cahier-du-clip/clip_16.pdf
- 11 : Habitat et Développement Durable, Bilan rétrospectif et prospective, Jean-Pierre Traisnel, Bruno Peuportier, Alain Bornarel
www.iddri.org/iddri/telecharge/cahier-du-clip/clip_13.pdf
- 12 : Livre Vert sur l'Efficacité Energétique : Comment Consommer Mieux avec Moins : Commission Européenne – Direction Générale de l'Energie et des Transports.
- 13 : Produire son énergie, c'est possible : Le Moniteur Environnement – Hors Série -Avril 2002
- 14 : La Maison Passive : Introduction pour les architectes et les futurs maîtres d'ouvrage, Adeline Guerriat, Institut Supérieur d'Architecture de la Communauté Française La Cambre
- 15 : Le bâtiment à énergie positive – Futuribles – n° 05, janvier 2005 – www.futuribles.com
- 16: Le développement durable – Futuribles – n°315, janvier 2006
- 17 : Les chiffres clés du bâtiment - Données et Références - Edition 2004 - ADEME
- 18 : Smart Materials & Technologies for the Architecture and Design Professions, Michelle Addington & Daniel Schodek – Harvard University – Architecture Press Elsevier -2005
- 19 :Matériaux Emergents, Christian Janot & Bernhard Ilschner, Presse Polytechniques et Universitaire Romandes.
- 20 : Rapport sur l'environnement 2005 – ROCKWOOL – www.rockwool.fr
- 21 : L'Architecture écologique – 29 exemples européens, Dominique Gauzin-Muller, Le Moniteur – Paris : 2001
- 22 : L'avenir du chauffage ... sa disparition ? L'exemple des maisons passives allemandes : Chaud-

Froid-Plomberie, n°651, novembre 2002.

23 : Fraîcheur sans clim' : Le guide des alternatives écologiques

Thierry Salomon, Claude Aubert – Terre Vivante

24 : Vers l'autonomie énergétique des bâtiments, CSTB Magazine, n°142, juillet-août 2002.

25 : Logements à Faibles Besoins en Energie - Guide de recommandations et d'aide à la conception - Région Rhône-Alpes ADEME - ODH 26 Conseil Général de Savoie

Cabinet Olivier SIDLER

26 : La Maîtrise de la Demande d'Electricité - Olivier SIDLER - ENERTECH - Association Négawatt - Paris - 25 avril 2003

27 : L'Inertie thermique en climat méditerranéen. Confort et consommations d'énergie

Colloque - 15 Mai 2003 – Montpellier - Olivier SIDLER – ENERTECH

28 : Vers des bâtiments à énergie positive –7ème Festival Images et Sciences – 2-11 mars 2004 - Energies du futur - Claude Pompéo, Hébert Sallée, Daniel Quenard - CSTB Grenoble.

29 : La Maison des [néga]watts, Le guide malin de l'énergie chez soi », Thierry Salomon et Stéphane Bedel, Terre Vivante, 2003.

30 : Etude expérimentale des appareils électroménagers à haute efficacité énergétique placés en situation réelle, projet Ecodrome, programme SAVE, rapport final, ENERTECH

Cabinet Olivier Sidler, janvier 1998.

31 : Bâtiments de logements HQE® économes en énergie et en eau, programme ReStart, Evaluation des performances, Suivi lourd, rapport final, ENERTECH Cabinet Olivier Sidler, Avril 2004.

32 : Eco-conception des bâtiments, Bruno Peuportier, Les Presses Ecole de Mines de Paris, 2003

33 : Enormous Potential for Passive and Lowest-Energy Houses », Press release of Fraunhofer Institut of Solare Energiesysteme, July 2004.

34 : Passive house projects in Belgium - Erwin Mlecnik - Passiefhuis-Platform vzw

www.passiefhuisplatform.be

35 : Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable? G. Verbeeck, H. Hens Energy & Buildings - 2004

36 : Energy savings in Danish residential building stock, H. Tommerup, S. Svendsen - Energy & Buildings - 2005

37 : Coûts et Bénéfices : Protection Thermique des Bâtiments – CEPE-ETH Zurich – OFEN – Suisse

38 : Dossier : Vers l'habitat à énergie positive, Energie et Développement Durable Magazine, n°11, avril-mai 2006

39 : Riding down the experience curve for energy-efficient building envelopes: the Swiss case for 1970–2020 Martin Jakob and Reinhard Madlener - Int. J. Energy Technology and Policy, Vol. 2, Nos. 1/2, 2004 153

40 : Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments - The case of the Swiss residential sector - Martin Jakob - CEPE-ETH - CH - Energy Policy

41 : Mobilisation des potentiels de rénovation dans les bâtiments d'habitation - Rapport concernant l'état des travaux sur mandat de l'OFEN et de l'OFL - Walter Ott -Yvonne Kaufmann, econcept AG, Zurich & Martin Jakob, CEPE, Zurich - Cahier des journées du 13e séminaire suisse 2004 «Energie- und Umweltforschung im Bauwesen», les 9 et 10 septembre 2004 à l'EPF Zurich

42 : Breaking the “heating barrier” - Learning from the first houses without conventional heating, Robert Hastings - Energy and Buildings 36 (2004) 373–380

43 : Mitigation of CO2 Emissions from the Building Stock - Beyond the EU Directive on the Energy Performance of Buildings - ECOFYS-study - EURIMA,

45 : Towards Energy Efficient Buildings in Europe - Final Report June 2004 with Update of Annexes July 2005 - Rod Janssen - Energy Consultant - London, UK

46 : Cost-Effective Climate Protection in the EU Building Stock - Report established by ECOFYS for EURIMA

47 : The Contribution of Mineral Wool and other Thermal Insulation Materials to Energy Saving and Climate Protection in Europe - Report established by ECOFYS for EURIMA - European Insulation Manufacturers Association

- 48 : Assessment of Potential for the Saving of Carbon Dioxide Emissions in European Building Stock – Report prepared for the EuroACE by Caleb Management Services - May 1998 -
- 49 : The cost Implications of Energy Efficiency Measures in the Reduction of Carbon Dioxide Emissions from European Building Stock – Report prepared for the EuroACE by Caleb Management Services - The European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Building - December 1999
- 50 : L'importance fondamentale de l'isolation des bâtiments pour l'environnement – EURIMA - European Insulation Manufacturer Association.
- 51 : Vacuum Insulation Panels – Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction in Building Applications, Annex 39 “HiPTI – High Performance Thermal Insulation” of IEA/ECBCS-Implementing Agreement, Report on Subtask A, 2005.
- 51 : Vacuum Insulation in the Building Sector, Systems and Applications, Annex 39 “HiPTI – High Performance Thermal Insulation” of IEA/ECBCS-Implementing Agreement, Report on Subtask B, 2005
- 52 : Solar Electric Power - The U.S. Photovoltaic Industry Roadmap, Produced and printed by the United States photovoltaics industry. Facilitated by the National Center for Photovoltaics. Prepared by Energetics, Incorporated, Columbia, Maryland, under contract to Sandia National Laboratories - Reprinted May 2001-
- 53 : Overview of “PV Roadmap Toward 2030 2030”, PV2030, June 2004- New Energy & Industrial Technology Development Organisation (NEDO)
New Energy Technology Development Department
- 54 : Letting the Sun Shine on Solar Costs: An Empirical Investigation of Photovoltaic Cost Trends in California, Ryan Wiser, Mark Bolinger, Peter Cappers, and Robert Margolis
Environmental Energy Technologies Division, January 2006 - LBNL-59282 - NREL/TP-620-39300
- 55 : PV Status Report 2005 - Research, Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaics - August 2005 - Arnulf Jäger-Waldau - European Commission, DG JRC,
Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit - Ispra, Italia
- 57 : U.S. Climate Change Technology Program – Technology Options for the Near and Long Term - November 2003 – Page 21-28
<http://www.climatechange.gov/library/2003/tech-options/tech-options.pdf>
- 58 : Nanotechnology in Construction -1st International Symposium in Construction Glasgow- 2003 - University of Paisley
- 59 : Nanotechnology helps solve the world's energy problems - NANOFORUM – avril 2004
- 60 : FP7 Research Priorities for the Renewable Energy Sector - EUREC Agency, March 2005 - www.erec-renewables.org
- 61 : Energy Technology Futures – Canada – www.energy.ca
- 62 : Energy Transition - www.senternovem.nl/EnergyTransition/Index.asp
www.energytransition.info
- 63 : Technology Roadmaps
<http://www.eere.energy.gov/buildings/tech/roadmaps.html>
- Roadmap : Building Envelope
 - Roadmap : Windows
 - Roadmap : Vision & Lighting
 - Roadmap : High Performance Commercial Building
 - Roadmap : Advanced Panelized Construction
 - Roadmap : HVAC
- 64 : The Promise of Solid State Lighting for General Illumination – Light Emitting Diode (LEDS) & Organic Light Emitting Diode (LEDS) - Conclusions and Recommendations from OIDA Technology Roadmaps - Co-sponsored by DOE (BTS) and OIDA – Optoelectronic Industry Development Association.
- 65 : Compared assessment of selected environmental indicators of photovoltaic electricity in OECD cities - International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme -European Photovoltaic Industry Association
- 66 : A Vision for Photovoltaic Technology Report by the Photovoltaic Technology Research Advisory Council (PV-TRAC) - Directorate-General for Research

- Sustainable Energy Systems - EUR 21242 - 2005
- 67 : Sustainable Solar Housing - Marketable Housing for a better Environment
IEA - SHC Task 28 / ECBCS Annex 38
<http://www.iea-shc.org/task28/index.html>
- 68 : Ecosystems and Human Well-Being – Millenium Ecosystem Assessment - www.maweb.org
- 69 : From Cradle to Cradle : Remaking the Way we Make Things - William McDonough & Michael Braungart – North Point Press – 2002.
- 70 : Natural Capitalism – Creating the Next Industrial Revolution – Paul Hawken – Amory Lowins – L. Hunter Lovins – Little , Brown & Co – 1999
- 71 : Factor 4 – Doubling Wealth – Halving Resource Use, Ernst von Weizsacker, Amory B Lovins, L. Hunter Lovins, Earthscan Publi. Ltd, London – 1999
- 72 : Buildings Technology in the Vanguard of Eco-efficiency - Keynote Speech - Ernst Ulrich von Weizsäcker, MP - The 2005 World Sustainable Building Conference in Tokyo on 27 September, 2005
- 73 : Steps towards a sustainable development - A White Book for R&D of energy-efficient technologies - Eberhard Jochem (Editor) - March, 2004 - www.energie-initiative.net
- 74 : Habitations Solaires Photovoltaïques – Stratégie Japonaise de Commercialisation axée sur l'efficience, Masa Noguchi, Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Varennes
- 75 : Une revue de projets et mesures visant les maisons solaires à consommation nulle ou faible d'énergie, Rémi Charron, Centre de la technologie de l'énergie de CANMET – Varennes
- 76 : Smart Energy Efficient Building -
http://www.ntnu.no/em/fokus/smartbygg/prosjekt_rapp.htm
- 77 : Bienvenue dans la maison du futur
Le Journal du CNRS - N°190 - Nov-Déc 2005
<http://www2.cnrs.fr/presse/journal/2524.htm>
- 78 : Bâtiment et Energie – Objectif Basse Consommation
Environnement Magazine – Dossier – N° 1644 – Janvier-Février 2006
- 79 : Bâtiment et Effet de Serre – le chantier de l'isolation dans les bâtiments existants – ENPC Atelier Changement Climatique – 2004-2005 - <http://climweb.free.fr>
http://www.enpc.fr/fr/formations/ecole_virt/trav-eleves/cc/
- 80 : Comparaison des règlements thermiques de la France et l'Allemagne - ENPC - Atelier Changement Climatique – 2002-2003 - <http://climweb.free.fr>
http://www.enpc.fr/fr/formations/ecole_virt/trav-eleves/cc/
- 81 : Maîtriser les Consommations d'énergie et réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'habitat existant en France – Colloque CAH- 2003 - www.cah.asso.fr
- 82 : Mieux répondre aux attentes des particuliers pour réduire la consommation d'énergie de leur logement – Colloque CAH- 2005 - www.cah.asso.fr
- 83 : Amélioration Energétique des Bâtiments Existants : les bonnes solutions – COSTIC – FFB – ADEME – 2004 – www.sebtp.com
- 84 : Les consommations d'énergie des bâtiments existants, Projet de Fin d'Étude de Stéphane Nuss - Strasbourg (ENSAIS) - Mai 2002 – CoSTIC - <http://www.costic.asso.fr>
- 85 : Towards a Climate-Friendly Built Environment, Marilyn A. Brown, Frank Southworth -Therese K. Stovall, ORNL, Oak Ridge National Laboratory, Prepared for the Pew Center on Global Climate Change - June 2005
- 86 : International Survey of Building Energy Codes
www.greenhouse.gov.au/energyefficiency/buildings
- 87 : The potential impact of zero energy homes NREL – NAHB - February 2006
www.toolbase.org

SITES WEB :

Gouvernement

Conseil Economique et Social www.conseil-economique-et-social.fr
Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre – MIES www.effet-de-serre.gouv.fr
Plan climat 2004 <http://www.ecologie.gouv.fr>
Ministère de l'Économie, des finances et de l'industrie, et notamment la Direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP),
http://www.minefi.gouv.fr/themes/energie_mat_premieres/energie/index.htm
Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières
<http://www.industrie.gouv.fr/energie/sommaire.htm>

Aides et Crédits d'impôt

<http://www.industrie.gouv.fr/energie/developp/econo/textes/credit-impot-2005.htm>
www.anil.org
www.cler.org/aides
http://www.ademe.fr/particuliers/Fiches/aides_financieres/index.htm
<http://www.habitatdeveloppement.fr>
www.cah.asso.fr
www.anah.fr

Organismes Nationaux et Internationaux

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat <http://www.ipcc.ch>
Réseau Action Climat France www.rac-f.org
Site d'Ispra sur l'Efficacité Énergétique <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int>

Technologies

www.toolbase.org
<http://www.advancedbuildings.org/>

Bâtiments Basse Consommation, Passifs voire à énergie positive

www.passiv.de
www.minergie.ch
<http://www.plusenergiehaus.de>
<http://www.rolfdisch.de>
<http://www.sonnenschiff.de>
<http://www.weberhaus.de>
www.schwoerer.de
<http://www.associations.ca/nzeh/index.html>
<http://www.sterlinghomesgroup.com/drake/index.html>
www.solarbau.de
<http://www.passiefhuisplatform.be>
www.energytech.at

Renovation

Bureaux d'Études
www.eboek.de/literatur.html
www.viriden-partner.ch
Projet Solanova
www.usf.uni-kassel.de/usf/forschung/projekte/solanova.en.htm
<http://www.solanova.energia.bme.hu>
Integrated ecological and energy-oriented refurbishment of service buildings
[http://www.energyagency.at/\(en\)/projekte/lcc_eco.htm](http://www.energyagency.at/(en)/projekte/lcc_eco.htm)

Projet INTEREB – Rénovation énergétique des bâtiments

http://www.fedarene.org/Best_Practices/Documents/Intereb/Intereb_guide.pdf

<http://www.rhonalpennergie-environnement.asso.fr>

Eclairage

Syndicat de l'Eclairage <http://www.syndicat-eclairage.com>

www.feder-eclairage.fr

Associations

European Insulation Manufacturer Association www.eurima.org

European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings www.euroace.org

European Renewable Energy Council www.erec-renewables.org

European Council for an Energy-Efficient Economy. www.eceee.org

Association Technique Energie Environnement www.atee.fr

Institut des Bioénergies www.itebe.org

Syndicat National des Fabricants d'Isolants en Laines Minérales Manufacturées www.filmm.fr

Association PROMO PSE : principaux acteurs de la chaîne de fabrication du polystyrène expansé (PSE) www.promo-pse.com

Association Negawatt www.negawatt.org

Association Isolons la Terre www.isolonslaterre.org

Association HQE www.assohqe.fr

Association AMORCE www.amorce.asso.fr/

Fédération des Associations Régionales pour les Nouvelles Energies www.fedarene.org

Centre d'Information sur l'Energie et l'Environnement <http://www.ciele.org>

Comité de Liaison Energies Renouvelables <http://www.cler.org/predac/>

Syndicat des Energies Renouvelables <http://www.enr.fr>

Plate-formes Technologiques Européennes

European Construction Technology Platform (ECTP) www.ectp.org

European Solar Thermal Technology Platform www.esttp.org

Photovoltaic Technology Platform www.eupvplatform.org

Baromètre EurObserv'ER

http://ec.europa.eu/energy/res/publications/barometers_en.htm

Commissionnement

www.commissioning-hvac.org/

www.commissionnement.org

Directives – Réglementations Européennes

<http://www.enper.org>

www.enper-exist.com

<http://www.epbd-ca.org>

www.buildingsplatform.org

www.inive.org

Pompes à Chaleur

Association Française pour les Pompes à Chaleur <http://www.afpac.org>

IEA- HPP - Testing and calculation of combined heat pump systems

www.annex28.net/index.htm

Site ADEME-BRGM

www.geothermie-perspectives.fr

Climatisation à Haute Efficacité Energétique et à Faible Impact Environnemental
<http://www.cenerg.ensmp.fr/francais/themes/syst/html/bsyst.htm>

Cogénération- Réseau de Chaleur

www.petitecogeneration.org

www.cogen.org

www.cogen-challenge.org

www.dgfer.org

<http://www.viaseva.com>

www.iea-dhc.org

<http://www.fg3e.fr>

<http://www.semhach.fr/sommaire.htm>

<http://www.veoliaenvironnement.com/fr/metiers/energie/>

3.2 PAROIS OPAQUES (MURS, TOITURES, PLANCHERS) A HAUTE PERFORMANCE THERMIQUE EN AUTRICHE, AU DANEMARK ET EN ALLEMAGNE

Auteurs : Hafiane Cherkaoui (hafiane.cherkaoui@cstb.fr)
avec la participation de Marc Colombard-Prout
(marc.colombard-prout@cstb.fr)

Experts : Svend Svendsen (Université Technologique du Danemark)
Fritz Oetll (Architecte – POS Architekten – Autriche)

INTRODUCTION

L'étude a pour objet d'évaluer les solutions techniques des Procédés d'Isolation à Haute Performance Thermique (PIHPT) pratiquées à l'étranger pour l'isolation thermique, voire l'inertie thermique, des parois opaques et d'analyser les conditions de leur transposition en France.

Le champ de l'étude a été limité à trois pays européens, l'Autriche, le Danemark et l'Allemagne où des solutions très performantes en termes d'isolation thermique sont déjà mises en application.

Seuls, l'Autriche et le Danemark ont fait l'objet d'une analyse par des experts extérieurs, les informations sur l'Allemagne sont issues en partie de l'étude sur les programmes d'opérations performantes et de données fournies par des industriels de l'isolation.

FICHE RESUME

Composant, sous-ensemble étudié	Paroi avec $U < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sol, mur et toiture Référence : maison passive	
Pays	Autriche	Danemark
Procédures	Subvention pour la R&D et les opérations de démonstration. Les aides à la pierre attribuées par les Landër notamment sur la base de critères de performances énergétiques.	Besoin de règles de calcul (Codes) dans les activités de recherche et de développement Simulation de la consommation d'énergie dans le bâtiment existant.
Acteurs principaux	Ministère fédéral des transports, de l'innovation et de la technologie (BMVIT) ; la société Autrichienne pour l'Environnement et la Technologie (ÖGUT) et avec une forte mobilisation des industriels et des professionnels.	Gouvernement et compagnies de distribution d'énergie Secteur du bâtiment: propriétaires, fabricants de matériaux de construction, consultants, entrepreneurs. Instituts de recherche et de développement.
Principaux résultats	14 opérations de démonstration et près de 1000 maisons passives à la fin de 2005. Consommation énergétique réduite de $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ à $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ pour les bâtiments à basse consommation et à $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ pour les maisons passives (maisons individuelles, logements collectifs et non résidentiels, jardin d'enfant, écoles, bureaux, bâtiment industriels et églises, ..)	Des bâtiments avec une enveloppe avec des coefficients de transferts thermiques inférieurs à $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ont été réalisés comme avec des solutions courantes en neuf ou en rénovation. Le développement et l'utilisation de parois avec des valeurs du coefficient U de $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ont commencé.

Possibilité de transposition en France	Recours aux meilleures technologies courantes, les produits systèmes et technologie à basse consommation et les solutions pour les bâtiments passifs sont simples et disponibles pour tous. Adaptation des systèmes de double flux ainsi développés, Soucis des détails techniques de conception et de mise en oeuvre, Dispositifs d'évaluation, Dispositifs de mobilisations des acteurs privés, Structure des programmes de R&D et nature des opérations de démonstration, Modalités de financement et de subvention au niveau national et régional permettant d'atteindre une part significative du marché, Changement dans les comportements dans les processus de prise de décisions	Pas de difficultés majeures : besoin de développer l'isolation à haute performance thermique.
Partenaire mobilisé	Fritz Oetl : architecte – POS Architekten	Svend Svendsen : professeur Département de Génie Civil de l'université "technique" du Danemark.

3.2.1 CONTEXTE, ANTERIORITE, DYNAMIQUES D'ACTEURS

CONTEXTES NATIONAL ET LOCAL

Autriche

Le contexte autrichien est très spécifique, notamment en ce qui concerne le financement du logement basé sur des aides à la pierre pour le secteur locatif comme pour l'accession à la propriété attribuées par les Landers. Ces aides bénéficient à 80% de la population (voir le rapport sur les programmes R&D en Autriche qui développe l'analyse des spécificités du contexte autrichien).

En Autriche, les expériences pilotes qui ont été prises comme références sont les maisons et bâtiments passifs réalisés en Allemagne et dans les pays scandinaves (en particulier en Suède).

Le secteur résidentiel des maisons individuelles représente 50 % du marché en neuf et constitue donc une part importante du potentiel d'économie d'énergie. De plus, c'est le domaine où la sensibilisation par rapport au coût de l'énergie est la plus marquée.

Les conditions du développement, en Autriche, des procédés d'isolation à haute performance thermique (PIHPT) peuvent être résumées comme suit :

- Des régions en zone alpine (environ 80%) avec des hivers longs,
- Une grande différence entre les régions rurales et urbaines : pour le rural, le chauffage est individuel et essentiellement au fioul avec une forte sensibilité au coût de l'énergie. Pour l'urbain, le chauffage est essentiellement fourni par des chaudières gaz ou des réseaux de chaleur alimentés par des chaudières d'incinération de déchets.
- Une sensibilisation à la dépendance par rapport à l'approvisionnement : par exemple, les difficultés récemment rencontrées pour l'acheminement du gaz de la Russie,
- Une forte dépendance à l'énergie fossile importée (fioul, gaz),
- Le refus du nucléaire : en effet, l'Autriche est le seul pays à avoir construit une centrale nucléaire qui n'a jamais été mise en service et qui ne peut pas développer l'hydraulique (barrages) à cause de l'opposition de la population à la défiguration du paysage.
- Un coût élevé de l'énergie : surcoût du transport pour le rural et surcoût lié aux réseaux et à leur maintenance pour les zones urbaines,
- Une forte sensibilisation de la population aux questions environnementales qui, en l'absence

d'alternatives, se focalisent sur les bâtiments à faibles consommations énergétiques et le recours aux énergies renouvelables,

- Un code du bâtiment peu descriptif et très ouvert à l'innovation : durant les dernières années, les critères d'attributions des aides à la pierre en Autriche ont évolué rapidement en exigeant une faible consommation énergétique (inférieure à 45 kWh/m².an), voire moins dans certaines régions pour le neuf. Les bâtiments de référence sont les maisons passives avec aujourd'hui un objectif de 20% de part du marché d'ici 5 ans.
- Une sensibilisation au niveau des autorités : Programme national pour la R&D pour la conception et la durabilité des bâtiments mais aussi pour l'environnement. Au niveau local, certaines actions sont menées pour combiner l'efficacité énergétique et les aspects écologiques. Les budgets dédiés à ces activités restent très significatifs à l'échelle de la taille du pays.
- Un aspect réglementaire : la certification des performances énergétiques dans le cadre de la Directive Européenne sur les Performances Energétiques du Bâtiment est entrée en vigueur en 2006.

Les instituts de recherche qui ont contribué au développement des procédés sont principalement des établissements privés mais aussi des organismes publics, fortement impliqués comme l'OIB (Organisme Autrichien de la Construction).

Danemark

Les principales caractéristiques du contexte national et local qui ont favorisé le développement des procédés d'isolation à haute performance thermique (PIHPT), sont les suivantes :

- Incitation au développement et à l'usage des PIHPT par la R&D et les taxes sur l'énergie,
- Exigences du code du bâtiment pour l'utilisation des PIHPT.

Le transfert de ces procédés de la R&D au développement industriel résulte de recommandations d'instituts de recherche ou de centre d'information ainsi que d'une coopération directe entre R&D et industrie de la construction.

Les caractéristiques du contexte de développement de ces procédés peuvent s'expliquer par différents facteurs :

- Un climat relativement froid vu la situation géographique du pays, avec 3000 degré jours.
- Le Danemark produit actuellement plus de pétrole et de gaz qu'il n'en consomme mais il devra à nouveau dans le futur importer de l'énergie d'origine fossile.
- Le Danemark s'est engagé de réduire de 21 % les émissions à effet de serre.
- Les contraintes sociétales se traduisent par des exigences renforcées dans le code du bâtiment
- Les sociétés qui produisent les isolants constituent un lobby important (Rockwool ...).
- Le coût de l'Énergie du chauffage pour les bâtiments de 0,1 euro par kWh (fioul ou gaz, taxe comprises)
- Parmi les conditions favorables, on peut citer les règles de construction qui sont basées sur des performances à atteindre et sur des descriptions de techniques et de solutions.
- Dès les années 60, le code du bâtiment a mis en place des exigences sur les performances thermiques pour l'enveloppe des bâtiments neufs.
- Politiques : actuellement l'incitation aux économies d'énergie est prise en charge par les compagnies de distribution d'énergie qui financent cette activité en ajoutant un léger surcoût au prix de l'énergie.
- Au niveau local, certains groupes ont convaincu des collectivités locales à mettre en place des exigences spéciales pour des bâtiments qui sont réalisés sur le foncier vendu par la collectivité locale ; ceux-ci doivent avoir des performances énergétiques supérieures à celles qui sont exigées par le code du bâtiment.
- Recherche : certains programmes de recherche ont financés le développement de maisons à hautes performances énergétiques.

Allemagne

En Allemagne, la période de chauffe dure environ 6 mois, de novembre à avril. Le pays est autonome pour sa consommation en électricité mais le chauffage électrique est quasiment inexistant. Néanmoins, pour le chauffage, l'Allemagne est complètement dépendante d'autres pays (gaz, fioul, essentiellement). Le charbon est encore un peu employé.

La conscience écologique des habitants est relativement développée ce qui conduit à une politique volontariste de l'Etat pour atteindre les objectifs fixés par le protocole de Kyoto.

Les règles de construction sont favorables, la première Réglementation Thermique, visant à économiser de l'énergie date de 1985. La réglementation actuelle ne fixe pas d'objectifs pour les éléments pris séparément, mais un seuil pour le bilan énergétique de l'ensemble de la construction. De plus, l'étanchéité à l'air de la construction est également imposée (volume d'air échangé $\leq 1,5$ fois le volume total du bâtiment pour une différence de pression de 50 Pa; pour une construction avec VMC, ou ≤ 3 fois le volume total pour une construction sans VMC).

Les incitations financières sont régionales et différentes d'un Lander à l'autre.

ANTERIORITES ET ORIGINES DES PROCEDES D'ISOLATION DE HAUTE PERFORMANCE THERMIQUE APPLIQUES AU MUR OPAQUE D'UN BATIMENT.

Autriche

Les premières maisons passives ont été construites en 1995 à des fins de démonstration. Ces premières maisons passives sont décrites avec des informations sur les détails de construction dans les catalogues industriels d'isolation en 1998.

Les acteurs pionniers pour développer les maisons passives ont tout d'abord été un petit groupe d'une vingtaine d'architectes et d'experts qui ont débuté leur action en 1993 par des séminaires.

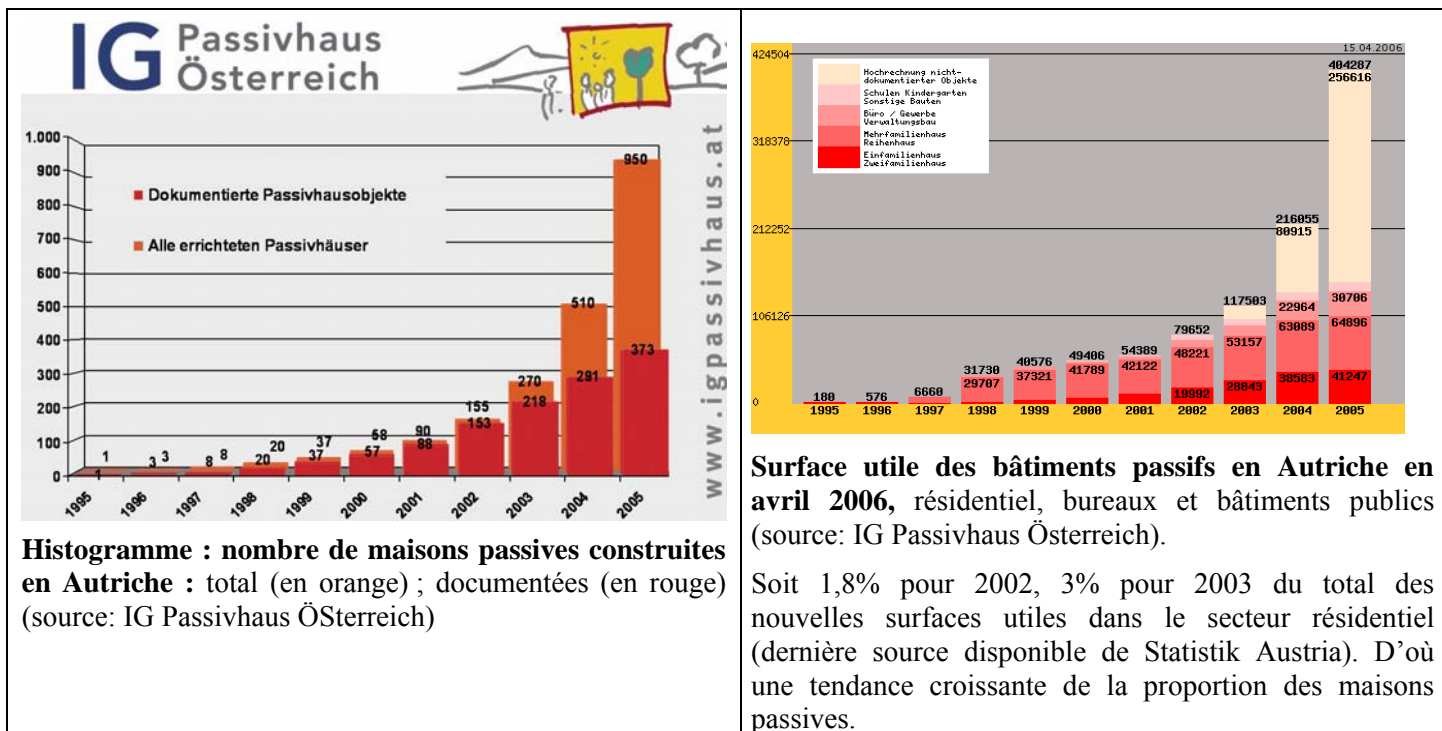
Parallèlement, les fabricants de matériaux d'isolation ont créé une organisation pour promouvoir une meilleure qualité thermique du bâtiment afin d'atteindre les objectifs du Kyoto et développer l'emploi dans le secteur de la construction. Une étude réalisée en 1994 a constitué un outil important pour convaincre les gouvernements fédéraux et régionaux d'engager des actions pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Cela a même débouché sur émulation entre les régions, voire une compétition.

De 1998 à 2001, 84 maisons individuelles et appartements ont été construites, évaluées et documentées. Ces réalisations ont contribué à la diffusion efficace de l'information sur l'intérêt du sujet.

Par la suite, une action importante a été lancée avec un programme fédéral nommé "Haus der Zukunft – Maison du Futur" par le ministère pour l'innovation et la technologie.

Actuellement, 151 projets de R&D associant économie d'énergie et écologie sont achevés et parmi ceux-ci, 35 bâtiments démonstratifs jouent un rôle important pour la prise de conscience collective.

Ces projets ont permis le développement de produits et labels actuels associés au concept des maisons passives ou bâtiment à faible consommation énergétique. Parmi les paramètres adoptés, l'épaisseur minimale de l'isolant de 35 cm est l'un des plus emblématiques.



Surface utile des bâtiments passifs en Autriche en avril 2006, résidentiel, bureaux et bâtiments publics (source: IG Passivhaus Österreich).

Soit 1,8% pour 2002, 3% pour 2003 du total des nouvelles surfaces utiles dans le secteur résidentiel (dernière source disponible de Statistik Austria). D'où une tendance croissante de la proportion des maisons passives.

Danemark

Rappel historique : Au sein de l'université technique du Danemark (DTU), le laboratoire d'isolation thermique a été créé en 1959. Il a eu un rôle précurseur dans la recherche et le développement sur les économies d'énergie des bâtiments neufs et existants, avec une spécialisation sur l'amélioration de l'isolation des bâtiments. Dans les années 60, un important projet expérimental a démontré la possibilité, sans risque de développement des moisissures, de remplir les cavités de parois avec les matériaux d'isolation et de contribuer ainsi à une amélioration significative des performances thermiques des parois.

Après la crise pétrolière de 1973, une maison à consommation énergétique zéro, avec une enveloppe à forte isolation, a été développée et construite en 1975 sur le campus pour démontrer la possibilité de résoudre le problème de l'approvisionnement énergétiques par les économies d'énergie.

Ce projet s'est poursuivi par un projet de R & D sur la période 1976-1984 où 7 maisons individuelles ont été développées, construites et évaluées. La consommation annuelle pour le chauffage et l'eau chaude a été de 5000 kWh environ (pour des surfaces de sol de 140 m², soit 36 kWh/m²). Les épaisseurs d'isolants étaient de 20 à 50 cm avec des coefficients U de 0,20 à 0,10 W/(m²K). Les constructions ont été réalisées en utilisant à la fois des techniques traditionnelles et de nouveaux systèmes d'ossatures porteuses en bois.

Bien que les bâtiments expérimentaux atteignaient les performances attendues et étaient attractifs pour le marché, ces exigences n'ont pas été intégralement transposées dans les mises à jour du code de la construction. En effet, le code de 1985 avait seulement une exigence de 0,35 W/m²K pour les murs en briques.

La raison de cette application lente des résultats de R & D dans le code du bâtiment résultait en général du conservatisme du secteur du bâtiment et d'une focalisation sur les nouveaux systèmes de production énergétiques (charbon, cogénération, réseaux de chaleur, production nationale du gaz et du pétrole) dans le programme énergétique national des années 80.

En 1990, un nouveau programme national a été lancé avec le but de réduire la charge de chauffage pour les bâtiments neufs de 50% par des exigences dans le code du bâtiment de 1995 (25%) et de 2005 (25%). Les activités de R & D ont été financées pour préparer les bases techniques afin d'introduire les exigences dans le code du bâtiment.

De 1995 à 2005: le coefficient de transmission thermique U d'environ 0,20 W/m²K a été introduit dans les exigences thermiques du code du bâtiment.

Parallèlement, la Directive Européenne pour la Performance Energétique du Bâtiment a été mise en place au Danemark et les performances énergétiques sont donc exprimées sur la base de la consommation énergétique globale du bâtiment. En même temps, les exigences sont devenues plus strictes et des coefficients plus faibles sont fréquemment utilisés.

Dans le code de 1995, les exigences sur la valeur U pour l'enveloppe du bâtiment était de 0,20 W/m²K, 0,30 W/m²K pour des parois lourdes (murs) et 0,15 W/(m²K) pour les toitures inclinées (rampants).

En se basant respectivement sur les activités R & D réalisées de 1995 à 2005, et sur les coopérations entre les instituts de recherche et le secteur de la construction (fabricants de matériaux et composants de procédés à faibles consommations d'énergie et différents constructeurs de maisons) un programme de réduction du chauffage a été introduit dans le code de 2006. Les exigences pour le neuf sont exprimées par un cadre énergétique.

Pour les bâtiments neufs ou les rénovations lourdes, les exigences sur le coefficient U sont les suivantes :

	U W/m ² K
Murs (lourds et légers)	0,20
Planchers	0,15
Planchers avec planchers chauffants	0,12
Toitures	0,15

Coefficients U au Danemark

Ces valeurs recommandées ne sont pas exigées dans les bâtiments neufs mais elles peuvent être utilisées comme indicateurs pour les valeurs U à atteindre sur une base volontaire. On peut remarquer que ces valeurs sont équivalentes, voire supérieures à celles exigées par le label suisse Minergie.

En plus des valeurs requises, le code définit deux classes pour les maisons à basse consommation énergétique avec un coefficient de consommation énergétique réduit de 25% et 50%. Ces exigences sont volontaires mais sont programmées par le gouvernement pour devenir obligatoire d'ici 2010 et 2015. L'idée est d'une part, d'encourager la construction de bâtiments plus performants que ceux qui respectent la réglementation et d'autre part développer la prise de conscience du secteur de la construction pour qu'il se prépare au changement dans les délais requis.

A l'avenir, des valeurs de U encore plus faibles, proche de 0,1 W/(m²K) vont devenir des valeurs types dont le but d'économiser l'énergie dans le bâtiment.

La base de développement des enveloppes à haute isolation a été réalisée par les industriels de la construction, les fabricants de matériaux d'isolants et de composants qui ont mis sur le marché leurs produits ou par le biais de projets RD financés par des fonds publics.

Les acteurs clés ont été les grandes entreprises, les centres de recherche et les PME qui ont contribué d'une manière importante en tant que contractants pour la mise en œuvre.

La mise en œuvre des PIHPT est de même nature que la construction traditionnelle avec des épaisseurs plus importantes, l'isolation par l'extérieur étant courante au Danemark. Le processus de conception des PIHPT est identique à celui utilisé par les industriels pour développer de nouveaux produits en améliorant leurs performances. Dans certains cas, les projets de recherche et de développement ont été les catalyseurs du processus.

Allemagne

Les initiateurs des premières constructions allemandes du type maisons passives qui apparaissent au milieu des années 90, sont issus des milieux écologistes et du domaine de la construction. Parmi ces pionniers, il y avait des fabricants d'isolants alternatifs (fibres de cellulose ...) et ce sont des initiatives privées qui ont porté les premières constructions. Beaucoup de réalisations sont localisées dans la région de Springe-Eldachsen.

Des membres de ce collectif étaient déjà à l'origine de la réglementation imposant de construire "étanche à l'air" (1985). C'est également ce groupe qui a par la suite développé la théorie des systèmes constructifs "ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau" qui est généralement tarđuite à tort comme "murs respirants". C'est aussi à Springe Eldachsen que des formations ont été lancées dans le domaine de l'étanchéité à l'air notamment pour le test de la porte soufflante (Blower Door)

Pour élargir le marché des isolants en fibres de cellulose par exemple, au départ limité à l'isolation dite écologique, les fabricants ont modifié leur stratégie de marketing et se sont orientés vers le marché traditionnel de l'isolation, ne mettant plus en avant les propriétés dites "écologiques" du matériaux, mais plutôt ses propriétés d'isolant thermique (avec une amélioration d'environ 20% sur la performance thermique). Les isolations réalisées en ouate de cellulose ont fait alors l'objet d'études expérimentales (suivies par exemple par le Fraunhofer Institut), de manières à en améliorer la qualité (meilleur conductivité thermique, moins de risques de tassement, une densité plus faible...) et pour en observer le comportement (caractère hygroscopique entre autre...).

Les acteurs moteurs qui ont porté l'innovation dans le domaine des maisons «passives», sont les industriels et les maîtres d'ouvrage privés ; l'obstacle principal étant le coût de la construction.

MOTIVATION DES ACTEURS

Autriche

Il n'y a pas eu de développements importants de nouveaux procédés mais plutôt une motivation des industriels de l'isolation à promouvoir des solutions plus performantes simplement avec avec des épaisseurs plus importantes ... ce qui permet de tripler le volume de vente et de faire des remises !

Les fabricants de fenêtre et de systèmes de ventilation étaient également très motivés par ce nouveau marché. Une première étape importante a été la renaissance des structures en bois (construction jusqu'à 4 étages) avec des coûts relativement faibles et des solutions techniques permettant de réduire les pertes énergétiques. Ces techniques sont souvent combinées avec d'autres techniques d'isolation en utilisant par exemple de la ouate de cellulose pour le remplissage des cavités de parois.

En ce qui concerne les nouveaux produits d'isolation sous vide (VIP) qui sont développés en Allemagne, certaines applications pour les murs et les toitures terrasses ont été brevetées par des PME, architectes et bureau d'études.

Jusqu'à présent, les sociétés gestionnaires de logements, qui réalisent jusqu'à 50 % du volume de la construction, n'avaient pas réellement demandé des produits innovants à des prix abordables. Cette situation a évolué au cours des dernières années à cause d'une part du coût de l'énergie qui est devenue une question d'intérêt national et d'autre part les consommateurs sont demandeurs de solutions innovantes, en particulier pour la rénovation.

Danemark

Les acteurs clés sont les instituts de R&D et les industriels ; tout particulièrement les fabricants de matériaux (isolants ...) et composants (fenêtres ...), mais aussi des fabricants d'autres matériaux pour l'enveloppe du bâtiment (membranes ...). Les actions clés sont la recherche et le développement de produits.

L'intégration de ces procédés dans l'enveloppe des bâtiments a été réalisée par les concepteurs et l'ingénierie aux plans techniques, architecturaux et économiques.

La commercialisation des procédés et sa diffusion sont assurées par le secteur industriel de la construction.

Ces développements sont portés par des réseaux d'acteurs existants.

Acteurs clés

En Autriche :

- un certain nombre d'institution comme l'OIB et depuis quelques années, quelques promoteurs à but non lucratif, qui ont développés un projet pilote pour établir un standard de maison passive.
- Le ministère de l'innovation et de la technologie qui avait lancé un programme de bâtiment durable avec des résultats très significatifs.
- L'état et les régions qui ont promu aussi l'efficacité énergétique dans les bâtiments au travers des aides à la pierre.

Au Danemark, les décideurs clés sont le gouvernement avec son programme d'économie d'énergie, l'agence gouvernementale chargée de la mise au point du code du bâtiment, en coopération avec le secteur du bâtiment d'une manière générale.

Acteurs moteurs

En Autriche, les industriels ont réalisé de la R&D pour améliorer la conductivité thermique des isolants. Par exemple, la conductivité thermique du polystyrène expansé PSE est passée de 38 mW/mK à 32, voire 30. Par ailleurs, pour réduire les ponts thermiques des rupteurs spécifiques ont été développés.

Les programmistes, concepteurs et architectes constituent les principales forces motrices tandis que les propriétaires de logement conscient des questions énergétiques demeurent des prescripteurs essentiels.

Enfin, un nombre limité de journalistes essaient aussi de promouvoir le thème des économies d'énergie.

Au Danemark, les acteurs moteurs sont issus du domaine de la R & D , principalement des industriels, mais aussi des centres techniques, constructeurs, prescripteurs, entrepreneurs, consommateurs ou utilisateurs, architectes, autorités locales,....

Acteurs résistants

Autriche

Une partie limitée de la R&D au sens large, y compris chez les fabricants, qui ont été parfois réticentes au développement des parois à haute performance.

En ce qui concerne les architectes et les BE (ingénierie) ; on constate l'existence de deux communautés bien séparées : une qui s'intéresse aux questions du développement durable et l'autre principalement préoccupée par la conception esthétique formelle avec très peu de lien entre les deux approches.

Les propriétaires institutionnels et les promoteurs ne font pas encore la promotion du concept de bâtiment performant sur le plan énergétique hormis quelques opérations exemplaires.

Les collectivités locales n'adressent pas avec suffisamment d'attention, l'impact des politiques d'utilisation du sol sur l'efficacité énergétique.

Les codes de la construction ont en moyenne un mauvais standard sur l'efficacité énergétique parce qu'ils ne sont pas concernés par l'aide à la pierre comme pour le logement.

Danemark

Les acteurs les plus résistants (voire opposés) au développement des PIHPT sont principalement les architectes et les entrepreneurs qui souhaitent conserver les solutions traditionnelles. Au début,

certain fabricants de blocs (briques et béton) ont été réticents mais aujourd'hui leur position est plutôt positive car ils ont développé des solutions techniques à haute performance pour économiser l'énergie (particulièrement pour le mur).

3.2.2 CONTENU DE L'INNOVATION

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Concepts du système

Autriche

Les deux principaux types de constructions utilisés sont les suivantes :

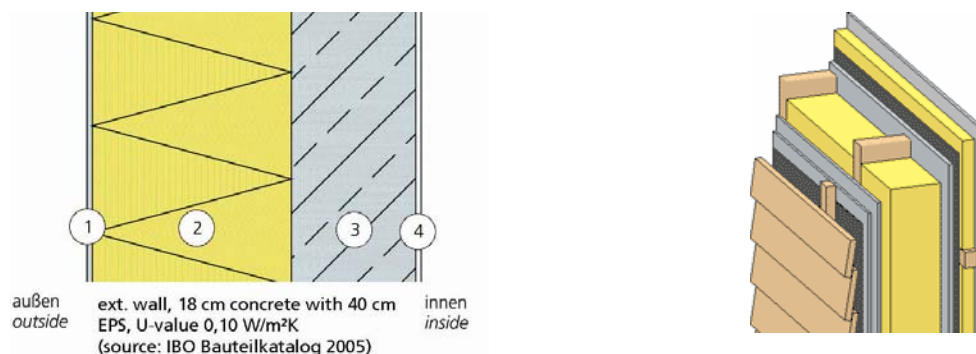
- Parois lourdes : béton, blocs béton, briques ...
- Parois légères : ossatures en bois,

Les deux approches sont utilisées pour réaliser des maisons passives et le choix dépend principalement de la culture des investisseurs, de leurs préférences ou ce qu'ils pensent être les préférences des consommateurs (what does he like or think that the consumer likes) ainsi que de l'utilisation du bâtiment et du nombre d'étage. Par exemple, tous les bureaux et logements collectifs sont construits avec des parois lourdes. Néanmoins, il faut noter qu'en 2005, un premier bâtiment de 4 étages a été réalisé en associant parois lourdes et ossatures bois.

Deux exemples de parois représentatives des techniques de mise en œuvre sont présentés ci-après :

- Une paroi lourde : 18 cm de béton avec une isolation extérieure de 40 cm de polystyrène expansé, coefficient U de 0,1 W/m²K
- Une paroi légère en bois avec un coefficient U de 0,13 W/m²K

Comme l'indique les valeurs des coefficients U, la différence essentielle entre ces deux types de paroi n'est pas leur pouvoir isolant mais leur inertie thermique (capacité à déphaser la sollicitation radiative ou thermique et à stocker de l'énergie) qui sera très différente. La paroi lourde et épaisse jouera un rôle très favorable, en été, pour éviter les surchauffes.



Exemple de deux systèmes développés pour répondre à des contraintes architecturales, techniques et de mise en œuvre. (www.ibo.at)

Le problème majeur des solutions avec parois lourdes est la perte de surface utile qui est de l'ordre de 5% par rapport aux standards des bâtiments courants. Bien sûr, cet aspect n'est pas du tout apprécié par les investisseurs. Les isolants sous vide (PIV Panneaux Isolants sous Vide ou VIP – Vacuum Insulation Panels) pourraient résoudre ce problème mais ils sont encore trop onéreux pour constituer une réelle alternative dans le neuf mais pourraient trouver des applications intéressantes dans l'ancien.

Les bâtiments de faibles hauteurs, avec moins de 3 à 4 étages, avec une ossature bois ou avec des parois préfabriquées en bois peuvent aussi permettre résoudre ce problème d'épaisseur car ils intègrent l'isolation entre la structure porteuse et fournissent une surface utile satisfaisante avec une excellente performance thermique. Ces constructions nécessitent une très grande attention tout au long du

processus de construction, de la conception à la réalisation sur chantier. Souvent l'absence de savoir faire pour la mise en oeuvre sur site amène les promoteurs et les entreprises de bâtiment à se retirer des maisons passives.

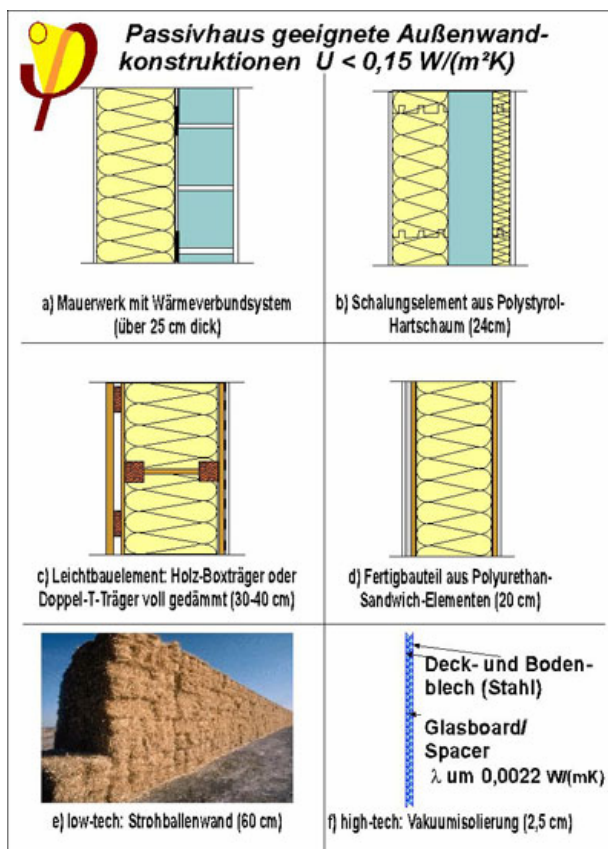
La forte isolation des murs et planchers n'a de sens que si elle est intégrée dans une solution globale de chauffage, de rafraîchissement et de ventilation à basse énergie, par conséquent le concept doit être planifié dès le début du projet (voir la brique "architecture globale"). Dans ce cas, un haut niveau de confort avec des coûts énergétiques très bas et des coûts d'investissement acceptables peut être garanti. La culture traditionnelle des concepteurs en Autriche est généralement opposée à cette nouvelle démarche globale. De plus, l'ingénierie du chauffage, du rafraîchissement et de la ventilation est généralement impliquée trop tardivement dans les projets.

Au début, il y a eu de fortes interrogations de la part des architectes pour traiter la très faible charge de chauffage dans les maisons passives. En effet, une maison passive se traduisait souvent par des murs très épais avec de petites fenêtres (PassivHaus = BlockHaus). Depuis, la forme des bâtiments est mieux prise en compte et la qualité des fenêtres (voir brique parois transparentes) permet de concevoir des espaces intérieurs qui peuvent bénéficier largement de l'éclairage naturel. De même, il y avait au départ de vraies difficultés techniques pour concevoir et réaliser des bâtiments absolument étanches à l'air. Depuis, la plupart des problèmes de joints et de fuite ont été résolus et des tests ont été mis au point tel que le test de perméabilité à l'air (blower-door/porte soufflante) qui constitue un outil pratique et raisonnable pour vérifier l'étanchéité à différents stades de réalisation du bâtiment ou des ajustements peuvent encore être aisément réalisables : le test est fait généralement avant la mise en place de l'isolation par l'extérieur.

Danemark

Les principales techniques utilisées pour les parois à haute performance thermique sont basées essentiellement sur l'utilisation d'isolants en fortes épaisseurs, la réduction des ponts thermiques et l'augmentation de l'étanchéité à l'air.

Les systèmes développés pour assurer l'aptitude à l'emploi des produits sont basés sur des analyses détaillées des ponts thermiques, en utilisant des documents techniques (tableaux, normes) de construction ou en faisant des calculs avec des outils de modélisation 2-D. Des tests in situ de mesure de la perméabilité à l'air (par la mise en pression ou dépression - test de la fausse porte ou porte soufflante – blower-door) et la visualisation des déperditions énergétiques par caméra infra rouge sont aussi effectués.



Exemple de systèmes qui répondent aux exigences des maisons passive : $U < 0.01 \text{ W}/\text{mK}$

De la botte de paille à l'isolant sous-vide.

(Source : Guerriat, A. *La maison passive : Introduction pour les architectes et futurs maîtres de l'ouvrage*, édité par l'auteur, Thuin, septembre 2006, 162 pages)

Technologies représentatives

Autriche

Il est nécessaire de distinguer les parois lourdes avec des procédés composites et les constructions à ossature bois. Les procédés d'isolation les plus utilisés sont les panneaux de polystyrène expansé ou en laine minérale pour les parois lourdes alors que la laine minérale en rouleaux est utilisée dans les constructions en bois. Le remplissage avec de la ouate de cellulose des cavités dans les structure en bois est aussi une solution utilisé. Le liège est très rarement employé. Très exceptionnellement on a recours à des VIP pour des applications très spéciales où une très forte isolation d'épaisseur faible est nécessaire. Ces VIP peuvent être associés à des panneaux de façades en aluminium par exemple pour les protégés.

Les structures types sont les suivantes :

- béton dans les zones urbaines et pour les bâtiments et logement collectifs à plusieurs étages
- briquettes jusqu'à 5 étages, souvent associées avec une structure béton, comme matériaux de remplissage,
- briques dans les maisons individuelles,
- ossature bois avec des panneaux massifs en bois porteur de 10 cm dans les petits projets de logements, jusqu'à 3 - 4 étages,

Les systèmes de fixation :

- fixation des panneaux de polystyrène expansé et de fibres minérale avec un mortier adhésif et des fixations en métal ou PVC selon la stabilité nécessaire,
- dans les structures en bois, l'isolant est inséré dans les cavités ou maintenu par des tasseaux ou liteaux,

Les systèmes de protection extérieure :

- principalement pour les panneaux de polystyrène expansé, avec une couche décorative de 2 à 3 mm ou une alternative écologique avec un plâtre inorganique de 10 mm,
- panneaux de revêtement en bois ou en fibre de ciment pour l'ossature bois,
- quelques exemples intéressants sur l'utilisation des panneaux solaires comme solution pour le bardage,

Les méthodes utilisées pour éliminer les ponts thermiques :

- fixations non métalliques, des structures de balcon séparées du bâtiment par des rupteurs de ponts thermiques
- dans le cas de liaison, celle-ci doit être ponctuelle avec une très faible conductivité thermique,

Les méthodes utilisées pour assurer l'étanchéité à l'air :

- pour les structures massives, l'étanchéité est plus facile à traiter mais la principale question reste la jonction mur-fenêtre qui doit être traitée avec des membranes spécifiques,
- les constructions en bois utilisent une séquence précise d'épaisseurs d'isolants auxquelles sont associés le pare vapeur et le pare vent (ou pare air) qui ont une importance spéciale. Ces membranes sont du type feuilles d'aluminium, membranes tissées ou synthétiques,
- les installations électriques nécessitent des solutions pour le calfeutrement des orifices en utilisant des mastics car la mousse n'est pas suffisamment étanche.

Danemark

Les principaux procédés utilisés peuvent être caractérisés de la façon suivante :

- les produits isolants utilisés sont des produits traditionnels en laine minérale (de verre et de roche), polystyrène expansé ou extrudé, argile expansée, béton allégé. Les autres produits isolants tels que les produits naturels représentent une part de marché encore marginale et les produits super isolants (VIP) ne sont pas encore utilisés.
- les principaux systèmes utilisés pour une intégration au cadre bâti : isolation intérieure, extérieure, réparties ...
- les supports et structures porteuses : béton, brique, ossature bois ou acier mais aussi du béton avec des agrégats en argile expansée et du béton allégé.
- le système de fixation de l'isolation : pour le cas des murs construits en briques, le mortier colle utilisé pour maintenir les isolants est installé de telle façon qu'il n'existe pas de lame d'air entre le mur intérieur et l'isolant. Dans le cas de mur à ossature bois, une enveloppe (membrane) est utilisée pour maintenir l'isolant mais aussi pour le protéger contre tout mouvement d'air dû à l'effet du vent (réduction de la perméabilité à l'air).
- les revêtements extérieurs de protection : enduits, bardages, vêtements ...
- les modalités de traitement des ponts thermiques : une bonne conception et l'utilisation de matériaux porteurs isolants comme les blocs béton avec des agrégats d'argile expansée en fondation et planchers.
- les modalités de traitement de l'étanchéité à l'air : deux ou plusieurs couches d'isolation avec traitement des jonctions entre lés (en pose croisée), des films ou membranes d'étanchéité à l'air, des panneaux de fibres de bois et des plaques de plâtre.

DESCRIPTION DES PRODUITS ET MODALITES D'INTEGRATION ARCHITECTURALE

Les principaux matériaux utilisés sont le polystyrène expansé et la laine minérale. Le polystyrène expansé présente des avantages coût-bénéfice mais aussi des inconvénients par rapport à la sécurité incendie qui doit être prise en compte en mettant en place des barrières de protection comme par exemple de la laine minérale. La transmission de la vapeur doit être aussi prise en compte avec beaucoup d'attention et les pare vapeur côté intérieur doivent être mis en œuvre avec beaucoup de soin.

Les laines minérales ont l'avantage d'être plus souples pour traiter les surfaces irrégulières. De plus, ce matériau facilite la diffusion de vapeur (souvent appelé à tort "respiration") dans le bâtiment.

A noter que l'isolation renforcée par l'extérieur est la plus répandue pour les bâtiments importants (immeubles). Cependant, les entrepreneurs rencontrent des difficultés pour intégrer ces procédés dans leurs processus de construction sur chantier compte tenu des compétences de la main d'oeuvre.

HORIZON TEMPOREL

Autriche

Quelques recherches ont été mises en place pour réduire épaisseur de l'isolation, mais aujourd'hui, on peut dire que les solutions matures, comme précédemment mentionné, sont le polystyrène expansé (PSE) et la laine minérale. Les solutions émergentes sont des procédés spéciaux comme les isolants sous vide.

Les solutions en cours de développement en Autriche sont les matériaux dits "écologiques" comme les fibres de bois, laine de coton, chanvre, fibres végétales... D'autres matériaux d'origine agricole, comme la paille sont en cours d'expérimentation mais ne sont pas encore industrialisées à grande échelle.

Danemark

Le développement des procédés d'isolation à haute performance thermique résulte de la réglementation et des révisions du code du bâtiment. Les perspectives sont d'ajuster les nouvelles exigences tous les 5 ans.

Les systèmes ayant un coefficient U inférieur à 0,20 W/m²K sont considérés comme des procédés d'isolation traditionnels et performants. Les systèmes avec un U inférieur à 0,10 W/(m²K) sont considérés comme des nouvelles solutions mais déjà dans une phase mature.

Innovation "mature" (un peu chère encore !)

Autriche

Les techniques d'isolation éprouvées sont les suivantes :

- pour les parois lourdes, le polystyrène expansé est le plus utilisé tandis que la laine minérale est utilisée pour les grands bâtiments (de hauteur inférieure à 26 m),
- pour les constructions à ossatures bois, la ouate de cellulose est la plus utilisée devant la laine minérale.

Le polystyrène expansé et la laine minérale sont les produits les plus souvent mis en oeuvre.

Pour ces solutions, il n'y a pas de difficultés techniques majeures. Les fabricants d'isolants offrent des formations et des sites d'informations. Les problèmes techniques liés aux fortes épaisseurs d'isolants sont rares, les entreprises de construction maîtrisent pour la plupart le savoir faire. Les difficultés sont liées principalement à la perte de surface, en raison de l'insuffisante évolution des règlements d'urbanisme qui ne permettent pas toujours une densification plus importante pour les bâtiments durables.

En ce qui concerne la durabilité des performances, le polystyrène expansé présente quelques risques d'endommagement lorsqu'il est mis à l'extérieur: dégradation de revêtements de façade en soubassement. En générale, les solutions à fortes épaisseurs ne bénéficient pas encore d'un recul suffisant pour apprécier la durabilité de leurs performances.

Danemark

Les technologies éprouvées sont toutes mises en œuvre avec des produits isolants traditionnels dont l'épaisseur est supérieure à 25 cm. Les procédés d'épaisseur supérieure à 50 cm ne sont pas encore répandus mais viennent d'être introduits pour les planchers et plafonds dans les bâtiments à faible consommation énergétique. Les produits isolants classiques sont le plus souvent utilisés.

Les difficultés liées au coût des produits, à leur commercialisation, à leur durabilité et au savoir-faire pour la mise en œuvre, ne constituent pas de réelles barrières pour une large diffusion de l'isolation à haute performance thermique. Les difficultés rencontrées sont essentiellement dues aux exigences du code du bâtiment et au «conservatisme» des compagnies du secteur de construction.

Il n'y a pas de problèmes particuliers sur la durabilité de performances de ces procédés.

Innovation « émergente » (expérimentation)

Autriche

Les solutions en cours d'expérimentation :

- Le développement de la laine minérale pour son utilisation en une seule couche épaisse au lieu de deux.
- La paille est en voie de développement mais de manière marginale en zone rurale,
- Une faible augmentation des procédés à base de liège, de fibres végétales, de noix de coco, de coton, et de laine de mouton,
- Les panneaux avec de fortes épaisseurs pour les solutions éprouvées,

Les acteurs supports :

- ISOCELL et CPH pour la cellulose,
- ISOVER ou HERAKLITH pour le chanvre ou des produits à base de fibres végétales,
- STO pour les panneaux en laine minérale,
- SOLENA ou WOLIN pour la laine de mouton en rouleau ou en vrac.

Les barrières ou difficultés à franchir pour que ces solutions émergentes deviennent matures sont dues au fait que le marché est déjà occupé par les produits standards distribués par les grands industriels fabricants d'isolants. Les fabricants de solutions alternatives avec un impact plus faible sur l'environnement n'ont pas les ressources financières suffisantes pour mettre en place des chaînes de fabrication et assurer la distribution ; néanmoins, il y a un marché pour ces solutions alternatives.

Danemark

Les solutions émergentes, telles que les produits naturels avec de fortes épaisseurs, ont fait l'objet d'activités de R & D pour la plus part des solutions possibles mais elles n'ont pas intéressé les acteurs d'une manière générale.

Les résultats de recherche sur les performances sont documentés mais ne montrent pas de réels avantages par rapport aux techniques conventionnelles. Dans la plus part des cas, elles présentent plutôt des désavantages notamment pour le temps nécessaire à leur mise en œuvre (ces produits nécessitent beaucoup plus d'attention à la pose que les produits traditionnels). En conclusion, pour le Danemark, ces matériaux dits "écologiques" ne sont pas la solution aux problèmes de développement de maisons à basse consommation.

Innovation "à l'horizon" (recherche)

Autriche

Les solutions futures

- les supers isolants VIP (ou panneaux isolants sous vide) sont intéressants par leurs faibles épaisseurs et par le gain en surface utile lors de la mise en oeuvre,
- les panneaux en polystyrène expansé ont semble-t-il encore un potentiel de développement pour réduire la conductivité thermique,
- les produits à base de paille peuvent se développer pour devenir une des solutions standards en zone rurale,

Les difficultés rencontrées pour développer ces solutions résultent du fait que le marché Autrichien est petit et que les entrepreneurs restent par nature encore très prudents. Mais on peut aussi noter une absence de liens entre une petite communauté de concepteurs "verts" innovants, les PME et les grands acteurs du marché du domaine du bâtiment.

Danemark

La recherche et le développement de nouvelles technologies telles que les supers isolants, ou isolants sous vide ne sont pas réellement développés au Danemark sauf pour les pare-vapeur de fonctionnalités avancés et les aérogels pour les isolants transparents dans le domaine du vitrage. La mise en œuvre de parois à haute performance thermique avec des coefficients U inférieurs à 0,1 W/m²K passe donc généralement par l'augmentation des épaisseurs. Ce procédé peut être largement diffusé sur le marché.

La R&D doit se focaliser dans le futur sur le développement de nouveaux produits et la conception globale en prenant en compte toutes les performances (acoustiques, environnementale ...) et pas uniquement les performances énergétiques, mais les financements sont insuffisants.

CHAMP D'APPLICATION

Résidentiel (individuel/collectif)

Neuf ou Rénovation (interventions lourdes)

Autriche

Les projets en cours sont basés sur les standards des maisons passives établis pour des maisons individuelles mais qui démarrent aussi pour les constructions sociales (petits collectifs ...). Il semble qu'il y ait un potentiel pour que ces constructions deviennent de nouveaux standards dans le bâtiment.

Comme précédemment mentionné, les principaux PIHPT utilisés sont les panneaux de polystyrène expansé (devant la laine minérale) pour les parois lourdes et la cellulose (devant la laine minérale) pour la construction légère en bois.

L'isolation par l'intérieur est inexistante pour les nouvelles constructions.

Les constructions à ossatures métalliques porteuses sont quasiment inexistantes pour l'habitation.

Les acteurs clés sont les propriétaires de maisons individuelles incités par les critères d'attribution des aides à la pierre. Durant les trois dernières années les promoteurs ne se sont pas réellement saisis de la demande et des potentialités des bâtiments à basse consommation d'énergie.

Les acteurs moteurs sont quelques PME, des groupes de lobbying et des programmistes ainsi que quelques bailleurs sociaux.

Les plus résistants sont le grand public, principalement pour des raisons économiques : le développement futur nécessite donc d'établir des définitions claires des avantages pour le grand public lorsque l'on utilise les procédés à basse consommation énergétique.

Danemark

Projets et applications en cours : des logements collectifs construits dans les années 1960 avec des éléments sandwichs préfabriqués et des bâtiments plus anciens construits avec des blocs en briques ont besoin d'être rénovés surtout les façades qui présentent des dégradations et par conséquent, des problèmes de déperditions thermiques et l'apparition de moisissures. Pour combiner rénovation et économie d'énergie, on a recours à l'isolation par l'extérieur protégée par des écrans pare-pluie. Cette technique permet de réduire les effets de ponts thermiques. Des systèmes avec ou sans ossatures en bois ou métallique sont aussi utilisés.

Il y a quelques années, la surface estimée de l'isolation de façades au Danemark en rénovation, était d'environ 100.000 m² par an. Les épaisseurs d'isolants les plus utilisées varient entre 10 et 15 cm.

Les principaux acteurs moteurs pour la rénovation sont les propriétaires de patrimoines immobiliers qui souhaitent améliorer l'état des bâtiments (moisissures, dégradation de façades, ...).

Les évolutions futures consistent à développer des solutions pour l'isolation par l'extérieur dans le but de mettre l'existant au même niveau que les maisons à faible consommation énergétique mais actuellement l'amélioration du niveau d'isolation en utilisant l'isolation par l'extérieur reste très coûteuse.

Il y a donc un besoin de développement des procédés d'isolation par l'extérieur performant (isolation + pare-pluie) pour des bâtiments démonstrateurs avec une esthétique acceptable et facile à entretenir.

Par exemple, de nouveaux bardages (dimensions et aspects différents) pourraient être conçues et ainsi remplacer les briques traditionnelles utilisées en paroi extérieure.

Réhabilitation, Amélioration de l'existant (interventions limitées)

Autriche

Actuellement, plusieurs projets de réhabilitation de maisons individuelles en appliquant la norme maison passive sont en cours. Les PIHPT les plus utilisés sont ceux utilisés dans la construction neuve, mais avec d'avantage de laine minérale (plus souple) en raison de l'état des parois anciennes.

Il y a un grand potentiel d'économie d'énergie dans les bâtiments existants (stock) construits au 19^{ème} et 20^{ème} siècle. Environ 50% ont de mauvaises performances thermiques (en moyenne 150 kWh/m²a).

Jusqu'à présent, les acteurs clés sont les concepteurs et les programmistes, ainsi que le lobbying de la communauté des maisons passives.

Le développement futur dépend du budget des Länders et des critères d'attribution des aides à la pierre pour la réhabilitation

Danemark

Projets et applications en cours : les vides d'air dans les anciens murs (cavity wall) en briques sont remplis par de la laine minérale en vrac. Cette technologie, développée et décrite dans les années 50, été utilisée à grande échelle mais certaines vieilles maisons n'ont toujours pas d'isolation dans les cavités de murs (cavity wall).

Les principaux systèmes utilisés sont des procédés d'isolation des combles, en utilisant des isolants avec 20 à 30cm et des murs avec 7 cm d'isolation. Les principales actions sont à l'initiative des propriétaires.

Les évolutions pour l'avenir s'orientent vers le développement de systèmes complets pour la rénovation de l'enveloppe qui sont utilisables par les bricoleurs et les professionnels. Un ensemble de matériaux et d'instruction d'installation avec une documentation sur les performances et leur durabilité peuvent être utiles pour aider à adopter ces systèmes.

Non Résidentiel (Bureaux, Enseignement, Santé, Commerces, Hébergement/Restauration, Industriels, Agricoles)

Neuf ou Rénovation (interventions lourdes)

Projets en cours en Autriche : à la fin de 2005, 31 bâtiments de bureaux, 7 bâtiments publics (écoles et logement du gardien) et 6 autres (commerce, tourisme) ont été réalisés, sur la base du standard maison passive, et documentés. Parmi les types de construction on trouve :

- 11 bâtiments avec des parois lourdes (briques, béton),
- 10 avec une structure mixte (béton allégé), panneaux pleins préfabriqués en bois,
- 24 en structure bois avec une épaisseur d'isolation supérieure à 30cm.

Au total, la surface est estimée à 29500m².

Les acteurs clés sont les architectes, les entreprises et industriels, certains propriétaires privés et les collectivités locales. Les autres acteurs du bâtiment sont plutôt résistants.

Le développement futur nécessite une augmentation du nombre de bâtiments démonstrateurs, une prise de conscience au niveau du public qui doit dépasser un certain taux critique (environ 5 à 10 % du volume construit).

Au Danemark, certains points traités dans le cas du résidentiel en 2.4.1 s'appliquent aussi pour le non-résidentiel. Selon les instituts sous la tutelle du gouvernement, des exigences nouvelles sont introduites dans le code du bâtiment en 2006 pour mettre l'accent sur les économies d'énergie.

Réhabilitation, Amélioration de l'existant (interventions limitées)

En Autriche, moins de 10 cas sont en cours sur la base du standard de maison passive (en grande partie des logements) et sont documentées :

- 2 projets avec des parois lourdes existantes en appliquant directement l'isolation (mortier de colle et systèmes de fixations),
- 5 projets avec une structure mixte (bâtiment existant avec des parois lourdes en appliquant une ossature bois support d'isolants),
- 2 projets avec une structure en bois (extensions de bâtiments existants).

Fin 2005, la surface concernée est de 18840 m², avec une épaisseur d'isolant supérieur à 30cm.

Acteurs clés : quelques ambitieux propriétaires privés et architectes programmistes, des collectivités locales et entrepreneurs.

Le développement futur nécessite un grand nombre de d'exemples de bâtiments et une évolution des aides à la pierre pour le concept de bâtiments passifs en réhabilitation amélioration.

IMPACTS

Les différents impacts, incidences et effets des procédés d'isolation thermique haute performance dans les deux secteurs du résidentiel et du non résidentiel sont présentés dans les deux paragraphes ci-dessus.:

Résidentiel (individuel/collectif) -

Autriche

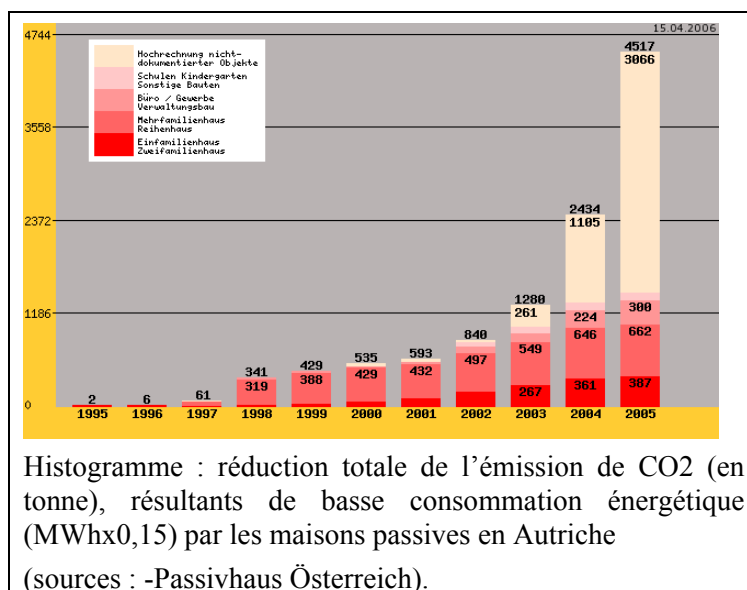
Consommation d'énergie : moins 30% pour les bâtiments neufs par rapport à la réglementation technique, moins 10% en réhabilitation par rapports aux bâtiments neufs.

Emission de CO₂ : de meilleurs résultats sont obtenus avec les produits naturels.

Concernant la durée de vie des bâtiments, le standard des maisons passives est actuellement le concept le plus prometteur pour le développement durable pour les bâtiments neufs et existants.

Ce concept est caractérisé par une consommation énergétique très basse, une forte indépendance par

rapport aux prix de l'énergie, un grand confort thermique et de régulation d'air et peu de contraintes de conception.



Danemark

Des études récentes sur la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre indiquent que la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel au Danemark peut être réduite de 80% sur les 40 prochaines années en généralisant dans l'existant les mesures prises pour réduire la consommation énergétique en construction neuve. En particulier, en utilisant des systèmes énergétiques à faible consommation énergétique ou en utilisant uniquement des énergies renouvelables on pourrait aboutir à un arrêt complet des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur du bâtiment. En effet, la principale source de GES est la combustion d'énergies d'origine fossile.

La conception de nouveaux bâtiments en ayant recours aux PIHPT, source d'économie d'énergie, bénéficierait d'un processus de prise de décision plus rationnel qui permettrait de définir des solutions plus performantes à moindre coût. Cette approche est également nécessaire aux différentes phases de construction, exploitation, démolition et réutilisation.

Pour l'amélioration du patrimoine existant, l'utilisation des PIHPT dans la rénovation des bâtiments doit conduire à la diminution de la consommation énergétique, améliorer le confort et augmenter la durabilité des bâtiments. Dans certains cas l'architecture extérieure doit être préservée mais ce n'est pas le cas pour la majorité d'entre eux.

Non Résidentiel (Bureaux, Enseignement, Santé, Commerces, Hébergement/Restauration, Industriels, Agricoles)

Les hôtels représentent un grand potentiel parce que les coûts de l'énergie et le confort sont des points clés pour le succès du tourisme dans l'avenir.

Pour les bâtiments de bureaux, le marché décidera si les locataires deviendront sensibles au coût de l'énergie ou si les propriétaires et/ou gestionnaires introduiront des loyers toutes charges comprises pour des bâtiments à faible consommation d'énergie.

Pour les hôpitaux et les maisons de retraite en Autriche, plusieurs exemples de bâtiments montrent un grand potentiel avec quelques points particuliers : besoin de températures élevées dans les chambres, besoin d'air frais et propre pour des raisons d'hygiène, explosion du prix de l'énergie).

3.2.3 MISE EN ŒUVRE

FIABILITE DE LA MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Conception des éléments constituant les procédés de haute performance d'isolation thermique adaptés au chantier

Les composants utilisés pour les bâtiments neufs, mais aussi dans l'existant, sont les produits industrialisés (isolant en panneaux, en rouleaux, etc). Ils font l'objet de procédures d'évaluation ou de normes et répondent aux besoins des chantiers.

En Autriche, le nombre de bâtiments réalisés selon le concept des maisons passives apportent dès maintenant une expérience suffisante pour développer ce type de bâtiments.

L'implémentation et l'intégration des PIHPT dans les bâtiments ne posent pas de réelles difficultés dans le cas du neuf, hormis la nécessité de nouveaux développements de l'enveloppe des bâtiments et des optimisations économiques. En ce qui concerne l'existant, de nombreux problèmes mineurs sont rencontrés mais généralement résolus.

Quelques exemples de difficultés rencontrées :

- Pour l'isolation par l'intérieur : contraintes d'espace et problèmes potentiels de moisissures dues à l'humidité où les pare-vapeur ne sont pas toujours complètement étanches (jonctions, déchirures ...). L'isolation par l'intérieur est une méthode qui n'est pas recommandée en raison des exigences sur les surfaces utiles.
- Pour l'isolation par l'extérieur : problèmes dus à la liaison fenêtres-murs et toiture-murs qui sont généralement résolus en utilisant des solutions combinées.

Acceptabilité par les entreprises de construction

Avantages et inconvénients des techniques

- L'utilisation du standard des maisons passives qui exige une qualité de mise en œuvre supérieure permet de réduire les dommages ultérieurs et les frais qui en découlent,
- Techniques de pose et outillages : on peut considérer que les mêmes techniques et outils sont utilisées pour la mise en œuvre des fortes ou faibles épaisseurs d'isolants dans ces pays où l'isolation par l'extérieur domine. Des dispositifs de fixation non-métallique des isolants épais sur les murs extérieurs, ont du être développés afin d'éviter la création de ponts thermiques, ainsi que des rupteurs thermiques, notamment pour les fondations.
- Gestion des délais de mise en œuvre : des investissements pour la formation des artisans et des coûts supplémentaires de supervision de chantier sont nécessaires, mais ces besoins disparaîtront lorsque le standard sera établi.
- Productivité et rentabilité sur chantier : certains entrepreneurs du bâtiment se focalisent sur le standard des maisons passives comme argument de vente, mais la majorité des entrepreneurs n'aiment pas l'isolation épaisse car elle nécessite des ouvriers plus qualifiés donc mieux rémunérés, plus de supervision du chantier alors que le critère du prix est l'élément déterminant dans la construction.
- Délais de livraison des produits : plus élevé dans les structures bois pour les panneaux préfabriqués.
- Il n'y a pas de problèmes particuliers liés au stockage, à la manutention ou à la fragilité (rouleaux compressés de laine minérale, ...)

Bien entendu, tout changement dans le travail réalisé par les entreprises va créer des problèmes d'adaptation.

Il y a aussi la nécessité de distinguer les gagnants potentiels comme les entreprises de maçonnerie et de gros œuvre qui peuvent se diversifier dans l'isolation par l'extérieur et les perdants probables comme les chauffagistes et les plaquistes.

Compétences des poseurs - installateurs

Les procédés nécessitent des compétences particulières notamment pour maîtriser tous les détails ou points singuliers de mise en œuvre tels que les jonctions mur-sol, les liaisons mur-fenêtre ou le jointement des lés d'isolants. Une attention toute particulière doit être apportée aux détails de mise en œuvre qui présentent une importance cruciale pour atteindre les performances attendues !

Professions concernées

En Autriche, l'isolation est habituellement réalisée par des entreprises de bâtiment, des façadiers, des charpentiers. Il n'y a pas de nouvelles professions dérivées.

Enfin, il y a des offres de formation sur la mise en œuvre, et plus particulièrement pour les points de détails (ponts thermique, étanchéité à l'air ...), proposées par les fabricants d'isolants et certaines organisations à but non lucratif soutenues par l'administration dans le domaine du bâtiment, les autorités locales et certains groupes de lobby.

Apparition de Professions Nouvelles

Aucune nouvelle profession n'a été créée mais de nouvelles formations qui portent sur l'isolation à haute performance, l'étanchéité à l'air, la régulation de l'air intérieur. Ce savoir-faire est apporté par de nouveaux instructeurs pendant une période plus ou moins longue jusqu'à la diffusion du savoir-faire à l'ensemble du marché.

Les formations de qualifications ont été assurées dans le cadre de séminaires organisés pour les programmistes et les superviseurs de chantier et aussi au cours d'ateliers pour les ouvriers et artisans.

SPECIFICITE DE MISE EN ŒUVRE

Pour chaque secteur de construction (résidentiel/tertiaire), les spécificités de mises en œuvre peuvent être caractérisées par un certain niveau de difficulté.

En Autriche, pour les premiers bâtiments (jusqu'en 2000 environ), il y avait de nombreux problèmes dans la mise en œuvre du standard des maisons passives. Mais le retour d'expérience a permis d'acquérir un savoir faire important et les structures à ossature ont fait parallèlement un grand bond en avant en termes de conception, fabrication et mises en œuvre.

Des catalogues décrivant les détails des solutions éprouvées et des spécifications ont été mis à disposition avec des procédures et des règles de mise en œuvre détaillées.

Résidentiel (individuel/collectif)

Tout d'abord, il est nécessaire de mieux connaître le stock des bâtiments existants, les types et différentes générations de bâtiments construits (19^{ème} siècle, avant et après la 2^{ème} guerre mondiale, années 60, 70, 80) , notamment sur le plan de la physique du bâtiment, pour maîtriser leur réhabilitation avec un objectif de haute performance thermique.

Actuellement en Autriche, la réflexion est focalisée sur les grands complexes résidentiels des années 70, ce qui permet d'avoir un grand impact moyennant l'élaboration d'un standard de solutions applicables à grand échelle.

Au Danemark, pour le neuf, la mise en œuvre doit respecter le code du bâtiment notamment celui de 2006. Pour la réhabilitation, les difficultés dépendent du type d'ouvrage : par exemple, il y a moins de difficultés en comble qu'en mur. En revanche, la documentation technique n'est pas suffisante.

En ce qui concerne la réglementation, le code du bâtiment de 2006 stipule que lorsque la toiture ou le mur nécessite un changement ou l'introduction d'un pare pluie, il est demandé d'isoler l'ouvrage en respectant les nouvelles exigences si c'est économiquement acceptable.

MODALITES DE GESTION, D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Aujourd'hui, il n'y a pas de maintenance spécifique ; les bâtiments sont récents, moins de 8 ans. La finition et la protection des façades sont gérées de la même façon que dans le cas des solutions traditionnelles.

En ce qui concerne la durabilité des procédés,

- elle est estimée de la même façon que les enveloppes standards de bâtiments neufs,
- au début, des problèmes avec la cellulose et la laine minérale en rouleaux ont été identifiées tel que le phénomène du tassement.

INCITATIONS REGLEMENTAIRES, FISCALES, MODALITES DE FINANCEMENT

Autriche

- Incitations réglementaires : aides à la pierre pour la construction de bâtiments d'habitation mais pas pour les autres types de bâtiments.
- Pas d'incitations fiscales.
- Modalités de financement et prêts préférentiels : des prêts à pratiquement 0% provenant des fonds de l'état fédéral pour le logement et distribués par les Länder.
- Retour d'investissement : le standard de la maison passive permet d'économiser dès le premier jour grâce aux coûts extrêmement réduits des consommations d'énergie : soit par exemple pour 100 m², 20 € par an.

Danemark

- Incitations réglementaires : code du bâtiment,
- Incitations fiscales : taxes sur l'énergie d'origine fossile pour augmenter l'incitation économique privée aux économies d'énergie. Les taxes sur l'énergie d'origine fossile qui sont d'environ 100% sont payées par les consommateurs privés. Les réductions ainsi réalisées sont collectées par des compagnies commerciales et remboursées à l'état.
- Financement : pas de problème, sauf pour les bâtiments de l'état et des collectivités locales,
- Lors de l'évaluation des performances énergétiques d'un bâtiment, l'évaluateur peut recommander des améliorations.

Allemagne

La réglementation thermique allemande EnEV n'exige pas des constructions du type "maison passive", mais impose un certain degré d'étanchéité à l'air.

Il existe de nombreuses procédures d'incitation pour construire avec une isolation renforcée, chaque "Bundesland" ayant ses propres programmes.

- Par exemple, une subvention peut être accordée pour l'achat d'isolant à partir de matière renouvelable, lors d'une opération de construction neuve ou de rénovation, à hauteur de 25€ à 35 € du m³ d'isolant selon la région.
- En ce qui concerne la construction des "maisons passives" ou lors de rénovations de logements, l'Etat a débloqué 160 Millions d'Euros. Pour obtenir une subvention, il faut prouver, en utilisant le logiciel de calcul fourni, que la consommation d'énergie de chauffage est inférieure à 15 kWh/m².an) par an et que la consommation totale est inférieure à 40 kWh/m².an. Le Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gère ces subventions qui se traduisent par un crédit de 50 000€ à taux réduit (sur 20 ans, sans remboursement les 3 premières années, avec un taux nominal de 3,1%, ce qui revient à une subvention de 8000 € (source - info KfW).

3.2.4 EVALUATION DES RESULTATS PRATIQUES DANS LES PAYS CONCERNES

L'institut le plus important pour l'évaluation est le "Passivhaus Institut" de Darmstadt en Allemagne qui a une grande réputation et ses certificats sont acceptés et utilisés.

En Autriche, l'OIB est aussi agréé pour établir les certificats du standard "maison passive".

De plus, le IG Passivhaus (Syndicat des Concepteurs et Constructeurs de Maisons Passives), assure aussi une gestion de la qualité en vérifiant le standard "maison passive" lors de la programmation et la construction.

Au Danemark, un dispositif de label est mis en place depuis plusieurs années. Les procédures ont été révisées en 2006 en liaison avec la mise en place de la Directive sur la Performance Energétique des Bâtiments. Les bâtiments importants font l'objet d'une évaluation de leur performance énergétique. Les nouvelles constructions doivent avoir un certificat basé sur leur évaluation déclarée par rapport à la conformité selon le code du bâtiment. Les bâtiments et appartements existants doivent faire l'objet d'une évaluation à l'occasion d'une vente.

Les acteurs permettant cette évaluation sont des professionnels qualifiés dans le domaine du bâtiment et des systèmes énergétiques. Ils sont indépendants et autorisés à pratiquer le contrôle après formation et examen et leur qualification qui est contrôlée par les instituts de l'état.

Les résultats de ces évaluations sont traduits par l'établissement de documents sur les performances énergétique des constructions actuelles mais fournissent aussi des recommandations pour des économies d'énergie complémentaires.

Cela permet d'apporter une information objective sur la performance énergétique des bâtiments en relation avec la détermination de leur prix. Les propriétaires sont par conséquent amenés à réaliser des économies d'énergie. Le coût d'évaluation d'une maison familiale est limité.

LES PERFORMANCES

Autriche

Les procédures d'évaluation sont faites dans le cadre du standard de maison passive ou autres labels comparables par des laboratoires indépendants (universités technologiques) et des autorités locales comme la municipalité de Vienne qui dispose de ses propres laboratoires publics sur les composants du bâtiment.

L'évaluation des performances est réalisée principalement par simulations et calculs.

Pour l'évaluation in-situ, les deux principaux tests sont l'étanchéité à l'air (mesure de la perméabilité à l'air suivant la norme "Blower Door") à un stade où l'enveloppe est estimée étanche et le test par caméra infra rouge.

Les demandeurs de l'évaluation sont principalement les clients mais cela dépend de l'offre.

Les acteurs qui réalisent l'évaluation sont des experts indépendants

L'évaluation est assez facile mais parfois il est difficile de localiser les fuites d'air.

Les résultats sont des données simples. La maison passive doit être étanche à l'air en utilisant le test de la fausse porte (par aspiration ou par pression d'air) : la valeur requise pour le taux n_{50} de fuite d'air est de $0,6 \text{ h}^{-1}$ pour les maisons passives.

Danemark

D'une manière générale, les méthodes et procédures d'évaluation utilisées sont basées essentiellement sur des inspections visuelles, des calculs sur la performance énergétique, des données de mesures pour les bâtiments importants et des documentations sur les nouveaux matériaux. Les outils d'évaluation expérimentale, tels que les tests de perméabilité à l'air ou l'utilisation de la caméra infra rouge peuvent être utilisés mais ne sont pas encore devenus des outils courants.

Les principales références utilisées pour le neuf sont celles du code du bâtiment. Pour l'existant les références sont encore en phase d'implémentation et sont actuellement mal définies.

Les principaux acteurs à l'initiative de ces évaluations sont les propriétaires.

Actuellement, il manque un retour d'expérience pour pouvoir évaluer les difficultés ainsi rencontrées. En revanche, les résultats de ces premières évaluations ont permis d'avoir une attestation sur la performance énergétique et une liste de recommandations pour l'amélioration des caractéristiques énergétiques.

Allemagne

Pour l'obtention d'un permis de construire d'un bâtiment neuf, le demandeur est obligé de transmettre le calcul d'un bureau d'études (structure ou bilan thermique) prouvant que le projet est conforme à la réglementation thermique (Enev).

Les isolants employés doivent être titulaires de l'agrément allemand (Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung).

L'architecte ou le maître d'ouvrage peut faire contrôler l'étanchéité à l'air de la construction par un test de perméabilité à l'air (Blower Door) par un bureau d'études ou une entreprise habilitée.

Les performances réelles des bâtiments sont mesurées, par exemple, par thermographie infra rouge et par analyse de la consommation d'énergie, sur demande du propriétaire.

L'impact de cette évaluation est observé sur différents thèmes:

Energie

Pour la maison passive, en Autriche, la consommation énergétique doit être inférieure à 15 kWh/m²a (pour le climat de l'Europe centrale) avec des charges de chauffages inférieures à 10 W/m² (en surface habitable) ce qui peut concerner en moyenne 10% des bâtiments existants.

Stabilité, Sismique, Feu

Les mêmes niveaux que les solutions traditionnelles.

Confort Hygrothermique, Acoustique, Eclairage

Avec les maisons passives, l'amélioration est constatée au niveau de toutes les surfaces intérieures (parois et fenêtres, pas d'effet de surfaces froides) et il n'y a plus de problèmes de moisissures au niveau des points singuliers tels que par exemple dans les angles ou les rebords de fenêtres.

Le niveau acoustique est également amélioré dans le cadre du standard de maison passive car même en maintenant les fenêtres fermées, le système de ventilation mécanique permanent permet d'avoir de l'air neuf en provenance de l'extérieur.

L'isolation épaisse n'affecte pas l'éclairage naturel une fois que les solutions convenables sont détaillées et appliquées.

L'isolation épaisse augmente le déphasage en été et apporte de l'inertie thermique (masse plus importante).

Sanitaire et Environnementale

La ventilation cause toujours des pertes d'énergie mais les pollens, l'air pollué et la poussière sont filtrés et restent à l'extérieur. Pour réduire les pertes d'énergie une récupération d'énergie est nécessaire.

Risques de dégradation des performances après mise en œuvre

En ce qui concerne le système de ventilation, les filtres doivent être changés tous les ans.

Compatibilité entre performances

Pour le confort d'été, l'isolation performante peut devenir un problème pour les étés très chauds si les protections solaires (naturelles ou artificielles) ne sont pas planifiées préalablement et convenablement. La ventilation nocturne joue aussi un rôle important.

De plus, parmi les exigences de la maison passive figurent des équipements à base consommation car c'est la consommation énergétique globale qui est prise en compte.

LES COÛTS REELS

L'évaluation des coûts, demandée par les propriétaires, les investisseurs et les entrepreneurs, est basée sur des calculs normalisés pour les ouvrages et les composants du bâtiment par les architectes et les programmistes à tous les stades d'un projet, de l'estimation aux coûts observés.

On constate que les coûts varient en fonction des saisons, de la région et du marché. Actuellement la maison passive représente un surcoût d'environ 5 à 15 % par rapport à un bâtiment neuf standard.

D'autre part, le coût opérationnel et de maintenance concerne essentiellement le changement des filtres d'aération qui sont facilement changeables par l'habitant. Dans le bâtiment non résidentiel, il n'y a pas de coût supplémentaire.

Le retour d'investissement est estimé en moyenne entre 5 à 7 ans en moyenne mais cela dépend de la taille ou surface des bâtiments et des coûts d'investissement.

LE VECU DES UTILISATEURS – AVIS DES ACTEURS ET DU PUBLIC

Quelques études ont été réalisées par des instituts de recherche indépendants, en associant interviews des habitants de maisons passives et mesures in-situ. Ces enquêtes ont été financées en grande partie par l'état fédéral ou ont été réalisées dans le cadre de programmes de recherche de l'Union Européen pour le développement durable des bâtiments.

L'interprétation dépend beaucoup de la durée d'analyse car il n'est pas possible de suivre 24h sur 24 pendant 365 jours les occupants des maisons passives, (24 heures et 365 jours). Néanmoins, d'après l'avis des experts et des enquêtes d'opinions réalisées soit dans le cas du projet européen CEPHEUS ou par l'association Minergie, les habitants ont plutôt un avis positif et ne souhaitent pas quitter leurs maisons passives ou basse consommation, principalement pour le confort apporté par l'isolation (pas d'effet "parois froides") et la qualité de l'air ("ventilation permanente").

VITESSE DE DIFFUSION DANS LE PAYS

Le Marché – Commercialisation

En Autriche, sur les 10 dernières années, le volume de diffusion des maisons passives est estimé à environ 5%.

Au Danemark, si l'on définit la performance de l'enveloppe du bâtiment avec un coefficient $U < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, on peut affirmer qu'une pénétration sur le marché quasiment équivalente à 100% a été atteinte dans les bâtiments neufs et dans les bâtiments existants en cours de rénovation en raison des exigences du code du bâtiment.

Nature et efficacité des incitations

En Autriche, l'évolution des dispositifs ou outils d'incitation pour la diffusion des solutions à haute performance thermique s'effectue au travers de l'évolution des critères d'attribution des aides à la pierre pour la construction neuve et la réhabilitation des logements. De nouvelles incitations sont envisagées par le biais de la réglementation dans le bâtiment, L'origine des incitations provient des Länder et de l'état fédéral, Les incitations ainsi évaluées, sont traduites par une décroissance de la consommation énergétique nationale et de l'émission du CO₂. L'efficacité de ces incitations a été

démontrée par des études économiques.

Au Danemark, pendant longtemps, il n'y a pas eu d'incitations financières. En revanche, les taxes sur les énergies suscitent des économies d'énergie volontaire et le code du bâtiment définit un niveau minimum de performances énergétiques.

L'incitation aux économies d'énergie s'appuie sur deux politiques parallèles:

- Les exigences du code du bâtiment,
- Les actions volontaires d'économie d'énergie suscitées par les compagnies de distribution d'énergie. Les compagnies de distribution d'énergie doivent aussi prouver qu'elles peuvent atteindre les objectifs qu'elles se sont fixées

D'une manière générale, la nature des incitations est plutôt d'ordre réglementaire au Danemark.

Actions de diffusion et de sensibilisation

En Autriche les principaux supports de valorisation, en termes de publicité, sont les médias traditionnels et la télévision. Les acteurs les plus dynamiques dans la diffusion et la sensibilisation sont des petits groupes de lobbying, au total estimé à 500 personnes environ.

Concernant les actions de diffusion et de sensibilisation, des activités ont été menées par les compagnies de distribution d'énergie pour le secteur du bâtiment, mais peu d'activités se sont focalisées sur l'enveloppe des bâtiments mais cela devrait évoluer dans le futur.

En Allemagne, l'augmentation croît avec la sensibilisation de la population aux problèmes de l'environnement. Par ailleurs, le marché des isolants naturels ou à base de matériaux naturels est en constante augmentation en Allemagne et tout particulièrement la cellulose.

Volonté d'exportation

Parmi les actions significatives visant à exporter les produits et le savoir-faire, on peut citer les congrès ou salons sur les maisons passives ou basse consommation.

Tous les pays voisins de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Suisse (Belgique, Pays-Bas, Danemark, Slovaquie, Tchéquie, Pologne, Slovénie, Italie ...) sont des cibles à l'exportation, entre particulier vers les pays de l'est où les besoins de rénovations sont considérables. Néanmoins, le concept est trop très récent pour des conclusions.

L'exportation des procédés ou du savoir-faire devrait être traitée directement par les fabricants de matériaux dont l'intérêt des acteurs cibles est fonction de chaque firme.

3.2.5 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRE DIMENSIONS ETUDIÉES : CONTEXTE, CONTENU, MISE EN ŒUVRE, ÉVALUATION

POINTS FORTS, POINTS FAIBLES DE L'INNOVATION (METHODE SWOT)

Forces (S : Strength)

Les solutions techniques sont déjà disponibles et accessibles, pour le neuf et la rénovation lourde. Ces solutions permettent de répondre avec un bon rapport coût/bénéfice à l'augmentation du coût de l'énergie et à la diminution des ressources.

Faiblesses (W : Weakness)

L'isolation par l'intérieur ou l'extérieur utilisant de fortes épaisseurs en neuf comme en rénovation peut se traduire par une réduction des surfaces utiles commercialisables. La majorité des entrepreneurs sont encore réticents, et les maîtres d'ouvrages publics et privés initiateurs très peu nombreux

Un manque de ressources au niveau de la recherche et du développement pour développer des solutions améliorées peut constituer une faiblesse. Le gouvernement Danois a l'intention

de stimuler les activités de R&D mais pas dans ce domaine.

Des formations initiales et continues de qualification de toute la chaîne d'intervenants, notamment sur les points singuliers de mise en œuvre sont indispensables, ce qui nécessite des investissements supplémentaires.

L'architecture intérieure et extérieure et la conception intégrée des bâtiments doit être prise en compte dès la première phase du projet. L'architecture des maisons passives en Autriche fait l'objet de critiques en raison de la forte compacité et de la faible diversité architecturale.

Opportunités– (O : Opportunities)

Si les technologies ou produits associés à ces procédés présentent des avantages pour développer des bâtiments durables, une opportunité pourrait se présenter pour mettre au point, différents procédés compétitifs à long terme et en faire une activité profitable en élevant les exigences du marché et la valeur ajoutée du secteur.

Il existe une opportunité de développement de nouveaux matériaux, nouveaux procédés et donc de nouvelles unités de fabrication (fixations, super-isolants).

Il y a des perspectives d'élargissement du champ d'intervention et de la valeur ajoutée des entreprises de maçonnerie et de gros œuvre si elles s'ouvrent à l'isolation par l'extérieur.

D'autres opportunités peuvent être listées :

- Le développement du marché de la maison à ossature en bois ou à ossature métallique.
- La mise en place d'une réglementation thermique pour l'existant,
- Les technologies d'isolation haute performance permettent une réduction importante des ponts thermiques,
- La formation du personnel, le développement de nouvelles qualifications et de l'emploi.
- L'évolution des règles d'urbanisme pour favoriser la surdensité des bâtiments à haute performance énergétique afin de plus que compenser les pertes de surface constructible et de surface utile .
- Il y a une opportunité pour les industriels de la ventilation qui pourraient aussi devenir des acteurs du chauffage et du rafraîchissement.

Menaces (T : Threats)

Dans l'objectif des bâtiments durables, si des technologies d'économie d'énergie ne sont pas développées maintenant, en raison des lobbying de compagnies de distribution d'énergie qui préfèrent se focaliser sur l'offre d'énergie plutôt que sur l'économie d'énergie, le problème énergétique sera résolu plus tard à un coût plus élevé avec des risques de sécurité de l'approvisionnement en énergie du pays.

Le renforcement de l'isolation entraîne une réduction de la surface constructible (SHON), habitable ou utile.

Il y a un risque de mauvaise intégration des solutions par les constructeurs et les entreprises qui devront être capables de s'adapter aux nouvelles solutions.

La recherche d'une compacité maximale peut déboucher sur une homogénéité et banalité architecturale.

Il peut y avoir une forte résistance de certains acteurs, notamment des perdants les chauffagistes, plaquistes et autres spécialistes de l'isolation par l'intérieur.

Les promoteurs peuvent être réticents compte tenu de la solvabilité limitée de leurs clients.

Une fraction importante de la population est insolvable et risque d'être exclue.

La "surchauffe" actuelle de la construction n'invite pas certains acteurs, au développement des bâtiments à faible consommation.

POINTS SINGULIERS AU CONTEXTE DU PAYS

La production nationale au Danemark en pétrole et en gaz risque de s'affaiblir fortement dans les 15 prochaines années et il y a ainsi un risque réel d'importer toute l'énergie à base de fossile dans l'avenir. Actuellement, aucun fond n'a été créé pour épargner les recettes pétrolières mais il est question d'établir un fonds sur les connaissances de la manière d'éviter les besoins en énergie fossile pour développer les bâtiments durables.

Les maisons basse-consommation sont apparues et se développent dans les pays de l'Europe centrale et du Nord (Suède, Allemagne, Autriche, Suisse ...). Le pilier de ces maisons est la forte réduction des besoins de chauffage et donc la prise en compte du confort d'hiver.

3.2.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

LES CHANCES DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

Du point de vue technique, on peut supposer par exemple que le niveau d'isolation thermique exigé est plus faible en France qu'au Danemark, d'où un potentiel d'économie d'énergie plus important permettant d'atteindre des résultats plus élevés.

Les technologies de construction actuelles doivent s'adapter aux techniques de pose des isolants plus épais notamment lorsqu'il s'agit de l'isolation par l'extérieur. Certains aspects devront être respectés tels que l'architecture, l'environnement intérieur et extérieur, la maintenance et les performances (qualité de l'air intérieur, économie d'énergie et équilibres économiques).

Par exemple la technique de pose par soufflage de fibres minérales, ou par projection humide est connue en France¹. Les techniques et compétences existent en France ou peuvent s'acquérir rapidement car le système de formation existe.

Il est important de sensibiliser les milieux professionnels du bâtiment, et principalement les architectes et les ingénieurs (Maîtres d'œuvre) qui sont les conseils directs des maîtres d'ouvrage.

Il est à noter que ces techniques sont déjà pratiquées en France à titre volontaire pour un certain nombre limité de maisons individuelles en utilisant le concept de la maison passive (forte épaisseur, enveloppe étanche).

Il est important de prendre conscience que les changements significatifs nécessitent une génération pour qu'ils soient diffusés et assumés au quotidien par l'ensemble des acteurs de la construction

La généralisation de l'isolation par l'extérieur nécessite une véritable révolution culturelle au sein des acteurs de la construction, qui est totalement sous estimée.

Enfin, un des piliers des maisons basse-consommation est le renforcement de l'isolation thermique (toiture, planchers, murs, fenêtres) pour réduire les besoins de chauffage, plus important dans les pays d'Europe du nord et centrale.

Le transfert de ces principes vers les pays du sud de l'Europe (Sud de la France, Italie, Espagne, Grèce ...) n'est pas possible directement.

Pour les climats des pays du Sud, les objectifs de consommation peuvent être maintenus mais les solutions retenues devront être adaptées pour prendre en compte les exigences du confort d'été.

Par exemple, les solutions pour le confort d'hiver pourront certainement être modifiées : réduction des épaisseurs d'isolation, double-vitrage basse émissivité+argon au lieu de triple vitrage ... mais il faudra introduire des exigences supplémentaires comme les protections solaires (masques, stores, brises soleil ...), l'inertie thermique et la ventilation (naturelle, nocturne, assistée, puits provençal ...).

¹ Pour la cellulose, une difficulté réside dans le coût d'achat des machines pour insuffler la cellulose (il semble que les machines actuellement fabriquées en France, et utilisées pour les fibres minérales ne soient pas facilement réglables pour la cellulose). En comparaison avec l'Allemagne, le prix de la cellulose en France est plus élevé, en partie à cause des coûts de transport (actuellement, il n'y a aucune usine en France pour ce produit).

COMPATIBILITE AVEC LE CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF FRANÇAIS

La Directive européenne sur la performance énergétique du bâtiment est une base importante pour que le travail sur les économies d'énergie soit compatible avec le cadre réglementaire et normatif français.

Les nouvelles solutions techniques vont dans le même sens que l'exigence croissante de la réglementation : par exemple, suppression des ponts thermique en 2010 et la mise en place d'une réglementation dans l'existant.

En ce qui concerne le cadre normatif, la France est dotée d'un système de certification et de description de mise en œuvre (DTU : Documents Technique Unifiés, Avis Techniques, CPT : Cahiers de prescriptions Techniques) connu des acteurs de la construction. Les nouvelles solutions seront ainsi documentées pour être compatibles avec les ouvrages du bâtiment. En plus, certains produits sont évalués d'une façon commune à tous les pays européens tels que l'agrément technique européen.

QUELLE DYNAMIQUE D'ACTEURS NECESSAIRE

Les acteurs nécessaires sont principalement le gouvernement, l'éducation nationale, les agences publiques, les centres techniques, les constructeurs, les industriels, les négociants distributeurs, les artisans, les propriétaires, les installateurs ou entreprises du bâtiment, les architectes, les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les gestionnaires et les utilisateurs des bâtiments en service. En bref tout le tissu complexe et diversifié des acteurs de la construction doit être mobilisé.

Il est important de disposer d'un secteur de démonstration, couvrant les principaux types de bâtiments (logement, bureaux, collèges, lycées, universités, hôpitaux, bâtiments publics, etc.) à une échelle consistante et avec une couverture géographique significative.

En ce qui concerne la conception architecturale et l'ingénierie intégrée très en amont il est nécessaire de disposer d'un portefeuille de concepts de bâtiments couvrant les principaux types de bâtiments.

Les acteurs de la construction ont besoin de "thermomètres partagés", bases de données partagées (et non propriétaires à tel ou tel type d'acteurs) sur les performances et les coûts, les postes de dépenses qui se compensent (plus d'isolation/moins ou pas de chauffage), les surcoûts indéniables, les coûts d'exploitation maintenance, les temps de retour sur investissement des solutions disponibles selon des scénarii d'évolution des prix de l'énergie.

Il nous semble important de ne pas seulement raisonner construction neuve et bâtiments existants, mais aussi amélioration continue et progressive pour mobiliser les gestionnaires de bâtiments et patrimoine immobilier.

En ce qui concerne la formation, le contenu des programmes d'enseignement doit évoluer qu'il s'agisse de la formation initiale (BEP, CAP, BAC PRO, BTS, écoles d'ingénieurs et d'architecture, économistes de la construction etc.), de la formation professionnelle continue (GFC, AREF, etc.), formations dispensées par les industriels ou les négociants, sans oublier les ingénieurs territoriaux de France. Il faut inventer de nouvelles compétences et qualifications reconnues, notamment avec les professionnels et le CNED, Centre national d'éducation à distance

Au niveau des entreprises de bâtiments et constructeurs de maisons individuelles, les actions doivent impliquer les responsables d'études de prix, les ingénieurs qui préparent les plans d'exécution, l'encadrement de chantier (chef de chantier et conducteurs de travaux), les chefs d'équipe et les compagnons.

Face au foisonnement d'initiatives décentralisées, la mise en réseau, la fédération, la capitalisation, le partage et le retour d'expérience sont essentiels pour accélérer la diffusion des bonnes pratiques, mettre en garde contre les "contre performances", partager les bases de données sur les solutions, leur durée de vie et leur coût. Il y a une forte opportunité pour promouvoir le raisonnement en coût global, basé sur des données réelles,

Il y a besoin d'un dispositif de suivi et d'évaluation en continu, indépendant, des expériences exemplaires.

Pour la maison individuelle, mais pas uniquement, il ne faut pas oublier l'importance du rôle des "pionniers" ou "précurseurs" qui souhaitent construire, au-delà de la réglementation. Dans ce cas, le

problème n'est pas généralement financier mais vient plutôt d'une part, d'une absence d'offre de la part des architectes et constructeurs de maisons individuelles, et d'autre part d'un manque de sensibilisation information du grand public, voire des maires et techniciens municipaux qui délivrent les permis de construire.

Il est aussi nécessaire d'inventer de nouveaux modes d'implication et de sensibilisation des médias.

Il y a de formidables opportunités pour les acteurs de la construction d'élévation du niveau d'exigence du marché, d'augmentation de la valeur ajoutée du secteur, de création d'emplois et de compétences nouvelles.

Mais s'il faut s'appuyer sur les gagnants potentiels, il faut aussi ménager les perdants potentiels et les aider à se convertir.

DISPONIBILITE EN FRANCE DES TECHNIQUES CONCERNEES ET DES COMPETENCES DE POSE.

L'utilisation des procédés avec de fortes épaisseurs d'isolants est une technique validée au niveau de certains pays européens, Suisse (Marque MINERGIE) et Allemagne (Label PASSIVHAUS)).

En France, la mise en œuvre des nouveaux procédés d'isolation nécessite une certaine connaissance technique notamment pour les points singuliers de mise en œuvre : étanchéité à l'air, jointement entre lés, liaison mur-toitures, murs-fondations, parois-fenêtre lorsqu'il s'agit, par exemple, de doubler, voire tripler les couches d'isolation.

L'aspect mécanique des ouvrages et de durabilité doit être pris en compte. Les techniques de pose en double ou triple ossature support d'isolants sont abordables mais nécessitent la connaissance de certaines règles de mise en œuvre afin de respecter la stabilité mécanique des parois.

La question essentielle qu'il faut se poser c'est quels seront les acteurs et professions support sur lesquels il faut s'appuyer pour diffuser les meilleures solutions techniques disponibles et maîtriser les détails de mise en œuvre.

Les techniques de mise en œuvre d'une enveloppe étanche sont délicates et des tests d'évaluation de l'étanchéité à l'air devront accompagner les chantiers pour permettre les ajustements nécessaires en cours de réalisation en utilisant le test de la "fausse porte" (mise en pression ou dépression) ou par caméra infra rouge : des surcoûts supplémentaires seront donc à prévoir. Ils peuvent être rédhibitoires dans le cas de la maison individuelle. Il y a un vrai enjeu de développement de test à faible coût.

QUELS TYPES D'INCITATIONS ENVISAGER

Réglementation Technique

Parallèlement aux évolutions de la Réglementation Thermique en 2010 et 2015 avec l'objectif d'amélioration de 15% tous les cinq ans, il conviendrait de développer un politique de labels qui jouent un rôle moteur et exemplaire pour le développement des nouvelles technologies. Ces labels plus identifiables pourraient être basés sur la RT et ses options HPE et THPE , voire au-delà (Effinergie)

Fiscalité, financement et soutien des Collectivités locales

Des aides sont déjà mise en place par les régions (prêts bonifiés, à taux zéro, subventions), et l'Etat (déductions fiscales) pour encourager la réalisation de solutions permettant de réduire la consommation énergétique et le respect de l'environnement. Mais elles sont encore restrictives, les déductions fiscales ne portent que sur l'achat d'équipements et de composants et ne prennent pas en compte les coûts de mise en œuvre.

Ces aides pourraient être proposées d'une manière plus importante et plus générale, surtout pour l'existant, afin de mieux inciter les acteurs et en particulier les propriétaires à adopter les nouvelles solutions, notamment les plus démunis.

En Autriche, par exemple, les aides à la pierre attribuées sur des critères basés sur le concept des maisons passives et le non recours aux énergies fossiles sont très encourageantes.

Initiatives Privées

Des démarches, à titre privé et en nombre très réduit sont déjà entamées en France pour adopter le modèle de maisons passive pour les maisons individuelles.

Ces démarches doivent être encouragées et fiabilisées par une mise en réseau afin de partager les difficultés rencontrées (trouver un architecte, un BET, un constructeur, un artisan, obtenir le permis de construire, le financement) ... et les solutions trouvées, leur temps de retour sur investissement.

Dans ce cadre, les actions de communications joue un rôle très important pour la diffusion des technologies sont parfois organisées en France (par exemple salon de la maison MINERGIE à Strasbourg en Mars 2006)

3.2.7 ANNEXE : SOURCES D'INFORMATION

A. RÉFÉRENCES

1 : CEPHEUS – Cost Efficient Passive Houses as European Standards - Measurement results from more than 100 dwelling units in passive houses

ECEEE 2003 Summer Studay – Time to turn down energy demand

2 : CEPHEUS – Project information No. 36 - Final Technical Report - July 2001

Project supported by the Thermie-Program of EU (BU/0127/97)

3 : Enquête MINERGIE - Analyse détaillée de 52 bâtiments d'habitation construits.

Enquête de satisfaction et de consommation de 506 bâtiments d'habitation.

Réalisée par Silvia Gemperle, spécialiste MINERGIE, FHS et Severin Lenel, professeur, FHS

www.minergie.ch

Voir aussi les références listées dans le Chapitre Recensement des Briques

B. EXPERTS

Autriche

Fritz Oetll : pos architekten ZT KEG

A-1080 Wien _ Maria Treu Gasse 3 - Autriche

www.pos-architekten.at

Robert Schild

Saint-Gobain Insulation

Thermal, Acoustic and Fire Marketing Manager

18 avenue d'Alsace

La Défense 3 - 92400 COURBEVOIE

Phone : +33 (0)1 47 62 40 24

Fax : +33 (0)1 47 62 50 48

Mobil : +33 (0) 608 21 54 28

e-mail : robert.schild@saint-gobain.com

Danemark

Svend Svendsen : DTU – Danish Technical University

Department of Civil Engineering

Technical University of Denmark

www.byg.dtu.dk

Susanne Dyrbøl

Rockwool International A/S

Phone: + 45 46560300

Fax: + 45 46563311

Direct dial: +45 46558095

Mobil Phone: + 45 2428 9345

e-mail: susanne.dyrboel@rockwool.com

www.rockwool.com

Allemagne

Amélie BRACKMANN

DÄMMSTATT W.E.R.F. GmbH

<mailto:a.brackmann@daemmstatt.de>

Jürgen Schnieders
Passive House Institute
Rheinstr. 44/46
D-64283 Darmstadt
juergen.schnieders@passiv.de

C. ASSOCIATIONS

ACERMI : Association pour la CERTification des Matériaux Isolants <http://acermi.cstb.fr>
EOTA : European Organisation for Technical Approvals www.eota.be
UEATC : Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction
www.ueatc.com
KEY-MARK <http://www.key-mark.org/English/index.html>
Syndicat National des Fabricants d'Isolants en Laines Minérales Manufacturées www.filmm.fr
Association PROMO PSE : principaux acteurs de la chaîne de fabrication du polystyrène expansé
(PSE) www.promo-pse.com
Association Isolons la Terre www.isolonslaterre.org
European Insulation Manufacturer Association www.eurima.org

D. INDUSTRIELS

British Plaster Board www.bpbplaco.fr
Eurocoustic www.eurocoustic.com
EFISOL www.efisol.fr
Isover www.isover.fr
Knauf www.knaufinsulation.fr
KP1 www.kp1.fr
Lafarge www.lafarge-platres.fr
www.lafarge-couverture.fr
URSA www.ursa.fr

3.3 PAROIS TRANSPARENTES A HAUTE PERFORMANCE THERMIQUE EN EUROPE DU NORD

Auteurs : François Olive (francois.olive@cstb.fr)
avec la participation de Jean-François Arènes

Experts : Svend Svendsen (Université Technologique du Danemark)
Fritz Oetli (Architecte – POS Architekten – Autriche)

3.3.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUES D'ACTEURS

CONTEXTE NATIONAL ET LOCAL :

C'est en Europe du Nord (Pays Scandinaves) et Centrale (Allemagne, Autriche, Suisse) que le développement des parois transparentes (fenêtres et baies vitrées - vitrages + cadres) avec une isolation thermique haute performance ($U < 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) est le plus significatif.

Les conditions communes rencontrées, qui ont favorisé leur développement sont les suivantes :

- un climat rigoureux et une saison froide longue ;
- une forte dépendance énergétique vis-à-vis de pays étrangers (à l'exception peut-être de la Norvège qui malgré tout a développé un programme de bâtiments à basse consommation énergétique : le projet *Smart Energy Efficient Building – SmartBygg*) ;
- un coût élevé de mise à disposition de l'énergie (transport, réseaux de distribution) ;
- une forte sensibilisation de la population aux questions environnementales ;
- des codes du bâtiment peu descriptifs, souvent ouverts à l'innovation ;
- un engagement des pouvoirs publics au niveau national ou local (programme nationaux de RD spécifiques avec des budgets conséquents, initiatives locales de promotion de solution écologique et avec une bonne efficacité énergétique). Au niveau local, certaines actions sont menées pour combiner l'efficacité énergétique et les aspects écologiques. Les budgets dédiés à ces activités peuvent être très significatifs à l'échelle de certains pays (Autriche par exemple) ;
- la présence de labels ou de dispositif de certification (Passivhaus, Minergie) pour signaler la performance énergétique des bâtiments et des ouvrages. Ces dispositifs fédèrent des groupes de lobbying et de promotion de l'efficacité énergétique et favorisent la réalisation d'opérations de démonstrations.

Par ailleurs, dans la plupart de ces pays la gestion des ressources et les contraintes environnementales apparaissent comme les principaux moteurs du développement des technologies qui permettent de réduire les besoins en énergie des bâtiments. De plus, tous ces pays se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (accord de Kyoto).

Localement, comme en Autriche où le tourisme est une ressource importante, la préservation des sites naturels conduit à une prise de conscience collective sur la nécessité de préserver l'énergie qui reste le premier producteur de gaz à effet de serre (GES), que ce soit lors de la production, du transport et de sa consommation.

Dans la majorité des pays, le développement des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique reste limité. Le choix d'installer des menuiseries à haute performance reste du domaine volontaire : les réglementations nationales ou locales ne sont pas contraignantes et n'imposent pas des niveaux de performance impliquant des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique ($U < 1 \text{ W/m}^2 \text{ C}$), même si les codes de calcul des performances évoluent sur ce point. Les pionniers dans ce domaine sont l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse. Il faut noter que les codes de calcul et les réglementations sont en évolution régulière dans la plupart des pays et que les produits qui émergent aujourd'hui deviendront la règle demain.

Des certifications ou des labels (volontaires) incitent au développement de baies vitrées à haute performance thermique :

- Passiv haus (Allemagne Autriche),
- Minergie (suisse France).

Ces labels imposent aujourd'hui des niveaux de performance élevés ($0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) et incitent, les industriels de la fenêtre à proposer des produits adaptés.

En outre, des associations professionnelles ou écologistes font la promotion des économies d'énergie et de la haute performance énergétique auprès des décideurs publics.

Dans la plupart des pays, des mécanismes d'incitations à économiser l'énergie ont été mis en place. L'incitation prend la forme de primes ou de crédits d'impôt.

Ainsi aux Etats-Unis, l'installation de fenêtres haute performance marquées Energy Star permet de bénéficier d'un crédit d'impôts de 10% du prix d'achat, avec un maximum de 200 \$.

ANTERIORITES ET ORIGINES DE PROCEDES DE HAUTE PERFORMANCE D'ISOLATION THERMIQUE APPLIQUES AUX FENETRES ET BAIES VITREES :

Les fenêtres haute-performance sont l'évolution directe des produits existants. Après l'apparition dans les années 1970 du double vitrage pour remplacer le simple vitrage, l'introduction des verres à couche peu émissive (Vitrage à Isolation Renforcée - VIR) de plus en plus performants, a marqué une étape importante. Les limites physiques de l'émissivité étant atteintes, pour améliorer encore les performances thermiques, le triple vitrage (qui est équivalent à l'augmentation de l'épaisseur d'isolant dans les parois opaques) s'impose.

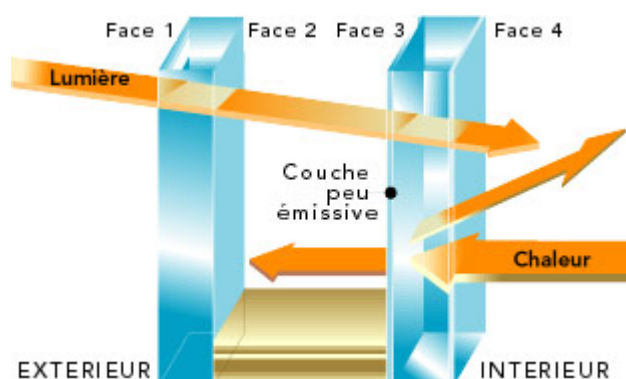


Figure 1 : Double Vitrage avec Couche Basse Emissivité : www.cekal.com

Ces innovations sur le vitrage ont permis de diviser par 6 le coefficient U du vitrage : il est passé de 5,6 (simple vitrage) à 0,5 W/m².K, voire proche de 0,2 pour les vitrages les plus performants sur le marché. D'autres solutions technologiques sont également en cours d'études, en intégrant des vitrages "sous vide". Ces technologies sont disponibles commercialement mais restent encore confidentielles.

La pénétration des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique est très différente en fonction des pays.

En Finlande depuis les années 1990, les fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique sont devenues peu à peu un standard (tableau 1). On constate le développement parallèle du double et du triple vitrage mais sans couche basse-émissivité.

Evolution des fenêtres en Finlande		
Période	U fenêtres	Fenêtre typique
< 1970	2,5	double vitrage cadre bois
1970-1980	2,1	double et triple vitrage cadre bois
1980-1990	1,8	double et triple vitrage cadre mixte bois aluminium
1990-2000	1,8	triple vitrage cadre mixte bois aluminium

Tableau 1: Evolution des fenêtres en Finlande (source VTT Building Technology – projet Sureuro)

Au Danemark, en Autriche et en Suisse, la diffusion de ce type de produits (fenêtres, baies vitrées) reste fortement dépendante des programmes de certification volontaire et de promotion des bâtiments à faible consommation énergétique.

En Autriche, entre 1998 et 2001, 84 maisons individuelles et appartements ont été construits, évalués et documentés. Ces projets de démonstration ont contribué à l'information et à la promotion de

l'efficacité énergétique dans les logements.

Une action importante a été menée par la suite avec un programme fédéral "Bâtiment Durable du Futur", lancé par le ministère pour l'innovation et de la technologie. Actuellement, 151 projets de construction ont été réalisés dans le cadre de la R&D faisant ressortir les aspects économie d'énergie et écologie. Parmi eux, 35 bâtiments de démonstration ont été construits pour favoriser une prise de conscience collective dans ces domaines.

DYNAMIQUE DES ACTEURS

Les acteurs principaux pour le développement des fenêtres à haute performance thermique sont les suivants :

- les fabricants de verre et les industriels des vitrages,
- les bureaux d'architectes et les bureaux d'études spécialisés,
- les fabricants de matériel spécifique ou destiné aux maisons basse consommation énergétiques ou passives.

Ces acteurs sont soutenus au niveau local par des associations ou des instituts qui ont pour but de contribuer à l'efficacité énergétique et de promouvoir les économies d'énergie. Ainsi, le Passivhaus Institut fournit référentiels techniques, outils logiciels de conception (pour les bureaux d'études), guides de mise en œuvre (isolation, fenêtres, ventilation, ...). En outre, il a mis en place une certification volontaire des bâtiments passifs et des composants, appareils ou systèmes qui leur sont destinés. Par ailleurs, il diffuse l'information au travers de plusieurs sites Internet, des brochures, des guides techniques, des outils logiciels et organise des conférences. En Suisse, l'association Minergie fait aussi un important effort de marketing pour promouvoir sa marque.

Acteurs Moteurs et décideurs clés

Les acteurs qui accompagnent ce développement sont :

- les gouvernements avec les programmes d'aide à la construction des bâtiments à faible consommation énergétique, en collaboration avec tous les acteurs du bâtiment : banques, architectes, BE, constructeur, promoteurs, etc. ;
- des instituts spécialisés comme l'OIB (Autriche), le Fraunhofer Institut für Solare Energie ou l'Institut für Building Physics (Allemagne) et d'autres organismes (Association, ONG ...) qui développent des projets pilotes pour étendre le standard PassivHaus à travers l'Europe (Benelux, Italie, Irlande ...).
- l'Europe qui a soutenu (6^{ième} PCRD - projet CEPHEUS) et soutient encore à travers le programme Intelligent Energy Europe, des projets pour étendre le standard PassiveHaus en Europe (projet PEP) du Nord et du Sud (projet Passive On)
- les particuliers "pionniers" ou précurseurs, propriétaires de maisons individuelles qui ont toujours un rôle prépondérant pour une prise de conscience collective sur les problèmes environnementaux.

Acteurs Résistants à l'Innovation

Il n'existe pas d'acteurs résistants au développement des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique. Mais les fabricants de cadres (menuisiers, "gammistes" ...) ne font pas d'effort de développement particulier de nouveaux produits vraiment adaptés aux vitrages épais et plus faciles à mettre en œuvre. Ils privilégient l'adaptation aux cadres existants (ce qui peut limiter le gain de performance thermique).

Le frein principal à la diffusion des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique reste la faiblesse des exigences réglementaires en termes de performance énergétique et la forte diffusion du double vitrage à isolation renforcé (VIR) dont les verriers font une très forte promotion et qui répond aux exigences réglementaires vis-à-vis des performances thermiques, dans la majeure partie des pays.

3.3.2 CONTENU DE L'INNOVATION

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE :

La technologie la plus représentative de la fenêtre haute performance est le triple vitrage (parfois avec gaz rare et couches basse émissivité) avec un cadre mixte (bois-alu) à rupture de pont thermique.

A l'heure actuelle, à l'exception de la Finlande et des constructions labellisées "PassivHaus" ou "Minergie P", ce type de baies est très rare dans la construction alors que le double vitrage à isolation renforcée constitue un standard dans beaucoup de pays.

Une fenêtre à haute performance thermique est une innovation qui peut-être réalisée avec les technologies disponibles actuellement mais son optimisation est certainement nécessaire : problème de poids, d'intégration et d'encombrement.

DESCRIPTION DES PRODUITS ET MODALITES D'INTEGRATION ARCHITECTURALE

La figure 2 illustre une fenêtre avec triple vitrage, utilisée dans le cadre du programme PassivHaus.

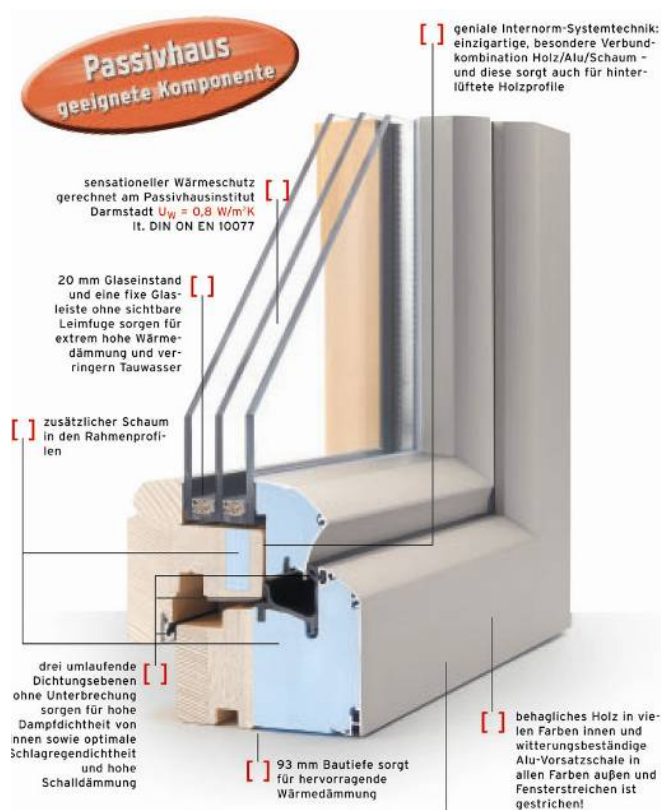


Figure 2 : Un exemple de fenêtre haute performance : Triple vitrage + Cadre haute performance

L'intégration d'une telle fenêtre dans une construction neuve ne pose pas de problème particulier. En revanche, en ce qui concerne la réhabilitation, il est nécessaire de tenir compte, pour intégrer la fenêtre à haute performance thermique, de son épaisseur (en termes de vitrage et de menuiserie) particulièrement importante. Une réhabilitation par changement simple de l'ouvrant n'est pas possible, seule une rénovation lourde (avec changement du cadre, renforcement de l'isolation des parois opaques et installation d'une ventilation) permettra d'atteindre les objectifs.

HORIZON TEMPOREL :

Innovation "mature"

Les fenêtres à haute performance thermique (triple vitrage) sont des produits actuellement diffusés en Allemagne, Suisse, Autriche et dans toute l'Europe du nord. Leur développement commercial est lié au développement des maisons passives et des programmes publics similaires.

La diffusion d'un tel produit en France ne présente pas de problèmes techniques. Toutefois, ce produit est intimement associé aux immeubles passifs. Son développement serait donc concomitant avec le développement des constructions passives en France.

Les industriels qui développent ces solutions, en Suisse et en Allemagne, adhèrent généralement aux labels Minergie et PassivHaus et proposent des produits adaptés à ces labels, par exemple :

- Minergie : 119 industriels participants ou membres dont 18 exclusivement pour le domaine de la fenêtre avec 33 modules "fenêtre" labélisés Minergie,
- PassivHaus : 67 industriels "labélisés" dont 65% concernant les fenêtres.

Pour traiter les problèmes de surchauffe en été, en particulier pour le développement des maisons passives dans l'Europe du Sud, les fenêtres haute-performance sont souvent associés à des protections solaires. Différentes technologies sont disponibles : les stores bannes, les stores intérieurs/extérieurs, voire intégrés dans le double ou triple vitrage.

Innovation "émergente" (expérimentation)

D'autres solutions pour développer les fenêtres à haute performance thermique sont aujourd'hui à l'étude. Pour réduire l'épaisseur, le triple vitrage avec un vitrage sous vide est en développement chez certains industriels. La figure 3 montre le schéma d'un tel vitrage. Ce vitrage présente l'avantage de rester dans des épaisseurs compatibles avec les cadres utilisés pour les doubles vitrages.

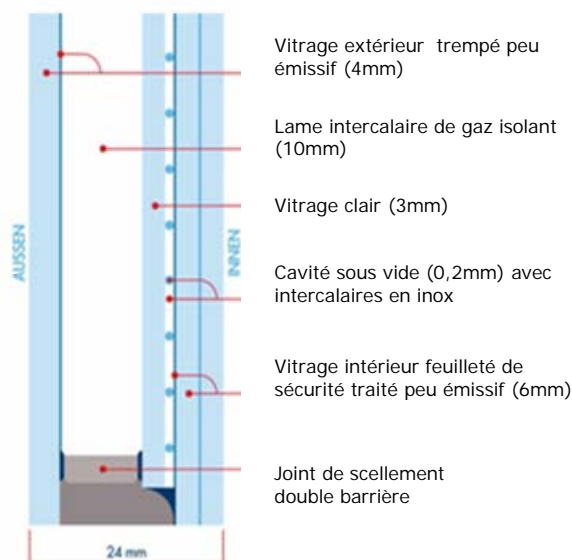
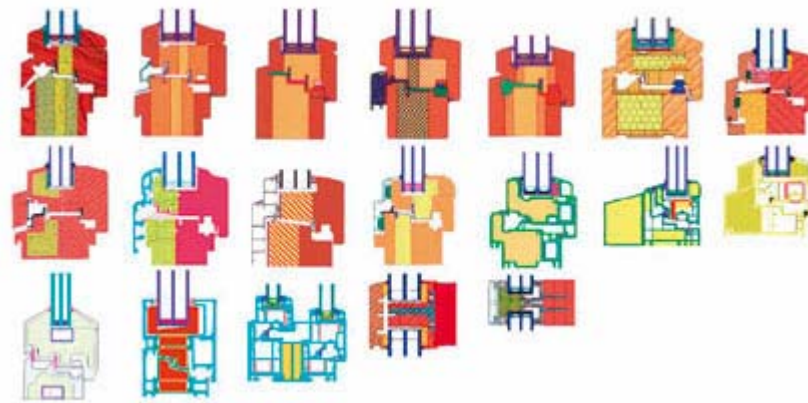


Figure 3 : Schéma d'un double vitrage intégrant un vitrage sous vide (source VELUX).

Le remplacement du verre central par un film transparent polymère permet de réduire le poids de l'ensemble, mais sa durabilité peut poser problème.

La double fenêtre est une solution qui fait également l'objet d'un regain d'intérêt avec le développement des murs épais (20-30 voire 40 cm d'isolant pour les maisons passives). Sa praticité demeure toutefois un obstacle à son développement.

Le développement des murs épais fait que de nouveaux types de cadre (plus minces) sont proposés sur le marché pour conserver une ouverture totale suffisante et éviter l'effet d'ombrage résultant du mur épais.



Différents exemples de cadres de fenêtres pour triple vitrages (source : www.lamaisonpassive.be)

Innovation "à l'horizon" (recherche)

Plus en amont, des recherches concernant la "fenêtre active multifonctionnelle" sont déjà bien avancées. La fenêtre deviendra un élément intégrant différentes fonctions comme l'isolation thermique et acoustique, la gestion des apports solaires et de l'éclairage naturel (vitrage électrochrome, thermochrome ...), la production d'électricité (PV intégré), l'éclairage (LED ou OLED intégrées), voire la ventilation.

CHAMP D'APPLICATION

Les fenêtres à haute performance thermique sont destinées aux bâtiments à faible consommation d'énergie et aux maisons passives. Elles sont essentiellement installées en bâtiment neuf, parce que les maisons passives sont très majoritairement des maisons neuves, mais leur utilisation peut être étendue à la rénovation lourde. De plus, une fenêtre à haute performance thermique doit être associée à des parois opaques ayant une isolation haute performance pour atteindre une efficacité optimale. C'est rarement le cas dans les immeubles existants, si une rénovation lourde n'est pas engagée.

Enfin, les fenêtres avec une isolation thermique haute performance ne sont pas pour l'instant utilisées en tertiaire.

IMPACTS

L'impact le plus important, noté par les occupants, est l'amélioration du confort, en particulier l'hiver avec la réduction de l'effet de paroi froide, à proximité du vitrage.

De plus, les couches basses émissivité permettent de réduire les risques de surchauffe l'été. Ce gain est déjà ressenti avec des doubles vitrages à isolation renforcé mais il est meilleur avec des fenêtres à haute performance thermique.

Enfin, les pertes thermiques par le vitrage sont réduites de plus de 50%.

Il n'existe pas à notre connaissance d'étude sur la réduction des émissions de CO₂ (et donc de l'effet de serre engendré) due à l'utilisation de fenêtres à haute performance thermique. Les seules études disponibles ont été réalisées par le GEPVP et concernent l'utilisation des doubles vitrages à isolation renforcé. Une des conclusions de cette étude est que le remplacement en Europe des simples vitrages par des doubles vitrages à isolation renforcé, pourrait faire économiser annuellement 26 million de tonnes équivalent pétrole et réduire l'émission annuelle de CO₂ de 82 million de tonnes.

3.3.3 MISE EN ŒUVRE

FIABILITE DE LA MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

L'offre industrielle dans le domaine de la fenêtre est très flexible et permet généralement toutes les adaptations aussi bien au niveau des dimensions ou des matériaux utilisés (bois, PVC, alu), voire même de la couleur.

La pose d'une fenêtre haute performance n'engendre pas de difficulté supplémentaire par rapport à une fenêtre classique même si l'épaisseur plus importante d'un triple vitrage (et sa masse) peuvent exiger des adaptations (réduction du jour pour renforcer la menuiserie). Les techniques de pose actuelles sont directement adaptables et tous les textes réglementaires ou documents d'application gardent leur validité ; l'exigence la plus importante restant d'assurer une bonne étanchéité à l'air entre la fenêtre et la paroi

SPÉCIFICITÉ DE MISE EN ŒUVRE

Les composants d'une fenêtre à haute performance énergétique ont un prix élevé, que ce soit pour une installation dans le neuf ou l'existant.

Dans le cas de rénovation lourde (qui s'apparente à de la construction neuve), la mise en œuvre des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique diffère très peu de celle des fenêtres avec vitrage isolant classique. Les documents techniques et réglementaires sont applicables.

Pour la réhabilitation (remplacement de menuiserie), les dimensions (épaisseur notamment) des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique peuvent poser des problèmes d'adaptation. Les documents techniques et réglementaires existant demeurent toutefois applicables.

Une mise en œuvre de qualité est indispensable pour assurer la performance de la fenêtre à haute performance thermique. La plupart des problèmes de performance des fenêtres ont pour origine une mauvaise liaison entre le cadre de la fenêtre et le bâti (passage d'air) du fait d'une mise en œuvre déficiente.

MODALITES DE GESTION, D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE DES FENETRES A HAUTE PERFORMANCE THERMIQUE

L'entretien et la maintenance des fenêtres à haute performance thermique est similaires à celle des vitrages isolants classiques. Le triple vitrage et les vitrages sous vides de par leur conception plus complexes sont toutefois soumis à des contraintes physiques plus fortes qui notamment sollicitent particulièrement les joints.

INCITATIONS REGLEMENTAIRES, FISCALES..., MODALITES DE FINANCEMENT

Dans la plupart des pays, des aides basées sur les performances thermiques du bâtiment favorisent l'installation de vitrages isolants conformes à la réglementation thermique en vigueur, mais il n'existe pas de mesures spécifiques pour les fenêtres à haute performance thermique.

3.3.4 EVALUATION DES RESULTATS FAIT DANS LES PAYS CONCERNES

LES PERFORMANCES

Les fenêtres à haute performance thermique sont des produits fortement industrialisés. L'évaluation de ces produits fait l'objet de normes européennes largement utilisées.

L'évaluation des performances thermiques est réalisée selon les méthodes décrites dans les normes suivantes :

- NF EN 410 - Novembre 1999 : Verre dans la construction - Détermination des caractéristiques lumineuses et solaires des vitrages ;
- NF EN 673 - Août 2001 : Verre dans la construction - Détermination du coefficient de transmission thermique, U - Méthode de calcul ;
- NF EN 674 - Décembre 1998 : Verre dans la construction - Détermination du coefficient de transmission thermique, U - Méthode de l'anneau de garde ;
- NF EN 675 - Décembre 1998 : Verre dans la construction - Détermination du coefficient de transmission thermique, U - Méthode du fluxmètre.

L'évaluation acoustique est réalisée selon les méthodes décrites dans les normes suivantes

- NF EN ISO 140-1/A1 - Juillet 2005 : Acoustique. Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction. Partie 1 : spécifications relatives aux laboratoires sans transmissions latérales - Amendement 1 : exigences particulières applicables au cadre de l'ouverture d'essai pour cloisons à doubles parements légers ;
- NF EN ISO 140-3/A1 - Juillet 2005 : Acoustique. Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction. Partie 3 : mesurage en laboratoire de l'affaiblissement des bruits aériens par les éléments de construction - Amendement 1 : conditions particulières de montage des cloisons à doubles parements légers.

De plus, chaque élément de la fenêtre fait l'objet de norme d'essais que ce soit :

- le vitrage ;
- les profilés ;
- la quincaillerie.

Energie

Le GEPVP estime que 20% de l'énergie utilisée pour le chauffage est perdue à travers le vitrage, l'utilisation des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique réduirait ces pertes de plus de 50%.

Stabilité, Sismique, Feu

Les performances en termes de stabilité au feu et au séisme sont identiques à celles obtenues avec les fenêtres classiques.

Confort Hygrothermique, Acoustique, Eclairage

La fenêtre joue souvent un rôle actif dans la ventilation et la qualité de l'air. Le cadre est souvent utilisé comme entrée d'air. L'amélioration des performances thermiques, en particulier des températures de surface interne, permet d'éviter ou de retarder la condensation sur le vitrage.

Les performances acoustiques correspondent généralement à la meilleure classe de performance, c'est-à-dire un indice d'affaiblissement routier supérieur à 36 dB.

Risques de dégradation des performances après mise en œuvre

Si la mise en œuvre ne diffère pas fondamentalement de celle des fenêtres classiques, elle reste primordiale dans la performance effective de la baie installée et dans la pérennité de cette

performance. Ce problème est d'autant plus aigu pour les fenêtres à haute performance thermique qui doivent apporter un confort thermique accru.

Les fenêtres à triple vitrage ou double vitrage "sous vide" sont plus complexes que les fenêtres à double vitrage à isolation renforcée. Notamment, les joints qui séparent les vitrages sont susceptibles de se dégrader plus vite que ceux des doubles vitrages car ils sont plus sollicités.

A coté du risque intrinsèque lié à la technologie des vitrages utilisés, le risque principal de dégradation des performances de la fenêtre dans son ensemble, porte sur la liaison entre la fenêtre et la paroi opaque. L'étanchéité à l'air entre la fenêtre et le bâti doit être maintenue dans le temps, malgré le surpoids lié au triple vitrage. Le problème à résoudre est donc la liaison et la gestion de l'étanchéité à l'air entre la fenêtre et le bâti. Cette question est d'autant plus importante que la pose d'une fenêtre semble accessible à tout le monde alors que ce domaine ne tolère pas l'a peu près (... même s'il existe de très bons bricoleurs).

Compatibilité entre performances

Une fenêtre est soumise à des contraintes contradictoires, notamment elle doit :

- limiter les apports solaires thermiques en été et les favoriser en hiver,
- permettre à la lumière de pénétrer pour l'éclairage tout en limitant l'éblouissement.

Les caractéristiques des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique doivent être un compromis entre l'isolation thermo-acoustique, les apports solaires, le climat et le confort souhaité par l'utilisateur.

Ces fenêtres doivent être associées à une protection solaire externe pour pouvoir moduler les apports solaires en fonction des saisons.

LES COÛTS RÉELS

Coût Initial – Investissement

Le coût d'un double vitrage est de l'ordre de 150 euros / m², celui d'un double vitrage à vitrage à isolation renforcé est de 200 euros / m².

Dans le tableau ci-dessous, sont présentés les coûts en Autriche

Cadre	Fenêtre Standard U-value < 1,4 W/m ² K €/m ²	Fenêtre Maison Passive U-value < 0,8 W/m ² K €/m ²
PVC	190	250
Wood-Aluminium	210	280

Coûts des fenêtres haute-performance en Autriche

(Source : Schöberl, Hutter; Passive house Technologies in Social Housing, Vienna, 2003)

Selon l'ADEME, les triples vitrages et menuiseries correspondantes, développées en Allemagne et en Belgique sont 90% plus chères que les fenêtres standards.

De plus, il semble qu'il existe une grande disparité des prix des vitrages à haute performance thermique en Europe : par exemple, plus du simple au double entre la Suisse et la France.

En France, il n'y a quasiment pas de ligne de production de triple vitrage. Aujourd'hui, une menuiserie française équipée d'un triple vitrage français coûte plus du double d'une menuiserie équipée de double vitrage à isolation thermique renforcée.

Au niveau actuel des prix de l'énergie en Europe, l'économie engendrée par les menuiseries à haute performance énergétique comparativement aux solutions classiques est faible, et induit des temps de retour sur investissement très long (au minimum 30 ans, en passant d'une menuiserie classique - PVC avec double vitrage simple, U = 2,2 W/m².K, 300€ hors pose - à une menuiserie à haute performance énergétique - PVC et triple vitrage haute performance, U = 0,8 W/m².K, 500€ hors pose – avec un chauffage électrique).

Même si les prix des énergies augmentent de manière très importante, la "rentabilité" économique du remplacement des menuiseries dans les logements existants demeurent faible, comparativement, par exemple, au remplacement de la chaudière.

Toutefois, le remplacement de la fenêtre demeure une des premières solutions, quand il s'agit d'améliorer pour un habitant la performance énergétique de son logement. Le propriétaire et/ou l'utilisateur profite en effet de "co-bénéfices" non énergétiques qu'il valorise clairement si les menuiseries vétustes de son logement sont remplacées :

- meilleur confort : suppression des parois froides, absence de courant d'air;
- meilleure protection contre le bruit extérieur ;
- meilleure qualité de l'air, meilleure hygrométrie (grâce à l'aération contrôlée associée – Minergie);
- sécurité accrue, du fait des fenêtres constamment ou très souvent fermées;
- meilleur revenu locatif (dans le neuf en Suisse, l'aération contrôlée justifie une hausse de 5 % de loyer ; dans l'ancien, de nouvelles fenêtres et une isolation de façade renforcée peuvent justifier 100 à 150 francs suisses de loyer supplémentaire) ;
- meilleur prix à la revente (selon une enquête commune de la Banque cantonale de Zurich et du CEPE de l'EPF Zurich, les maisons Minergie (qui sont équipées de menuiserie avec une bonne performance thermique) se vendent en moyenne 9 % plus cher que des maisons standard dans des localisations similaires;
- augmentation de la valeur immobilière à terme (selon les experts immobiliers de la Banque cantonale de Zurich, les bâtiments Minergie ont en tendance une valeur immobilière à terme supérieure à celle d'un bien immobilier standard comparable).

Coût Opérationnel - Exploitation – Maintenance

Le coût d'exploitation et de maintenance d'un triple vitrage et de la menuiserie associée est quasiment nul et ne diffère pas de celui d'un double vitrage et de sa menuiserie.

LE VECU DES UTILISATEURS – AVIS DES ACTEURS ET DU PUBLIC

Les résidents et usagers

D'après les fabricants, que ce soit dans le résidentiel ou le collectif, le retour positif des usagers est essentiellement dû à l'amélioration du confort, aussi bien en hiver (pas de parois froides) qu'en été.

VITESSE DE DIFFUSION DANS LE PAYS

Le Marché – Commercialisation

En Autriche, au Danemark et en Suisse, la commercialisation des fenêtres à haute performance thermique reste liée au développement des maisons à faible consommation énergétique et aux labels qui leur sont associés. Ces maisons représentent aujourd'hui moins de 10 % du marché mais ce marché est en croissance exponentielle.

En Finlande le triple vitrage deviendrait le standard, mais pour l'instant aucun chiffre de pénétration du marché n'est disponible.

Actions de diffusion et de sensibilisation

Les actions de diffusion et de sensibilisation sont essentiellement centrées autour de deux axes :

- la promotion de la maison à maisons à faible consommation énergétique, portée par les différents labels, les associations et agences de promotion pour l'environnement et les économies d'énergie.
- la promotion de l'amélioration du confort d'été et d'hiver, portée par les industriels.

Volonté d'exportation

Les industriels étrangers ou français établis à l'étranger ne font pas d'effort particulier pour exporter vers la France des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique.

Selon les fabricants, le marché français n'est pas prêt à accepter les dimensions de menuiserie imposées par la technologie du triple vitrage. En outre, le transport de vitrage à haute performance thermique (triple vitrage ou double vitrage sous vide) est plus difficile que celui des doubles vitrages classiques, car ils sont plus lourds (triple vitrage) et plus fragiles tant qu'ils ne sont pas montés.

En France, l'effort de communications des industriels porte actuellement sur le double vitrage à isolation thermique renforcé (VIR) qui compte tenu du climat répond aux exigences de la réglementation et peut trouver un marché très important dans la réhabilitation. Néanmoins, des industriels suisses ou allemands sont prêts à répondre à la demande de triples vitrages sur le marché de niche des maisons basse consommations énergétique.

Enfin, deux PME française proposent depuis peu des fenêtres triples vitrages, sur la base de brevets allemands et autrichiens

3.3.5 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRE DIMENSIONS ETUDIEES : CONTEXTE, CONTENU, MISE EN ŒUVRE, EVALUATION

POINTS FORTS, POINTS FAIBLES DE L'INNOVATION (METHODE SWOT)

S : Strength - Forces

Au niveau du produit, les différents points forts des fenêtres haute-performance sont les suivants :

- une mise en œuvre peu différente de celle des menuiseries classiques;
- une modularité et adaptabilité des éléments au point de vue de la taille, de la forme et de la couleur.
- un potentiel de développement de nouveaux produits associés particulièrement au niveau des cadres (notamment l'intégration de systèmes de ventilation);
- un marché français de plus en plus intéressé par les maisons à faible consommation énergétique mais qui offre une plus grande diversité (Zones Climatiques) que les marchés Suisse et Autrichien, voire Allemand ou Scandinave.

W : Weakness : Faiblesses

Les principaux points faibles français sont :

- un prix plus élevé,
- des exigences réglementaires insuffisantes,
- le développement commercial des vitrages à isolation renforcé,
- le climat français moins rigoureux que celui des pays du nord de l'Europe.

Le statut juridique de la fenêtre (faisant partie de la façade) qui oblige l'intervention de nombreux acteurs (copropriété, syndic d'immeuble, préfecture, verriers, menuisiers, poseurs, etc.) ainsi que le manque d'information et de lien entre eux, reste un handicap au développement structuré du produit.

O : Opportunités – Opportunités

Le développement de ce produit pourrait profiter :

- d'un fort lobbying de la part des verriers ;
- de la valorisation des compétences déjà existantes.

T : Threats – Menaces

La large promotion actuelle et la croissance de la diffusion du double vitrage et des verres à couche (vitrage à isolation renforcée) reste la principale menace au développement actuel ou à court terme des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique.

Le contrôle insuffisant actuellement de la qualité de mise en œuvre des produits est également une menace forte pour le développement des fenêtres et baies à haute performance thermique. La mise en œuvre est primordiale pour que les consommateurs apprécient véritablement la performance de ces produits par rapport aux produits "standards" actuels.

POINTS SINGULIERS AU CONTEXTE DU PAYS

Les points singuliers ont été listés au paragraphe 1.1. Il est à noter que, mis à part l'Allemagne, les autres pays où se développent les fenêtres à haute performance thermique sont de "petits" pays (Suisse, Autriche, Finlande ...) avec une certaine homogénéité climatique.

3.3.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

LES CHANCES DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

Comme, il n'existe pas d'obstacles techniques, la transposition en France des fenêtres haute-performance dépendra des évolutions à long terme de la réglementation et de l'implication des industriels dans son développement. Mais à court terme, comme dans les autres pays européens, l'implantation de labels très haute performance énergétique, le développement des maisons passives seront autant de marché (de niche aujourd'hui) potentiels pour les produits à haute performance thermique, qui favoriseront le développement des fenêtres ou baies vitrées à haute performance thermique.

COMPATIBILITE AVEC LE CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF FRANÇAIS

Le cadre normatif et réglementaire français n'offre aucun obstacle à la diffusion des fenêtres haute-performance mais il ne la favorise pas particulièrement. Néanmoins, la diversité climatique française nécessite une prise en compte des climats locaux et il faut éviter une généralisation systématique du triple vitrage, en particulier dans les zones où il n'est pas nécessaire.

QUELLE DYNAMIQUE D'ACTEURS NECESSAIRE

Les fenêtres à haute performance thermique se développeront en France, dans les zones climatiques où il est nécessaire, si une demande forte rencontre une offre à un prix raisonnable. On peut penser que la demande suscitera l'offre, notamment par le biais des constructeurs et/ou promoteurs qui souhaiteront proposer des bâtiments à faibles consommations énergétiques à des clients de plus en plus exigeants et séduits par ce type de construction, à la recherche de biens durablement valorisables et confortables.

Parallèlement, les pouvoirs publics doivent également contribuer à développer cette demande exigeante en renforçant l'outil réglementaire.

Enfin, le développement d'indicateurs de performance énergétique des bâtiments (le diagnostic de performance énergétique en France), mettant en avant la performance énergétique des constructions lors des transactions immobilières, permettra également de renforcer cette demande.

Les industriels pour la plupart européens, maîtrisent déjà dans les pays voisins les techniques nécessaires à l'élaboration de fenêtres à haute performance énergétique. Ils sauront répondre rapidement quand la demande se fera de plus en plus sentir.

DISPONIBILITE EN FRANCE DES TECHNIQUES CONCERNEES ET DES COMPETENCES DE POSE

Les techniques concernées existent en Europe, elles sont détenues généralement par de grands groupes qui sont aussi présents en France. Le transfert des techniques ne repose donc que sur la volonté des acteurs industriels, principalement les verriers et dans une moindre mesure les menuisiers, à développer le marché. Il faut noter que ces produits sont déjà disponibles en France à travers les distributeurs qui proposent des produits allemandes ou suisses, mais des PME françaises commencent à se positionner sur le marché.

QUELS TYPES D'INCITATIONS ENVISAGER

Réglementation Technique

La réglementation thermique qui joue son rôle de "voiture balai" n'est pas suffisamment exigeante aujourd'hui pour imposer les fenêtres à haute performance thermique (mais bien sûr ne les interdit pas). Les initiatives locales ou privées pour récompenser le "maillot jaune" du bâtiment à faible consommation énergétique seront autant de mesures incitatives qui aideront les "pionniers" ou précurseurs des bâtiments économes.

Soutien des Collectivités locales

Certaines régions dans le cadre de politique locale en faveur des économies d'énergie proposent des aides financières. La "compétition" régionale ou locale sera aussi un des moteurs du développement de ces technologies.

Fiscalité, Financement

Dans le cadre de la politique nationale française en faveur des économies d'énergie, des aides sous forme de crédit d'impôt existent pour inciter les propriétaires, gestionnaires à réaliser des travaux pour réduire leur consommation.

Tout contribuable, qu'il soit propriétaire-occupant, locataire, usufruitier ou occupant à titre gratuit, qui supporte, pour son habitation principale, des dépenses d'équipements est susceptible de bénéficier d'un crédit d'impôt.

En ce qui concerne les parois vitrées, le taux est de 25% du montant de la dépense d'acquisition. Toutefois, les exigences pour bénéficier du crédit d'impôt si elles poussent à l'installation de menuiseries à isolation renforcée, sont insuffisantes pour inciter à l'installation de fenêtre à haute performance énergétique.

Les caractéristiques exigées sont :

- fenêtres ou porte-fenêtre dont le coefficient de transmission thermique U_w est inférieur ou égal à $2 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- vitrages à isolation renforcée dont le coefficient de transmission thermique U_g est inférieur ou égal à $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- double fenêtre dont le coefficient de transmission thermique U_w est inférieur ou égal à $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Une même démarche avec des exigences plus fortes ou dont le taux de crédit d'impôt est fonction de la performance effective de la menuiserie installée, permettrait d'inciter à la mise en œuvre de menuiserie à haute performance thermique.

Ce type de crédit d'impôt pourrait également affectée la taxe d'habitation.

Des aides similaires au niveau local sont également envisageables.

3.3.7 ANNEXE : SOURCES D'INFORMATION

A. REFERENCES

WEBZINE CSTB : Baies et Vitrages - 2006

<http://webzine.cstb.fr/equipbaie/private/exports/09-06-2006.pdf>

Les 10 tableaux qui permettent de comprendre le marché de la fenêtre en France en 2004

BATIM ETUDES - Juin 2005 - SNFA, SNFMI / GEPILB, UFPVC

http://www.snfa.fr/stock_docs/communiqu_public_etude_fenetre_2004_la_clef.pdf

Etude sur le parc fenêtre des logements des particuliers – septembre 2004

http://www.uf-pvc.fr/img/img_metier/renovation_logement2004.pdf

Etude sectorielle : La baie - Fenêtres, fermetures et vitrages

Janvier 2000 *Etude CSTB réalisée par* Jean-François ARENES - Patrick ELIAS - CSTB

Fenêtre Bois : Performance Thermique Record, FFB, Batimétiers, juin 2006

Low-E Glass in Buildings - Contribution of the flat glass industry towards reducing greenhouse - gas emissions & energy consumption in the EU15, **GEPVP**, The European Association of Flat Glass - mars 2005 - www.gepvp.org

Energy & Environmental Benefits from Advanced Double Glazing in EU Buildings

GEPVP, The European Association of Flat Glass - mars 2005 - www.gepvp.org

Advanced glazing and transparent insulation – EASE project – Education of Architects on Solar Energy & Ecology - http://www-cenerg.ensmp.fr/ease/tech_main.html

WINDAT project – Windows as a Renewable Energy Source for Europe Windows Energy Data Network - <http://windat.ucd.ie/index.html> et <http://windat.ucd.ie/wis/html/index.html>

Performance, Durability and Sustainability of advanced windows and solar components for building envelopes - <http://www.iea-shc-task27.org>

Smart Energy Efficient Building : SINTEF – NTNU - Norvège

http://www.ntnu.no/em/fokus/smartbygg/prosjekt_rapp.htm

Efficient Windows Collaborative (EWC) www.efficientwindows.org

Windows & Daylighting – LBNL – Lawrence Berkeley National Laboratory <http://windows.lbl.gov/>

British Fenestration Rating Council www.bfrc.org

National Fenestration Rating Council www.nfrc.org

Minergie – Règlement Fenêtre

http://www.minergie.ch/download/Reglement_fenster.pdf

PassivHaus – Fenêtres – Produits Certifiés – "Zertifizierte Produkte" – "Fensterrahmen"

www.passiv.de

PassivHausFenster

www.passivhausfenster.at

www.passivhausfenster.de

B. EXPERTS CONSULTÉS :

Svend Svendsen : DTU – Danish Technical University

Department of Civil Engineering

Technical University of Denmark

www.byg.dtu.dk

Fritz Oetli : pos architekten ZT KEG

A-1080 Wien _ Maria Treu Gasse 3 - Autriche

www.pos-architekten.at

Pierre Jaboyedoff : Sorane SA

Route du Bois 37

Case Postale 248

1024 Ecublens - Suisse

C. INDUSTRIELS

Verriers :

Le portail français du verre www.verreonline.fr
Fédération Française des Professionnels du Verre
www.ffpv.com
www.verre.org

Saint-Gobain www.saint-gobain-glass.com
Glaverbel www.glaverbel.com
Pilkington www.pilkington.com
Nippon Sheet Glass
www.nsg.co.jp/en/corporate/buisiness/build.html
www.nsg-spacia.co.jp/
Guardian www.guardian.com/fr/index.html
Velux www.velux.com
Interpane http://www.interpane.net/3-68.iplus_3S-iplus_3CS.html?e=3

Triples Vitrages

www.sofraver.ch
www.glastroesch.ch

Fenêtres avec Triple Vitrage

Loewen http://french.loewen.com/whyloewen_heatsmart_frn.htm
Bieber http://www.bieber-bois.com/dn_fenetre_triple_vitrage/
Boillon Fermetures <http://www.boillonfermetures.fr/>
Internorm <http://www.internorm.fr/>
Tryba www.tryba.com
Kömmerling-Profine www.koemmerling.de

Double Fenêtre

www.schwoerer.de
www.fiberline.com

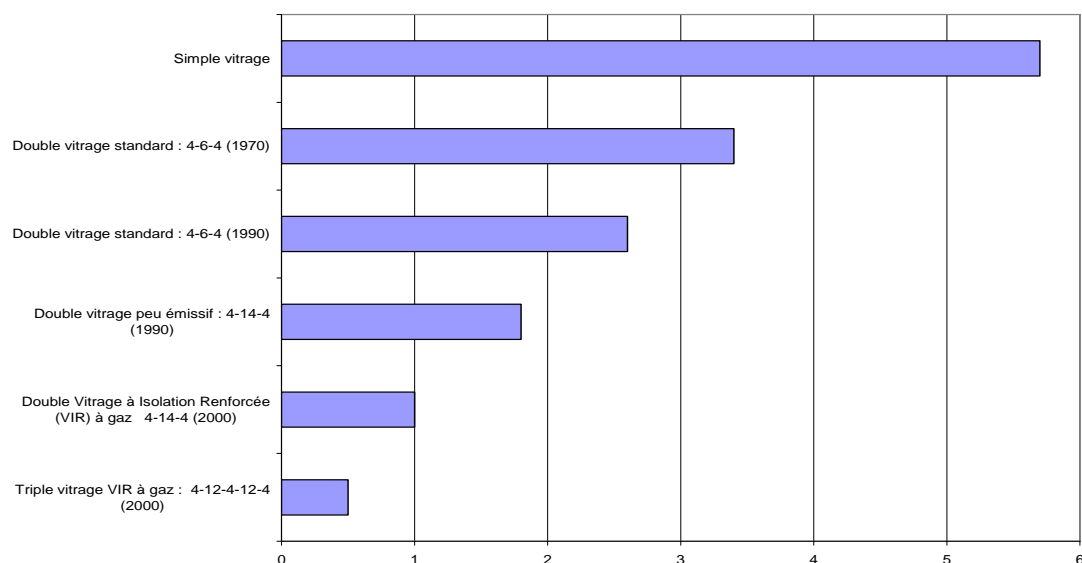
Fenêtre Innovante www.iku-windows.com

Associations

EUROACE : European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings www.euroace.org
SNFA : Syndicat National de la construction des Fenêtres, Façades et Activités Associées
www.snfa.fr
UFPVC : Union Fenêtre PVC www.uf-pvc.fr
GEPVP : Groupement Européen des Producteurs de Verre Plat - European Association of Flat Glass Manufacturers www.gepvp.org
European Solar Shading Association www.es-so.org
Union professionnelle belge de Producteurs de volets et protections solaires www.verozo.be
Association CEKAL pour la certification des vitrages isolants www.cekal.com
Association Française des Organismes de Certification des Matériaux de Construction
<http://afocert.cstb.fr>

D.DONNEES TECHNIQUES

Evolution du Coefficient U (W/m².K) entre 1970 et 2000



Evolution du coefficient de transmission thermique U (W/m².K)

Marché

Le tableau ci-dessous décrit le marché de la fenêtre en France. Il confirme que le double vitrage à isolation renforcé est le plus courant.

Matériau	SV	DV clair	DV th renf	DV acou renf.	DV th+acou renf	DV anti-effraction	Total
Bois	24	585	974	64	13	78	1 737
PVC	8	2 876	2 917	449	187	238	6 675
Aluminium	18	739	793	100	142	126	1 917
Mixte Bois-Alu	0	5	118	23	11	2	159
Ensemble	50	4 204	4 802	636	353	444	10 488

Tableau 3 : Marché de la fenêtre en France (en millier de fenêtres)

SV : Simple Vitrage - DV : Double Vitrage

th : thermique – acou : acoustique – renf : renforcé

Certification CEKAL : www.cekal.com

Isolation thermique courante : $U_g > 2 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Isolation thermique renforcée TR : $U_g \leq 2 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Marquage :

- Les vitrages sont marqués TR (Thermique Renforcée) lorsque la valeur du coefficient U_g conventionnel de transmission thermique est inférieure ou égale à la limite de $2 \text{ W / (m}^2.\text{K)}$

- Mode de classement :

Le coefficient de transmission thermique U_g est calculé à partir des valeurs d'émissivité des produits verriers. Ces calculs sont effectués selon les Règles Th-U et la norme NF EN673.

3.4 VENTILATION DOUBLE FLUX EN ALLEMAGNE, SUISSE, PAYS-BAS ET BELGIQUE

Auteurs : Bernard Collignan (bernard.collignan@cstb.fr)
avec la participation
d'Orlando Catarina (orlando.catarina@cstb.fr)

Expert : Anne Tissot (CETIAT)

INTRODUCTION

L'objet de cette étude est l'évaluation, la capitalisation et l'analyse des conditions de transposition en France des systèmes de ventilation double flux. Les quatre premières étapes correspondent à une synthèse d'une étude du CETIAT. Les systèmes considérés sont :

- Les centrales double flux haute efficacité (supérieure à 75%), destinées à la ventilation de l'ensemble d'une maison individuelle (débit inférieur à 500 m³/h),
- Les systèmes double flux locaux ou décentralisés, destinés à la ventilation d'une seule pièce ou d'un petit groupe de pièces, avec récupération de chaleur.

Le champ de l'étude a été limité aux pays dans lesquels des produits répondant à cette définition existent, à savoir principalement l'Allemagne et la Suisse. Les Pays-Bas sont très fortement concernés par les systèmes de ventilation double flux, mais la barrière de la langue n'a pas permis des recherches poussées. Quelques informations concernant la Belgique sont également fournies.

3.4.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUE D'ACTEURS

CONTEXTE NATIONAL ET LOCAL

Allemagne

Le Gouvernement de M. Schröder a pris début 2002 la décision d'abandonner l'énergie nucléaire à l'horizon 2020. Même si ce processus de sortie du nucléaire pourrait être ralenti par le gouvernement en place depuis fin 2005 (M^{me} Merkel), l'Allemagne va donc devoir faire face au cours des deux prochaines décennies à d'importants besoins de nouvelles installations de production d'électricité destinées à compenser l'abandon du nucléaire et l'arrivée en fin de vie de nombreuses centrales autres que nucléaires. Les estimations portent sur un besoin de 43 000 MWe d'ici 2020, qui pourraient être répartis entre 45 nouvelles centrales thermiques (environ 24 000 MWe) et l'amélioration de 200 centrales thermiques classiques existantes. La question de la future composition du mix énergétique va alors se poser.

La population allemande est quant à elle globalement opposée au nucléaire, mais face au problème de l'approvisionnement énergétique à moyen/long terme (dépendance aux importations et coûts des énergies renouvelables), un changement d'opinion n'est pas tout à fait exclu.

L'Allemagne a pris en outre deux engagements forts dans le cadre du protocole de Kyoto, à savoir une diminution d'ici 2005 de 25% ses émissions de CO₂ par rapport à 1990 et une réduction de 21% ses émissions de gaz à effet de serre au cours de la période 2008-2012.

Suisse

L'énergie hydraulique constitue la seule source d'énergie nationale en Suisse.

Avec la loi sur le CO₂ du 1^{er} mai 2000, la Suisse s'impose des objectifs contraignants pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Cette réduction doit avant tout résulter de mesures librement consenties par les entreprises et les particuliers et de mesures de politique énergétique, mais aussi de l'action politique dans le domaine de l'environnement, des transports et des finances.

En 2001, le Conseil fédéral se fondait sur les lois sur l'énergie et sur le CO₂ pour lancer le programme SuisseEnergie. Au moyen de mesures librement consenties par l'économie (conventions) et de campagnes d'information, SuisseEnergie doit contribuer à atteindre les objectifs énergétiques et

climatiques de la Suisse : réduire, d'ici 2010, la consommation d'énergies fossiles et les émissions de CO₂ de 10% par rapport à leur niveau de 1990 ; limiter la progression de la demande d'électricité à 5% au maximum d'ici 2010 ; maintenir au niveau actuel l'apport de la force hydraulique à la production de courant même lors de l'ouverture du marché de l'électricité ; accroître la quote-part des autres énergies renouvelables de 1% dans la production de courant et de 3% dans la production de chaleur.

En mai 2003, les citoyens ont rejeté deux initiatives antinucléaires, "moratoire plus" et "électricité sans nucléaire". La production nucléaire d'électricité représentait à ce moment 40 % de la consommation du pays, les autres 60 % étant fournis par la production hydraulique.

Autriche

Le gouvernement autrichien est un système fédéral avec neuf régions, et les responsabilités en politique énergétique sont partagées entre l'état fédéral et les régions. Le pays a des ressources hydroélectriques conséquentes qui couvrent 70% de ses besoins d'électricité. L'Autriche dispose également de ressources en pétrole et gaz naturel, qui couvrent respectivement 9 et 23% de ses besoins. Elle a importé environ 65% de ses besoins en énergie primaire en 2000.

Les marchés de l'électricité et du gaz ont été libéralisés en octobre 2001 et octobre 2002, en avance sur les dates d'application des directives européennes.

Prise de conscience collective et action

On reconnaît généralement aux populations "germaniques", qui composent l'Allemagne, l'Autriche et une bonne partie de la Suisse, une sensibilité forte aux problématiques écologique et environnementale.

En Allemagne, le sursaut écologique a été imposé par la pollution atmosphérique résultant de son industrialisation intensive, à partir des années 70. Dès le début des années 80, plusieurs lois sont adoptées en matière de dépollution et de préservation de l'environnement. Le changement comportemental des Allemands et le long processus de sensibilisation à l'adresse des populations sont pour beaucoup dans la réussite de sa politique environnementale.

La première conséquence de cet état d'esprit est que les habitants de ces pays sont prêts à dépenser plus d'argent pour un mode de vie plus propre, moins consommateur d'énergie.

La naissance des concepts de Maisons Passives et de MINERGIE découle donc de cette sensibilité aux problèmes d'économie d'énergie.

ANTERIORITES ET ORIGINE DE L'INNOVATION

Le concept de maisons passives et le label MINERGIE, qui connaissent de plus en plus de succès en Allemagne, en Autriche et en Suisse, imposent un système de ventilation mécanique à récupération de chaleur, la forte étanchéité des bâtiments ne permettant pas un renouvellement d'air par infiltrations. Cette exigence a énormément influencé le marché des centrales double flux et des double flux locaux dans ces pays.

Certaines centrales sont donc signalées dans les documents commerciaux comme étant destinées aux maisons passives ou aux maisons à faible consommation d'énergie, et l'Institut des Maisons Passives (PassivHaus Institut) délivre un certificat aux produits qui respectent un ensemble de critères (consommation électrique, efficacité de récupération de chaleur...).

DYNAMIQUE DES ACTEURS

Les acteurs qui accompagnent le développement des maisons passives et à faible consommation d'énergie, qui ont beaucoup influencé le développement des systèmes de ventilation double flux sont :

- Le Passivhaus Institut [7] : référentiel technique, outil logiciel de conception destiné aux bureaux d'études, guides de mise en œuvre sur des points spécifiques (isolation, fenêtres, ventilation, ...), certification volontaire des bâtiments passifs et des composants, appareils ou systèmes qui leur sont destinés, diffusion d'informations par plusieurs sites Internet, des brochures, guides techniques, outils logiciels, conférence annuelle (Internationale Passivhaustagung) avec 500 participants (architectes, bureaux d'étude, fabricants, chercheurs) organisée depuis 1996 et des journées techniques réunissant chaque année une centaine de bureaux d'études.
- L'association d'information sur les maisons passives IG Passivhaus [8] entretient un réseau d'informations sur les maisons passives, les acteurs techniques et économiques,
- Des laboratoires de recherche sont connus pour travailler sur le sujet :
 - le Fraunhofer Institut für Solare Energiesystem (Fribourg) [9] ;
 - l'Institut für Energie du Fachhochschule beider Basel (Département de l'Energie de l'Université de Bâle) [10] ;
 - Hochschule für Technik+Architecture Luzern (Laboratoire de Génie Climatique, Université de Lucerne) [11] ;
 - L'EMPA (Institut de recherche sur les Matériaux et la Technologie, Suisse) [12].
- Des bureaux d'architectes spécialisés,
- Des bureaux d'études spécialisés,
- Le Ministère de l'Economie de l'état fédéral finance des prêts et attribue des subventions pour la construction de maisons passives (voir partie 1),
- Les pouvoirs publics de plusieurs Länder (Baden-Württemberg, Bavière, Brandenburg, Hessen, Basse-Saxe, Nordrhein-Westfalen, Reinland-Pfalz, Schleswig-Holstein) soutiennent le développement des maisons passives par différents mécanismes d'aides financières (voir partie 1)
- Un certain nombre d'organismes bancaires gèrent des propositions de crédit subventionné par l'état fédéral : KfW-Förderbank, UmweltBank AG, GLS Gemeinschaftsbank... La banque KfW a un rôle proche de celui de l'ANAH (Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat) en France.
- L'IWU, l'Institut pour le Logement et l'Environnement est un institut de recherche de la région de Hesse et de la ville de Darmstadt. Ses objectifs sont de rechercher, dans le cadre de coopérations interdisciplinaires, des formes actuelles de conditions de logement et de vie. Un des but est d'améliorer les conditions de logement des plus démunis. De plus, l'IWU étudie les possibilités d'utilisation de l'énergie rationnelle. Il participe à la rédaction de petits guides d'information (financés par le Ministère de l'Economie de la région de Hesse) à destination du grand public sur divers sujets liés au logement : fenêtres, maisons passives, systèmes de ventilation... [13]

De façon plus spécifique aux systèmes de ventilation, les acteurs sont :

- les industriels (regroupés en associations et syndicat, voir ci-dessous). Contrairement à ce qui existe en France, les industriels de la ventilation des logements en Allemagne sont différents de ceux de la ventilation des bâtiments tertiaires et de l'industrie ; lors de son enquête en 2004-

2005, le TZWL (voir plus bas) a recensé 61 fabricants de systèmes de ventilation centralisés et 56 fabricants de systèmes de ventilation décentralisés, soit 94 constructeurs au total pour le marché de la ventilation des bâtiments [14].

- le DIBt en Allemagne pour la gestion de la certification et l'attribution de l'agrément ;
- les laboratoires pour les essais et l'aide au développement qu'ils ont pu apporter aux industriels :
 - le Fraunhofer Institut für Solare Energiesystem (Fribourg) [9],
 - le TZWL (Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte) [15] : laboratoire d'essais spécialisé dans les systèmes de ventilation pour l'habitat. Le TZWL édite tous les ans une liste des constructeurs de matériels de ventilation pour l'habitat, avec leurs caractéristiques, s'ils sont certifiés...
 - le laboratoire IKE ("Institut für Kernenergetik und Energiesysteme") de l'Université de Stuttgart [16],
 - ...
- diverses associations de constructeurs allemands qui ont une action très forte pour promouvoir les systèmes de ventilation pour l'habitat, et notamment les systèmes de ventilation double flux, avec l'édition régulière de lettres d'information, la parution de plaquettes techniques...
 - Le site internet "Frischluftechnik im Wohnungsbau" (Techniques de renouvellement d'air dans l'habitat) est un portail d'informations sur les systèmes de ventilation dans l'habitat, qui concerne l'ensemble des acteurs, des fabricants aux utilisateurs finaux et qui fonctionne en collaboration avec l'association VfW (voir ci-dessous). Les thèmes abordés sont vastes : technique, économique, santé, économie d'énergie [17].
 - L'association pour la ventilation des logements "Verband für Wohnungslüftung e.V." (VfW) [18], qui a pour objectif de disséminer les informations sur la ventilation mécanique pour l'habitat avec et sans récupération de chaleur, corriger les idées reçues, et soutenir les travaux réglementaires sur le sujet.
 - Le Kompetenzzentrum für Wohnungslüftung [19], lié aux deux structures précédentes, a pour objectif de communiquer sur les systèmes de ventilation. Il publie régulièrement une lettre d'information avec des informations techniques et générales.
 - Le Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. [20] est le syndicat des fabricants de matériels climatiques et aérauliques. Il gère des actions de communication sur notamment la ventilation. Le groupe de travail "ventilation contrôlée" du Fachinstitut Gebäude-Klima [21] gère un site internet d'information sur les systèmes de ventilation mécanique dans l'habitat.

Le Fachinstitut Gebäude-Klima a initié en 1994 avec le Ministère fédéral de l'Enseignement, de l'Economie, de la Recherche et des Technologies le projet FIA "Forschungs-Informationen-Austausch" (Recherche, Information, Echanges). L'objectif principal de ce projet est la création et le renseignement de la base de données LUFTIKUS, dans le domaine de la ventilation et du climat intérieur. Cette base de données contient des publications, les différents projets en cours en Allemagne, et les services qu'assurent les industriels et distributeurs.

On trouve également énormément d'associations ou d'instituts, souvent liés aux Ministères de l'Environnement des différentes régions d'Allemagne, qui travaillent et communiquent sur les systèmes de chauffage, ventilation et production d'eau chaude sanitaire, sur les économies d'énergie dans les logements, sur la qualité d'air intérieur...

Aucun acteur résistant à l'innovation n'a été identifié.

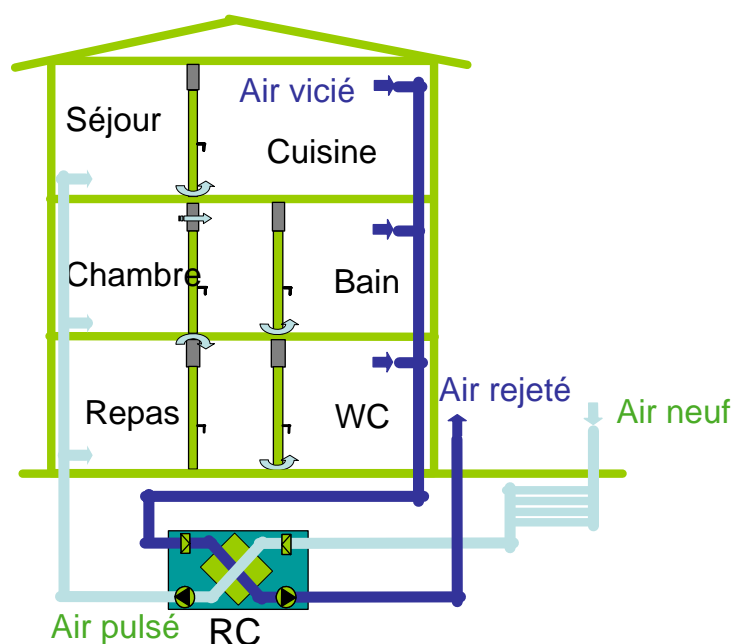
3.4.2 CONTENU DE L'INNOVATION

Dans cette partie sont présentées les caractéristiques techniques des différents systèmes faisant l'objet de cette étude : les centrales doubles flux haute efficacité et les systèmes doubles flux locaux. Ces produits sont présents sur le marché allemand, mais certaines sociétés exportent en Suisse, en Autriche et aux Pays-Bas notamment.

Les sites internet des sociétés citées sont donnés dans la liste des références, à la fin de ce rapport.

LES CENTRALES DOUBLE FLUX HAUTE EFFICACITE

Les centrales présentées dans cette partie sont celles pouvant équiper des maisons individuelles, ou de grosses maisons pouvant contenir plusieurs familles. Les débits les plus élevés sont donc de l'ordre de 500 m³/h. Seules celles présentant une efficacité de récupération de chaleur supérieure à 75% ont été retenues, mais il existe de très nombreux produits d'efficacité inférieure.



Système de Ventilation Double Flux avec récupération d'énergie
(Source - DIAE-Service cantonal de l'énergie- Christian Freudiger -Minergie-Genève)

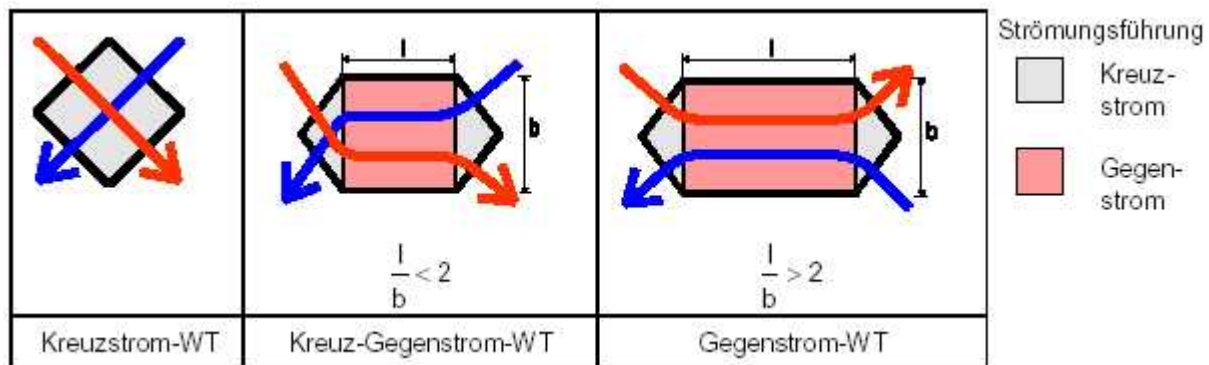
Les centrales comportent globalement les mêmes éléments.

L'échangeur

Il existe deux grandes familles d'échangeurs pour ce type de centrale : échangeur statique et échangeur rotatif.

- Les échangeurs statiques peuvent être à contre-courants, à courants croisés ou à contre-courants croisés. L'efficacité de ces échangeurs varie avec le type :

- courants croisés : 50 - 70%
- contre-courants croisés : 70 – 80%
- contre-courants : 85 – 99%



Trois types d'échangeurs statiques, de gauche à droite : courants croisés, contre-courants croisés, contre-courants

- Les échangeurs rotatifs, constitués de plaques d'aluminium ondulées enroulées autour de l'axe de rotation ont une efficacité de récupération de chaleur de l'ordre de 70-80%.

Les moteurs des ventilateurs

Les moteurs des ventilateurs sont à courant alternatif ou courant continu. Les moteurs à courant continu permettent une réduction des consommations électriques, ont une durée de vie plus élevée que les moteurs à courant alternatif classiques et peuvent être installés et entretenus plus facilement. Ils permettent de plus facilement faire varier le débit des centrales suivant les besoins. Ils sont de plus en plus utilisés dans les centrales de ventilation double flux.

Les classes de filtre

Les centrales comportent presque systématiquement un ou plusieurs rangs de filtration sur l'air neuf et l'air repris. Le filtre sur l'air repris sert à protéger l'échangeur d'un encrassement trop rapide, et est généralement de classe G3 ou G4. Certains produits ne comportent toutefois que du G1, ou signalent simplement une "grille".

Le filtre sur l'air neuf protège également des grosses poussières, avec du G3 ou G4, mais la plupart des produits comportent deux rangs de filtration, avec un deuxième filtre de classe F5 à F7. Un filtre plus efficace, comme F8 (pour la protection des pollens) est souvent proposé en option.

Quelques centrales comportent une mesure de pertes de charge des filtres, qui permet de signaler automatiquement le moment de changer les filtres lorsqu'ils sont trop encrassés.

Les conduits

Les conduits de ventilation sont la plupart du temps des conduits rigides en plastique et/ou en métal et non des conduits souples.

La régulation

La plupart des centrales ont 3 ou 4 allures de fonctionnement : réduit pour les périodes d'inoccupation des locaux, normal, élevé pour les périodes de suroccupation ou de besoin d'évacuation d'une pollution spécifique (cuisine par exemple), et parfois une allure pour l'été avec by-pass de l'échangeur (voir ci-après). Les moteurs à courant continu permettent une variation électronique de vitesse, pour s'adapter aux plages de fonctionnement, et au réseau installé.

La commande peut se faire par l'intermédiaire d'un interrupteur manœuvré par l'utilisateur, ou d'un tableau de commande à placer généralement dans le séjour. Un certain nombre de produits permettent

également de programmer différents types de fonctionnement avec une horloge.

Le dégivrage

La plupart des centrales comportent un dégivrage électrique pour éviter l'apparition de givre sur l'échangeur lorsque les conditions le rendent possible (air extrait humide échangeant avec de l'air neuf très froid). Il est la plupart du temps possible de coupler l'arrivée d'air neuf à des conduits enterrés (puits canadien), ce qui permet d'assurer une température minimum d'air en entrée de l'échangeur en hiver (et de se passer de ce fait d'un système de dégivrage) et de rafraîchir l'air neuf en été.

Beaucoup de produits peuvent également intégrer en option le passage de l'air soufflé sur des batteries électriques ou à eau chaude, après l'échangeur, pour assurer des températures plus élevées et contribuer au chauffage.

Le by-pass en été

En été, et parfois en demi-saison, il n'est pas toujours nécessaire de récupérer l'énergie de l'air extrait pour l'air soufflé, par exemple lorsqu'on souhaite profiter d'une faible température extérieure pour rafraîchir le local sans chauffer l'air neuf par l'air extrait. Certaines centrales sont donc équipées d'un by-pass pour éviter l'échangeur de chaleur (ce qui permet également de diminuer les pertes de charge et éventuellement d'augmenter les débits). Suivant les modèles, le by – pass peut être une cassette à installer dans la centrale par l'utilisateur à l'arrivée des beaux jours, ou être déjà intégré dans la centrale. Dans ce cas, il peut être actionné par un interrupteur, ou pour les modèles les plus perfectionnés, être actionné de façon automatique en fonction de la température extérieure.

Le prix

Il est globalement difficile de trouver les prix des produits. Quelques constructeurs donnent des prix sur leur site internet : ainsi PAUL vend ses centrales de 1770 à 4450 euros suivant les modèles ; MAICO les propose de 2480 à 6130 euros. Les gammes de prix sont larges.

Les centrales doubles flux haute efficacité avec un échangeur statique identifiés semblent plus nombreuses que les centrales double flux haute efficacité avec un échangeur rotatif. Certains produits sont vendus par des sociétés différentes, sous des noms différents. Le marché est en pleine évolution, avec des produits qui apparaissent et qui disparaissent, du fait du contexte réglementaire et énergétique. Ces produits figurent aussi de plus en plus au catalogue de fabricants de chaudière.

LES SYSTEMES DOUBLE FLUX LOCAUX OU DECENTRALISES

Les systèmes de ventilation mécanique locaux sont destinés à ventiler une seule pièce, par opposition aux systèmes de ventilation centralisée destinés à ventiler un ensemble de pièces.

Ces systèmes paraissent être destinés à des pièces de vie (chambres, salon, salle à manger), mais la façon dont les pièces techniques sont ventilées n'est alors pas très claire.

On peut aussi assurer un certain balayage du logement avec plusieurs appareils dont les débits sont individuellement déséquilibrés, mais pour lesquels la somme des débits extraits est égale à la somme des débits soufflés.

Ces systèmes de ventilation mécanique locaux sont à double flux avec récupération de chaleur, c'est-à-dire assurent à la fois le soufflage et l'extraction d'air, avec un échange de chaleur entre air extrait et air neuf permettant une récupération d'énergie.

On distingue les systèmes selon deux types :

- systèmes destinés à assurer la ventilation seule,
- systèmes de ventilation couplés à un appareil de chauffage (résistances électriques ou radiateur à eau chaude).

Système de ventilation seule

On peut noter le caractère très compact de ces appareils, bien illustré par les photographies montrant l'intérieur de l'appareil Meltem. A noter aussi le prix catalogue annoncé pour certains produits, de l'ordre de 700 à 900 euros. Les efficacités de récupération annoncées sont comprises entre 50 et 75%.

On peut se demander si tous les appareils présentés sont réellement industrialisés et fabriqués. Dans certains cas, les éléments disponibles conduisent à penser qu'il peut s'agir d'appareils encore virtuels ou de démonstration.

Enfin, on remarquera que le soufflage et l'extraction d'air sont toujours extrêmement proches l'un de l'autre ; on peut vraiment s'interroger sur la capacité de ces appareils à ventiler correctement l'ensemble de la pièce qu'ils équipent : des courts-circuits sont à craindre, que ce soit du côté intérieur, avec une partie de l'air extérieur qui est susceptible d'être extrait directement sans rentrer vraiment dans la pièce, ou du côté extérieur, avec l'air extrait qui peut être repris comme air extérieur.

Système de ventilation et de chauffage

Le chauffage est assuré par la présence de résistances électriques ou le couplage avec un radiateur à eau chaude. Ce dernier peut être intégré complètement à l'appareil ou être rapporté devant le système de ventilation. Tous les appareils sont munis de deux ventilateurs, l'un pour l'air neuf et l'autre pour l'air extrait. On notera le prix catalogue annoncé par exemple pour les appareils Olsberg, de l'ordre de 800 à 1100 euros.

Comme au paragraphe précédent, on peut se demander si tous les appareils présentés sont réellement industrialisés et fabriqués. Dans certains cas (Paul), les éléments disponibles conduisent à penser qu'il peut s'agir d'appareils encore virtuels ou de démonstration.

CERTIFICATION

DIBt

En Allemagne, la certification des produits de construction est régie par des lois promulguées par chacune des régions ("Länder") et qui reprennent le contenu d'un texte de référence établi au niveau fédéral ("Musterbauordnung" = modèle de règlement sur la construction). L'article 17 de ce modèle de règlement (et les articles correspondants dans les lois de chacun des Länder) exige que les produits de construction portent la marque Ü, prouvant qu'ils sont agréés. Cet agrément repose sur leur examen technique et sur un référentiel établi par le DIBt ("Deutsches Institut für Bautechnik"), assisté par un comité d'experts. Cette procédure s'apparente ainsi à la procédure des avis techniques français.

Les référentiels techniques utilisés pour l'agrément des appareils de ventilation mécanique avec ou sans récupération de chaleur et centralisés [22] ou décentralisés [23] évaluent leurs performances énergétiques en fonction de la réglementation thermique allemande (EnEV). Ces référentiels sont basés sur les résultats d'un projet de recherche mené en 1996 par l'Université de Dortmund, modifié en

2003 par le DIBt et le comité d'experts pour tenir compte de la nouvelle réglementation thermique allemande EnEV.

En plus de ces essais destinés à l'agrément technique des appareils de ventilation, un laboratoire comme le laboratoire IKE de l'Université de Stuttgart propose d'autres essais au choix de ses clients :

- - Essais acoustiques selon EN ISO 3744,
- - Essais de performances selon EN 13141-7 et 13141-8,
- - Essais d'efficacité de récupération de chaleur selon EN 308,
- - Essais de l'éventuelle PAC selon l'EN 255,
- - Visualisations par thermographie infrarouge pour l'examen de l'isolation thermique de l'enveloppe de l'appareil,
- - Essais de diffusion d'air dans un local,
- - Essais en vue de la certification par le Passivhaus Institut.

Passivhaus geeignete Komponente

Le Passivhaus Institut a créé son propre système de certification "Passivhaus geeignete Komponente". Cette certification s'applique aux produits tels que les fenêtres, les isolants, les portes, les vitrages et les centrales de ventilation double flux.

Pour les centrales double flux, les exigences portent entre autre sur :

- - La récupération de chaleur pour des débits équilibrés, pour une température extérieure comprise entre -15 et $+10^{\circ}\text{C}$ et un air extrait de 21°C , doit être supérieure à 75% ;
- - La puissance spécifique des ventilateurs doit être inférieure à $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ pour le débit d'air nominal,
- - Les débits de fuites internes et externes ne doivent pas dépasser 3% du débit de la centrale.

D'autres paramètres considérés sont niveau de bruit, l'aspect hygiénique de l'appareil et le fonctionnement du dégivrage.

Le Passivhaus Institut a défini dans un document les conditions des points d'essais (qui semblent proches, voire les mêmes que ceux de l'agrément).

Plusieurs produits sont actuellement certifiés.

HORIZON TEMPOREL

Les produits de ventilation double flux présents notamment sur le marché allemand paraissent aboutis et fiables, et une grande partie d'entre eux sont certifiés par le DIBt. Néanmoins, même si le marché a connu un essor considérable, l'utilisation des systèmes de ventilation double flux dans les logements allemands notamment est encore très récente, et on connaît actuellement peu de retour de leur fonctionnement sur site. De plus, le nombre d'industriels fabricants présents sur le marché est encore très variable d'une année à l'autre, nombre d'entre eux disparaissant rapidement alors que d'autres apparaissent, ce qui montre que ces systèmes ne sont pas encore matures. En outre, les niveaux de prix atteints sont pour certain complètement rédhibitoires.

Les centrales double flux haute efficacité et les systèmes double flux locaux peuvent donc être considérés comme des innovations émergentes.

CHAMP D'APPLICATION

Centrales double flux haute efficacité

Les centrales double flux haute efficacité sont destinées aux bâtiments dont l'étanchéité à l'air est particulièrement bonne, afin que leur intérêt énergétique ne soit pas dégradé par un renouvellement d'air parasite. Les maisons passives et à faible consommation d'énergie, qui respectent des exigences sur l'étanchéité du bâtiment sont donc directement concernées.

Pour les bâtiments classiques, cet aspect limite l'utilisation des centrales double flux aux bâtiments neufs, sauf si une rénovation lourde sur un bâtiment existant permet d'atteindre un très bon niveau d'étanchéité à l'air. De plus, la place nécessaire au passage des conduits et à l'installation de la centrale est une contrainte forte. A noter également que la consommation énergétique des bâtiments neufs est soumise à des contraintes réglementaires, mais ce n'est pas encore le cas des bâtiments existants: le marché est donc moins important, et par conséquent l'offre moins grande.

Plusieurs type de bâtiments peuvent être concernés : la maison individuelle bien sûr, mais également les logements collectifs (système par appartement), les commerces, les petits bâtiments de bureaux (au-delà de certains niveaux de débit, les systèmes ne sont pas les mêmes).

Double flux locaux

Les double flux locaux sont destinés en priorité aux bâtiments en rénovation, du fait de leur souplesse d'installation, et de leurs plus faibles performances. Certains appareils très complexes sont destinés à la construction neuve. Ils peuvent être installés dans tout type de bâtiment, même si leur marché concerne plutôt le logement, maisons individuelles et logements collectifs.

IMPACTS

Consommation d'énergie

Les centrales double flux ont une puissance très variable suivant les débits qu'elles peuvent assurer, la technologie de moteur et le type d'échangeur. Les puissances sont globalement comprises dans une fourchette allant de 40 à 200W, soit 400 à 1700 kWh de consommation d'électricité par an en fonctionnement permanent.

Pour les systèmes double flux décentralisés avec récupération de chaleur, leur consommation est comprise entre 4 et 40W. Il est difficile de calculer une consommation à l'année parce que ces produits ne sont généralement pas destinés à fonctionner en permanence. Il ne faut pas oublier que plusieurs systèmes sont nécessaires pour assurer correctement la ventilation d'un logement.

Contenu environnemental

Il n'existe à notre connaissance pas d'éléments publiés sur le contenu environnemental des systèmes double flux.

Le CETIAT a mis au point en 2005 un outil simplifié d'analyse du cycle de vie des équipements de chauffage, ventilation et conditionnement d'air [25]. Cet outil a été appliqué sur un caisson de VMC simple flux, et les résultats ont montré que la partie utilisation du système (consommation électrique du moteur) représentait environ 80% des impacts environnementaux.

Les caissons de ventilation double flux comportent beaucoup plus de matière que les caissons simple flux du marché français, mais ont une consommation électrique (deux moteurs, plus de pertes de charge dues à l'échangeur, aux filtres...) nettement supérieure. On peut estimer que les impacts environnementaux d'un système double flux sont donc également dus à plus de 80% à cette consommation électrique. Cette estimation concerne le caisson double flux seul et ne prend pas en

compte les économies réalisées sur les besoins de chauffage du fait de la récupération de chaleur.

Conception du bâtiment (neuf) et son usage

Pour les centrales double flux, le bâtiment doit permettre le passage des conduits de soufflage et d'extraction. Il doit de plus être suffisamment étanche pour que le renouvellement d'air parasite ne perturbe pas le fonctionnement de la centrale et ne pénalise pas son intérêt énergétique (les bâtiments ventilés par un système double flux ont une pression à l'intérieur du bâtiment proche de celle de l'extérieur, et sont donc plus sensibles aux effets de vent : le débit d'air traversant peut donc être élevé).

La perméabilité à l'air des maisons passives doit être inférieure à 0,6 vol/h sous 50 Pa (cela correspond environ à 0,2 m³/h/m² sous 4 Pa, pour un rapport volume/surface = 2). De façon moins extrême, il est recommandé d'avoir une perméabilité inférieure à 1,5 vol/h sous 50 Pa (environ 0,5 m³/h/m² sous 4 Pa) pour installer une centrale double flux.

Le dimensionnement du réseau doit être correctement fait pour que la centrale assure les débits visés, sans trop de pertes de charge.

L'avantage des systèmes double flux locaux est la souplesse d'utilisation, puisque seul un emplacement sur un mur extérieur est à prévoir. Certains appareils sont néanmoins très volumineux.

3.4.3 MISE EN ŒUVRE

FIABILITE DE LA MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Les centrales double flux sont des composants génériques, adaptés au chantier. Seules les différentes parties du réseau doivent être installées de façon spécifique à chaque bâtiment.

Pour tous les systèmes concernés par cette étude, il n'existe a priori pas de difficultés particulières d'implémentation et d'intégration dans les bâtiments. Aucune compétence particulière, autre que celles que doit normalement avoir un installateur en ventilation, n'est a priori nécessaire pour l'installation des centrales double flux et de systèmes décentralisés.

L'installateur doit néanmoins bien connaître le produit qu'il installe, et la mise en oeuvre, comme pour tout système de haute technologie, doit être naturellement soignée pour permettre le maximum d'économie d'énergie et le bon fonctionnement du système : les réseaux doivent être étanches, les bouches de soufflage et d'extraction correctement raccordées...

L'enquête réalisée en 2003 par le TZWL auprès des fabricants et distributeurs de systèmes de ventilation [14] montre qu'au moins 18 sociétés proposent des formations pour les installateurs. Dans le cadre de l'association MINERGIE, des formations axées sur la ventilation (conception, installation, exploitation) ont lieu régulièrement en Suisse.

A noter que les installateurs en Allemagne notamment sont réputés pour être mieux formés et plus qualifiés que leurs homologues français.

SPECIFICITE DE MISE EN ŒUVRE

Compte tenu des remarques faites dans le paragraphe précédent, l'installation d'une centrale double flux ou d'un système local dans un bâtiment neuf ou en rénovation lourde peut être considérée comme de difficulté normale.

Une publication lors du congrès des maisons passives de 2005 [26] attire néanmoins l'attention sur des difficultés d'installation de systèmes de ventilation dans des bâtiments passifs rencontrés dans la région Nordrhein-Westfalen, par manque de connaissance des produits de la part des installateurs : ces difficultés ont été aisément levées avec l'aide des fabricants, montrant ainsi la nécessité de formation.

MODALITES DE GESTION, D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Pour les centrales double flux, l'entretien et la maintenance se traduisent principalement par :

- Maintenir libres de neige et de feuilles mortes la prise d'air neuf et le rejet d'air à l'extérieur ;
- Contrôler et nettoyer l'échangeur de chaleur double flux au moins une fois par an, à l'eau chaude et avec un détergent courant ;
- Changer les filtres lorsque l'indicateur de colmatage (quand il y en a un) le signale, ou à intervalles réguliers variables suivant la classification du filtre (une fois par an pour un filtre G4, quelques mois pour un filtre très performant).

Ces différentes actions peuvent être réalisées par l'utilisateur.

Il n'a pas été trouvé d'informations sur l'existence de contrats de maintenance, et leur coût éventuel, ni sur le service après-vente et son fonctionnement.

Sur le site de l'association pour la ventilation des logements [18], on peut voir pour chaque industriel l'étendue de l'offre qu'il propose :

- 32 sociétés sur 36 aident au dimensionnement (choix du produit suivant les caractéristiques du logement) ;
- 6 sociétés assurent le montage de leur produit ;
- 30 sociétés aident à la mise en service de leur produit ;
- 28 assurent un service après-vente.

Ces informations ne précisent pas les modalités (conditions, coûts...) de ces services. A titre d'exemple, la société PAUL-LÜFTUNG facture 290 euros l'aide au choix du système adapté au logement.

INCITATIONS REGLEMENTAIRE, FISCALE, MODALITES DE FINANCEMENT

Les éléments donnés dans cette partie sur les réglementations thermiques des différents pays proviennent en grande partie des rapports publiés dans le cadre du projet ENPER-TEBUC [28, 29,30,31], ainsi que d'informations complémentaires obtenues par le CETIAT.

Allemagne

Réglementation

La première incitation réglementaire en Allemagne est la réglementation thermique EnEV [32].

La réglementation thermique allemande EnEV "Energieeinsparverordnung" remplace depuis le 1er février 2002 deux réglementations : Wärmeschutz-Verordnung (WSchV 95) et Heizungsanlagen-Verordnung. Elle a été complétée en 2004, et sera modifiée fin 2006 pour s'adapter aux directives européennes (en prenant notamment en compte l'éclairage dans les calculs).

EnEV fixe une exigence sur la consommation d'énergie primaire du bâtiment et sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe. Cette consommation en kWh/m²/an doit être inférieure à une valeur limite, qui dépend du rapport entre la somme des surfaces des parois déperditives et le volume du bâtiment. La réglementation allemande exige également un renouvellement d'air minimum, sans donner de valeurs.

Ces exigences font qu'il est quasiment nécessaire de mettre en place un système de ventilation mécanique (la majorité des logements en Allemagne en est aujourd'hui dépourvue) conduisant à des consommations d'énergie directe (consommations électriques des ventilateurs) et liée au renouvellement d'air les plus faibles possibles. C'est ce contexte qui favorise le développement du marché pour les systèmes de ventilation double flux à récupération de chaleur.

La valeur de l'efficacité de récupération de chaleur prise en compte dans le calcul provient du constructeur.

Financement

De nombreuses modalités de financement existent en Allemagne pour la construction de maisons passives :

- La banque KfW [33] gère un programme d'aide au financement appelé "Construire écologique" (Ökologisch Bauen) depuis début 2005. La construction d'une maison passive ou à faible consommation d'énergie, ou l'installation d'équipements énergétiques performants (dont les pompes à chaleur et systèmes de ventilation avec récupération de chaleur) donnent droit à des emprunts avec des conditions favorables de remboursement. La somme prêtée est de maximum 50 000 euros, à rembourser sur 10 ans maximum ; le remboursement peut commencer à la troisième année seulement. Les taux d'intérêts sont fixés en dessous du marché, et il est possible de faire des remboursements non prévus à n'importe quel moment sans frais. Cette offre peut être combinée à d'autres aides publiques ou d'autres programmes de la banque KfW. Après construction de la maison, la banque vérifie que les fonds ont bien été employés comme prévu.

D'autres programmes existent, sur la rénovation des logements, les systèmes de génération d'énergie dans les logements...

- De plus, depuis février 2006, les taux d'intérêts pour un emprunt d'au maximum 50000 euros par logement et par 10 ans sont de :
 - Sur 10 ans : 0,90 % effectifs
 - Sur 20 ans : 1,00 % effectifs
 - Sur 30 ans : 1,31 % effectifs

Ces très faibles taux sont financés par l'état fédéral.

- Les pouvoirs publics de plusieurs Länder (Baden-Württemberg, Bavière, Brandenburg, Hessen, Basse-Saxe, Nordrhein-Westfalen, Reinland-Pfalz, Schleswig-Holstein...) ou villes allemandes soutiennent le développement des maisons passives par différents mécanismes d'aides financières.

Suisse

Réglementation

Les textes de la réglementation thermique suisse varient selon les cantons.

La consommation d'énergie finale du bâtiment ne doit pas dépasser une valeur limite calculée à partir de la surface du bâtiment, sa forme, de la zone climatique, de la température intérieure, de l'occupation et des gains internes.

Les débits de renouvellement d'air à respecter sont décrits dans cette réglementation thermique. Les déperditions liées à ce renouvellement d'air sont calculées suivant l'EN 832 [34]. L'efficacité de récupération de chaleur pour les systèmes de ventilation double flux est prise en compte dans les calculs.

Financement

Les cantons attribuent des subventions aux bâtiments respectant le standard MINERGIE.

Quelques entreprises d'approvisionnement en électricité promeuvent également l'installation et l'exploitation de pompes à chaleur.

Pour les bâtiments MINERGIE et les rénovations MINERGIE, certaines banques accordent des emprunts à des conditions préférentielles. Les offres classiques ont pour noms "Eco-Crédit" ou "Hypothèques MINERGIE".

Pays-Bas

Réglementation

La réglementation thermique néerlandaise date de 1996 et impose le calcul de l'EPC, Energy Performance Coefficient, qui corrige la consommation d'énergie du bâtiment par le volume et la somme des surfaces déperditives de ce bâtiment. Cet EPC doit être inférieur à une valeur de référence valable pour tous les bâtiments.

Elle prend en compte de façon relativement détaillée le poste ventilation dans les calculs de performance énergétique des bâtiments. Ces calculs sont dans une large mesure basés sur des facteurs de corrélation qui ont été déduits de mesures et de calculs avec un modèle détaillé. L'étanchéité des conduits n'est pas prise en compte dans les calculs. Pour l'efficacité de récupération de chaleur, la valeur à utiliser dans les calculs est une valeur par défaut ou une valeur résultant d'un essai selon une norme nationale. La puissance des ventilateurs est une valeur par défaut, discriminant les moteurs à courant alternatif et à courant continu en favorisant ces derniers.

La valeur de l'EPC max est régulièrement renforcée, elle est ainsi passée de 1,6 en 1996 à 0,8 tout récemment en 2006. Les systèmes de ventilation double flux haute efficacité connaissent un fort développement depuis la mise en place de cette réglementation thermique (voir §5.4.2).

Financement

Aucun organisme aux Pays-Bas ne propose d'aides financières pour l'installation d'un système de ventilation double flux.

Belgique

Réglementation

Il existe deux réglementations thermiques différentes pour la Flandre et la Wallonie en Belgique.

En ce qui concerne la réglementation thermique de la région Flandre, la récupération de chaleur est prise en compte ; l'efficacité de récupération doit être caractérisée suivant la norme EN 308, mais est pénalisée de 15% si les débits soufflés et extraits mis en œuvre ne sont pas équilibrés. La puissance totale réelle des ventilateurs est prise en compte dans le calcul de performance énergétique. Pour la perméabilité du bâtiment, des valeurs par défaut sont utilisées.

Un des rapports du projet européen ENPER-TEBUC montre que l'essor des systèmes double flux en Belgique suite à la réglementation thermique n'a pas été aussi fort qu'aux Pays-Bas. Le prix est encore trop dissuasif

Les trois régions (région flamande, région wallonne, et région de Bruxelles-Capitale) de la Belgique disposaient lors de la publication de la directive performance énergétique des bâtiments en 2003 chacune de leur réglementation thermique, couvrant des domaines différents. La ventilation n'était pas

prise en compte dans tous ces textes.

Une certaine mise à niveau a donc dû être prévue, déjà en place en région flamande mais en cours dans les autres régions ; les trois régions disposeront toujours d'une réglementation différente. Des outils communs vont tout de même être mis en place.

Financement

De la même façon que pour les textes réglementaires, les aides de financement sont différentes suivant les régions belges. La région wallonne propose actuellement et jusqu'à fin 2007 une prime de 75% du montant de l'investissement (TVA comprise) avec un maximum de 1500 euros pour l'installation d'un système de ventilation avec récupérateur de chaleur haute efficacité [35].

Les critères sont :

- le niveau d'isolation thermique globale de l'habitation, qui doit être inférieur à une valeur limite (il s'agit de maisons mieux isolées que ce qui est strictement requis par la réglementation) ;
- le chauffage du logement ne doit pas être électrique ;
- le logement ne doit pas être équipée d'un système d'air conditionné électrique ;
- le système de ventilation doit être un système de ventilation mécanique contrôlée double flux avec récupération de chaleur au moyen d'un échangeur de chaleur à contre-courant ;
- l'échangeur thermique doit avoir un rendement minimum de 85% suivant la norme EN 308 ;
- l'installateur doit mesurer, in situ, les débits en sortie et en entrée des différentes bouches de soufflage et d'extraction afin d'assurer le réglage adéquat de l'installation ;
- l'installation doit être réalisée par un entrepreneur enregistré auprès du Service public fédéral des Finances belge.

La Région flamande et la Région de Bruxelles-Capitale ne proposent pas de prime pour la ventilation. L'état fédéral n'a pas non plus pris en compte la ventilation dans les réductions d'impôts accordées dans le cadre des économies d'énergie.

3.4.4 EVALUATION DES RESULTATS DANS LE PAYS CONCERNE

On a pu voir dans ce rapport que les systèmes de ventilation double flux, qu'ils soient centralisés ou décentralisés, ne sont pas réservés aux maisons passives. On trouvera néanmoins dans cette partie presque exclusivement des résultats obtenus sur cette catégorie de bâtiment, du fait du grand nombre de publications existantes (en particulier provenant du congrès annuel des maisons passives).

Dans le cadre d'un projet du programme "Haus der Zukunft" (la Maison du Futur), financé par le Ministère fédéral autrichien de la Recherche, de l'Innovation et des Technologies, une évaluation technique des systèmes de ventilation a été réalisée sur site, dans 92 maison autrichiennes. Le projet a été terminé en 2004 [36].

Les systèmes de ventilation étaient tous des systèmes double flux, installés dans des maisons passives ou à faible consommation d'énergie. L'objectif de l'étude était d'identifier les bonnes et mauvaises pratiques, et d'établir une liste de critères à respecter pour avoir un fonctionnement correct du système. L'évaluation a été menée sous la forme de questionnaires, d'examen et de mesures sur site.

Les problèmes les plus fréquents, liés à la conception globale du système ont été :

- L'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été vérifiée ou son importance a été sous-évaluée ;
- Les problèmes de bruit du système dus à un mauvais dimensionnement du réseau, des pertes de charge de filtres trop élevées, des conduits de trop petits diamètres ou à l'absence de silencieux. En réponse à ces problèmes de bruit, les utilisateurs ont tendance à diminuer les débits, au détriment de la qualité du renouvellement d'air ;
- La mauvaise circulation de l'air dans le logement ;
- Problèmes de régulation des débits d'air ;
- Débits d'air insuffisants dans les chambres, la cuisine et la salle de bain ;
- L'influence de la ventilation sur la combustion ;
- Les rejets de fumée ou de hotte de ventilation influencent le système de ventilation ;
- Les bouches de soufflage et d'extraction sont mal dimensionnées ou mal placées.

Les erreurs liées à un élément du système les plus fréquentes sont :

- Bouches d'extraction avec trop de pertes de charge,
- Pas de rejet des condensats,
- Pas d'isolation des conduits "chauds" (air repris et air soufflé) dans les zones non chauffées (caves, combles),
- Qualité de filtration insuffisante et mauvaise maintenance des filtres,
- Les centrales non autoréglables ne sont pas équilibrées (c'est parfois aussi le cas des centrales autoréglable),
- Absence de témoin pour indiquer le changement des filtres,
- Absence ou insuffisance de silencieux acoustiques,
- Diamètres des conduits insuffisants (ce qui engendre des vitesses d'air élevées),
- Conduits non appropriés (conduits souples au lieu de conduits rigides).

Les résultats de l'enquête auprès des utilisateurs sont dans le §5.3.

LES PERFORMANCES

Energie

L'évaluation sur site des systèmes double flux n'est pas facile puisque les déperditions par renouvellement d'air ne sont pas différenciables des déperditions par les parois. De plus, une comparaison stricte nécessiterait deux bâtiments identiques (mêmes caractéristiques de parois, même climat extérieur) avec pour seule différence le système de ventilation. Aucune publication traitant directement du système de ventilation n'a pu donc être trouvée.

Au niveau des performances des produits, les fabricants annoncent traditionnellement l'efficacité de récupération de chaleur de l'échangeur seul, parce que c'est la valeur la plus élevée et donc la plus intéressante commercialement.

La méthode de test utilisée pour la certification allemande détermine l'efficacité de la centrale, c'est-à-dire en prenant en compte les fuites internes et externes, les déperditions de l'enveloppe, et la récupération ou non des pertes liées aux ventilateurs suivant leur position. Cela permet de définir une efficacité globale du produit.

Mais en fonctionnement sur site, l'efficacité du système dans son ensemble va dépendre de plusieurs autres aspects :

- Des pertes par les réseaux : elles vont être fonction du type de conduits, de leur nombre et de leur longueur, ainsi que de leur étanchéité.
- Du temps de fonctionnement en mode dégivrage nécessaire, et du système de dégivrage : un dégivrage électrique fréquent va entraîner une augmentation de la consommation électrique du système ; un dégivrage assuré par un puits canadien n'entraînera pas de consommation électrique supplémentaire, mais le système devra fournir une pression supérieure.
- De l'étanchéité à l'air du bâtiment (voir à ce sujet le §3.5.3) : si le bâtiment est perméable et que le débit de traversant est important par rapport au débit de ventilation assuré par le système, les économies d'énergie en valeur absolue seront bien celles prévues, mais elles ne représenteront qu'une faible partie des déperditions par renouvellement d'air totales.
- De la qualité de l'installation et de la programmation du système.

Stabilité, Sismique, Feu

Il n'a pas été trouvé d'éléments sur la caractérisation des systèmes double flux dans ces domaines.

Confort thermique et acoustique

Quelques publications font état de ressenti d'un air trop sec dans une maison ventilée avec un système double flux.

L'enquête dans le cadre du programme "Haus der Zukunft" [36] montre que les utilisateurs ne sont pas gênés par les problèmes acoustiques. Néanmoins, les mesures sur site ont montré que les débits étaient souvent insuffisants, parce que les utilisateurs faisaient fonctionner leur système en dessous du régime nécessaire, diminuant par là le niveau de bruit engendré.

Sanitaire

Quelques règles de bonne pratique

Du point de vue sanitaire, l'installation d'un système de ventilation double flux doit respecter certaines exigences :

- prise d'air extérieur protégée des éléments extérieurs, et éloignée de tout rejet d'air vicié,
- air neuf filtré (au minimum filtre G4 pour protéger l'échangeur),
- le filtre doit être installé de façon étanche mais être facilement démontable pour entretien,
- si le système est précédé d'un puits canadien, les règles de base sont :
 - conduits en PE (polyéthylène) ou PP (polypropylène),
 - pente du conduit de l'ordre de 2% pour évacuer les condensats,
 - présence d'un système spécifique d'évacuation des condensats,
- les conduits aérauliques dans le logement doivent être accessibles pour le nettoyage,
- l'évacuation des condensats doit être prévue sur l'échangeur,
- ...

La qualité d'air intérieur (QAI) dans les maisons passives

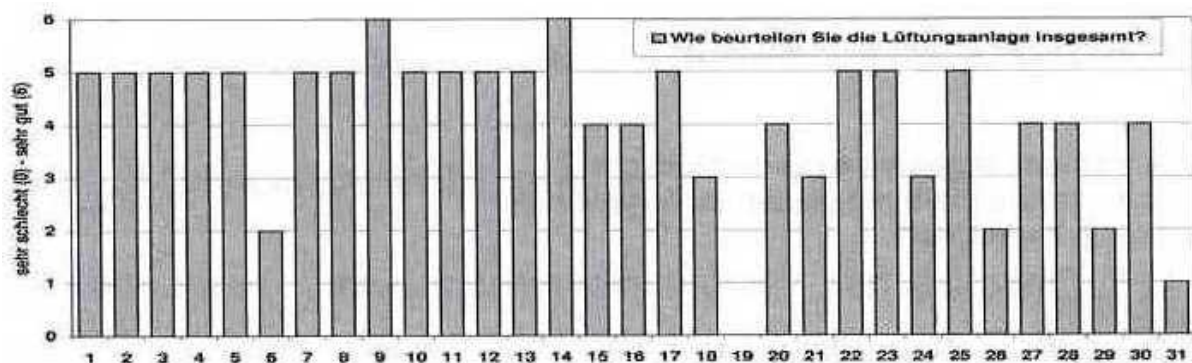
Plusieurs publications du congrès des maisons passives de 2003 donnent les résultats d'enquêtes effectuées auprès d'occupants de maisons passives, notamment sur leur perception de la QAI. On ne connaît malheureusement pas en détail le type de systèmes de ventilation installés : il est seulement

établi que ce sont des systèmes avec récupération de chaleur.

Dans le cadre de la publication [37], qui porte sur les motivations des personnes à habiter dans une maison passive, 26 occupants de maisons passives ont répondu à un certain nombre de questions, dont l'une sur leur perception de la QAI. La QAI est perçue comme bonne par 50% d'entre eux et très bonne par 46% ; 5% la trouvent moyenne.

La publication [38] porte sur les réponses de 73 occupants : la QAI est notée à la valeur 5 dans les chambres et à 5,5 dans le salon sur une échelle allant de 1 (très mauvais) à 6 (très bon).

La référence [39] a demandé aux occupants de 31 maisons passives HLM de juger leur système de ventilation mécanique, sur une échelle allant de 0 (très mauvais) à 6 (très bon). Les systèmes sont globalement bien jugés ; on a malgré tout 8 notes (sur 31) inférieures ou égales à 3.



Comment jugez-vous votre système de ventilation ? très mauvais : 0 – très bien : 6 [39]

Il ne faut pas perdre de vue que le ressenti des occupants est subjectif, et peut parfois être loin de la réalité. Les campagnes de mesure de qualité d'air dans les maisons passives équipées de systèmes de ventilation double flux que l'on peut trouver dans la littérature ont souvent le défaut d'avoir été menées immédiatement après la construction des bâtiments, alors que les matériaux de construction relarguent encore des polluants. Les niveaux de polluants alors trouvés dans les maisons n'étaient pas inférieurs à ceux de maisons classiques.

Risques de dégradation des performances après mise en œuvre

Le risque de dégradation des performances thermiques des systèmes double flux est essentiellement lié aux phénomènes d'encrassement des composants :

- échangeur de chaleur : l'efficacité de l'échangeur va être dégradée si les échanges de chaleur se font moins bien ;
- bouches d'extraction et de soufflage, filtres, réseau : l'encrassement de ces composants va entraîner une augmentation des pertes de charge que les ventilateurs ont à combattre, modifiant ainsi leurs points de fonctionnement et pouvant diminuer les débits traités.

De plus, un mauvais entretien des filtres et du puits canadien quand il y en a un peut entraîner de graves problèmes de qualité d'air.

LES COUTS REELS

Coût Initial – Investissement

Les prix des centrales double flux sont compris dans une large fourchette, allant globalement de 1500 à 7000 euros pour les systèmes les plus perfectionnés. Certaines publications des congrès des maisons passives [26] donnent des ordres de grandeur pour des logements : une moyenne de 6700 euros par

logement a été obtenue sur 20 logements en Nordrhein-Westfalen pour un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur supérieure à 80% (installation comprise a priori).

Les prix des double flux locaux, avec ou sans système de chauffage, sont naturellement plus bas, compris dans une fourchette allant de 700 à 1100 euros. A noter que plusieurs systèmes sont théoriquement nécessaires pour assurer le renouvellement d'air d'un logement.

Ces prix ont été obtenus sur internet ; on peut supposer que des remises commerciales peuvent permettre de les diminuer.

A titre de comparaison, la société AEREX vend un système de ventilation par extraction (équivalent à un kit VMC simple flux français, avec conduits, bouches et entrées d'air) 2300 euros pour le produit seul, et 3600 euros étude et installation comprises. Ces chiffres sont beaucoup plus élevés que ceux que l'on peut trouver sur le marché français. En effet, les ordres de grandeurs de prix des kits VMC pour maison individuelle en France sont de quelques centaines d'euros.

Coût Opérationnel - Exploitation – Maintenance

Les coûts opérationnels sont :

- Les coûts liés à la consommation de l'électricité.
- Les coûts liés au changement de filtres.

Le vécu des utilisateurs

Une partie de l'enquête en Autriche auprès des occupants [36] avait pour objectif de connaître leur ressenti par rapport à leur système de ventilation. Les réponses aux questions techniques sont donc subjectives (110 personnes ont été interrogées) :

- 86% des personnes interrogées ont affirmé qu'il n'a pas été difficile d'intégrer le système de ventilation à la conception de la maison, même pour des maisons pour plusieurs familles.
- Les occupants ont l'impression à 96% que les débits de ventilation sont suffisants (rappelons que les mesures sur site associées à ce questionnaire ont montré que les débits étaient la plupart du temps insuffisants).
- 68% des occupants affirment avoir suivi une formation pour l'utilisation de leur système, cette formation se résumant la plupart du temps à une démonstration du changement de filtre par l'entreprise qui a réalisé l'installation.
- 21% des occupants ont déjà fait venir un expert technique (changement de ventilateur, problème de régulation...)
- 39% des occupants considèrent que l'humidité de l'air est trop faible.
- Seulement 7% des utilisateurs considèrent que leur système est trop bruyant. Ce résultat est un peu contradictoire avec les mesures effectuées sur site.
- 82% affirment que l'installation a été correctement faite dès le début.
- 4% seulement des occupants ont remarqué des moisissures dans leur logement depuis l'installation du système de ventilation.

Les occupants se déclarent à 87% satisfaits de leur installation de ventilation.

VITESSE DE DIFFUSION DANS LE PAYS

MARCHE – ALLEMAGNE

La veille menée par le CETIAT ces dernières années montre que les fabricants et les produits du marché évoluent beaucoup d'une année à l'autre : des industriels disparaissent, et sont remplacés par d'autres régulièrement. Le laboratoire TZWL réalise chaque année une étude du marché des systèmes de ventilation [14,40] ; il envoie pour cela un questionnaire auprès des fabricants et des distributeurs des systèmes de ventilation allemands, les réponses sont collectées par un notaire et confidentielles. Le laboratoire TZWL évalue à 90% la part du marché qu'il couvre avec cette étude. Le Tableau ci-dessous donne les chiffres des produits vendus pour chaque catégorie sur trois années différentes, 1999, 2002 et 2003. Des chiffres plus récents ne sont malheureusement pas disponibles.

ANNÉES		1999	2002	2003
Ventilation décentralisée	Sans récupération	77655	104922	149431
	Avec récupération	4889	9701	10232
	Avec récupération et couplage avec émetteur de chaleur		1546	312
Total des systèmes décentralisés		82544	116169	159975
Ventilation centralisée	Sans récupération	50397	22649	6535
	Avec récupération par échangeur	10119	13900	17153
	Avec récupération par échangeur et/ou pompe à chaleur air/air	158	1018	2501
	Avec récupération par échangeur et/ou pompe à chaleur air/eau	1536	3286	3592
Total des systèmes centralisés		62210	40853	29781
Total des systèmes de ventilation		144754	157022	189756
Total des systèmes de ventilation avec récupération de chaleur		16702	29451	33790

Marché allemand des systèmes de ventilation en 2003 (source [14])

Systèmes décentralisés, ou locaux :

- Les ventes de systèmes avec chauffage sont en net recul ;
- Les systèmes sans récupération de chaleur (qui incluent les extracteurs simple flux et les double flux) sont en forte hausse.

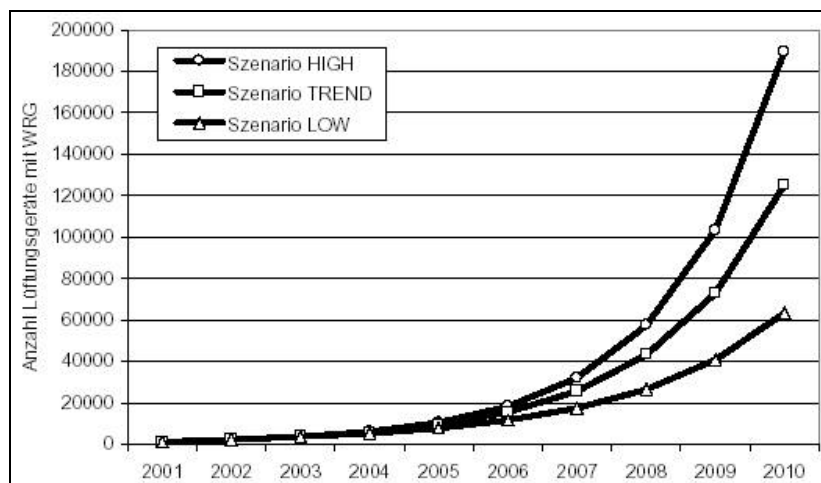
Systèmes centralisés :

- La vente des systèmes centralisés est globalement en hausse de 50%.
- Il y a eu une forte baisse des ventes des systèmes de ventilation sans récupération de chaleur (systèmes simple flux).

D'après le TZWL, 42842 systèmes ont été exportés en 2003 dont :

- 37043 sans récupération de chaleur,
- 4009 avec récupération de chaleur,
- 2000 pompes à chaleur.

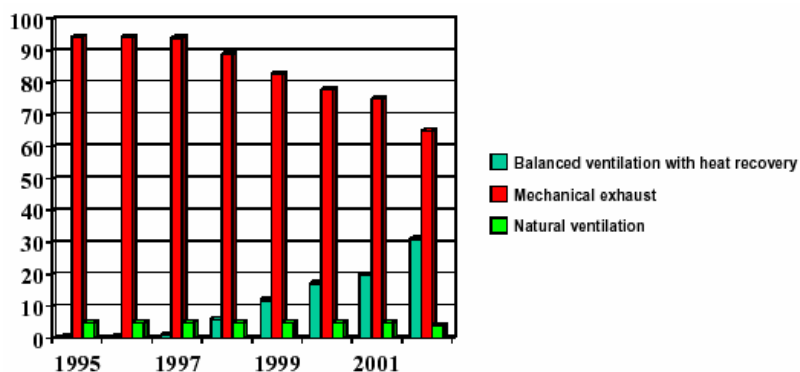
La Figure ci-dessous montre des projections de vente de systèmes de ventilation double flux avec récupération de chaleur d'ici à 2010 dans les bâtiments à faible consommation d'énergie uniquement, en Allemagne [41,42]. Ces projections sont directement liées aux projections d'évolution du nombre de maisons passives ou à faible consommation d'énergie, puisque ce type de bâtiment comporte par définition de la ventilation avec récupération de chaleur.



Scénarios de nombre de système de ventilation double flux avec récupération de chaleur

Marché – Pays-Bas

La réglementation thermique (1996) est un très fort moteur pour l'installation des systèmes double flux haute efficacité dans les bâtiments neufs. La Figure ci-dessous [31] montre l'évolution du taux de pénétration des systèmes de ventilation aux Pays-Bas. Les systèmes traditionnels aux Pays-Bas sont relativement proches des systèmes français, on peut voir que le poids des systèmes double flux est de plus en plus important : il a augmenté de 0,5% en 1995 à 30% en 2002 et 50% en 2003 [43] dans les bâtiments neufs.



Taux de pénétration des systèmes de ventilation aux Pays-Bas

A noter qu'aucune aide financière n'existerait actuellement aux Pays-Bas pour l'installation d'un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur.

Actions de diffusion

Les syndicats et associations liés aux constructeurs du domaine de la ventilation ont beaucoup d'actions d'information et de communication, souvent en partenariat avec des structures publiques (Ministères fédéraux ou des régions), à destination du grand public et des professionnels du bâtiment :

- Newsletters,
- Guides pratiques [44,45],
- Plaquettes techniques,
- Sites internet documentés,
- Base de données de publications, de projets et de services dans le domaine de la ventilation et du climat intérieur,

3.4.5 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRE DIMENSIONS ETUDIEES

POINTS FORTS, POINTS FAIBLES DE L'INNOVATION (METHODE SWOT)

S : Strength - Forces

Grâce à la maîtrise des débits de renouvellement d'air et la présence d'échangeur de chaleur entre le flux entrant et le flux sortant, ces systèmes permettent de réaliser des économies d'énergie.

Il résulte également une bonne qualité d'air grâce aux débits maîtrisés.

Il existe des systèmes de certification de ces produits permettant d'en assurer la qualité. Les produits de ventilation double flux centralisés présents notamment sur le marché allemand paraissent aboutis et fiables, et une grande partie d'entre eux sont certifiés par le DIBt.

Le ressenti des occupants vis-à-vis de la qualité d'air est généralement favorable même si certains se plaignent d'un air trop sec ou de températures trop élevées dans les chambres.

Les systèmes de ventilation double flux locaux semblent bien adaptés à la réhabilitation des bâtiments. Ils ont une grande souplesse d'utilisation.

Au delà du secteur résidentiel individuel, ces systèmes sont adaptés à d'autres type de bâtiments et d'usage : résidentiel collectif, commerces, petits bâtiments de bureaux.

W : Weakness : Faiblesses

Pour en assurer la pérennité dans le temps, ces systèmes nécessitent une maintenance. Le risque de dégradation des performances est fort en cas de manque de maintenance. En présence de filtre ou de puits canadien, il peut en découler de graves problèmes de qualité d'air.

Les installateurs ne connaissent pas encore bien les systèmes.

Ces systèmes doivent être associés à une perméabilité faible du bâtiment pour être efficace, notamment pour la ventilation double flux centralisée. Ceci impose donc une attention à la perméabilité pour les bâtiments neufs ou un traitement spécifique pour les bâtiments existants.

Pour ces systèmes centraux, le marché pour les bâtiments existants est moins important et donc l'offre est moins grande.

Les systèmes par pièces ne sont pas disponibles sur le marché français, les systèmes centralisés y sont confidentiels.

Même si le marché a connu un essor considérable, l'utilisation des systèmes de ventilation double flux dans les logements allemands notamment est encore très récente, et on connaît actuellement peu de retour de leur fonctionnement sur site. De plus, le nombre d'industriels fabricants présents sur le marché est encore très variable d'une année à l'autre, nombre d'entre eux disparaissant rapidement alors que d'autres apparaissent, ce qui montre que ces systèmes ne sont pas encore matures. Dans l'offre des industriels, on peut se demander si tous les appareils présentés sont réellement industrialisés ou fabriqués ou simplement virtuels ou de démonstration.

Ces systèmes restent chers en particulier si on les compare aux couts traditionnels de la ventilation en France.

Pour les systèmes centraux, ils sont volumineux (groupes, conduits).

Pour les systèmes locaux, leur efficacité et leur performance sont mal connues.

O : Opportunités – Opportunités

Le développement de ces systèmes est lié au développement des maisons à faible consommation d'énergie, pour lesquelles l'accent est mis dans le cadre des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour 2050.

La récupération de chaleur est vécue par certains acteurs comme faisant partie du package obligatoire pour aller vers des bâtiments faiblement consommateurs.

Les Réglementations thermiques en Allemagne et aux Pays-Bas favorisent le développement de ces systèmes.

Il existe des procédures d'aides financières en Allemagne pour la mise en oeuvre de ces systèmes.

Ces systèmes permettent des fonctions complémentaires : filtration de l'air, su ventilation pour le confort d'été. (Voir aussi le rapport unités compactes pour l'association avec le chauffage et le refroidissement).

T : Threats – Menaces

Le faible cout des systèmes de VMC hygro réglables qui peuvent concurrencer les systèmes double flux.

La recherche par certains maitres d'ouvrages de solution de ventilation naturelle et leur volonté d'éviter de s'enfermer dans une monoculture de ventilation mécanique.

Des contre exemples éventuels sur site (liés à des problèmes de dimensionnement, de mise en oeuvre ou de manque de maintenance) pourraient constituer une menace pour la valorisation de ces systèmes.

Il n'y a pas de difficulté spécifique à la mise en oeuvre de ces systèmes. Néanmoins, Il y a un besoin de familiarisation auprès des installateurs qui, s'il n'est pas résolu (information, formation) pourrait gêner le développement de ces systèmes.

Ces systèmes peuvent être bruyant, ce qui peut induire leur arrêt ou une diminution des débits (lorqu'il existe plusieurs vitesse de fonctionnement) par l'occupant, entraînant une diminution de la qualité d'air.

POINTS SINGULIERS AU CONTEXTE DU PAYS

Il est à noter que dans les pays mentionnés, les concepts de maison passive et à faible consommation d'énergie sont plus développés qu'en France.

La connotation « écologique » liée à la récupération de chaleur peut recevoir un meilleur accueil dans ces pays où la mentalité écologique est plus développée (ex. : Allemagne)

A noter que les installateurs en Allemagne notamment sont réputés pour être mieux formés et plus qualifiés que leurs homologues français

Contrairement à la France où notamment la VMC est déjà bien développée dans le résidentiel, il n'y a pas de tradition "système de ventilation" dans l'habitat dans les pays considérés. Dans ces pays le développement du double flux se fait conjointement au développement de la ventilation mécanique. C'est en particulier le cas en Suisse où Minergie a introduit le concept de ventilation douce impliquant la mise en oeuvre de facto d'un double flux. On a donc l'association « double flux = qualité de l'air ».

3.4.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

LES CHANCES DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

Le développement de ces systèmes est intimement lié à celui des maisons à très faible consommation d'énergie et des maisons à énergie positive. De plus, ces systèmes sont bien adaptés pour répondre aux exigences de la réglementation thermique française.

Actuellement, la ventilation double flux dans le résidentiel est très peu développée en France. Elle existe surtout dans les petits bâtiments du secteur tertiaire. Il sera important d'inciter les industriels actuels de ce marché à adapter et développer leurs produits pour le secteur résidentiel.

Il existe en France dans le secteur résidentiel une forte tradition de pratique associée à la VMC autoréglable avec un développement important de la VMC hygro-réglable, contrairement aux autres pays.

On peut ainsi imaginer que les systèmes de ventilation double flux rencontreront une concurrence plus forte.

De plus, le coût d'investissement pour ces derniers est beaucoup plus important que pour la VMC.

A un moment où il apparaît à certains que la ventilation double flux est la solution universelle pour les bâtiments basse consommation il sera important de comparer l'efficacité de la ventilation et la consommation énergétique de ces différents systèmes.

Dans ce cadre on pourra noter par exemple que dans les projets concerto de la ville de Lyon des bureaux d'études proposent d'utiliser des systèmes hygro-réglables alors que d'autres sont plutôt porteurs de la solution ventilation double flux universelle.

Plus généralement on peut dire que les deux voies pour maîtriser la consommation d'énergie liées à la ventilation sont d'une part la gestion des débits (hygro-réglable, détection de présence, CO₂) et d'autre part la récupération de chaleur via des systèmes double flux.

La première voie est mieux adaptée aux cas où l'occupation est brève, fortement variable et où le climat est doux. La seconde voie s'applique mieux aux cas où l'occupation est longue, constante et où le climat est rude.

Il s'agit de définir les meilleurs compromis en fonction des domaines d'application. On notera bien évidemment que ces voies ne sont pas forcément exclusives, les systèmes double flux avec 4 débits de fonctionnement étant déjà une tendance à associer les deux approches.

COMPATIBILITE AVEC LE CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF FRANÇAIS

La mise en œuvre de la ventilation double flux doit être passée au filtre réglementaire mais est a priori tout à fait compatible.

Cependant on peut noter que les systèmes à 4 débits pourraient ne pas être strictement conformes au règlement d'hygiène actuel.

Des questions plus aiguës peuvent se poser pour le double flux décentralisé.

QUELLE DYNAMIQUE D'ACTEURS NÉCESSAIRE

Une grande partie des éléments décrits dans le document sur les unités compactes sont également applicables ici. On se référera à ce document.

En ce qui concerne spécifiquement les systèmes double flux, il est important de différencier les systèmes centralisés plus adaptés à la construction neuve et les systèmes par pièce plus adaptés à la réhabilitation.

Systemes centralisés.

Plusieurs industriels de la ventilation disposent du savoir faire pour mettre au point des systèmes de ventilation double flux centralisés principalement pour les bâtiments tertiaires. Il existe déjà sur le marché français quelques produits de ventilation double flux adaptés au résidentiel. Leur marché est cependant marginal.

Le développement du marché de ces produits et leurs évolutions passe par une mobilisation des acteurs qui les prescrivent et de la maîtrise d'ouvrage. On peut penser que le discours actuel très fort sur la ventilation double flux peut aider à cette mobilisation.

On manque aujourd'hui de documents destinés aux équipes souhaitant mettre en place de tels systèmes notamment dans l'habitat. Par exemple, il n'y a pas d'équivalent aux DTU de dimensionnement et de mise en œuvre des systèmes VMC (DTU 68.1 et DTU 68.2) pour la ventilation double flux.

Systemes par pièce.

Certains industriels commencent à développer des produits décentralisés notamment pour les écoles. Il sera important pour ces derniers d'adapter et de développer leur savoir faire notamment au contexte des bâtiments résidentiels.

On est cependant sur ces systèmes nettement moins avancé que sur les systèmes centralisés. Il apparait en particulier indispensable de faire des analyses sur l'efficacité en terme à la fois de récupération de chaleur et de qualité de l'air sur ces systèmes.

Sur le plan du domaine d'application le principe de ces systèmes apparaît comme très séduisant en particulier pour la réhabilitation.

Pour ces systèmes il semble donc qu'une phase préalable de caractérisation soit indispensable avant d'aller vers un déploiement large.

DISPONIBILITE EN FRANCE DES COMPETENCES DE POSE.

Il n'y a pas de difficulté spécifique à la mise en œuvre de ces systèmes. Néanmoins, il n'existe pas en France d'installateur spécialisé dans la ventilation. L'installation de la ventilation est donc en général réalisée par différents corps de métiers à différents stade de la construction. Le problème se posera de façon au moins aussi fort pour l'installation des systèmes double flux. Il y aura donc un besoin de familiarisation auprès des installateurs de ces systèmes.

QUELS TYPES D'INCITATIONS ENVISAGER

Réglementation Technique

Le durcissement de la réglementation thermique conduira au développement des maisons à très faible consommation d'énergie.

Les systèmes de ventilation hygroréglables sont aujourd'hui la référence pour la RT2005. On peut se demander si à l'échéance 2010 on pourrait intégrer du double flux en référence. Cela imposerait que soit d'abord comme indiqué ci-dessus, comparés précisément les performances respectives de ces deux types de systèmes.

Fiscalité, Financement, Soutien des Collectivités locales

Le coût d'investissement sur ces produit sera un point de blocage important, d'autant qu'ils seront en concurrence avec la VMC qui est beaucoup moins chère. Leur prise en compte dans les systèmes de déductions fiscales pourrait limiter ce problème.

L'apparition du double flux dans les solutions type qui seraient développées pour des labels comme celui en préparation par Effinergie pourrait favoriser ce développement du marché.

REFERENCES

- [1] Durier F., Bernard AM. – Centrales de ventilation double flux à haute efficacité : les produits disponibles sur le marché allemand – CETIAT NTV 2003/017, avril 2003
- [2] Tissot A., Durier F. - Centrales de ventilation double flux haute efficacité : les produits disponibles sur le marché allemand, mise à jour de la NTV 2003/017 – CETIAT NTV 2004/053, novembre 2004
- [3] Durier F. – Ventilation mécanique répartie double flux : les produits disponibles sur le marché allemand – CETIAT NTV 2003/059, Octobre 2003
- [4] Systèmes de chauffage et de ventilation innovants, journée technique CETIAT, 6 septembre 2005
- [5] Guédel A., Morin JM, Froidevaux Y., Salazar JH – Détermination des performances des centrales double flux à haute efficacité, rapport intermédiaire – CETIAT NTV 2002/008, Janvier 2002
- [6] Site internet de la DGEMP (Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières) : <http://www.industrie.gouv.fr/energie/sommaire.htm>
- [7] Site internet de l'Institut des maisons passives "Passivhaus Institut" : <http://www.passiv.de/>
- [8] Site internet de l'association d'information sur les maisons passives "IG Passivhaus" : <http://www.ig-passivhaus.de/>
- [9] Site internet du Fraunhofer Institut Solare Energiesystem : www.ise.fhg.de
- [10] Site internet de l'Ecole supérieure des deux Bâle : <http://www.fhbb.ch/index.php>
- [11] Site internet de l'Ecole supérieure Technique et d'Architecture de Lucerne www.hta.fhz.ch
- [12] Site internet de l'institut de recherche EMPA (Sciences et Technologie des Matériaux) : www.empa.ch
- [13] Site internet de l'Institut du Logement et de l'Environnement de la région de Hesse et de la ville de Darmstadt : www.iwu.de
- [14] TZWL – Notarumfrage Wohnungslüftung 2005 - Prof. Dipl.-Ing P.Müller - 16.03.2005, 6 pages
- [15] Site internet du TZWL (Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte, centre d'essais européen pour les systèmes de ventilation des logements) : www.tzwl.de
- [16] Site internet de l'IKE (Institut für Kernenergetik und Energiesysteme, Institut pour l'Energie nucléaire et les systèmes d'énergie), Université de Stuttgart : <http://www.ike.uni-stuttgart.de/>
- [17] Site internet "Frischluftechnik im Wohnungsbau" (Techniques de renouvellement d'air dans l'habitat) : www.frischluftechnik.de
- [18] Site internet "Verband für Wohnungslüftung e.V." (Association pour la Ventilation des Logements) : www.wohnungslueftung-ev.de

- [19] Site internet "Kompetenzzentrum für Wohnungslüftung" (Centre de compétences pour la ventilation des logements) : www.kompetenzzentrum-wohnungslueftung.de
- [20] Site internet Fachinstitut Gebäude-Klima (Institut pour le climat intérieur) : www.fgk.de
- [21] Site internet du groupe de travail "ventilation contrôlée" du Fachinstitut Gebäude-Klima : www.kwl-info.de
- [22] Prüfreglement für die Prüfung von zentralen Wohnungslüftungsgeräten – Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte, 28/12/2000, document n°P PR09/1-0
- [23] Prüfreglement für die Prüfung von dezentralen Wohnungslüftungsgeräten – Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte, 28/12/2000, document n°P PR09/1-0
- [24] Schild P.G., Brunsell J.T – Accurate performance testing of residential heat recovery units – 24th AIVC conference and BETEC conference, Washington, 12 – 14 octobre 2003
- [25] Bensafi A., Richard L., Durier F. - PRESSAT : un outil simplifié pour l'évaluation du profil environnemental de chauffage, ventilation et climatisation – CETIAT NTV 2005/080, Décembre 2005
- [26] Berndgen-Kaiser A. – Geförderte Passivhaus-Projekte in NRW - 9. Internationale Passivhaustagung – 29-30/04/2005 – Ludwigshafen – pp 411 – 416.
- [27] Site internet du projet européen ENPER – TEBUC : <http://www.enper.org/>
- [28] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B.1, Energy Performance of Buildings : Calculation Procedures Used in European Countries – 01/09/2004
- [29] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B2 : Energy Performance of Buildings : Assessment of Innovative Technologies – 01/09/2004
- [30] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B3: Energy Performance of Buildings : Legal Context and Practical Implementation of an Energy Performance Legislation – 01/09/2004
- [31] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B5: Energy Performance of Buildings : Impact of an EP Regulation on the Building and Technology Market – 01/09/2004
- [32] Site internet sur la réglementation thermique allemande : <http://www.enev-online.de/>
- [33] Site internet de la Banque KfW : www.kfw-foerderbank.de
- [34] EN 832 Août 1999 - Performance thermique des bâtiments - Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage - Bâtiments résidentiels
- [35] Portail de l'énergie en région wallonne : <http://energie.wallonie.be>
- [36] A. Greml (FHS-KufsteinTirol), E. Blümel (AEE INTEC), R. Kapferer (ENERGIE TIROL), W. Leitzinger (arsenal research) – Endbericht : Technischer Status von Wohnraumlüftungen, Evaluierung bestehender Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer technischen Qualität und Praxistauglichkeit – Février 2004, 296 pages
- [37] Danner M.– Nutzererfahrungen in der Passivhaussiedlung « Lummerlund » in Hannover-Kronsberg - 7. Internationale Passivhaustagung – 21-22/02/2003 – Hambourg – pp 321-328
- [38] Gräppi M., Künzli S., Meyer R. – Wohnerfahrungen im Passivhaus - 7. Internationale Passivhaustagung – 21-22/02/2003 – Hambourg – pp 329-335

- [39] Hübner H., Hermelink A. – Sozialer Mietwohnungsbau gemäss Passivhausstandard. Praktische Erfahrungen und Gestaltungshinweise - 7. Internationale Passivhaustagung – 21-22/02/2003 – Hambourg – pp 345-352
- [40] Dittmar C., Müller P., Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftung e.V. - Umfrage Wohnungslüftung - 9. Internationale Passivhaustagung – 29-30/04/2005 – Ludwigshafen – pp 227 – 232
- [41] Bühring A. - Aktueller Stand der Weiterentwicklung von Lüftungs-Kompaktgeräten - 9. Internationale Passivhaustagung – 29-30/04/2005 – Ludwigshafen – p.139 – 144
- [42] Bühring A., Blichler C., Jäschke M., Wapler J., Miara M., Schossow M., Guter W. - Lüftungs-Kompaktgeräte : Marktüberblick und Stand der Weiterentwicklung - 9. Internationale Passivhaustagung – 29-30/04/2005 – Ludwigshafen
- [43] Op't Veld P., Roijen E. - Solutions for MVHR in existing dwellings – AIVC Conference 2004, Prague
- [44] Energiesparinformationen 9 - Kontrollierte Wohnungslüftung – Wissenswertes über Abluftanlagen und Anlagen mit Wärmerückgewinnung – Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Institut Wohnen und Umwelt, novembre 2004
- [45] Energiesparinformationen 8 – Lüftung im Wohngebäude – Wissenswertes über den Luftwechsel und moderne Lüftungsmethoden – Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Institut Wohnen und Umwelt, novembre 2004
- [46] Energie – Statistiques mensuelles – Commission Européenne – Environnement et Energie, mars 2006 – 177 pages
- [47] Energie et Matières premières, Prix du gaz et de l'électricité en Europe au 1^{er} juillet 2005 – DGEMP, Observatoire de l'Economie de l'Energie et des Matières Premières, Observatoire de l'Energie, Février 2006
- [48] Site internet du Surveillant des prix de l'électricité suisse : <http://prix-electricite.monsieur-prix.ch/web/f/>
- [49] Site internet de EUROSTAT : <http://epp.eurostat.cec.eu.int>
- [50] Site internet de l'association MINERGIE : www.minergie.ch

SITES INTERNET DES CONSTRUCTEURS ET DISTRIBUTEURS IDENTIFIES

AEREX HaustechnikSysteme GmbH : www.aerex.de
 ALDES Lufttechnik GmbH : www.aldes.de
 Alpha-InnoTec GmbH : www.alpha-innotec.de
 Aereco GmbH : www.aereco.de
 Bau Info Center, Unternehmensbereich Schwörer Haus : www.bauinfocenter.de
 Balzer Lüfter GmbH : www.balzer-luefter.de
 Binkert GmbH Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärtechnik : www.binkert.de
 eht Siegmund Gesellschaft für Heiz- und Klimatechnik GmbH : www.eht-siegmund.com
 EnEV-Air GmbH VS : www.enev-air.de
 Exhausto GmbH : www.exhausto.de

Gebhardt Ventilatoren : www.belair.gebhardt.de
Glen Dimplex Deutschland GmbH www.dimplex.de
Heinemann GmbH : www.heinemann-gmbh.de – www.vallox.de
Heiztechnik Thesz : www.heiwalux.de
HERMES electronic GmbH : www.hermes-electronic.de
Hoivalwerk AGFL : www.hoval.com
LEDA Werk GmbH & Co. KG : www.leda.de
LTM GmbH : www.ltm.biz
LWH GmbH : www.lwhtech.de
Meltem Wärmerückgewinnung GmbH & Co.KG : www.dezentral.info
NIBE Systemtechnik GmbH : www.nibe.de
ÖKO-Haustechnik inVENTer GmbH : www.inventer.de
Olsberg Haustechnik GmbH & Co.KG : www.heizenundlueften.de
ORANIER Heiz- und Kochtechnik GmbH : www.oranier.com
PAUL Wärmerückgewinnung-Wärmetauscher : www.paul-lueftung.de
Pluggit GmbH : www.pluggit.com
Regenerative Energien Helmut : www.flath-waerme.de
SCHAKO Klima-Luft Ferdinand Schad KG & Co. : www.schako.de
Schiedel GmbH & Co. : www.schiedel.de
Schütz eht GmbH & Co. KG : www.schuetz.de
SIEGENIA-AUBI KG : www.siegenia-aubi.com
Smeets Luftbehandlungssysteme GmbH : www.smeets.de
Solar Energie Technik Schmidt (Stork Air) : www.solarschmidt.de
Stiebel Eltron : www.stiebel-eltron.com
Systemair GmbH : www.systemair.de
Viessmann Werke GmbH & Co : www.viessmann.com
VINES Vertriebsgesellschaft Innovativer Energiesysteme Luth.: www.vines-web.de
VisionAir Lüftungs- und Luftheiztechnik GmbH : www.visionair-gmbh.de
Westaflexwerk GmbH www.ventilation.de www.westaflex.de
Zehnder GmbH : www.comfosystems.de
Zimmermann Lüftungs- und Wärmesysteme GmbH & Co. KG : www.zimmermann-lueftung.de
VENT-AXIA : www.vent-axia.com
HELIOS : www.heliosventilatoren.de
SCHRAG : www.schrag.de
MAICO : www.maico.de
ENRVENT : www.enrvent.fi
LÜFTA : www.luefta.at
DREXEL UND WEISS : www.drexel-weiss.at
BENZING : www.benzing-ls.de
GLT : www.glt.de

3.5 SYSTEMES COMPACTS VENTILATION CHAUFFAGE EAU CHAUDE EN ALLEMAGNE, AUTRICHE ET SUISSE

Auteurs : Emmanuel Fleury (emmanuel.fleury@cstb.fr)
avec la participation
d'Orlando Catarina (orlando.catarina@cstb.fr)

Expert : Anne Tissot (CETIAT)

INTRODUCTION

L'objet de cette étude est l'évaluation, la capitalisation et l'analyse des conditions de transposition en France des systèmes compacts. Les systèmes compacts sont des produits assurant de façon conjointe les fonctions ventilation, chauffage et production d'eau chaude sanitaire d'un bâtiment.

Le champ de l'étude a été limité aux pays dans lesquels des produits répondant à cette définition existent, à savoir principalement l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse. Des recherches menées dans d'autres pays comme le Canada, les Etats-Unis, n'ont pas permis de trouver des produits analogues. Des fabricants existent dans les pays scandinaves, mais peu de renseignements étant disponibles, ces pays n'ont pas été traités.

3.5.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUE D'ACTEURS

CONTEXTE NATIONAL ET LOCAL

Allemagne

Le Gouvernement de M. Schröder a pris début 2002 la décision d'abandonner l'énergie nucléaire à l'horizon 2020. Même si ce processus de sortie du nucléaire pourrait être ralenti par le gouvernement en place depuis fin 2005 (M^{me} Merkel), l'Allemagne va donc devoir faire face au cours des deux prochaines décennies à d'importants besoins de nouvelles installations de production d'électricité destinées à compenser l'abandon du nucléaire et l'arrivée en fin de vie de nombreuses centrales autres que nucléaires. Les estimations portent sur un besoin de 43 000 MWe d'ici 2020, qui pourraient être répartis entre 45 nouvelles centrales thermiques (environ 24 000 MWe) et l'amélioration de 200 centrales thermiques classiques existantes. La question de la future composition du mix énergétique va alors se poser.

La population allemande est quant à elle globalement opposée au nucléaire, mais face au problème de l'approvisionnement énergétique à moyen/long terme (dépendance aux importations et coûts des énergies renouvelables), un changement d'opinion n'est pas tout à fait exclu.

L'Allemagne a pris en outre deux engagements forts dans le cadre du protocole de Kyoto, à savoir une diminution d'ici 2005 de 25% ses émissions de CO₂ par rapport à 1990 et une réduction de 21% ses émissions de gaz à effet de serre au cours de la période 2008-2012.

Suisse

L'énergie hydraulique constitue la seule source d'énergie nationale en Suisse.

Avec la loi sur le CO₂ du 1^{er} mai 2000, la Suisse s'impose des objectifs contraignants pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Cette réduction doit avant tout résulter de mesures librement consenties par les entreprises et les particuliers et de mesures de politique énergétique, mais aussi de l'action politique dans le domaine de l'environnement, des transports et des finances.

En 2001, le Conseil fédéral se fondait sur les lois sur l'énergie et sur le CO₂ pour lancer le programme SuisseEnergie. Au moyen de mesures librement consenties par l'économie (conventions) et de campagnes d'information, SuisseEnergie doit contribuer à atteindre les objectifs énergétiques et climatiques de la Suisse : réduire, d'ici 2010, la consommation d'énergies fossiles et les émissions de CO₂ de 10% par rapport à leur niveau de 1990 ; limiter la progression de la demande d'électricité à 5% au maximum d'ici 2010 ; maintenir au niveau actuel l'apport de la force hydraulique à la production de courant même lors de l'ouverture du marché de l'électricité ; accroître la quote-part des autres énergies renouvelables de 1% dans la production de courant et de 3% dans la production de chaleur.

En mai 2003, les citoyens ont rejeté deux initiatives antinucléaires, "moratoire plus" et "électricité sans

nucléaire". La production nucléaire d'électricité représentait à ce moment 40 % de la consommation du pays, les autres 60 % étant fournis par la production hydraulique.

Autriche

Le gouvernement autrichien est un système fédéral avec neuf régions, et les responsabilités en politique énergétique sont partagées entre l'état fédéral et les régions. Le pays a des ressources hydroélectriques conséquentes qui couvrent 70% de ses besoins d'électricité. L'Autriche dispose également de ressources en pétrole et gaz naturel, qui couvrent respectivement 9 et 23% de ses besoins. Elle a importé environ 65% de ses besoins en énergie primaire en 2000.

Les marchés de l'électricité et du gaz ont été libéralisés en octobre 2001 et octobre 2002, en avance sur les dates d'application des directives européennes.

Prise de conscience collective et action

On reconnaît généralement aux populations "germaniques", qui composent l'Allemagne, l'Autriche et une bonne partie de la Suisse, une sensibilité forte aux problématiques écologique et environnementale.

En Allemagne, le sursaut écologique a été imposé par la pollution atmosphérique résultant de son industrialisation intensive, à partir des années 70. Dès le début des années 80, plusieurs lois sont adoptées en matière de dépollution et de préservation de l'environnement. Le changement comportemental des Allemands et le long processus de sensibilisation à l'adresse des populations sont pour beaucoup dans la réussite de sa politique environnementale.

La première conséquence de cet état d'esprit est que les habitants de ces pays sont prêts à dépenser plus d'argent pour un mode de vie plus propre, moins consommateur d'énergie.

La naissance des concepts de Maisons Passives et de MINERGIE découle donc de cette sensibilité aux problèmes d'économie d'énergie.

ANTERIORITES ET ORIGINE DE L'INNOVATION

Les systèmes compacts ont été développés pour assurer la ventilation, le chauffage et l'eau chaude sanitaire des maisons passives dans un seul appareil. Leur évolution a toujours été associée à l'évolution des maisons passives.

L'origine des systèmes compacts remonte au milieu des années 90 [2] : le bureau d'études ebök et le Passivhaus Institut ont fait un cahier des charges pour la mise au point d'un système de ventilation avec récupération de chaleur et pompe à chaleur intégrée, destiné aux maisons passives. Les études théoriques, économiques et pratiques ont été menées par le Fraunhofer ISE (Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme), pour soutenir les industriels dans la mise au point de produits.

Au départ, les industriels étaient des PME allemandes spécialisées dans les produits de ventilation double flux (Drexel und Weiss, EMB PassivHaus, Paul, ...). Ensuite, ce sont des industriels allemands ou suisses de plus grande taille, travaillant plutôt dans le domaine du chauffage, qui se sont mis à fabriquer et/ou distribuer des systèmes compacts (Viessmann, Stiebel-Eltron, Zehnder, ...). L'offre du marché a fortement varié au cours du temps : de petits fabricants ont disparu, ou alors ont ôté ces produits de leur catalogue.

Malgré l'implication du Passivhaus Institut à l'origine, les acteurs clés du développement des systèmes compacts semblent avoir été essentiellement des industriels ; ces appareils n'ont en effet fait l'objet de travaux dans des laboratoires de recherche (EMPA, Universités de Bâle et de Lucerne en Suisse, TZWL en Allemagne) que plus récemment. Néanmoins, l'évolution et le développement des systèmes

compacts sont indubitablement liés aux maisons passives et autres concepts de maisons à faible consommation d'énergie. Sans l'essor des maisons passives en Allemagne notamment, les produits n'auraient jamais sans doute atteint leur définition actuelle.

DYNAMIQUE DES ACTEURS

Les acteurs qui accompagnent ce développement sont :

- Le Passivhaus Institut : référentiel technique, outil logiciel de conception destiné aux bureaux d'études, guides de mise en œuvre sur des points spécifiques (isolation, fenêtres, ventilation, ...), certification volontaire des bâtiments passifs et des composants, appareils ou systèmes qui leur sont destinés, diffusion d'informations par plusieurs sites Internet, des brochures, guides techniques, outils logiciels, conférence [5].
- L'association d'information sur les maisons passives IG Passivhaus entretient un réseau d'informations sur les maisons passives, les acteurs techniques et économiques [6].
- Des laboratoires de recherche sont connus pour travailler sur le sujet :
 - le Fraunhofer Institut für Solare Energiesystem (Fribourg) [7] ;
 - l'Institut für Energie du Fachhochschule beider Basel (Département de l'Energie de l'Université de Bâle) [8] ;
 - Hochschule für Technik+Architecture Luzern (Laboratoire de Génie Climatique, Université de Lucerne) [9] ;
 - L'EMPA (Institut de recherche sur les Matériaux et la Technologie, Suisse) [10].
- Le Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur GSP [11] rassemble tous les groupements et les organisations importants qui s'engagent en faveur de la promotion et de la diffusion des pompes à chaleur.
- Des bureaux d'architectes spécialisés, des bureaux d'études spécialisés,
- Des fabricants de matériel spécifique ou destiné aux maisons passives (matériaux, composants, systèmes) - (93 référencés sur le site de l'association des maisons passives) ;
- Le Ministère allemand de l'Economie de l'état fédéral finance des prêts et attribue des subventions pour la construction de maisons passives ;
- Les pouvoirs publics de plusieurs Länder allemands (Baden-Württemberg, Bavière, Brandenburg, Hessen, Basse-Saxe, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein) soutiennent le développement des maisons passives par différents mécanismes d'aides financières ;
- En Allemagne, un certain nombre d'organismes bancaires gèrent des propositions de crédit subventionné par l'état fédéral : KfW-Förderbank, UmweltBank AG, GLS Gemeinschaftsbank...
- Les cantons suisses attribuent des aides financières aux bâtiments MINERGIE ;
- La région de Haute-Autriche aide également financièrement les particuliers qui veulent faire construire une maison à faible consommation d'énergie.

Il n'y a pas à proprement parler d'acteurs résistant à l'innovation : les systèmes compacts correspondent aujourd'hui à un marché de niche qui compte tenu du prix des appareils est plutôt un marché haut de gamme. Les clients types sont des enseignants, professions du droit, médecins, et de façon générale des diplômés de l'enseignement supérieur. Ils sont généralement bien informés et savent ce qu'ils veulent, et sont prêts à payer pour une maison de bonne qualité.

3.5.2 CONTENU DE L'INNOVATION

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Les systèmes compacts rassemblent en un seul produit les fonctions ventilation, chauffage et production d'eau chaude sanitaire et constituent ainsi une famille de produits comportant généralement :

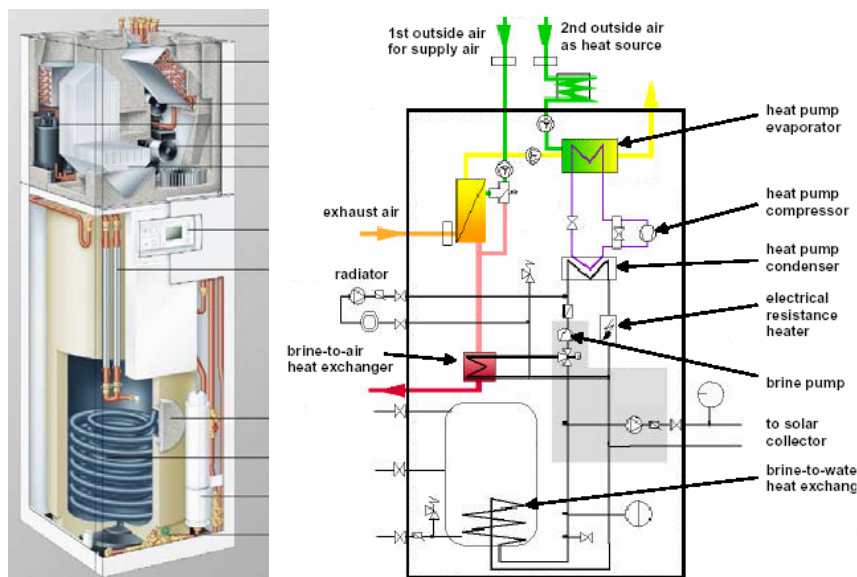
- une pompe à chaleur sur air extrait pour le chauffage d'un ballon d'ECS,
- un récupérateur de chaleur statique air extrait/air neuf.

Le vecteur du chauffage est généralement l'air. En plus du ballon d'ECS, il peut y avoir un ballon d'eau de chauffage qui peut compléter le chauffage de l'air soufflé.

Le ballon d'ECS comporte un appoint généralement électrique, de puissance variable suivant les produits. Certains industriels proposent de coupler ce système compact à d'autres éléments :

- puits canadien pour le préchauffage de l'air neuf,
- capteurs solaires contribuant au chauffage du stockage.

Chaque système compact est suivant sa technologie destiné à un type de maison : maison passive ou maison à faible consommation d'énergie, suivant sa technologie. Il n'a pas été trouvé d'informations sur une éventuelle installation de ces systèmes individuels dans le secteur tertiaire. Un seul industriel propose un produit pour appartements.



Appareil Vitotres de VISSMAN

La société AEREX (ou MAICO) est largement le leader du marché des systèmes compacts dans les maisons passives en Allemagne, Autriche et Suisse, et revendique plus de 1000 systèmes installés. La société AEREX travaille avec le Fraunhofer ISE pour l'amélioration de ses produits.

Le système compact Passiv VP18-10P de Nilan est un appareil très compact avec un ballon intégré destiné aux petits ensembles de logements. L'appareil est sorti sur le marché mi-2004, 300 unités ont été installées en Allemagne, et 95 en Suisse. Il a été testé par le HTA de Lucerne.

Aucune certification basée sur leurs caractéristiques techniques n'existe actuellement pour ces produits dans leur intégralité.

HORIZON TEMPOREL

Les systèmes compacts sont des produits actuellement émergents en Allemagne, Suisse et Autriche. Comme précisé plus haut, leur développement est intimement lié au développement des maisons passives. Il y a un grand nombre de fabricants, en Allemagne notamment.

Les systèmes compacts ayant comme source de chaleur l'air extrait uniquement ne sont destinés qu'aux maisons passives. Ces systèmes ont donc des perspectives à plus long terme, directement liées à l'émergence des maisons passives en France.

Les autres types de systèmes compacts, qui utilisent comme source de chaleur l'air extrait ainsi que de l'air extérieur, sont destinées aux maisons à faible consommation d'énergie ; leurs perspectives de transposition sont donc liées à l'implémentation de ce type de bâtiment en France.

CHAMP D'APPLICATION

Les systèmes compacts sont destinés aux maisons individuelles à faible consommation d'énergie et aux maisons passives. Ils sont essentiellement installés en bâtiment neuf, parce que les maisons passives sont très majoritairement des maisons neuves. Leur utilisation peut se faire dans le cas de rénovation lourde, avec réservation pour les passages des conduits nécessaires. Dans le cas de la conception d'une maison neuve comme de sa réhabilitation, le choix du système compact doit être lié aux besoins de chauffage et d'ECS du bâtiment.

Les systèmes compacts ne sont pour l'instant pas utilisés en tertiaire. Il n'a pas été trouvé d'éléments sur le fonctionnement des appareils de la société Drexel und Weiss dans des appartements.

IMPACTS

Consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre

La consommation d'énergie d'un système compact destiné à une maison passive répondra aux exigences liées à ce type de bâtiment, à savoir une consommation d'énergie finale inférieure à 15 kWh/m²/an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Au niveau de la performance des composants des systèmes compacts, les documentations des fabricants communiquent généralement :

- le coefficient de performance de la pompe à chaleur,
- la puissance absorbée de la pompe à chaleur,
- la consommation des ventilateurs destinés à la ventilation,
- l'efficacité de récupération de l'échangeur de chaleur air/air,
- l'efficacité de filtration des filtres placés sur l'air neuf et l'air extrait,

Contenu environnemental

Il n'existe pas actuellement à notre connaissance de résultat d'analyse de cycle de vie d'un système compact.

Des analyses de cycle de vie ont été réalisées pour des pompes à chaleur, des chauffe-eau solaires

individuels ou des caissons de ventilation.

Cependant, bien qu'un système compact soit une association de ces composants, on ne peut rien en déduire concernant ses impacts environnementaux.

Conception du bâtiment (neuf) et son usage

Un système compact ne peut fonctionner correctement que si les besoins énergétiques (besoins en chauffage, consommation d'ECS...) de la maison dans laquelle il est installé ont été correctement prévus. Si ces besoins ont été sous-estimés, le système compact ne fonctionnera pas dans son rythme normal, ce qui pourrait entraîner notamment un recours à l'appoint électrique trop fréquent. L'installation du système compact doit être prévue suffisamment en amont pour que les charges de chauffage de la maison soient cohérentes avec la puissance que peut fournir le système compact.

L'installation d'un puits canadien doit également être anticipée et être cohérente avec la surface de terrain disponible, la présence d'arbres et de végétation...

Au niveau de l'usage, compte tenu du système de chauffage, certains comportements doivent être évités : ainsi l'ouverture trop fréquente des fenêtres (inutile puisque le système de ventilation assure le renouvellement d'air) dans une maison passive en période de chauffage peut engendrer une baisse de la température intérieure, qui mettra alors du temps à revenir à un niveau de confort. Un certain nombre de publications traitent de ce point [12] [13][14][15]...

3.5.3 MISE EN ŒUVRE

MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Les techniques de pose et l'outillage nécessaire ne diffèrent pas de ceux liés aux composants élémentaires d'un système compact (conduits de ventilation, ballon d'eau chaude, pompe à chaleur, puits canadien, panneaux solaires...). Mais certains éléments sont tout particulièrement techniques comme la pompe à chaleur et la régulation ou d'enjeu sanitaire particulièrement important (puits canadien). Des installateurs formés sont donc nécessaires. Cependant, la société STIEBEL-ELTRON, qui vend son produit LWZ 303 en France pour des maisons neuves à faibles besoins énergétiques, réalise elle-même pour l'instant l'installation de ses produits car pour elle le recours à des installateurs est prématuré...

Productivité et rentabilité sur chantier : un système compact assurant les fonctions de ventilation, chauffage et production d'eau chaude sanitaire, son temps de pose ne sera pas supérieur à la somme des temps de pose des systèmes assurant ces fonctions séparément. De plus, dans une maison passive, aucun émetteur de chaleur n'aura à être installé. La programmation et la mise en service sur site peuvent en revanche être plus longues.

Il n'a pas été possible d'obtenir des informations sur les délais de livraison.

Au plan du stockage et de la manutention, tous les éléments d'un chantier étant soumis à des risques de dégradation les systèmes compacts comme les autres, une attention particulière sera peut-être portée au produit du fait de son prix élevé.

Les compétences particulières nécessaires peuvent être :

- manipulation de fluide frigorigène pour l'installation de la pompe à chaleur,
- connaissance du puits canadien et de ses enjeux sanitaires,
- connaissance de la régulation du système complet et de son mode de programmation.

En France, les personnes assurant l'installation d'un système de ventilation, d'une chaudière ou d'une pompe à chaleur n'ont pas la même qualification. Le système de chauffage est installé par un chauffagiste, un frigoriste s'occupe de l'installation de la pompe à chaleur et le lot ventilation est parfois couplé à la peinture ou la plomberie.

Ces différentes qualifications, auxquelles on peut ajouter un installateur spécialisé dans le solaire pour d'éventuels panneaux solaires, sont nécessaires pour installer un système compact. De plus, la connaissance du produit pour une mise en service et une programmation correcte est indispensable.

Des améliorations de compétences sont donc nécessaires par exemple sous la forme de :

- formation initiale dans les différents domaines concernés (idéalement, une même personne devra savoir installer le réseau de ventilation, la pompe à chaleur et les autres éléments),
- formation par les industriels pour la connaissance du produit et de sa manipulation.

L'association MINERGIE organise régulièrement en Suisse des réunions d'information ou des sessions de formation destinées à des installateurs sur les produits du bâtiment, dont les systèmes de ventilation et les pompes à chaleur.

Certains industriels renvoient à des listes d'installateurs qui connaissent leurs produits sur leurs sites internet.

A noter que les installateurs en Allemagne notamment sont réputés pour être mieux formés et plus qualifiés que leurs homologues français. En France, on a par exemple des problèmes récurrents de qualité d'installation de système de ventilation, dus au fait qu'il n'existe pas de lot ventilation et que l'installation peut être réalisée par des électriciens ou des peintres, et que les sources d'erreur sont nombreuses (mélange entre les composants...).

Il n'a pas été possible de savoir si une profession spécifique se développait.

Finalement, l'installation d'un système compact dans une maison individuelle neuve peut être considérée comme difficile. Les documents à disposition des installateurs sont les documents fournis par les industriels, ainsi que les diverses normes et réglementations portant sur les différentes fonctions du système compact. Ainsi par exemple, la documentation fournie par la société STIEBEL-ELTRON avec son produit LWZ 303 liste les documents applicables en Allemagne.

MODALITES DE GESTION, D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Les modalités de maintenance du système LWZ 303 préconisées par STIEBEL-ELTRON sont les suivantes :

- maintenir libres de neige et de feuilles mortes la prise d'air neuf et le rejet d'air à l'extérieur ;
- contrôler et nettoyer l'échangeur de chaleur double flux au moins une fois par an, à l'eau chaude et avec un détergent courant ;
- débarrasser régulièrement les impuretés présentes entre les lamelles de l'évaporateur, avec un puissant jet d'eau après l'avoir démonté
- contrôler régulièrement l'écoulement des condensats.

Le sujet des filtres n'est pas abordé dans la partie maintenance de la documentation de STIEBEL-ELTRON, mais ceux-ci doivent être régulièrement changés : on préconise généralement une fois par an, après le printemps.

La recharge du fluide frigorigène doit éventuellement être réalisée à intervalles réguliers, par un spécialiste.

Un spécialiste doit être appelé en cas de tout défaut de fonctionnement.

Il n'a pas été trouvé d'informations sur l'existence de contrats de maintenance, et leur coût éventuel, sur un service après-vente et son fonctionnement.

La durée de vie des différents composants d'un système compact est a priori du même ordre de grandeur que celle d'éléments individuels de même nature.

INCITATIONS REGLEMENTAIRE, FISCALE, MODALITES DE FINANCEMENT

Les éléments donnés dans cette partie sur les réglementations thermiques des différents pays proviennent en grande partie des rapports publiés dans le cadre du projet ENPER-TEBUC.

Allemagne

Réglementation

La première incitation réglementaire en Allemagne est la réglementation thermique EnEv [22]. Elle a

été complétée en 2004, et sera modifiée fin 2006 pour s'adapter aux directives européennes.

EnEv fixe une exigence sur la consommation d'énergie primaire du bâtiment et sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe. Cette consommation en kWh/m²/an doit être inférieure à une valeur limite, qui dépend du rapport entre la somme des surfaces des parois déperditives et le volume du bâtiment. La réglementation allemande exige également un renouvellement d'air minimum, sans donner de valeurs. Ces exigences font qu'il est quasiment nécessaire de mettre en place un système de ventilation mécanique (la majorité des logements en Allemagne en est aujourd'hui dépourvue) conduisant à des consommations d'énergie directe (ventilateurs) et liée au renouvellement d'air les plus faibles possibles. C'est ce contexte qui favorise le développement du marché pour les systèmes de ventilation double flux à récupération de chaleur.

Financement

De nombreuses modalités de financement existent en Allemagne pour la construction de maisons passives :

- La banque KfW (23] gère un programme d'aide au financement appelé "Construire écologique" depuis début 2005. La construction d'une maison passive ou à faible consommation d'énergie, ou l'installation d'équipements énergétiques performants (dont les pompes à chaleur et systèmes de ventilation avec récupération de chaleur) donnent droit à des emprunts avec des conditions favorables de remboursement. La somme prêtée est de maximum 50000 euros, à rembourser sur 10 ans maximum ; le remboursement peut commencer à la troisième année seulement. Les taux d'intérêts sont fixés en dessous du marché, et il est possible de faire des remboursements non prévus à n'importe quel moment sans frais. Cette offre peut être combinée à d'autres aides publiques ou d'autres programmes de la banque KfW. Après construction de la maison, la banque vérifie que les fonds ont bien été employés comme prévu. D'autres programmes existent, sur la rénovation des logements, les systèmes de génération d'énergie dans les logements...
- De plus, depuis février 2006, les taux d'intérêts pour un emprunt d'au maximum 50000 euros par logement et par 10 ans sont de :
 - sur 10 ans : 0,90 % effectifs
 - sur 20 ans : 1,00 % effectifs
 - sur 30 ans : 1,31 % effectifs

Ces très faibles taux sont rendus possibles par une bonification de l'état fédéral.

- Les pouvoirs publics de plusieurs Länder (Baden-Württemberg, Bavière, Brandenburg, Hessen, Basse-Saxe, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein...) ou villes allemandes soutiennent le développement des maisons passives par différents mécanismes d'aides financières.

Autriche

Réglementation

La réglementation thermique autrichienne a une approche régionale puisque les textes varient suivant les régions. La consommation du bâtiment en énergie finale doit être inférieure à une valeur limite qui dépend uniquement de la surface du bâtiment.

La réglementation précise les débits de renouvellement d'air minimums des bâtiments, en fonction du type de bâtiment et de sa surface. Les déperditions par renouvellement d'air sont calculées avec l'EN 382. L'efficacité de récupération de chaleur est prise en compte dans les calculs de la consommation d'énergie.

Financements

L'Autriche a mis en place en 1993 des aides publiques sous la forme de prêts avantageux pour la construction de maisons à faible consommation d'énergie. Le montant de ces aides varie avec les régions et les critères, qui sont :

- Indice énergétique maximum pour le bâtiment (énergie dépensée pour le chauffage), il est actuellement de 65 kWh/m², et a été baissé régulièrement depuis 1993, passant de 75 kWh/m²/an à 60 kWh/m²/an pour la fin 2006, et 50 kWh/m²/an pour 2007 ;
- participation obligatoire des demandeurs à des sessions de conseil sur l'énergie, pour un audit personnalisé.

Devant le succès de cette initiative, d'autres programmes ont vu le jour :

- en 1999, un programme d'aide pour les maisons à faible consommation d'énergie (< 50 kWh/m²/an, < 30 kWh/m²/an) a été initié. La somme sur laquelle porte le prêt varie de 10000 à 17000 euros suivant l'efficacité énergétique de la maison.
- en 2001, elle est portée à 20000 euros pour la construction d'une maison passive.

Pour ces deux programmes, la session d'information sur l'énergie est également nécessaire.

D'autres programmes pour des aides à la réhabilitation de logements ont également été créés.

L'ensemble de ces programmes a conduit entre 1993 et 2004 à 40000 maisons concernées, des économies d'énergie de 285 millions de kWh/an, la réduction d'émission de CO₂ de 57 millions de kg par an.

Suisse

Réglementation

Les textes de la réglementation thermique suisse varient selon les cantons.

La consommation d'énergie finale du bâtiment ne doit pas dépasser une valeur limite calculée à partir de la surface du bâtiment, sa forme, de la zone climatique, de la température intérieure, de l'occupation et des gains internes.

Les débits de renouvellement d'air à respecter sont décrits dans cette réglementation thermique. Les déperditions liées à ce renouvellement d'air sont calculées suivant l'EN 832 [24]. L'efficacité de récupération de chaleur pour les systèmes de ventilation double flux est prise en compte dans les calculs.

Financement

Les cantons attribuent des subventions aux bâtiments respectant le standard MINERGIE.

Quelques entreprises d'approvisionnement en électricité promeuvent également l'installation et l'exploitation de pompes à chaleur.

Pour les bâtiments MINERGIE et les rénovations MINERGIE, certaines banques accordent des emprunts à des conditions préférentielles. Les offres classiques ont pour noms "Eco-Crédit" ou "Hypothèques MINERGIE".

3.5.4 EVALUATION DES RESULTATS DANS LE PAYS CONCERNE

De nombreux produits font ou ont fait l'objet d'instrumentation suivie dans des maisons passives par les industriels et le Fraunhofer ISE. Cet institut possède des installations d'essais qui permettent de comparer les différents systèmes compacts du marché.

LES PERFORMANCES

Energie et confort

Campagne 2002-2004 par le Fraunhofer ISE

Dans le cadre d'un projet financé par le fournisseur d'énergie Energie-Baden Württemberg EnBW, le Fraunhofer ISE a mené des campagnes de mesure sur site sur 27 maisons passives équipées de systèmes compacts avec panneaux solaires sur 3 ans (2002 à 2004). Les propriétaires des maisons recevaient 5000 euros pour équiper leur maison et envoyer les résultats de mesure au Fraunhofer Institut tous les mois.

La figure 1 montre les résultats obtenus sur 21 maisons sur les trois ans : la consommation d'énergie électrique varie entre 5 et 42 kWh/m²/an suivant les maisons pour assurer le chauffage (y compris la ventilation) et l'eau chaude sanitaire, avec une moyenne de 16,9 kWh/m².

Les différences entre les maisons peuvent avoir plusieurs explications :

- mauvaise adéquation entre système et maison (mauvais calculs des besoins) ;
- comportement des utilisateurs (consommation d'eau élevée, ouverture des fenêtres en hiver trop importante...)
- éventuels dysfonctionnements du système...

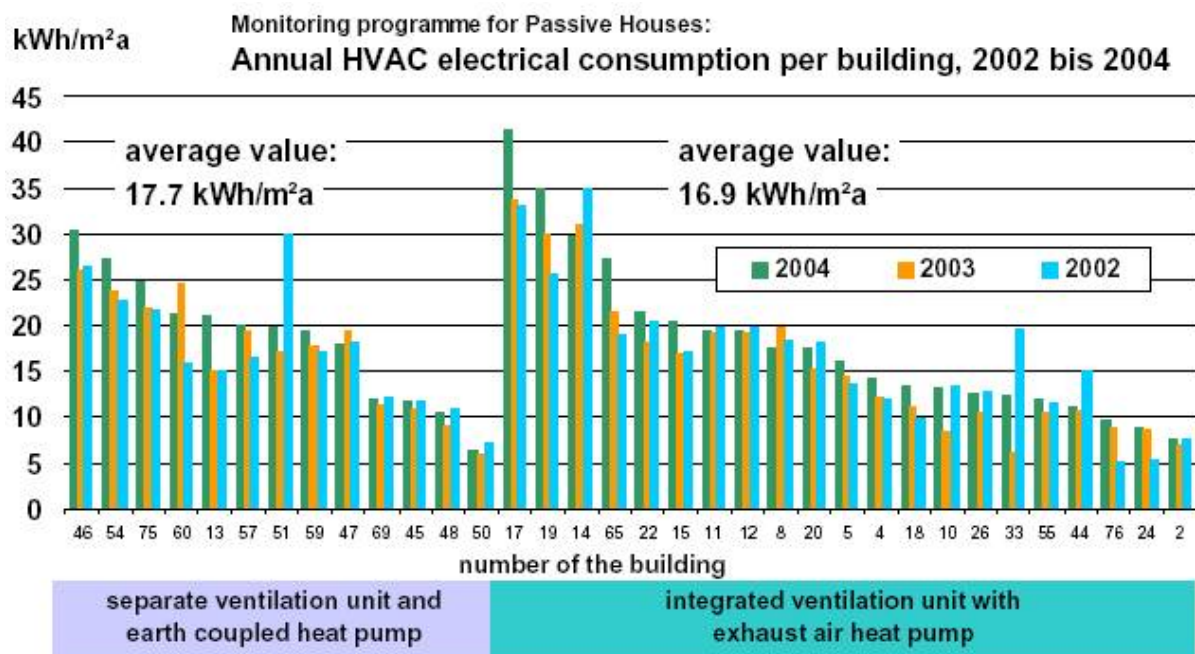


Figure 1 : Consommation électrique par maison en kWh/m²/an – les résultats des maisons équipées de systèmes compacts sont dans la partie droite du graphe

Projet Suisse – Annexe 28

Dans le cadre de la contribution suisse à l'annexe 28 du programme Pompes à chaleur de l'AIE, l'université de Bâle et l'université de Lucerne ont réalisé des campagnes de mesure sur 3 maisons Minergie, afin de mettre au point et valider une méthode de calcul de performance des systèmes compacts.

Les résultats montrent des fonctionnements inattendus comme le fonctionnement de la pompe à chaleur pour le chauffage en été et une faible consommation d'ECS en été et en hiver. En revanche, il est intéressant de noter que l'appoint électrique pour le chauffage et l'ECS n'a pas du tout été utilisé.

Sur un des sites, les besoins de chauffage mesurés sont largement au-dessus des prévisions puisqu'ils s'élèvent à près de 73 kWh/m²/an. Inversement les besoins en eau chaude sanitaire sont bien plus faibles que ceux prévus et l'indice de chaleur pondéré est le double de la limite supérieure définie par le label MINERGIE-P.

Caractérisations en laboratoire

Il n'existe actuellement pas de norme d'essais de système compact. Le Fraunhofer ISE a caractérisé dans son laboratoire trois systèmes compacts du marché, en s'appuyant sur la norme EN 255-3 [27]. Les COP évoluent de 2,4 à 3,45 en mode de production de chauffage et d'ECS selon les machines.

Il n'a pas été trouvé d'éléments sur la caractérisation des systèmes compacts au plan de la stabilité au feu.

Confort thermique

L'ouverture des fenêtres dans les maisons passives est théoriquement inutile puisque l'ensemble des débits hygiéniques est assuré par le système de ventilation. On peut toutefois difficilement éviter une ouverture comportementale des fenêtres, purement psychologique. On revient alors dans ce cas à une non maîtrise des débits de renouvellement d'air et aux consommations énergétiques associées. Plusieurs publications du congrès allemand sur les maisons passives de 2003 ou de 2004 concernent l'ouverture des fenêtres.

Ainsi, la référence [12] concerne 9 maisons passives à Stuttgart. Pendant la saison de chauffe, d'octobre à avril, au moins une fenêtre est ouverte jusqu'à environ une heure par jour (3h/jour pour une des maisons). Certains occupants n'ouvrent jamais en hiver ; la plupart ouvrent peu ; la QAI semble donc satisfaisante. En mi-saison, les ouvertures sont plus longues (1 à 6 h/jour en septembre et octobre – 1 à 9 h/jour en mai).

En été, la conception des maisons passives, avec une forte isolation thermique, une forte inertie et une forme adaptée, permet d'éviter les surchauffes.

Confort acoustique

Des informations sur les caractéristiques acoustiques des systèmes compacts figurent dans la plupart des documentations techniques, mais les valeurs indiquées ne sont la plupart du temps pas directement comparable. Il est recommandé également dans la plupart des documentations de ne pas placer le système directement sous ou à côté de chambres à coucher.

Aspects sanitaire et environnemental

Au plan sanitaire, l'installation d'un système compact doit respecter certaines exigences :

- prise d'air extérieur protégée des éléments extérieurs, et éloignée de tout rejet d'air vicié,

- air neuf filtré (au minimum filtre G4 pour protéger l'échangeur),
- le filtre doit être installé de façon étanche mais être facilement démontable pour entretien,
- si le système est précédé d'un puits canadien, les règles de base sont :
 - conduits en PE (polyéthylène) ou PP (polypropylène),
 - pente du conduit de l'ordre de 2% pour évacuer les condensats,
 - les conduits aérauliques dans le logement doivent être accessibles pour le nettoyage,
 - l'évacuation des condensats doit être prévue sur les échangeurs.

Risques de dégradation des performances après mise en œuvre

Des dégradations de performance peuvent se produire après mise en œuvre dans le cas notamment d'une maintenance insuffisante :

- encrassement des filtres, des échangeurs, d'une façon générale des éléments de passage de l'air, ce qui provoque une augmentation des pertes de charge et une modification des points de fonctionnement,
- dysfonctionnement des capteurs utilisés pour la régulation (capteurs de température d'eau, capteurs de température d'air, capteurs de pression, horloge...)
- mauvaise utilisation par les occupants de la maison : si les occupants imposent une température d'eau chaude sanitaire trop élevée, l'appoint électrique fonctionnera en permanence, ce qui entraînera une consommation d'énergie élevée.

Compatibilité entre performances des différents composants

Aucun antagonisme entre performances n'a été mis à jour.

LES COUTS REELS

Coût Initial – Investissement

Une enquête du Fraunhofer ISE auprès des fabricants [28] fournit des éléments de coût : le prix comprend a priori système + ballon d'ECS, pour un débit de renouvellement d'air de l'ordre de 160 m³/h. Il est toutefois difficile de savoir si ces prix de vente destinés aux marchés actuellement couverts (Allemagne, Suisse, Autriche) sont des prix réels ou si l'acheteur a une marge de négociation et si des remises commerciales sont systématiquement attribuée. Ces prix varient de 5000 à 15000 euros.

Constructeur	Désignation	Prix indicatifs
AEREX	AEREX BW 125 / 175 / 225	12800 – 15500 € (site internet)
Bau Info center	WRG 134 / WRG 334	5200 €

Ces prix de prennent pas en compte les frais d'installation. Presque tous les fabricants proposent une vérification des calculs thermiques suivant les méthodes de calculs des maisons passives qui est incluse dans le prix de vente du produit.

Coût Opérationnel - Exploitation – Maintenance

Les coûts opérationnels sont :

- la consommation électrique du système en fonctionnement ;
- la maintenance annuelle si elle est réalisée par un spécialiste ;
- le coût de changement des éléments comme les filtres.

En prenant la consommation électrique annuelle moyenne obtenue lors de l'étude sur site réalisée par le Fraunhofer ISE, qui est de 16,9 kWh/m² (moyenne obtenue sur 42 maisons passives équipées de système compact), pour une surface habitable de 100 m², on obtient une consommation annuelle de 1690 kWh, ce qui représente une facture de 304 euros en Allemagne et représenterait une facture de 205 euros en France.

LE VECU DES UTILISATEURS – AVIS DES ACTEURS ET DU PUBLIC

Gestionnaire

Aucune information n'a été trouvée sur ce point.

Mainteneur – Commissionnement

Aucune information n'a été trouvée sur ce point.

Utilisateur final – Occupants

L'Allemand moyen ne sait a priori pas plus que le Français moyen ce qu'est la ventilation et à quoi elle sert, mais les clients, donc les utilisateurs, des systèmes compacts sont un peu plus sensibilisés.

Les systèmes compacts ne sont aujourd'hui installés que dans des maisons individuelles, et correspondent aujourd'hui à un marché de niche qui compte tenu du prix des appareils est plutôt un marché haut de gamme. Les clients types sont donc des personnes actives dans la projection et la conception de leur future maison (voir §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) De nombreuses études traitent du vécu des occupants de maisons passives, mais aucune n'aborde en particulier les systèmes compacts.

VITESSE DE DIFFUSION DANS LE PAYS

Le Marché – Commercialisation

Les systèmes compacts occupent 30 à 50% du marché des maisons passives en Allemagne. On y compte une quinzaine de fabricants.

Plusieurs industriels ont commencé à mettre sur le marché leurs appareils courant 2004.

Un certain nombre d'autres produits sont vendus dans des maisons qui ne sont pas des maisons passives, mais à faible consommation d'énergie : STIEBEL-ELTRON a vendu par exemple près de 2000 unités LWZ 303.

Le Fraunhofer ISE a également lors d'une autre étude de marché interrogé 200 experts du domaine de la construction sur leurs prévisions du marché du bâtiment dans le futur : approximativement 50% des bâtiments neufs en 2010 seraient des maisons à faible consommation d'énergie ou des maisons passives. Le marché des systèmes compacts pourrait alors devenir un marché de masse.

Volonté d'exportation

Les sociétés les plus petites, ayant un marché localisé sur leur pays ou à la limite sur les autres pays germaniques, n'ont pas encore de volonté d'exportation des produits. Les sites internet et la documentation sont en allemand uniquement. Viessman et Stiebel-Eltron présentent leur système compact sur leur site internet français. En revanche, on ne trouve pas d'information ni de lien sur les sites français de Siemens et de Zehnder. Une demi dizaine d'appareils LWZ 303 de la société Stiebel-Eltron sont installés ou en cours d'installation en France.

3.5.5 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRE DIMENSIONS ETUDIEES

POINTS FORTS, POINTS FAIBLES DE L'INNOVATION (METHODE SWOT)

S : Strength - Forces

Ces systèmes

- sont adaptés à la production, distribution et émission de faibles puissances et de faibles consommations de chauffage (le besoin principal devenant l'eau chaude sanitaire),
- utilisent de l'énergie électrique au moyen de machines thermodynamiques aux performances pouvant être élevées. De plus on peut imaginer des pompes à chaleur réversibles assurant le rafraîchissement l'été notamment lors de la production d'ECS.
Leur raccordement à une production photovoltaïque est possible pour aller vers des bâtiments à énergie positive
- sont compactes,
 - ne demandant que peu d'espace supplémentaire par rapport à une chaudière avec un ballon,
 - libérant de la place et multipliant les possibilités de rangement dans le logement par la suppression des radiateurs.
- peuvent assurer la ventilation dans des bâtiments traditionnellement non ventilés.
- fonctionnent sans recyclage de l'air, le chauffage de l'air neuf suffisant à réchauffer le logement.
- sont plus rapides à mettre en œuvre sur un chantier que des systèmes qui ne sont pas intégrés.
- répondent à une demande (plutôt faible pour l'instant) et sont a priori fiables techniquement. Leur développement est encadré par le PHI.

W : Weakness : Faiblesses

- Le vecteur du chauffage est l'air neuf. L'air neuf assure deux fonctions simultanément : le chauffage et le renouvellement d'air ce qui conduit à un manque de souplesse. Est-il facile de réguler le confort thermique tout en contrôlant la qualité de l'air intérieur ?

Si le débit d'air dans chaque pièce est fixe, la température de l'air soufflé étant unique pour toutes les pièces, on ne peut donc pas adapter finement la puissance émise au besoin de chaque pièce. De plus l'air chaud est soufflé dans les pièces de séjour et extrait dans les pièces de service il faut prévoir au moins un appoint dans la salle de bain. Comment sont gérées les pointes en hiver ?

Il convient donc de vérifier que ce système respecte la réglementation d'hygiène.

- Le système implique certaines contraintes ou difficultés.

Il est complexe et bien que fiable sans doute assez difficile à gérer. Son installation fait appel à des compétences multiples. Il exige des calculs thermiques assez fins. Par ailleurs, il n'existe pas de méthodes de caractérisation communes.

Sa puissance étant faible, il peut y avoir des difficultés de mise en régime après un arrêt ou un réduit. Ainsi, l'ouverture des fenêtres peut dégrader momentanément le confort thermique. Il semble alors nécessaire que les occupants de maisons à très basse consommation soient informés des spécificités de ces maisons et de leurs équipements.

Des exemples montrent que les niveaux de consommation attendue sont parfois dépassés.

Compte tenu de son coût actuel assez élevé, sa diffusion ne se conçoit actuellement qu'avec des aides financières.

Dans certains pays le chauffage aéraulique des logements est confidentiel et ne correspond pas à une habitude des occupants.

O : Opportunités – Opportunités

- Le développement de ces produits bénéficie d'un contexte favorable, les objectifs de réduction des émissions de GES pour 2050 devant certainement conduire au développement de maisons à très basse consommation, voire à énergie positive auxquelles sont liés les unités compactes.
- L'expérience à l'étranger est valorisable.
- Les unités compactes peuvent offrir des possibilités de développement industriel. C'est un nouveau marché pour des industriels déjà installés et pour de nouveaux acteurs.
- Les réglementations thermiques se durcissant, elles pourront intégrer les unités compactes.
- L'alimentation par l'électricité est un avantage si les politiques publiques ont comme priorité la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et si le parc des centrales électriques privilégie les technologies nucléaires et énergie renouvelable.
- Les systèmes compacts peuvent être considérés comme de la haute technologie pour le bâtiment. C'est une opportunité pour enrichir les compétences et pour attirer des capitaux.
- L'intégration dans un même système des fonctions chauffage, ventilation et ECS intéresse des constructeurs qui cherchent à limiter le nombre d'interlocuteurs, qui souhaitent un correspondant et un responsable unique pour l'installation et le réglage de toutes ces prestations.

T : Threats – Menaces

- Au plan de la filière :

Les industriels peuvent-ils créer un marché viable ? Actuellement, il faut des aides financières maintenir des niveaux de prix abordables.

De nouveaux acteurs innovants (spin-off, start-up) concurrencent en permanence les fabricants établis en proposant de nouveaux produits.

La distribution et l'installation des systèmes compacts sont impossibles sans le soutien des industriels qui sont contraints d'investir dans les métiers aval, ce qui peut fragiliser leur santé financière.

Il n'y a pas de métier support au niveau du négoce, du chantier et de la maintenance. Que deviennent les chauffagistes devant le besoin d'un métier nouveau pour installer et maintenir ces systèmes ? L'installation exige en effet des compétences qui n'existent pas en France.

- Il y a des systèmes concurrents, qui pourraient également se révéler efficaces (les systèmes compacts n'équipent que 40% des maisons passives)

Compte tenu du faible niveau de besoin, le chauffage électrique par convecteur avec un système de ventilation double flux (par pièce ?) et l'ECS solaire (voire le chauffage par cheminée en zone rurale ou périurbaine) peut être une solution dans les maisons passives, car c'est une solution que l'on rencontre dans l'habitat traditionnel, que l'on connaît et qui pourrait se révéler moins onéreuse.

Les composants utilisés dans les systèmes compacts (pompe géothermale, double flux, ...) et assemblés à la demande sur le chantier sont aussi des concurrents, le coût du montage pouvant être compensé par des équipements moins chers qui s'adressent à un marché plus important. De plus ces systèmes moins intégrés atteignent des performances énergétiques équivalentes et ont déjà un réseau support pour la distribution et l'installation.

- Il y a des cas où les prévisions de consommation sont largement dépassées. Il est nécessaire d'améliorer notre connaissance de tels systèmes. Les retours d'expériences très fouillés manquent, tant pour ce qui est de l'aspect technique que de l'aspect sociologique.
- L'acceptabilité par l'utilisateur à grande échelle reste à démontrer. Jusqu'à présent le marché est un marché de niche touchant surtout une clientèle aisée, informée et motivée.
- Son développement est lié à celui de la maison passive. Cela implique que le système compact ne peut concerner que le neuf ou la réhabilitation lourde, ce qui en limite le marché.
- Ces systèmes doivent prendre en compte les exigences réglementaires concernant les fluides frigorigènes.

3.5.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

LES CHANCES DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

Les unités compactes ayant été conçues pour les maisons passives, leur développement est intimement lié à celui des maisons à très faible consommation d'énergie et des maisons à énergie positive dans le contexte du protocole de Kyoto.

Les pays industrialisés dont la France doivent réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'un facteur 4 d'ici à 2050. Cette réduction concerne tous les secteurs d'activité, notamment le secteur du bâtiment qui doit mettre en œuvre des solutions innovantes tant dans l'existant que dans le neuf pour atteindre cet objectif.

Les pays germanophones ont mis au point une solution originale avec les systèmes compacts pour le chauffage, la ventilation et la production d'ECS des maisons passives. Toutefois les systèmes compacts pouvant être utilisés directement en France dans des opérations de démonstrations doivent être adaptés au contexte Français (métropolitain, DOM...) pour une diffusion plus large :

- Compte tenu du climat des pays germanophones en général, les unités compactes sont surtout destinées au chauffage et à la production d'ECS. Les trois types de climat, continental, méditerranéen et océanique, représentés en France vont conduire à des besoins de chauffage variés voire à des besoins de refroidissement. Ainsi par exemple, des systèmes avec des pompes à chaleur réversibles permettraient de produire du froid l'été associé ou non à la production d'ECS.
- D'autres systèmes pourraient concurrencer les unités compactes. On peut citer le chauffage électrique direct allié à un système de ventilation double flux avec un récupérateur performant et une production d'ECS solaire.
- Les unités compactes sont principalement destinées à la maison individuelle neuve et aux cas de rénovation très lourde. On doit s'interroger sur leur adaptation au traitement individuel des logements collectifs. Dans le tertiaire les systèmes à air constituent une bonne base de réflexion de par leur analogie avec les systèmes compacts.
- Les freins au développement des unités compactes en France telles qu'elles sont proposées actuellement sont réels :

Les unités compactes sont fondées sur la ventilation double flux avec échangeur. En France, dans le logement la ventilation par extraction mécanique est fortement représentée et des systèmes comme la ventilation hygroréglable sont développés. Il convient donc de comparer ces systèmes tant au plan de l'efficacité de la ventilation qu'au plan des consommations d'énergie.

L'air neuf est le vecteur de chauffage. Le chauffage aéraulique dans les logements reste confidentiel en France. Une des raisons pourrait être son inadéquation avec les normes sociales que l'on associe au confort thermique chez soi : chaleur, réconfort, plaisir, etc. En établissant des relations de dépendance étroite entre chauffage, ventilation et production d'eau chaude sanitaire, les systèmes compacts rendent difficile la compréhension par l'utilisateur des principes de fonctionnement.

Par ailleurs, il semble difficile d'assurer correctement le chauffage et la ventilation simultanément. De plus, la qualité du chauffage aéraulique dépend sensiblement de la qualité de la diffusion de l'air dans les pièces.

- Le long processus de sensibilisation de certaines populations du nord de l'Europe sur la préservation de l'environnement commence à porter ses fruits. Ainsi, les particuliers ont changé de comportement et sont prêts à investir plus pour des systèmes plus écologiques qu'ils sont d'ailleurs fiers de montrer. Cet état d'esprit ne se retrouve en France que dans les CSP+. Cela implique que les systèmes compacts seront dans un premier temps limités à un marché de niche positionné haut de gamme. Les premiers clients types seront plutôt des diplômés sensibles à

l'écologie.

- Dans les pays du nord de l'Europe, le coût d'un système de chauffage est différent du nôtre. Les solutions moins coûteuses à l'investissement comme la chaudière murale ou le chauffage électrique y sont l'exception. Le consommateur français risque donc de solliciter des soutiens financiers pour choisir cet équipement.
- Le système compact fait appel à un ensemble de technologies plus ou moins complexes. Des contrats de maintenance sont indispensables pour garantir les performances dans le temps. Or les habitants de maison individuelle sont peu habitués à cette démarche et ils ne sont pas compétents pour vérifier si le travail prévu a été bien réalisé. Il faut donc mettre en place une structure d'accompagnement des utilisateurs et encadrer la filière maintenance.
- Il convient également d'analyser la place du chauffage électrique.
- Le modèle économique français de la production d'électricité est spécifique avec une part prépondérante du nucléaire. Sera-t-il adapté aux maisons à très faible consommations d'énergie, dans lesquelles on rencontre les systèmes compacts, ayant un profil de consommation différent, c'est-à-dire une consommation moyenne plus faible mais des pointes maintenues à des niveaux élevés ?
- L'ouverture des fenêtres est très pénalisante en terme de confort thermique. Qu'elle va être l'attitude de l'utilisateur par rapport à cette contrainte, notamment dans des pièces comme la cuisine ? La fenêtre répond également à des besoins plus ou moins conscients tels que la relation à l'extérieur et l'accès à l'air libre. Mais ce point concerne plus la maison passive que le système compact.

COMPATIBILITE AVEC LE CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF FRANÇAIS

Le chauffage aéraulique par l'air neuf, tel que réalisé par les unités compactes, doit faire l'objet d'évolution pour respecter la réglementation, en effet :

- la réglementation relative à l'aération des logements impose d'une part des entrées d'air dans les pièces principales et des sorties dans les pièces de service et d'autre part des débits d'air à extraire,
- la réglementation thermique impose notamment qu'une installation de chauffage, hors base pour les systèmes mixtes, doit comporter par local desservi un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure du local.

QUELLE DYNAMIQUE D'ACTEURS NÉCESSAIRE

L'expérience étrangère montre que le développement des unités compactes est lié principalement à celui des maisons individuelles neuves à très faible consommation d'énergie. En fait les engagements pris en matière de réduction des émissions de GES impliquent de généraliser les bâtiments à très faible consommation dans le neuf et la réhabilitation tant pour le résidentiel que le tertiaire.

Il est alors nécessaire d'établir une typologie du parc immobilier français montrant l'importance et les spécificités de chacun des secteurs afin de définir des solutions adaptées.

On conçoit trois étapes de développement en France :

- des groupes d'acteurs complémentaires constitués au moins d'un centre de recherche, d'un maître d'ouvrage et d'un industriel mettent au point des produits à partir de ce qui existe et les installent dans des opérations de démonstration.
- l'expérience acquise permet d'une part la sélection des meilleures solutions et la définition de labels pour l'enveloppe et le système et d'autre part la diffusion plus large des unités compactes en même temps que les bâtiments.

- passage à la pratique courante.

L'expérience à l'étranger concernant surtout la maison neuve il semble judicieux de d'aborder ce secteur en premier. L'expérience propre acquise permettra alors de traiter les autres secteurs et notamment l'existant qui demande des solutions spécifiques développées selon le niveau de performance visé.

Ce développement doit être soutenu par un programme de recherche ambitieux :

- développement des composants des enveloppes et des systèmes,
- développement de solutions globales cohérentes par secteur,
- développement d'outils de calcul,
- développement d'outils de formation, d'information des futurs occupants,
- étude de terrain pour connaître le comportement réel des équipements et la réaction des occupants et ainsi faire un retour vers les étapes de développement. Il s'agit notamment d'expliquer les dépassements de consommation qui pourraient apparaître.

Il convient également de mettre en œuvre des aides financières pour passer à un marché autonome. La réflexion pourrait aussi porter sur l'intérêt d'un système de garanties de résultat.

Il faut également favoriser le développement des métiers support à cette technologie. Les installateurs français restent attachés à leur activité d'assembleur sur chantier. Ils risquent donc d'être réticents à installer des systèmes intégrés qui sont de nature à favoriser le transfert d'une partie de leur marge vers les industriels.

Les industriels constituent le relais essentiel au développement des systèmes compacts. Un des moteurs essentiels de leur motivation est l'intégration à un réseau disposant d'une image forte type Passiv Haus ou Minergie.

Les constructeurs de maisons individuelles apparaissent aussi comme un relais puissant car les systèmes intégrés peuvent être une piste pour réduire le délai des chantiers.

DISPONIBILITE EN FRANCE DES TECHNIQUES CONCERNEES ET DES COMPETENCES DE POSE.

Plusieurs industriels de la ventilation disposent du savoir faire pour mettre au point des unités compacts et y apporter les adaptations au contexte français. Une société développe un système double flux avec récupération par pompe à chaleur réversible (refroidissement possible de l'air neuf soufflé). Il convient de noter qu'en France les industriels de la ventilation sont souvent à l'origine d'innovations technologiques.

Bien que le savoir faire, les techniques de pose et l'outillage nécessaire ne diffèrent pas de ceux liés aux composants élémentaires d'un système compact et même si certains éléments sont particulièrement techniques ou d'enjeu sanitaire important, la difficulté de mise en œuvre vient surtout de la multiplicité des compétences à rassembler. A tel point que pour l'instant certains fabricants allemands réalisent eux-mêmes l'installation de leurs produits.

En France, les PAC et l'ECS sont installées par les plombiers ou les électriciens et il n'y a pas de professionnels de la pose de la ventilation : l'électricien par exemple pose le groupe d'extraction et le menuisier les entrées d'air.

Des améliorations de compétences sont donc nécessaires, à la fois pour l'ingénierie, pour l'installation

et pour la maintenance. Cependant considérer une seule personne rassemblant toute les compétences requises semble illusoire. La pose pourrait être assurée sous la responsabilité d'une personne maîtrisant au moins un des champs de compétence et connaissant bien les produits, aidée pour les autres champs.

La formation des installateurs par les industriels est donc très importante.

QUELS TYPES D'INCITATIONS ENVISAGER

Réglementation Technique

Le durcissement de la réglementation thermique prévu à intervalles de cinq ans ainsi que la mise en place de labels (HPE, THPE, basse consommation et leurs versions solaires) conduiront inmanquablement au développement des maisons à très faible consommation d'énergie.

Fiscalité, Financement, Soutien des Collectivités locales

Un point de blocage est le coût des solutions.

En Allemagne, en Suisse et en Autriche au niveau fédéral comme au niveau régional des programmes d'aide à la construction de maisons passives sont mis en œuvre. Ces aides sont des aides directes ou des prêts à taux avantageux par rapport au marché et avec des facilités de remboursement. L'attribution des aides dépend de différents critères qui peuvent être un indice de consommation comme en Autriche ou le respect des exigences du standard Minergie en Suisse. Les aides peuvent être gérées par des banques.

Il convient de noter que les aides sont destinées à la construction de maisons passives ou à très faible consommation d'énergie, il ne semble pas y avoir d'aides ciblées sur les unités compactes.

On constate qu'il faut non seulement mettre en œuvre des montages financiers, avec l'implication du secteur bancaire, destinés à financer tout ou partie du surcoût de construction et des mécanismes de crédit d'impôt, mais aussi définir la performance à atteindre pour justifier le financement et un contrôle a posteriori.

Initiatives Privées

Plusieurs initiatives se développent en France :

- des maisons neuves à faible consommation d'énergie et de réhabilitation performantes.
- de la part de l'Ademe, des régions, de certaines banques notamment pour l'aide au financement d'équipements et de travaux en faveur des énergies renouvelables. Citons l'association Effinergie, rassemblant des collectivités locales et des professionnels du bâtiment, ayant pour but de promouvoir les constructions à basse consommation d'énergie et de développer en France un référentiel de performance énergétique des bâtiments neufs et existants.

Bien que ne concernant pas les systèmes compacts, elles constituent une opportunité pour la première des trois étapes proposées pour le développement des systèmes compact. En effet ces initiatives, vont dans le sens de l'amélioration énergétique des bâtiments vers le développement des bâtiments à très faible consommation d'énergie dont dépend le sort des unités compactes.

Ces initiatives, qui montrent qu'il n'y a aucune fatalité et que les participants à l'acte de construire se sensibilisent, doivent être étudiées en détail pour capitaliser leur expérience et fédérées pour se développer.

REFERENCES

- [1] Site internet de la DGEMP (Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières) : <http://www.industrie.gouv.fr/energie/sommaire.htm>
- [2] BÜHRING Andreas - *Wärmepumpen-Kompaktgeräte zur Lüftung, Warmwasserbereitung und Heizung im Passivhaus* - 2. Passivhaustagung, 1998
- [3] DURIER F., LE VAGUERESE P. - Appareils multifonctions pour ventilation, chauffage et eau chaude sanitaire : les produits disponibles sur le marché allemand – NTV CETIAT 2003/042, mai 2003
- [4] Systèmes de chauffage et de ventilation innovants, journée technique CETIAT, 6 septembre 2005
- [5] Site internet de l'Institut des maisons passives "Passivhaus Institut" : <http://www.passiv.de/>
- [6] Site internet de l'association d'information sur les maisons passives "IG Passivhaus" : <http://www.ig-passivhaus.de/>
- [7] Site internet du Fraunhofer Institut Solare Energiesystem : www.ise.fhg.de
- [8] Site internet de l'Ecole supérieure des deux Bâle : <http://www.fhbb.ch/index.php>
- [9] Site internet de l'Ecole supérieure Technique et d'Architecture de Lucerne www.hta.fhz.ch
- [10] Site internet de l'institut de recherche EMPA (Sciences et Technologie des Matériaux) : www.empa.ch
- [11] Site internet du Groupement Promotionnel Suisse pour les pompes à chaleur GSP : www.pac.ch
- [12] Johann Reiss – *Ergebnisse des Forschungsvorhabens « Messtechnische Validierung des Energie-konzeptes einer grosstechnisch umgesetzten Passivhausentwicklung in Stuttgart-Feuerbach »* - 7. Internationale Passivhaustagung – 21-22/02/2003 – Hambourg – pp 53-63
- [13] Marc Grossklos, Tobias Loga – *Fensteröffnung in Passivhäusern* – 7. Internationale Passivhaustagung – 21-22/02/2003 – Hambourg – pp 201-208
- [14] Oliver Kah – *Kontinuierliche Luftwechseluntersuchungen in bewohnten passivhäusern – abschliessende Ergebnisse* – 8. Internationale Passivhaustagung – 16-17/04/2004 – Krems – pp 293 – 305
- [15] Hartmut Hübner, Andreas Hermelink – *Sozialer Mietwohnungsbau gemäss Passivhausstandard. Praktische Erfahrungen und Gestaltungshinweise* - 7. Internationale Passivhaustagung – 21-22/02/2003 – Hambourg – pp 345-352
- [16] Site internet du projet européen ENPER – TEBUC : <http://www.enper.org/>
- [17] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B.1, Energy Performance of Buildings : Calculation Procedures Used in European Countries – 01/09/2004
- [18] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B2 : Energy Performance of Buildings :

- [19] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B3: Energy Performance of Buildings : Legal Context and Practical Implementation of an Energy Performance Legislation – 01/09/2004
- [20] Projet européen ENPER-TEBUC – Task B5: Energy Performance of Buildings : Impact of an EP Regulation on the Building and Technology Market – 01/09/2004
- [21] Projet européen ENPER-TEBUC — 01/09/2004
- [22] Site internet sur la réglementation thermique allemande : <http://www.enev-online.de/>
- [23] Site internet de la Banque KfW : www.kfw-foerderbank.de
- [24] EN 832 Août 1999 - Performance thermique des bâtiments - Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage - Bâtiments résidentiels
- [25] BÜHRING Andreas – *Development and measurements of compact heating and ventilation devices with integrated exhaust air heat pump for high performance houses* – 8th International Energy Agency Heat Pump Conference, Las Vegas, Juin 2005
- [26] AFJEI T., WEMHÖNER C., DOTT R., HUBER H., KELLER P. – *A generic calculation scheme to estimate seasonal performance of combined systems and experimental results* – IEA HPP Annex 28 Workshop Las Vegas, 30/05/2005
- [27] EN 255-3 Octobre 1997 "Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique. Mode chauffage - Partie 3 : essais et exigences de marquage pour les appareils pour eau chaude sanitaire."
- [28] BÜHRING Andreas - *Aktueller Stand der Weiterentwicklung von Lüftungs-Kompaktgeräten* - 9. Internationale Passivhaustagung – 29-30/04/2005 – Ludwigshafen – p.139 - 144
- [29] BÜHRING A., BICHLER C., JÄSCHKE M., WAPLER J., MIARA M., SCHOSSOW M. GUTER W. - *Lüftungs-Kompaktgeräte: Marktüberblick und Stand der Weiterentwicklung* - 9. Internationale Passivhaustagung – 29-30/04/2005 – Ludwigshafen
- [30] Energie – Statistiques mensuelles – Commission Européenne – Environnement et Energie, mars 2006 – 177 pages
- [31] Energie et Matières premières, Prix du gaz et de l'électricité en Europe au 1^{er} juillet 2005 – DGEMP, Observatoire de l'Economie de l'Energie et des Matières Premières, Observatoire de l'Energie, Février 2006
- [32] Site du Surveillant des prix de l'électricité suisse : <http://prix-electricite.monsieur-prix.ch/web/f/>
- [33] Site de EUROSTAT : <http://epp.eurostat.cec.eu.int>
- [34] Site internet de l'association MINERGIE : www.minergie.ch

3.6 PHOTOVOLTAIQUE EN TOITURE OU EN FACADE

Auteurs : Rodolphe Morlot (rodolphe.morlot@cstb.fr)
avec la participation
de Philippe Dard (philippe.dard@cstb.fr)

INTRODUCTION

Réservé jusqu'à présent au marché des « sites isolés », marché de première importance pour les Pays en voie de Développement qui ne peuvent supporter les investissements de production des modules, le photovoltaïque devient aujourd'hui un enjeu économique important pour les entreprises européennes, faces aux ambitions des entreprises américaines et japonaises de ce secteur, grâce à la maturité technique et administrative du marché de la « connexion réseau » (vente en partie ou de la totalité de la production électrique solaire au réseau de distribution électrique).

L'objectif du doublement d'ici 2010 de la part des sources d'énergie renouvelable hors hydraulique affiché par la Commission Européenne dans le Livre Blanc consacré à la politique énergétique de l'UE, vient renforcer les besoins en développement de la filière photovoltaïque, qui découle des engagements des Etats signataires à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'au moins 5% par rapport aux niveaux de 1990 durant la période 2008-2012, lors du protocole de Kyoto sur les changements climatiques.

Cette volonté affichée par l'UE, se traduit pour le photovoltaïque par la volonté de mettre en place 1 million de systèmes photovoltaïques pour l'Europe, ce qui est cohérent avec les mesures mises en place au Japon et aux Etats Unis. Pour réaliser cet objectif, le photovoltaïque se tourne vers le secteur du bâtiment, qui représente à lui seul le plus grand consommateur d'énergie (environ 45% de l'énergie globale d'un pays industrialisé tout usage confondu, dont 80% au cours de sa vie en œuvre), devant le secteur des transports, et contribue pour 25 à 30 % des émissions de CO₂.

L'objet de cette étude est l'évaluation, la capitalisation et l'analyse des conditions de transposition à la France des systèmes photovoltaïques intégrés au cadre bâti. Les systèmes photovoltaïques sont des produits assurant de façon conjointe les fonctions de production d'électricité autonome et les fonctions de stabilité, d'étanchéité à l'air/eau, de sécurité... liées au respect de l'intégrité du cadre bâti (habitabilité, durabilité).

Le champ de l'étude a été limité au Japon, pays dans lequel les produits répondant à cette définition existent. La filière photovoltaïque y est fortement développée et le « mariage » avec le secteur de la construction très prolifique.

3.6.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUE D'ACTEURS

CONTEXTE NATIONAL ET LOCAL

Japon :

La consommation en énergie au Japon a augmenté de façon continue depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, avec simplement un ralentissement pendant les crises pétrolières des années 1970. La consommation d'énergie finale atteint aujourd'hui un peu plus 350 Mtep. La consommation d'énergie primaire¹ par habitant est d'environ 4,0 tep par habitant, identique à la moyenne des 15 pays de l'Union Européenne avant 2004 et deux fois plus faible que celle des Etats-Unis².

La sécurité d'approvisionnement a toujours été au centre de la politique énergétique du Japon, obsédé par sa propre vulnérabilité en ce domaine. Et le Japon ressemble à bien des égards à la France, notamment par sa pauvreté en ressources énergétiques, et par les réponses apportées à cette situation. Ainsi, le nucléaire représente plus du tiers de la production d'électricité. On ne saurait en effet occulter la réalité du développement du nucléaire japonais, entériné par l'adoption du programme énergétique publié le 12 juillet 2001 (Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie - METI).

Pour autant, et suite à la première crise pétrolière de 1973, le potentiel du photovoltaïque a été reconnu par le gouvernement japonais, qui a soutenu un programme de R&D combiné à des subventions pour l'installation de systèmes photovoltaïques. La crise financière des années 1990 (chute des cours boursiers et des prix fonciers) a entraîné une baisse des investissements privés puis publics dans

l'industrie et la construction. Le gouvernement japonais a adopté en 1997 un large plan de restructuration économique. Le volet énergétique de ce plan d'action classe le développement et la commercialisation des énergies renouvelables comme l'une des priorités. Sur le plan législatif, cette loi sur les nouvelles énergies définit la responsabilité de chaque secteur (gouvernement, consommateurs, fournisseurs, fabricants d'équipements) pour introduire et développer les nouvelles énergies, qui ont atteint techniquement un niveau d'utilisation pratique mais qui ne sont pas encore largement utilisées pour des raisons économiques. Cela inclut l'éolien, le photovoltaïque, la biomasse, l'incinération de déchets et l'hydroélectrique de petite taille (jusqu'à 1 MW).

Aujourd'hui le Japon est le leader mondial du photovoltaïque en terme de volume de production de modules photovoltaïques (618 MW en 2004), devant l'UE (308 MW) et les Etats-Unis (139 MW). Un objectif de 4,8 GW de systèmes photovoltaïques installés est visé pour 2010.

Le photovoltaïque nécessite un investissement environ vingt fois plus important que le nucléaire mais le coût de revient de l'électricité pour un particulier n'est que deux à trois fois plus élevé que le prix d'achat d'électricité auprès d'une compagnie électrique. Le photovoltaïque peut alors rapidement devenir un investissement intéressant pour les particuliers. Les programmes de R&D mis en place par le gouvernement japonais visent donc à réduire le coût de production de l'électricité à partir du photovoltaïque pour le rendre de plus en plus compétitif. Le photovoltaïque est par ailleurs une source d'énergie particulièrement bien adaptée au Japon pour fournir un complément d'énergie en cas de forte demande. Le pic de demande d'électricité est en effet l'après midi (surtout en été à cause de la forte utilisation des climatiseurs), au moment où la production des installations photovoltaïques est à son maximum.

Les nouvelles énergies représentent environ 1% de la totalité des sources d'énergie primaire au Japon, mais seulement 0,5% pour la production d'électricité. Le METI a fixé comme objectif pour 2010 que les nouvelles énergies, prises de façon globale, représentent 3% de l'énergie primaire. L'objectif est de produire 1.35% de la fourniture nationale d'électricité à partir des nouvelles énergies en 2010, soit 12.2 TWh, contre 0.33 TWh en 2003.

Ce n'est pourtant qu'en 2002 que le Japon a ratifié le protocole de Kyoto. Dans le cadre de cet accord international, le Japon s'engage à réduire d'ici 2010 ses émissions polluantes de 6% par rapport aux niveaux observés en 1990.

Prise de conscience collective et actions

Deux lois gouvernementales ont permis d'asseoir la stratégie nationale du développement du photovoltaïque au Japon, et induire les progrès planétaires de la filière que l'on connaît aujourd'hui.

En 1980 le gouvernement adopte une loi concernant « *la promotion du développement et de l'introduction des énergies alternatives* ». Cette loi a pour objectifs :

- d'approvisionner le Japon en énergies de substitution des énergies fossiles,
- la création du NEDO (New Energy Development Organization), pour la mise en œuvre des développements techniques concernant les énergies de substitution,
- la création de la NEF (New Energy Foundation) pour la diffusion des ENR, notamment par l'attribution de subventions.

En 1996 le gouvernement adopte une loi concernant « *les mesures spéciales pour la promotion de l'utilisation des nouvelles énergies* ». Cette réglementation visant à intensifier la diffusion des ENR, a conduit schématiquement à l'adoption des points suivants :

- 1^{er} Principe : Les consommateurs et les fournisseurs d'énergie ont pour **DEVOIR de collaborer** avec le gouvernement en vue de promouvoir les ENR (engagement de l'ensemble du pays est fondamentalement nécessaire)
- 2nd Principe : le pays prévoit de prendre des mesures d'aides destinées à apporter un **soutien financier aux entités qui UTILISENT** dans leur activité ou profession des ENR, par exemple sous forme de prêts garantis.

Cette réglementation invite les professionnels et les particuliers à opter de manière active pour les ENR, en précisant par des recommandations pragmatiques le rôle que doivent assumer d'une part les consommateurs et les fournisseurs d'énergie, d'autre part le gouvernement et les collectivités locales.

Les mesures pour la promotion des nouvelles énergies sont alors différentes pour chaque région et chaque ENR. Le gouvernement agit soit directement via le MITI (Ministry of International Trade and Industry, devenu le METI en 2001), soit indirectement via le NEDO ou la NEF

Différentes actions viennent compléter la politique volontariste du gouvernement japonais, en premier lieu sous l'égide de certains Ministères :

- MLIT (Ministère de l'Aménagement du Territoire, des infrastructures et des transports), qui recommande pour la construction de bâtiments du gouvernement respectant l'environnement, l'intégration de systèmes photovoltaïques. Début 2004, on comptait 455kW installés sur 13 bâtiments du gouvernement central.
- MEXT (Ministère de l'Education, de la Culture, des Sports, de la Science et de la Technologie) a entrepris un projet pilote d'ECO-ECOLEES pour encourager l'installation de systèmes photovoltaïques dans les écoles, des maternelles aux lycées. Début 2004, on comptait 341 écoles de ce type, dont 229 possédaient un système photovoltaïque d'au moins 10 kW.
- MoE (Ministère de l'Environnement) soutient les projets de réduction d'émissions de CO₂ en utilisant des énergies naturelles. La loi sur l'achat « vert » oblige les institutions publiques à acheter des équipements respectueux de l'environnement, dont font partie les systèmes photovoltaïques.

En complément des programmes nationaux, certaines préfectures et municipalités ont fixés leurs propres objectifs d'introduction du photovoltaïque à l'horizon 2010 et soutiennent l'installation du photovoltaïque dans les bâtiments publics et chez les particuliers. Début 2004, 262 gouvernements locaux (préfectures, villes, cantons...) offraient des subventions aux systèmes photovoltaïques résidentiels, complémentaires de celles de la NEF, allant jusqu'à 40% du coût d'installation. Les préfectures qui proposent des subventions (Aichi, Nagano, Hyogo) ont plus de systèmes photovoltaïques installés que celles qui n'offrent pas de subventions.

Les dix compagnies électriques qui exploitent le parc nucléaire, se sont également engagées à acheter l'électricité fournie par le photovoltaïque au même prix que le tarif de vente de l'électricité classique. De plus 4,5 MW sont installés sur leurs installations. Les compagnies électriques ont également mis en place des « Green Power Fund », pour promouvoir le développement de l'éolien et du photovoltaïque. Les clients de ces compagnies peuvent s'ils le souhaitent verser une contribution mensuelle (autour de 500 yens) pour subventionner l'installation de systèmes photovoltaïques dans des bâtiments publics (285 entre 2001 et 2003, environ 5 MW).

Enfin, certaines banques et institutions financières proposent des prêts à taux préférentiels pour l'installation de systèmes photovoltaïques sur des maisons individuelles.

ANTERIORITES ET ORIGINE DE L'INNOVATION

La conversion de la lumière du soleil en énergie électrique ou conversion photovoltaïque (photo = lumière, voltaïque = électricité), a été découverte par le physicien français A. Becquerel en 1839 (apparition inexplicable d'étincelles entre deux matériaux sous l'effet de la lumière = effet photovoltaïque). C'est aujourd'hui le seul phénomène connu pour transformer directement l'énergie lumineuse produite par le soleil, en énergie électrique. L'élément de base de cette transformation est la **cellule photovoltaïque** ou **photopile**, qui utilise donc l'énergie des photons et non pas la chaleur du soleil.

Compris entre 5 et 20%, le rendement énergétique dépend avant tout de la technologie de construction des cellules photovoltaïques. Lorsqu'elle est éclairée, la cellule produit une tension de 0.5 volt, le

courant délivré étant fonction de la surface de cellule et de l'ensoleillement incident (de l'ordre de 30 mA pour chaque cm² de capteur sous un ensoleillement maximum de 1 kW/m²). Pour produire plus de puissance et fournir à un équipement électrique une tension et une puissance adéquates, les cellules photovoltaïques sont connectées électriquement entre elles (connexions série / parallèle), pour former un module.

Consacrée à l'origine presque exclusivement aux applications spatiales, l'électricité solaire photovoltaïque est aujourd'hui utilisée par différentes applications terrestres (relais de télécommunication, balisages, pompes, habitations isolées et habitations urbaines). Elle permet désormais à tout un chacun de produire sa propre électricité et s'il y a lieu, de la revendre au réseau électrique. Les avantages de l'électricité solaire photovoltaïque sont multiples, car elle représente la source d'énergie potentiellement la plus importante pour un usage domestique ou collectif.

Si le Japon occupe la première place au niveau mondial dans le domaine du photovoltaïque, c'est en grande partie grâce au projet « **Sunshine** », conçu sur 20 ans, qui soutient et oriente la R&D depuis 1974. Des projets exploratoires de R&D à court terme, révisés tous les 4-5 ans, pour :

- améliorer les rendements des cellules et réduire les coûts (couches minces, cellules cristallines à double et triples jonctions, cellules à concentrateurs à très haut rendement, cellules hybrides silicium amorphe/silicium polycristallin, Silicium à nanostructure contrôlée,...),
- et optimiser les process de fabrication industrielle pour une production de masse (nouveau procédé permettant la production de tranches de silicium polycristallin à partir de silicium fondu et sans étape de découpe,...).

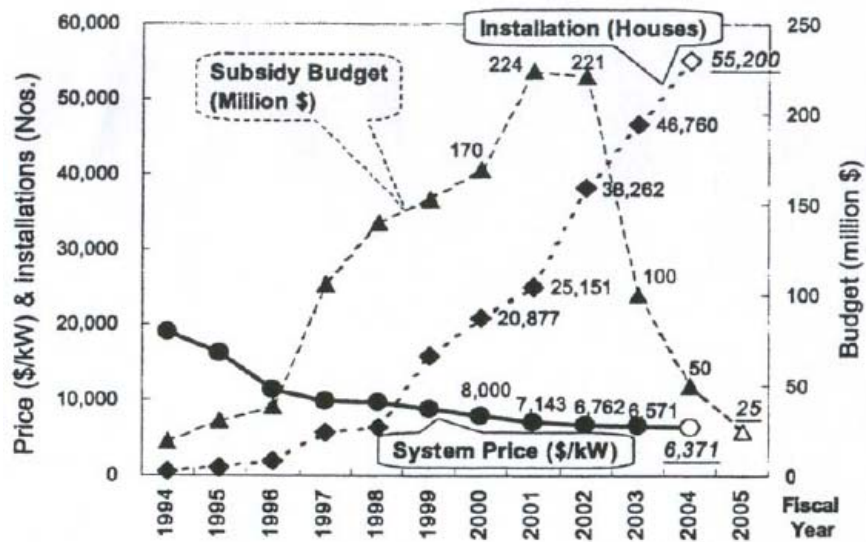
Les industriels à l'époque impliqués sont déjà des multinationales (Sharp, kyocera, Sanyo, Kaneka, Mitsubishi Electric), qui sont aujourd'hui les « majors » en terme de capacité de production de modules photovoltaïques sur le marché mondial.

Pour amener le plus rapidement possible la technique au stade de l'application industrielle, le Japon a lancé en 1993 le « **New Sunshine Project** ». Le programme a contraint les distributeurs d'énergie électrique à acheter l'excès d'énergie photovoltaïque au prix de vente au détail. En 1995, le programme « **Solar Roofs** » est mis en place pour promouvoir l'usage du photovoltaïque dans le résidentiel. En plus d'offrir des prêts avantageux et des subventions, l'initiative comprenait un vaste programme d'information et de sensibilisation. Entre 1994 et 1999, l'Etat a pris en charge 30 à 50% du coût des installations PV construites sur des maisons d'habitation. Depuis 2000, le gouvernement subventionne le photovoltaïque avec une contribution fixe par kW installé. Ce montant était alors de 180 000 yens/kW et il est encore de 20 000 yens/kW en 2005. Au total, l'Etat japonais a injecté – entre 1994 et 2005 – 1187 milliards de yens de subventions pour des installations photovoltaïques construites sur des bâtiments d'habitation. Cette politique de subventionnement a permis d'abaisser d'un tiers les coûts de fabrication des installations photovoltaïques et de créer un marché pour les écouler.

Cette réussite est liée à une forte **politique de soutien à la « Dissémination des systèmes photovoltaïques résidentiels »**, qui a assuré la création d'un marché initial pour le photovoltaïque, et à la **participation active des constructeurs de maisons individuelles**, comme Sekisui, Misawa Homes et Daiwa House. Une grande partie des maisons au Japon sont soit préfabriquées, soit construites avec des éléments standard, facilitant ainsi l'intégration de panneaux solaires. Près de la moitié des systèmes photovoltaïques est vendue lors de la construction d'une nouvelle maison. Ces entreprises de construction individuelles mènent leurs propres recherches sur l'intégration des systèmes aux habitations. Les avantages pour le consommateur sont le prix plus faible du système qui est complètement intégré à la maison et le coût de financement plus faible, car les coûts additionnels du PV sont inclus dans le prêt pour la maison.

Le prix d'installation d'un système de 3kW pour un particulier est ainsi passé de 11 millions de yens en 1993 à environ 2 millions de yens en 2003. Ce prix correspond à un coût de 45yen/kWh, soit le double du tarif de l'électricité vendue par les compagnies d'électricité.

Le programme national actuel, « **Advanced PV Generation** », met l'accent sur la **dissémination à grande échelle du PV et la réduction des coûts**. Une partie du programme est aussi consacrée à favoriser la **recherche exploratoire à long terme**. A la fin du programme APVG (fin de l'année fiscale 2005, c'est à dire mars 2006), la NEDO va continuer un programme de R&D similaire pour atteindre les objectifs à court et long terme fixés par la **Roadmap PV2030**.



Facteur de réussite : Corrélation entre l'évolution du prix des systèmes, du nombre de systèmes installés par an et du budget des subventions - *Source : Sharp.*

DYNAMIQUE DES ACTEURS

Les acteurs qui accompagnent le développement du photovoltaïque intégré au cadre bâti sont :

Les institutions gouvernementales

- NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization): Organisme principal du Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie pour orienter et subventionner la recherche sur les technologies des nouvelles énergies et de l'environnement.
- ANRE (Agency for Natural Resources and Energy): Agence chargée de la politique énergétique au sein du Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie (METI).
- NEF (New Energy Foundation) : Chargé du programme de subvention.

Les Associations de la filière photovoltaïque

- PVTEC (Photovoltaic Power Generation Technology Research Association): Association des entreprises impliquées dans la R&D sur le photovoltaïque.
- JPEA (Japan Photovoltaic Energy Association) : Promotion de l'énergie photovoltaïque par la diffusion de l'information sur le photovoltaïque (organisation de conférences, publication de revues).

Les Associations de la filière construction

- JAHB'Net (Japan Area Home Builders' Network): réseau national d'environ 600 constructeurs de maisons individuelles et compagnies de construction au Japon (siège à la maison d'Aqura), a rédigé et publié le 20 Avril 2005, une charte décrivant une maison normalisée capable de réaliser des coûts de service nuls, en combinant un système photovoltaïque de production de l'électricité avec tous les appareils électriques.

Les laboratoires de Recherche dans le domaine du photovoltaïque

- JET (Japan Electrical Safety and Environment Technology Laboratories): Certification du matériel électrique. Participe à des projets de recherche de la NEDO sur le photovoltaïque.
- AIST (National Institute for Advanced Industrial Science and Technology): Cinq équipes de recherches abordent la recherche sur le photovoltaïque dans son ensemble. Le « Mega Solar », un système de 1000 kW, a été installé en 2004, avec plusieurs types de modules.

Les laboratoires de Recherche dans le domaine de la construction

- Building Research Institute,
- Tokyo Institute of Technology
- Nagoya Institute of Technology

Les universitaires

- Atsushi Akisawa Lab, Tokyo University of Agriculture & Technology: Sur l'énergie solaire en général, sur les cellules à concentrateur et à colorants pour le photovoltaïque.
- Chubu University
- Gifu University
- Kanazawa University
- Kurokawa Kousuke Lab, Tokyo University of Agriculture & Technology: le professeur Kurokawa est un des acteurs principaux dans l'établissement de la roadmap PV 2030 [http://pv.ei.tuat.ac.jp/english/papers/ieeepvsc31_kurokawa.pdf]
- Kyushu University
- Okada Yoshitaka Lab, Tsukuba University
- Okamoto Hiroaki Lab, Osaka University
- Tohoku University
- Toyohashi University, Toyohashi et Toyota Technological Institute, Nagoya : cellules photovoltaïque avec concentrateur
- Wada Takahiro Lab, Ryukoku University : Matériaux pour le PV (CIS, TIO2)
- Fuyuki Takashi Lab, Nara Institute of Science and Technology: (Semiconducteurs)
- Hanna Junichi Lab, Tokyo Institute of Technology: procédés de fabrication des cellules (plasma CVD)
- Konagai-Yamada Lab, Tokyo Institute of Technology: le professeur Konagai préside le comité de la JSPS sur le photovoltaïque (175th Committee on Innovative Photovoltaic Power Generating Systems).

Les Industriels de la filière photovoltaïque

La moitié des systèmes PV vendus dans le monde sont fabriqués par des entreprises japonaises : Sharp, Kyocera, Sanyo, Mitsubishi Electric pour ne citer que les plus importantes. Si les cellules sont fabriquées uniquement au Japon, la fabrication des modules est en partie délocalisée hors du pays. En 2006, la capacité de production des 4 plus grands fabricants de cellules japonais dépassera les 1.2GW.

		Capacité de production [MW]	
Industriel	technologie	2005	2006
Sharp	sc-Si, mc-Si, thin film Si ²	500	Pas précisé
Kyocera	mc-Si, spherical Si	240	Pas précisé
MSK	PV-module	180	Pas précisé
Sanyo electric	a-Si/sc-Si, thin film Si	160	250
Mitsubishi Electric (MELCO)	mc-Si	135	230
Kaneka	a-Si, a-Si/p-Si	30	55
Mitsubishi Heavy Industries	a-Si	10	40
Hitachi	sc-Si	10	Pas précisé
Honda Motor	CIGS	2.8	27.5
Fuji Electric	a-Si	3	15
Showa Shell Sekiyu	CIGS	-	20
Fujiprim / Clean Venture 21	PV-module, spherical Si	-	3
Matsushita Ecology System	CIGS	-	-
Canon	mc-Si (triple jonction)	-	-

Les industriels de la filière Construction, PME

- Sekisui, Misawa Homes, Daiwa House
- Kyoei, Kajima, Obayashi,
- Shimizu, Takenaka, Yano-jyuken,...

- Asahi Glass Co. Ltd., Nippon Sheet Glass Co. Ltd.
- Chisso Corporation, Clean Venture 21 Corporation, Ebara Corp.
- Daido Metal Co. Ltd., Daido Steel Co Ltd., Kawasaki Steel Corp.
- Nippon Shokubai Co. Ltd., Stanley Electric Co., Toppan Printing Co.

Il n'y a pas à proprement parler d'acteurs résistants à l'innovation : il semble en effet que tous les acteurs jouent le jeu, car même si certains suivent une politique prudente, ils sont tous conciliant avec la NEDO, dans la mesure où cela ne leur coûte rien. Leur volonté d'aboutir à une production industrielle n'est pas toujours très affirmée, à en juger des annonces d'industrialisation à grande échelle, pas toujours suivies des effets escomptés. Il n'en reste pas moins que la politique volontariste du gouvernement leur offre la possibilité de passer rapidement d'une attitude proche d'une veille active, à une stratégie offensive si l'opportunité commerciale se présente.

3.6.2 CONTENU DE L'INNOVATION

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La production d'électricité basée sur la conversion de la lumière du soleil par des photopiles à base de **silicium cristallin** est la voie la plus avancée sur le plan technologique et industriel. En effet, le silicium est l'un des éléments les plus abondants sur terre, parfaitement stable et non toxique. On distingue donc les technologies suivantes :

² **Silicium cristallin (c-Si)** : nom sous lequel sont regroupées les différentes formes cristallines. Le **silicium microcristallin (μc-Si)** est un matériau de l'ordre du μm d'épaisseur employé dans la fabrication de modules et cellules photovoltaïques (taille de grain < 1 μm). Le **monocristallin (sc-Si)** sert à la fabrication de lingots et de plaquettes ou de cellules obtenus par la méthode de tirage de Czochralski ou par fusion de zone. Une plaquette est composée d'un seul grain. Le **multicristallin (mc-Si)** est obtenu par solidification directionnelle en creuset pour la fabrication de lingots, de plaquettes ou de cellules (taille de grain : 0,1 - 10 cm). Le **polycristallin (pc-Si)**, épais de 10 à 30 μm, est déposé sur un substrat pour la fabrication de lingots, de plaquettes ou de cellules (taille de grain : 1 μm - 1 mm)

Silicium amorphe (a-Si) : à l'état non cristallin. Déposé sur un substrat avec une épaisseur de l'ordre de 1 μm, il est utilisé dans la fabrication des cellules et modules [photovoltaïques](#).

- cellules silicium monocristallines (sc-Si). Ce type de cellules est produit à partir d'un monocristal de silicium qui est obtenu par fusion et étirement à basse vitesse (épaisseur de 200 μm). La production de ces cellules est plus onéreuse que celle des polycristallines. En revanche, leur rendement est élevé, environ 15 % à une température de cellule de 25 °C (version commerciale) et 24 % pour le meilleur rendement obtenu en laboratoire.
- cellules silicium polycristallines (p-Si). Ce type de cellules est produit à partir d'un lingot de silicium polycristallin. On les reconnaît aisément à leur structure scintillante. Leur rendement est de 11 % à une température de cellule 25 °C (18 % en laboratoire).
- cellules silicium amorphe (a-Si). Ce type de cellules, de structure moléculaire non cristalline, nécessite moins d'énergie pour leur production que les cellules cristallines, car il est composé de couches minces. Leur rendement actuel atteint 5 à 7 % à une température de cellule de 25 °C (10 % en laboratoire). La technologie au silicium amorphe permet de fabriquer des cellules "semi-transparentes" qui laissent passer 10 à 20 % de la lumière.
- cellules au Cadmium Telluride (CdTe). Ce matériau polycristallin à couches minces (1 à 2 μm), réalisé par électro-déposition, brumérification et évaporation, permet une production à faible coût. L'efficacité de ces modules a été mesurée entre 6 % et 8,5 % (16 % en laboratoire).
- cellules au diséléniure de cuivre et d'indium (CuInSe_2 , ou CIS). Matériau polycristallin à couches minces, qui a atteint une efficacité de 10,2 % sur un module prototype (17,7 % en laboratoire). La difficulté de cette technologie est liée au procédé de fabrication. Il faut éviter l'apparition de défauts lors de la phase de déposition du diséléniure de cuivre pour former une couche uniforme.
- cellules au Gallium Arsenide (GaAs). Ce composé III-V est fait pour des cellules photovoltaïques à très haut rendement (25 à 28 %). Il est souvent utilisé à des fins spatiales ou pour les systèmes à concentrateurs. Le procédé de multi-jonction III-V du GaAs permet de dépasser une efficacité de 30 %.

Plus les rendements sont élevés plus la cellule coûte chère. C'est pourquoi l'on retrouvera sur le marché de l'intégration au bâti les technologies au silicium amorphe, au silicium mono et polycristallin et les technologies dites à couches minces, qui pourront être déposées sur tout type de support.

Globalement, la fabrication des plaquettes de silicium (étape préliminaire à la fabrication de la cellule), représente 40 % du prix du module, élément qui remplit plusieurs fonctions : connecter les cellules entre elles de manière à fournir la tension voulue (typiquement 36 cellules en série pour une sortie sur 12 V) et les protéger contre les agressions de l'environnement (érosion, humidité, grêle, sel, UV, etc.). Pour en réduire le coût, des gains doivent être recherchés à toutes les étapes : la purification du silicium (toute présence d'impuretés même à des taux très faibles réduit le rendement des cellules : les concentrations en impuretés tolérées vont de 0,1 à quelques dizaines de ppm (parties par million) et même de l'ordre de quelques dizaines de ppb (parties par milliard) pour certaines impuretés), la fabrication des lingots et la découpe des plaquettes [3].

Le bon fonctionnement d'une cellule nécessite plusieurs fonctions : une absorption maximum de la lumière sur tout le spectre solaire, une collecte efficace des [porteurs](#) (électrons et trous) générés par les photons et l'établissement d'une connexion électrique avec le circuit extérieur. La première étape de sa fabrication est donc une attaque chimique de la surface pour la nettoyer et la rendre rugueuse, donc peu réfléchissante. La jonction est ensuite formée par diffusion de [dopants](#) (les plaquettes utilisées sont généralement dopées P, mais du phosphore est introduit par diffusion afin de doper N le silicium sur une profondeur de l'ordre du micromètre) et un dépôt anti-réfléchissant est effectué. Les grilles métalliques servant à collecter le courant, très étroites afin de ne pas créer un effet d'ombrage important, sont ensuite réalisées par sérigraphie. Un recuit permet alors la formation du contact électrique entre le silicium et les grilles collectrices. Un ruban d'aluminium destiné à réaliser les interconnexions entre cellules est ensuite soudé sur les grilles. Puis les cellules sont testées individuellement, triées selon leurs rendements de conversion, et assemblées en modules. La face éclairée des cellules est collée sur un verre trempé qui assure la protection mécanique. L'arrière des cellules est protégé par une feuille de verre ou de plastique. Les collages sont réalisés par un [polymère](#)

qui assure la protection contre l'humidité [3].

Les produits photovoltaïques se diffusant le mieux sont en majorité intégrés en toiture (tuiles solaires), lié au programme de dissémination du photovoltaïque pour le secteur résidentiel (« HIT Power Roof » de SANYO, « Solar Roofing Element » de MSK, « Batten and Seam » et « Stepped Roof » de CANON, « Eco Roof » de KYOCERA). Mais les programmes de démonstration permettent aussi d'innover en terme d'intégration du photovoltaïque en façade (éléments de remplissage : DAIDO HOXAN/KAJIMA/SHOWA SHELL) [4].

HORIZON TEMPOREL

Depuis 1999, le Ministère de la Construction (MoC) accepte que les cellules photovoltaïques soient utilisées en tant que matériaux de construction des toitures. C'est avec le produit « Eco Roof » de KYOCERA, certifié conforme à la clause 38 de la loi sur les normes de construction au titre de matériaux pour toiture, que le programme de dissémination a pu réussir.

Jusqu'en octobre 1998, la pose de ce modèle nécessitait la réalisation d'un support métallique (mise en œuvre en superposition par rapport au toit existant). Depuis mars 1999, date à laquelle le produit a obtenu l'agrément du MoC, cette opération devient inutile. Le système a été repensé pour réaliser une étanchéité parfaite, et ne dépasse plus que de 35mm du toit. Outre une esthétique améliorée, l'intégration de modules photovoltaïques dans le toit, dès sa construction, permet des réductions de coût (le prix du système a pu être réduit en moyenne de 50000 yens).

Ce travail de conception a été réalisé en partenariat avec les sociétés MISAWA HOMES et SEKISUI HOUSE, les deux plus gros fabricants de maisons individuelles au Japon. Les efforts consentis par ces deux sociétés dans la standardisation de leurs habitations, du point de vue de l'intégration des installations photovoltaïques, a été déterminant.

Le procédé « Eco Roof » et son évolution :

- avec un procédé similaire l'ECONORROOTS (2.52kWc, 18.7m²)
- puis en 2005 le SAMURAI (3.783kWc, 29.8m²)

Les efforts de développement de produits spécifiques à l'intégration du photovoltaïque au cadre bâti a été suivi par la plupart des fabricants de modules, comme en témoigne les possibilités offertes par le marché aujourd'hui :



Source : RTS Corporation (2005)

De nouveaux produits devraient apparaître dans les années à venir, grâce notamment aux travaux de Recherche en cours sur les procédés industriels de MATSUSHITA ECOLOGY SYSTEM (CIGS) et CANON (mc-Si triple jonction).

Remarque : la société KYOCERA propose également un « Super Solar System » qui combine solaire Photovoltaïque et solaire thermique pour la récupération d'eau chaude pour le fonctionnement d'une pompe à chaleur. Grâce à la seule énergie solaire, les systèmes permettraient de couvrir 65% des besoins en énergie d'un foyer (durée d'amortissement calculée à 10 ans).

Champ d'application

Spécificité du marché de la construction au Japon, une grande partie des maisons sont soit préfabriquées, soit construites avec des éléments standard, facilitant l'intégration de panneaux solaires. Le champ d'application jusqu'en 2006 était principalement le secteur du résidentiel compte tenu du système de subvention mis en place par le gouvernement (90% du marché en 2005, soit 291 MW, contre 6% pour le secteur industriel, soit 18 MW installés, et 3% pour les bâtiments publics, soit 8 MW). Près de la moitié des systèmes photovoltaïques sont vendus lors de la construction d'une nouvelle maison, par les entreprises de maisons individuelles.

La nouvelle orientation donnée par le gouvernement à travers la « Roadmap PV 2030 », consiste à déplacer le centre d'intérêt focalisé jusqu'ici sur les systèmes photovoltaïques résidentiels aux systèmes photovoltaïques publics et industriels. Le gouvernement juge en effet que le marché sur le secteur résidentiel, après dix années d'aides, est désormais autoporté : il suspend donc en 2006 les subventions accordées au résidentiel, pour les attribuer aux secteurs public et industriel.

Malgré la fin progressive du programme, le nombre de systèmes photovoltaïques résidentiels installés chaque année continue d'augmenter et ce pour plusieurs raisons :

- de plus en plus municipalités offrent des subventions,
- des constructeurs immobiliers ont intégrés le photovoltaïque dans leurs nouvelles maisons,
- les consommateurs prennent en compte l'aspect environnemental,
- les fabricants de panneaux solaires ont déployé une forte stratégie de marketing.

IMPACTS

Consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre

La grande majorité des installations photovoltaïques sont aujourd'hui des systèmes de 3 ou 4 kW installés chez des particuliers et reliés au réseau. On considère qu'un système photovoltaïque possède un facteur de charge de 12%. Un système de 3,5 kW peut donc fournir 10 kWh par jour, 3,7 MWh par an, ce qui correspond aux besoins domestiques liés à un niveau de confort moderne incluant télévision, hifi et électroménager. En 2005, il s'est vendu plus de 58000 installations de type résidentiel, soit près de 215 GWh produit par l'électricité solaire.

Le prix de vente relativement élevé de l'électricité domestique au Japon peut expliquer le succès du photovoltaïque : il est de 23 Yen/kWh soit 0,17 euros/kWh, situation identique à l'Allemagne. En France le prix de vente est de 0,12 euros/kWh.

Contenu environnemental

Si la photopile, élément de base du photovoltaïque, permet de produire de l'électricité sans aucun rejet dans l'atmosphère, les procédés actuels de fabrication (proches de ceux de la micro-électronique) font encore appel à beaucoup d'opérations qui nécessitent l'usage de produits chimiques et de gaz toxiques. Afin de pallier ces inconvénients de nouveaux procédés d'élaboration du matériau et du dispositif sont à l'étude. En dépit de ces inconvénients, les fabricants de modules photovoltaïques assurent que l'énergie produite pendant trois ans par une cellule photovoltaïque amortit la dépense énergétique nécessaire à sa construction, la durée de vie d'une cellule étant garantie à vingt voire trente ans.

Conception du bâtiment (neuf) et son usage

Le concept de « **Zero Utility Cost Housing** » [www.japanfs.org] est né de l'intégration du

photovoltaïque au cadre bâti, grâce à l'association JAHB'Net. Une charte décrit une **maison normalisée** capable de réaliser des coûts de service nuls, en combinant un système photovoltaïque de production de l'électricité avec tous les appareils électriques. Appelée **HYUGAzero**, la maison fortement isolée et totalement électrifiée, est équipée d'un système de génération photovoltaïque de 5.76 kW. Le revenu de l'électricité produite en surplus des consommations surpasse les coûts de l'électricité de réseau utilisés, ramenant des coûts de service annuels à zéro (le réseau indique qu'il est possible de réduire les coûts de service d'environ 5.920.000 yens sur 30 ans).

Facilité par des accords d'association, n'importe quel membre du réseau JAHB'Net peut offrir le générateur photovoltaïque, l'électrification et donc cette nouvelle génération de maison « efficiente » en énergie. JAHB'Net a également réussi à abaisser ses coûts de construction en mutualisant l'achat des matériaux, en concentrant ses campagnes de promotion sur de courtes périodes (publicité également commune), et en éliminant le système de sous-traitant.

D'autres concepts existent autour du photovoltaïque intégré au cadre bâti, comme :

- la maison « Parfait Ex » de SEKISUI Chemical, maison d'un étage à structure métallique et comportant en série, des installation photovoltaïque d'une capacité de 2 à 5 kW, disposé en surimposition sur un toit plan, grâce à une patte de fixation adaptée à ce type de toiture japonaise.
- la maison HYBRID Z de haute qualité environnementale de MISAWA Homes, avec 12kWc photovoltaïque intégré sur les 2 pans de toits (tuiles)
- ou l'ECO Sunny House (Kankyo Kobo) de DAIWA HOUSE Industry, qui propose une maison préfabriquée avec 3kWc installé en intégration (tuiles).

3.6.3 MISE EN ŒUVRE

MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Il n'est pas précisé les problèmes de mise en œuvre sur chantier des systèmes photovoltaïques intégrés au bâti. Peut être de par l'approche singulière des japonais à la conception et la production d'habitations « usinées », qui résout les aléas sur chantier. Par contre, des nouveaux programmes de recherche inscrits dans le cadre du programme « Roadmap PV 2030 » et issus des dysfonctionnements constatés, on peut déduire les difficultés rencontrées et les efforts à produire pour anticiper un fort déploiement de la technologie raccordée au réseau :

- *Recherche sur les systèmes photovoltaïques groupés et reliés au réseau* : démarré en 2002, ce programme de cinq ans a pour but de mener un essai à grande échelle sur un groupe de systèmes photovoltaïques équipés de batteries et connectés au réseau de manière concentrée. Le projet veut élucider deux difficultés techniques, les contraintes sur la sortie causée par l'augmentation du voltage et l'impact d'une connexion concentrée sur les lignes électriques. Des systèmes photovoltaïques ont été installés dans un quartier résidentiel de la ville de Ota (préfecture de Gunma dans la grande banlieue de Tokyo), sur 400 maisons en 2005.
- *Les systèmes de nouvelles énergies* : démarré en 2003, ce programme de cinq ans a pour but d'étudier la faisabilité et la performance de systèmes de production d'électricité utilisant une combinaison de sources variées (photovoltaïque, éolien ou piles à combustibles). L'objectif de parvenir à une production stable d'électricité (et de chaleur) pour un raccordement au réseau électrique sans contrainte. Trois sites de démonstration ont été retenus en 2004, situés dans la préfecture d'Aichi sur le site de l'exposition universelle (total 2 400 kW dont 330 kW de photovoltaïque), dans la préfecture d'Aomori (710 kW dont 80 kW de photovoltaïque) et dans la préfecture de Kyoto (850 kW dont 50 de photovoltaïque).

Rien ne transparaît sur les programmes de Recherche liés à la définition de nouveau concept d'intégration suite aux difficultés de mises en œuvre rencontrées. Les toits japonais sont de plus en plus nombreux à être munis de panneaux solaires. Les constructeurs essaient d'intégrer au mieux ces équipements volumineux afin de les rendre moins encombrants sans en sacrifier leur efficacité.

La NEDO prévoit également dans sa « Roadmap PV 2030 », de :

- former culturellement et professionnellement de nouvelles ressources humaines,
- et de soutenir de nouveau secteur d'activité de l'énergie utilisant les mini réseaux,

qui sont des indicateurs forts sur les besoins de formation du secteur industriel.

	2001	2010 (prévisions)
Taille du marché	16,6 Milliards €	58,3 Milliards €
Nombre d'emplois	400 000	1 300 000

Source: New Energy Foundation, 2001

MODALITES DE GESTION, D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Pas de précisions sur cet aspect.

Incitations réglementaires, fiscales... et modalités de financement

Réglementation

Le JET (Japan Electrical Safety and Environment Technology Laboratories) a débuté un programme de certification des modules photovoltaïques, « jetPVm certification », en octobre 2003. Des essais permettent l'accréditation de la performance et de la fiabilité des modules manufacturés photovoltaïques, et l'inspection de l'usine de modules est exigée afin de confirmer la conformité du système de fabrication avec des normes nationales (conformes aux normes internationales CEI 61215 et CEI 61646). Le référentiel a été choisi en relation directe avec la pratique internationale, pour faciliter la certification des modules à l'international et favoriser l'importation de modules.

Par ailleurs, le JET conduit un programme de certification pour évaluer la performance et la fiabilité d'unités de protection de raccordement au réseau (onduleurs de puissance) pour les systèmes photovoltaïques de petite taille, dédiés au résidentiel. Cette certification vise à accréditer les fonctions de protection et de contrôle des onduleurs, pour le raccordement au réseau, fonctions stipulées dans le « Guideline of Grid Connection Requirement (an instruction issued by the chief of public utility department of Agency for Natural Resources and Energy (ANRE) of METI in 1986, revised in 1998) ».

Les normes industrielles japonaises (JIS) suivantes sont à l'étape de la discussion et seront éditées dans un proche avenir. La discussion des normes suivantes a été validée :

- "Indication of photovoltaic array performance (JIS C 8952)" - Standardization of "Estimation method of generated output of PV system"
- Standardization of "Structural design and installation method of roof-type PV system"
- Standardization of "Safety design of electric system of residential PV system"
- Standardization (to be JIS) of "Design guide on structures for photovoltaic array (TR C 0006-97)"
- Standardization (to be JIS) of "Design guide on electrical circuit for photovoltaic array (TR C 0005-97)"

La discussion est en cours pour les normes suivantes :

- "General rules for stand-alone photovoltaic power generating system (JIS C 8905)"
- "Measuring procedure of photovoltaic system performance (JIS C 8906)"
- "On-site measurements of photovoltaic array I-V characteristics (JIS C 8953)"
- "Measuring procedure of power conditioner efficiency for photovoltaic systems (JIS C 8961)"
- "Testing procedure of power conditioner for small photovoltaic power generating systems (JIS C 8962)"
- Draft TR of "On-site measurements of photovoltaic power generating systems (tentative translation)"

Financement

Comme énoncé précédemment (§2.1), le gouvernement, appuyé d'actions cibles mises en place par certains Ministères, certaines préfectures et municipalités, certaines banques, accordent des subventions ou prêts à taux préférentiels.

L'ensemble des compagnies d'électricité rachète la production résiduelle d'électricité. Les prix d'achat peuvent être modifiés dans des délais très courts et unilatéralement.

A la suite de la baisse des coûts des modules, le gouvernement a réduit les subventions. En 2006, le programme du photovoltaïque résidentiel doit s'auto financer. Le gouvernement ne subventionne plus ces installations, mais ré-orienté ses efforts sur la dissémination dans le secteur des bâtiments industriel et public.

3.6.4 EVALUATION DES RESULTATS DANS LE PAYS CONCERNE

LES PERFORMANCES

Dans une maison modèle, ce sont les cellules photovoltaïques qui jouent le rôle d'éléments de couverture. Elles ont un rendement de 17,3% et pèsent 15 kg/m² soit moitié moins que les matériaux de couverture habituels.

On considère qu'un système photovoltaïque possède un facteur de charge de 12%. La grande majorité des systèmes installés au Japon a une puissance de 3,5 kW et peut fournir 10 kWh par jour, soit 3,7 MWh par an, ce qui correspond aux besoins domestiques liés à un niveau de confort moderne.

Campagnes de mesures :

Elles sont en cours d'implémentation dans les nouveaux programmes (cf. §4.1)

Par contre il est stipulé que pour le raccordement au réseau, les clients ont une obligation de retour d'information pendant 2 ans. A qui, pour quoi ? Pas plus d'informations à ce jour sur ce point.

Caractérisations en laboratoire

Elles sont évaluées par le JET (cf. §4.3). Ces caractérisations sont essentiellement électriques.

Sinon, les cellules photovoltaïques ont été acceptées en tant que matériaux de construction des toitures (certifiées conformes à la clause 38 de la loi sur les normes de construction au titre de matériaux pour toiture).

Confort thermique

Pas d'informations à ce jour sur ce point.

Confort acoustique

Pas d'informations à ce jour sur ce point.

Aspect sanitaire et environnemental

Pas d'informations à ce jour sur ce point.

Risques de dégradation des performances après mise en œuvre

Pas d'informations à ce jour sur ce point.

Compatibilité entre performances des différents composants

Une lame d'air est toujours prévue pour le refroidissement en intégration toiture.

LES COUTS REELS

Coût initial – Investissement

En 1994, le prix du système photovoltaïque était de 3500 yens/W installé (prix de vente du module autour des 675 yens/W).

En 2005, grâce au déploiement des différentes stratégies de soutien, le prix du système photovoltaïque (installé), est de 650 yens/W (prix de vente du module 400 yens/W).

Coût opérationnel – Exploitation – Maintenance

Pas d'informations à ce jour sur ce point.

Rapport Coûts - Performances

LE VECU DES UTILISATEURS – AVIS DES ACTEURS ET DU PUBLIC

Gestionnaire

Pas d'informations à ce jour sur ce point.

Mainteneur – Commissionnement

Pas d'informations à ce jour sur ce point.

Utilisateur final - Occupants

Une installation photovoltaïque est très coûteuse, même pour la classe moyenne japonaise. Malgré tout, on achète du photovoltaïque, car de nombreux japonais souhaitent faire « quelque chose » et s'engager contre le réchauffement climatique. Ils sont également sensibles aux nouveautés techniques.

VITESSE DE DIFFUSION DANS LE PAYS

Le marché – Commercialisation

Le programme "70 000 toits solaires" installés pour l'an 2000, initié en 1994, a rapidement engendré une baisse des coûts. En 1998, la puissance installée est estimée à 25 MWh et les commandes à 40 MWh. Le décalage entre les deux étant du aux délais d'installation. En 1997, 28 000 familles japonaises étaient prêtes à déboursier un apport personnel de 17000€ pour une installation photovoltaïque. Depuis avril 1997, des maisons standard, conçues pour consommer peu d'électricité sont commercialisées. Sur certaines, les modules photovoltaïques couvrent 100% des besoins, le surplus étant vendu au réseau.

En 2005, 291 MWh ont été installés dans le résidentiel, représentant 90% du marché de la connexion réseau. Cela représente l'installation de systèmes photovoltaïques dans près de 58000 foyers.

Efficacité des incitations, actions de diffusion

En plus des incitations financières du gouvernement et autres municipalités, les fabricants d'installations photovoltaïques, les compagnies d'électricité et les grands groupes du bâtiment effectuent un marketing intensif et font beaucoup de publicité à la télévision. Ensemble, ils ont sorti un « hit » sur le marché: la maison 100% électrifiée, avec option photovoltaïque. Le concept se définit ainsi : finis le gaz et le mazout, nous offrons un système domestique avec photovoltaïque, pompe à chaleur, cuisinière électrique, climatisation, aération mécanique. Plus une enveloppe du bâtiment légèrement améliorée (avec env. 5 à 8 cm d'isolation thermique) – tout en un !

Volonté d'exportation

Les produits photovoltaïques intégrables aux bâtiments sont exportés uniquement aux Etats-Unis. Pour l'Europe, le Japon exporte uniquement ses modules photovoltaïques standards, aux grands regrets de certains de nos architectes...

3.6.5 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRES DIMENSIONS ETUDIEES

POINTS FORTS, POINTS FAIBLES DE L'INNOVATION (METHODE SWOT)

S : Strength – Forces

- de bénéficier d'un contexte énergétique, politique et environnemental très favorable, d'une ressource énergétique quasi illimitée, et d'un marché en pleine expansion pour lequel les applications et les innovations se multiplient.
- de reposer sur des technologies microélectronique et couches minces, en conservant une bonne marge de progrès et d'innovations. Le photovoltaïque envahi progressivement certaines niches, en progressant en volume de plus de 30% chaque année depuis 1999.
- de pouvoir s'intégrer un peu partout, pour fournir sur place de petites puissances (de 1 à 5000 watts), domaines où aucune autre filière ne peut entrer en compétition avec le photovoltaïque ;
- d'être un générateur simple et très fiable pour les technologies amorphes et cristallines. Les modules sont garantis pendant 25 ans par la plupart des constructeurs.
- de pouvoir s'intégrer facilement, sans gênes particulières (bruit, esthétique si certains progrès sont réalisés.) Il se substitue notamment à des toits ou façade, comme élément de bâtiment en verre produisant de l'énergie, et venir en diminution du coût ;
- Plus que le prix du kWh, c'est le coût de la substitution à une autre solution qui est important (substitution à la création d'un réseau électrique en zone rurale, raccordement au réseau électrique existant pour la vente du surplus d'électricité non consommé, en zone urbaine).

Au japon

- la nécessité de développer le photovoltaïque est un acquis, même si le discours a un peu évolué au cours de la dernière décennie. La sécurité des approvisionnements et la diminution de la facture énergétique, font toujours partie de l'argumentaire en faveur de ce développement, mais l'environnement a pris le relais et les objectifs de Kyoto, difficiles à tenir face à une croissance importante de la consommation, sont désormais en première place. On n'en est plus à se demander POURQUOI, mais COMMENT développer l'utilisation du photovoltaïque.
- Une volonté sans réserve du gouvernement à développer le photovoltaïque, via des subventions à la R&D, aux industriels à travers des programmes de démonstration (Collectivités Locales), ou de dissémination à grande échelle (dans le résidentiel notamment), aux opérateurs de

nouvelles énergies...

- Un fort lobbying des multinationales à soutenir cette volonté politique pour le déploiement du photovoltaïque à grande échelle, avec pour challenge la diminution du coût de production. Un relais également positif auprès des acteurs de la Construction, pour faire du photovoltaïque un produit intégré au bâti, et développer une sérieuse offre commerciale.
- Plus de 80% des systèmes sont aujourd'hui installés chez les particuliers dont 90% sont raccordés au réseau (les clients souscrivant à une obligation de retour d'information pendant 2 ans). En 2000, un sondage annonçait 75% d'utilisateurs satisfaits, contre 25% trouvant finalement un intérêt quasi nul et un investissement relativement lourd, malgré le système d'aides, qui profite plus aux industriels et aux compagnies d'électricité. Mais le souhait de faire « quelque chose » contre le réchauffement climatique et le « marketing intensif » de la part des industriels font que les japonais sont prêts à payer de leur poche. Ils sont également sensibles aux nouveautés techniques.
- Un marché de la construction neuve constitué en majorité par des maisons préfabriquées, technique qui a été soutenue en son temps par de forts investissements en R&D. C'est un point fort du développement de la technologie du PV, par rapport à la profession qui doit intervenir pour la mise en œuvre des systèmes.

En conclusion, la technologie est mature et est socialement acceptée.

W : Weakness : Faiblesses

- **Pour le photovoltaïque connecté au réseau**, la technologie (module et onduleurs) est acquise, les freins sont aujourd'hui plutôt d'ordres administratif et normatif. Il faut pouvoir raccorder l'installation en toute sécurité au réseau électrique, et envisager la sécurité des biens et des personnes qui travailleront ou utiliseront l'énergie solaire photovoltaïque. En terme de normes, le photovoltaïque souffre de devoir répondre à de multiples référentiels, autant électrique, que électromagnétique, environnemental, que de la construction dans sa nouvelle conception liée à son intégration au cadre bâti.
- d'être l'énergie la plus chère par kWh (tendance confirmée sur encore 2 à 3 décennies à venir), produisant du courant continu, qui n'est pas ou peu utilisé directement pour **les usages spécifiques de l'habitat (sauf électrification de site isolé)**. Les équipements électriques sont en majorité à courant alternatif (choix lié aux contraintes de transport de l'électricité dans un schéma de production centralisé de celle-ci), c'est pourquoi la connexion au réseau pour la revente de courant alternatif est la solution à ce jour la plus rentable, mais peut être pas la plus pertinente en terme d'économie d'énergie. Le photovoltaïque pour une utilisation locale, est donc tributaire du développement d'équipements en courant continu à très faible consommation.
- d'être tributaire du développement des onduleurs en terme de qualité de conversion du courant traité et réinjecté sur le réseau électrique, qui à terme, dans la perspective d'un déploiement massif de petites installations (type individuelles) connectées aux réseaux, pourront engendrer des interférences, pouvant jouer sur la qualité des « services électro-magnétiques » existants.
- **Pour le photovoltaïque de site isolé (comme pour le photovoltaïque sécurisé = connexion réseau + batterie)**, le stockage est le maillon faible. La solution est d'allonger la durée de vie des batteries pour la rendre proche de celle des modules. Le temps de retour énergétique de la batterie est un autre point faible. Le module rembourse en 2 à 4 ans l'énergie dépensée pour sa fabrication, soit en 1/10 de la durée de vie. En revanche, le temps de retour des batteries est aussi de 2 à 4 ans, soit équivalent sinon supérieure à la durée de vie de certaines batteries.

Au Japon

- Malgré un essor rapide des technologies, le photovoltaïque « pèse » encore peu de chose dans le bilan énergétique national. L'ensemble des modules existant actuellement au Japon produit

autant d'énergie que 30% d'une tranche nucléaire. Ce n'est pas une solution significative pour répondre immédiatement aux enjeux nationaux.

- Un kilowatt de puissance installée coûte actuellement 670 000 yens. La production annuelle se monte à environ 1000 kWh/kWc installé. Les compagnies d'électricité paient de 22 à 25 yens par kWh, soit autant que pour le courant conventionnel. Cette somme ne permet de couvrir que la moitié des coûts de production. Malgré toutes les subventions (de l'Etat et de la commune, soit environ 70000 yens/kW), la période d'amortissement reste de 24 à 27 ans. Le photovoltaïque n'est donc pas rentable pour l'exploitant. Le coût des installations est trop élevé et les tarifs d'injection sont trop bas.
- Dans la mesure où les systèmes PV seront à moyen terme connectés de manière localement concentrée au réseau électrique, deux difficultés techniques vont freiner le développement des « groupes » de systèmes PV : les contraintes sur la sortie causée par l'augmentation du voltage, et l'impact d'une connexion concentrée sur les lignes électriques (gestion des charges et pollution harmoniques). Des études sont menées actuellement pour trouver les solutions appropriées à un déploiement du photovoltaïque à très grande échelle, avec notamment la nécessité de stocker localement l'énergie en batteries.
- Les problèmes non techniques, l'adaptation aux usagers, les limites de fourniture d'énergie qui sont liées notamment à la météo, à la modification des approches classiques bouleversent tellement les habitudes que seules des crises, pétrolières par exemple, pourraient accélérer les adaptations nécessaires.

O : Opportunités – Opportunités

- L'apport d'une solution technique pour éviter les pics de demande en électricité et diversifier la production d'électricité face à la croissance des consommations (recherche d'une indépendance énergétique)
- L'assise d'un savoir faire industriel sans précédent, sur la base d'un investissement en R&D remarquable
- La réunion d'une volonté politique et industrielle pour mettre en place tout un secteur d'activité, et la naissance d'un marché (toits photovoltaïques qui pourraient devenir le toit standard à terme), dans la perspective d'un projet national fort, sur fond d'indépendance énergétique et d'engagement envers l'environnement.
- La définition d'une feuille de route des objectifs à réaliser pour les années à venir, et des moyens attribués pour les atteindre (financement par les organismes d'Etat, les industriels, les établissements financiers...)
- L'ouverture vers une rupture technologique pour le secteur de la Construction, avec l'amorce d'une nouvelle approche de bâtiments économe en énergie, voire à « consommation nulle » (100% des consommations couvertes par la production PV) : Concept de plus en plus demandé par les utilisateurs.
- La facilité d'associer une solution photovoltaïque intégrée au concept de maisons préfabriquées
- les opportunités concernent aussi la mise en place de prêts et leur remboursement. Les formules sont variées : banques vertes, coopératives, prépaiement par cartes ou compteurs, etc... Les clients peuvent être propriétaires. Mais une autre formule se développe aussi rapidement : la société de service louant les matériels.
- La possibilité pour différentes compagnies d'électricité, de se lancer dans des projets de génération d'électricité à partir de photovoltaïque : création de nouvelles entreprises de production d'électricité indépendantes à partie d'ENR.

T : Threats – Menaces

- pas de signalement fort d'un point de vue environnemental (ce qui se passe en Australie)
- ou un signalement trop fort qui ferait l'effet boomerang : l'opportunité de mettre en place des aides publiques peut être une menace si les objectifs du montage financier d'octroi des subventions, sont à cause du succès de l'opération, trop rapidement atteints.
- C'est ce qui s'est produit au Japon en 2000 lorsque la NEF a suspendu ces aides face à l'augmentation subite des demandes (trois fois plus vite que prévu). Le message politique à ainsi fragiliser le milieu industriel (révision des plans de production, de commercialisation et d'investissement !). Victime d'un succès en grande partie lié à la réactivité des constructeurs de maisons individuels voulant intégrer le PV dans leur offre commerciale (matériaux de construction pour l'habitat neuf). La menace est d'activer trop vite des leviers qui feraient varier la cadence de production des modules PV. Ceci aurait un effet direct sur les coûts.

3.6.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

LES CHANCES DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

La région Rhône Alpes qui concentre une grande partie de l'industrie photovoltaïque nationale apparaît plus que jamais comme le pôle majeur du photovoltaïque en France avec 38% de la puissance financée. Loin derrière, la région Languedoc Roussillon s'adjuge la 2^{ème} place avec 11%. Ces deux régions totalisent à elles seules près de la moitié de la puissance financée sur l'ensemble de la France continentale. Seules 2 régions, la Haute Normandie et la Lorraine n'ont pas financé de générateurs en 2004. Cependant le déséquilibre territorial est patent, 87% de la puissance ayant été financée par 8 régions.

En 2003, il s'est installé 5.874 MWc de systèmes photovoltaïques tous secteurs confondus dont :

- 1,957 MWc en sites isolés (résidentiel et non résidentiel),
- 1,875 kWc en « connexion réseau » (4.254 MWc en 2004 !).

Ce qui porte la capacité totale opérationnelle installée en France (Métropole, Corse et DOM seulement) à 21,073 MWc dont 17,256 MWc de systèmes photovoltaïques autonomes en dehors du réseau électrique et 3,817 MWc de systèmes débitant dans le réseau électrique. Cette capacité totale installée représente la production annuelle de 20 GWh d'électricité [5].

Si l'on voit un petit fléchissement des installations en sites isolés, on remarque une nette progression dans le domaine du « connecté réseau », qui s'associe souvent au concept d' « intégration » au bâtiment. Les solutions techniques sont encore la surimposition en toiture ou l'installation en toiture terrasse, sans réelle intégration à l'enveloppe du bâtiment, mais la demande se fait de plus en plus pressante dans ce domaine. D'où l'émergence de produit de construction associant produit traditionnel et module photovoltaïque comme la tuile PV-Starlet d'IMERYS-TOITURE.

L'industrie des cellules/modules photovoltaïques n'a pas augmenté sa production sur l'année 2003, mais a travaillé fortement à la réduction des coûts de fabrication en intégrant les résultats des projets de R&D engagés jusque là, et soutenus en grande partie par les pouvoirs publics (ADEME, CEA, CNRS, Conseils Régionaux). Les budgets publics d'intervention pour la recherche et pour l'ouverture des marchés, a été de 25 millions d'euros en 2003.

	Technologie	Production Totale [Mwc]						Capacite Production Max. [Mwc]	
		Cellules			Modules			Cellules	Modules
		2001	2002	2003	2001	2002	2003		
Photowatt	Multicristallin	13	17	14	5	8	10	25	20
Free Energy	Amorphe	-	-	-	0,5	0,5	0,6		1
Emix	Multicristallin	<i>Production 2006</i>							
Tenesol	Multicristallin	<i>Production 2007</i>							
	Total	13	17	14	5,5	8,5	10,6		

Le chiffre d'affaire des principales entreprises du secteur, en progression de 18% en 2002 pour 130 millions d'euros, a encore progressé en 2003 pour atteindre 140 millions d'euros.

On peut estimer que le chiffre d'affaires généré en 2004 par le marché des générateurs photovoltaïques raccordés au réseau a été de 16,7 M€. Les générateurs photovoltaïques ont été principalement installés dans l'habitat individuel avec une TVA à 5,5 %. Le prix de vente moyen d'un système HT était d'environ de 7,2 €/W installé en 2004. Les aides publiques quant à elles se sont établies autour de 4,3 €/W soit 57 % du coût TTC supporté par le particulier.

On note une augmentation significative de la puissance moyenne du kit photovoltaïque moyen déposé sur une habitation : de 1 kW en moyenne au début du décollage du marché en 1999 on est passé à 2,3 kW en 2004.

Le marché des bâtiments tertiaires a lui plus de mal à se développer avec environ une trentaine d'installations financées. Cependant et pour la première fois en France, 2 installations de plus de 100 kW ont été financées en 2004. A cet égard, la première tranche d'un générateur photovoltaïque de 600 kW pouvant à terme en compter 10 (soit 6 MW) devrait être réalisée en région parisienne en 2005.

Pour les **activités de R&D**, le programme pluriannuel de l'ADEME (1999-2002) s'est achevé en 2003 pour évaluation. Le coût des projets de recherche et de développement technologique sur cette période était de 72 Millions d'euros, financé à hauteur de 47 Millions d'euros par l'ADEME. Le résultat de ces investissements se traduit par la mise en place de deux plate-formes technologiques :

- « RESTAURE » pour le CEA-Genec à Grenoble, pour le développement de nouvelles techniques industrielles pour la fabrication de cellules PV au silicium cristallin (taille maxi de 20x20cm²)
- CISEL commune à EDF R&D et CNRS à Chatou, pour le développement de module à base de matériaux en couches minces Cu-In-Se (taille maxi de 30x30cm²)

Pour les **activités de soutien financier** pour les opérations d'ouverture de marché, l'Agence Nationale de la Recherche (ANR)³ dont un des programmes est dédié au solaire photovoltaïque, ainsi que l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) depuis 1998, dans le cadre de son contrat Etat-ADEME avec le programme gouvernementale de relance des énergies renouvelables, ont fortement réactivé les aides à la recherche et à l'investissement pour la filière du photovoltaïque.

³ En 2005, l'ANR a financé 10 projets de recherche et développement technologique sur de la recherche exploratoire (cellules organiques/inorganiques), sur des technologies couches minces (CIS et Si microcristallin), sur la filière Silicium (matériau charge et cellules à haut rendement) et sur les systèmes. Le montant du financement de l'ANR est de 9.6 M€ sur 3 ans qui s'ajoute à celui de l'ADEME qui était de l'ordre de 2.5 M€. Pour 2006, un financement global ANR/ADEME est prévu à hauteur de 11.5 à 12 M€. Cela signifie que le financement de la recherche sur le PV s'établira dès 2007 à environ 12 M€ par an et il est possible d'envisager plus à l'avenir.

L'objectif visé sur le marché, est de continuer à installer 1 MWh/an en site isolé (systèmes autonomes en dehors des réseaux électriques), installations qui sont par ailleurs essentiellement subventionnées par les fonds publics FACE et européens FEDER. Depuis 2002, cette volonté s'est étendue à installer en 5 ans, 20 MWh de systèmes photovoltaïques intégrés au bâti et débitant dans le réseau électrique. Cette décision fait suite à l'annonce officielle du tarif d'achat de 0,15€ le kWh électrique produit par un système photovoltaïque raccordé au réseau en France métropolitaine et 0,30€ le kWh en Corse et dans les DOM (publication Mars 2002 – Ministère de l'Industrie).

Cette volonté d'entraîner toujours plus en avant le développement du marché du photovoltaïque se traduit par la révision du tarif d'achat (publication JO du 26 Juillet 2006 – Ministère de l'Industrie) aux conditions énoncées dans l'arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3o de l'article 2 du décret no 2000-1196 du 6 décembre 2000, à savoir :

*« L'énergie active fournie par le producteur est facturée à l'acheteur sur la base des tarifs **T** définis ci-dessous. Ils peuvent inclure une prime à l'intégration au bâti appelée **I**, applicable lorsque les équipements de production d'électricité photovoltaïques assurent également une fonction technique ou architecturale essentielle à l'acte de construction [...toitures, ardoises ou tuiles conçues industriellement avec ou sans supports, brise-soleil, allèges, verrière sans protection arrière, garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse, bardages, mur rideau]*

*Pour bénéficier de cette prime **I**, le producteur doit fournir à l'acheteur une attestation sur l'honneur certifiant la réalisation de l'intégration au bâti des équipements de production d'électricité photovoltaïques. Le producteur tient cette attestation ainsi que les justificatifs correspondants à la disposition du préfet (directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement).*

*1. En métropole continentale, le tarif applicable à l'énergie active fournie est égal à : **T + I**, formule dans laquelle :*

$$T = 30 \text{ c€} / \text{kWh (hors TVA)} ;$$

$$I = 25 \text{ c€} / \text{kWh}.$$

*2. En Corse, dans les départements d'outre-mer et dans la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon et à Mayotte, le tarif applicable à l'énergie active fournie est égal à : **T + I**, formule dans laquelle :*

$$T = 40 \text{ c€} / \text{kWh (hors TVA)} ;$$

$$I = 15 \text{ c€} / \text{kWh}.$$

L'arrêté du 7 juillet 2006 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité fixe en parallèle les objectifs de développement du parc de production électrique, en indiquant la puissance supplémentaire à mettre en service, par source d'énergie primaire renouvelable, d'ici la date du 31 décembre 2015.

Ces objectifs de puissance visent à assurer le développement de ces énergies à un rythme compatible avec l'objectif accepté par la France dans le cadre de la directive 2001/77/CE susvisée que 21 % de la consommation intérieure brute d'électricité soit d'origine renouvelable à l'horizon 2010.

	2010 (MW)	2015 (*) (MW)
Solaire photovoltaïque	160	500
(*) Les valeurs retenues pour les objectifs 2015 comprennent celles retenues pour 2010		

On possède sur le territoire français de fortes compétences en R&D, des industriels, et des bureaux d'études dans le secteur du photovoltaïque. Le « mariage » avec le bâtiment est depuis 2001 attendu, sans réel succès, faute de marché du photovoltaïque intégré. Faute de produits certifiés aussi pour donner confiance à la maîtrise d'œuvre afin qu'elle s'approprie la technologie avant de la proposer à la maîtrise d'ouvrage, et faute enfin d'installateurs qualifiés tout simplement.

L'expérience du développement de la tuile PV par Imerys Toiture est riche d'enseignement dans la façon dont il faut aborder ce « mariage » avec le secteur de la construction. Le processus qui vise à évaluer la Responsabilité, l'Assurance et la Garantie des ouvrages, à travers la procédure d'Avis Technique, n'a pas encore eu de succès auprès de produits adaptés à l'intégration du photovoltaïque au cadre bâti. Ce manque de produits reconnus fait défaut au développement de la filière, les attentes des professionnels et des Maîtres d'Ouvrage Publics étant fortes sur ce point. Au Japon, la réussite de ce « mariage » entre bâtiment et photovoltaïque a été impulsée par la volonté des constructeurs de maisons individuelles de proposer un produit photovoltaïque intégré certifié à leur offre commerciale. Ils ont par la même occasion, su exploiter la notion de production électrique décentralisée assurée par le PV pour développer les concepts de maisons 100% autonomes...

Enfin, le coût est un frein au développement du marché, malgré une bonne presse du photovoltaïque auprès du grand public (sondage Louis Harris). Les subventions nationales ne sont plus vraiment d'actualité, contrairement au Japon, remplacées par le crédit d'impôt, et le tarif d'achat du kWh produit par le distributeur d'électricité. Seules les subventions des Régions persistent et viennent en complément du crédit d'impôt.

COMPATIBILITE AVEC LE CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF FRANÇAIS

En France, l'organisation de la codification technique repose sur le concept de techniques traditionnelles (définies par les Normes et DTU) et non-traditionnelles des produits de construction (Avis Techniques, passeport à l'innovation et antichambre des techniques traditionnelles). Cette codification fait intervenir les critères techniques et judiciaires suivants, d'éligibilité du produit et de sa mise en œuvre : la Responsabilité des acteurs, la Garantie de l'ouvrage (décennale), et l'Assurance.

L'utilisation des modules photovoltaïques dans le bâtiment est rendue aujourd'hui difficile, du fait qu'il n'existe pas de réglementation spécifique pour la mise en œuvre de capteurs intégrés au cadre bâti. Le module photovoltaïque n'est donc pas au sens de la réglementation française, considéré comme un produit verrier reconnu. A ce titre, il ne peut assurer les fonctions de clos et de couvert dans les marchés publics d'établissements pouvant recevoir du public (ERP). Les autres réalisations (marchés privés entre autres), devront néanmoins suivre les règles existantes en matière de photovoltaïque et d'enveloppe du bâtiment.

Ce que l'on peut craindre aujourd'hui des capteurs photovoltaïques standard (avec ou sans cadre), c'est principalement la durabilité du produit une fois mis en œuvre en intégration. Les premières visites sur sites du CSTB ont d'ailleurs montré certaines dégradations possibles des capteurs une fois intégrés. L'Avis Technique à travers une série de tests et de calculs, sert à évaluer le produit et sa mise en œuvre afin d'appréhender :

- l'aptitude à l'emploi du produit,
- la sécurité du produit dans l'ouvrage,
- l'habitabilité de l'ouvrage,
- la durabilité de l'ouvrage,

et de justifier auprès de la profession le respect des critères d'éligibilité. Mis à part pour les Etablissements Recevant du Public où l'Avis Technique revête un caractère obligatoire, l'Avis Technique est pour les autres réalisations, une **démarche qualité volontaire** de la part de l'Industriel.

QUELLE DYNAMIQUE D'ACTEURS NECESSAIRE

Il manque aujourd'hui une implication forte des acteurs de la Construction pour la définition de produits photovoltaïques intégrés au bâtiment, à la vue du schéma développé par le Japon.

On peut dire que tout est aujourd'hui en place et dimensionné pour permettre la réussite du déploiement du photovoltaïque à grande échelle, et la révélation de la filière « photovoltaïque intégré au bâtiment » :

- équipes R&D existantes, avec un savoir faire d'une vingtaine d'années (CEA, CNRS, CSTB - consortium INES – et Universités)
- programmes de financement en R&D importants (AII, Fondation, PREBAT, FCE, Pôles de Compétitivité Régionaux)
- problèmes techniques et juridiques propres au raccordement au réseau résolus,
- politique du tarif d'achat du kWh produit en progression
- procédures d'évaluation et de certification des systèmes intégrés validées (GS6 – GS14),
- réglementation RT2005 incitative quant à l'utilisation de modules PV intégrés, vis-à-vis du calcul des consommations des bâtiments
- ...

Tout à l'exception d'une seule composante, que l'on pourrait identifier sous forme d'un nouveau métier : **ingénieur « intégrateur » ou « assembleur »**. Cette personne posséderait les connaissances et compétences sur les deux « familles » (photovoltaïque et bâtiment), afin d'opérer la conception de ces nouveaux systèmes. C'est peut être là l'occasion pour les acteurs de la Construction d'investir cette position et combler leur absence dans ce domaine.

Mais gageons que les nouvelles orientations sur l'environnement et son volet énergie, les exigences envers l'affichage des consommations du parc immobilier, et les objectifs futurs de bâtiments facteur 4 et bâtiment à énergie positive, fassent réagir la profession.

DISPONIBILITE EN FRANCE DES TECHNIQUES CONCERNEES ET DES COMPETENCES DE POSE

Le frein au développement du photovoltaïque pour son intégration au bâtiment est aujourd'hui lié à la double compétence que l'installateur doit avoir pour la mise en œuvre des modules. A la fois couvreur/façadier et électricien, le photovoltaïque recouvrant deux lots dans le cahier des charges de la Construction. Cela pose la difficulté de savoir qui intervient, comment il intervient vis-à-vis du produit fournit sur le chantier, et qui en est responsable tout au long du processus de son intégration, connexion au réseau compris. A ce jour, seuls quelques Bureaux d'Etudes compétents dans le domaine du photovoltaïque en assurent la mise en œuvre (APEX BP Solar, TENESOL, SUNWATT, pour ne citer que les plus importants). Un effort important reste donc à faire pour instaurer une filière professionnelle.

QUELS TYPES D'INCITATIONS ENVISAGER

Réglementation Technique

- **Normes et certification** : la partie électrique des installations photovoltaïques est soumise de longue date à des normes internationales bien établies (normes IEC et NF) qui sont parfaitement assimilées par les industriels et les installateurs. Par contre l'interface avec la partie bâtiment pose encore un grand nombre de problèmes, notamment en ce qui concerne la garantie décennale, les Avis Techniques (CSTB) et la réglementation des ERP (Établissements Recevant du Public). **il faut considérer que cette question est prioritaire et doit faire**

l'objet d'une volonté de la part des industriels à innover, s'ils veulent éviter de se trouver dans une impasse à court terme. Le contexte normatif est codifié dans le bâtiment, les outils sont disponibles pour les aider à innover, et pour certifier leurs produits.

- **Raccordement au réseau** : après plusieurs années de concertation entre EDF et les représentants des producteurs, les normes et les procédures d'accès au réseau applicables aux installations inférieures à 36 kVA peuvent être considérées comme acceptables dans le contexte législatif et réglementaire français, même si elles sont encore très lourdes en comparaison des meilleures pratiques européennes. Rien n'est encore réglé en revanche pour les installations comprises entre 36 et 250 kVA, la question étant de savoir si ce sont les normes de la HTA qui s'appliquent ou au contraire s'il est possible d'étendre celles pour les moins de 36 kVA. Un groupe de concertation SER/EDF/Hespul s'est saisi de la question.
- **Responsabilité civile vis-à-vis du réseau** : la concertation avec les compagnies d'assurance mutualistes initiée par Hespul, le SER et l'organisation de consommateurs CLCV a abouti positivement avec l'inclusion sans frais de ce risque considéré comme négligeable dans les contrats RC classiques. Cette avancée devrait être logiquement étendue aux compagnies d'assurance privées.
- **Réglementation thermique du bâtiment** : le système de calcul par points des performances énergétiques des bâtiments qui devrait être mis en place prochainement dans le cadre de la RT 2005 est très incitatif aux installations solaires thermiques dans la construction neuve. Son « durcissement » prévu pour la RT 2010 et les suivantes devrait conduire au même résultat pour le photovoltaïque. Ceci représente pour le SER une avancée majeure qui, conjuguée aux objectifs attendus pour le photovoltaïque au sein de la PPI en cours de préparation et aux nouveaux tarifs d'achat annoncés en octobre 2005, devrait offrir un cadre propice à un réel décollage de la filière.
- **Bilan environnemental et énergétique du photovoltaïque** : cette question fait régulièrement l'objet d'interrogations et souvent de réponses péremptoires infondées de l'ordre de la rumeur (par exemple que le temps de retour énergétique du photovoltaïque serait infini...). Dans le but de mettre fin à ce type de désinformation, Hespul a conduit dans le cadre de sa participation à la « Tâche 10 » du programme PVPS de l'AIE une étude documentaire exhaustive au niveau mondial portant d'une part sur le temps de retour énergétique d'autre part sur la quantité de CO₂ et de déchets nucléaires évitée par kWh produit en fonction du lieu (41 villes dans 26 pays de l'OCDE étudiées). Une présentation sommaire des résultats : entre 1,5 et 3,5 ans de temps de retour énergétique pour un système complet en toiture, entre 2,7 et 4,7 en façade (en attente de publication après validation de l'AIE).

Fiscalité, Financement, Soutien des Collectivités Territoriales

- **Arrêté tarifaire** : le SER, l'ADEME et Hespul ont formulé leur analyse et leurs propositions lors de la réunion du 15 décembre 2005 à la DIDEME consacrée à la préparation du nouvel arrêté tarifaire suite à l'annonce d'une augmentation substantielle du tarif photovoltaïque par le Premier Ministre en octobre 2005. La publication de l'arrêté, conformément aux termes de l'article 32 de la loi POPE du 13 juillet 2005, a été rendue le 26 Juillet 2006, annonçant un tarif d'achat de l'électricité de 30c€/kWh en métropole continentale (40c€/kWh Corse, DOM, Départements Collectivité Territoriale), et la mise en place d'une prime supplémentaire de 25c€/kWh en métropole continentale (15c€/kWh Corse, DOM, Départements Collectivité Territoriale), dès lors que les modules photovoltaïques s'intègrent au cadre bâti, et assurent une fonction technique et/ou architecturale.
- **Crédit d'impôt pour les particuliers** : le passage à 50% du coût du matériel depuis le 1^{er} janvier 2006 laisse entier le problème de la reprise des subventions à l'investissement des collectivités locales. Suite à une demande écrite, Hespul attend de la Direction de la Législation Financière du Ministère des Finances la confirmation que les aides au

fonctionnement telles que celle mise en œuvre par la Région Rhône-Alpes ne sont pas soumises à cette reprise.

- **Fiscalité** : la question récurrente de la fiscalité applicable aux recettes de la vente d'électricité sous le régime de l'obligation d'achat, que ce soit pour les particuliers (BIC) ou les entreprises (IS, TP, ...) a fait l'objet de questions écrites posées par la SER et par Hespul à la DLF, en attente de réponse.
- **Suivi du marché** : cette question est devenue d'autant plus urgente à traiter que l'arrêt total de l'apport de subventions à l'investissement par l'ADEME suite à l'augmentation du crédit d'impôt et des tarifs d'achat élimine *de facto* une source d'information unique, fiable et facile à mobiliser à travers une enquête annuelle auprès des Délégations Régionales. Ce problème existe également dans de nombreux pays européens, à commencer par l'Allemagne où les chiffres d'installations réalisées en 2004 varient de 400 à ... 760 MWc ! L'hypothèse de travail formulée par l'ADEME au sein du groupe de travail européen d'un « numéro unique d'identification » qui serait attribué à chaque contrat d'accès au réseau et faciliterait la consolidation des bases de données entre opérateurs de réseaux est exposée, mais elle soulève de nombreuses questions qui devront être examinées lors de prochains travaux.

Initiatives Privées

Des efforts sont déjà consentis dans ce domaine, pour financer des opérations ENR auprès des particuliers. Il faudrait à ce titre aider à plus communiquer sur les produits existants, pas très connus même de la filière bancaire.

L'avenir du photovoltaïque

(Extrait des décisions du core-groupe français du projet européen PV Policy, piloté par l'ADEME)

- 1) Le coût du kWh photovoltaïque doit être comparé non pas au coût de production de l'électricité dite "classique" mais au prix de l'électricité payé par les particuliers car la production d'électricité photovoltaïque est située au plus près du point de consommation.
- 2) La baisse observée depuis plusieurs dizaines d'années des coûts de production des composants photovoltaïques *stricto sensu* et des organes périphériques nécessaires à leur mise en œuvre en tant que moyen de production d'électricité est liée à une courbe d'apprentissage tout à fait classique dans le domaine industriel.
- 3) L'intersection de la courbe de baisse du coût de l'électricité d'origine photovoltaïque (qui est directement proportionnelle à cette courbe d'apprentissage) avec celle de l'augmentation tendancielle des prix de vente de l'électricité au consommateur final conduira d'ici 10 ans à la compétitivité directe de l'électricité photovoltaïque avec ses concurrentes du marché sur les besoins de pointe et d'ici une vingtaine d'années sur les besoins de base.
- 4) Ce croisement des courbes qui pourrait apparaître dès 2010-2012 dans des pays cumulant un fort ensoleillement et un prix élevé de l'électricité vendue au consommateur final comme la Californie, le Japon ou le Sud de l'Italie, devrait être effectif dans les DOM entre 2015 et 2020, puis en France métropolitaine entre 2020 et 2030.
- 5) L'élément photovoltaïque doit devenir un matériau de construction qui produit de l'électricité. Le milieu du bâtiment doit s'approprier cette technologie et la banaliser. Le photovoltaïque s'inscrit de plus en droite ligne de l'objectif du plan Facteur 4 qui vise à diviser par 4 à horizon 2050 les émissions de CO₂ du secteur du bâtiment.

- 6) Dès lors que cette vision est admise et partagée, il revient à tous les acteurs directs ou indirects, publics et privés, de la filière photovoltaïque, de mettre en œuvre, chacun dans son domaine de compétence, les moyens nécessaires pour que la France, qui bénéficie d'atouts liés à son potentiel d'ensoleillement et de savoir-faire liés à son histoire puisse en retirer le plus grand bénéfice en termes environnementaux, énergétiques, économiques, sociaux et stratégiques.
- 7) Cette contribution de la France à l'avènement du photovoltaïque doit s'inscrire dans une perspective européenne avec la volonté de maintenir et de renforcer autant que faire se peut la position de l'industrie européenne par rapport à une concurrence qui se développera en tout état de cause à l'échelle mondiale.

REFERENCES

- [1] UESAKA S. – *PV Roadmap 2030 in Japan*, ADEME NEDO Joint Workshop, 30th November 2005, Paris
- [2] PROTIN L. et ASTIER S. - *Convertisseurs photovoltaïques* - Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie Electrique D 3 360, pp. 19
- [3] JAUSSAUD C., JOLY J.P., MILLION A., NUNZI J.M. - *Les modules solaires photovoltaïques : du silicium cristallin aux couches minces*, CLEF CEA N°44, Septembre 2001, pp. 27-30
- [4] AYOUB J., DIGNARD-BAILEY L., FILION A. - *Photovoltaics for buildings : opportunities for Canada - A Discussion Paper*, Report # CEDRL-2000-72 (TR), CANMET Energy Diversification Research Laboratory, Natural Resources Canada, Varennes, Québec, Canada, November 2000, pp. 56 (plus annexes)
- [5] JUQUOIS F. – *Marché du solaire photovoltaïque en France 1992-2004*, ADEME / Département Énergies renouvelables, Mars 2005, pp. 16
- [6] TAKIGAWA K. - *Photovoltaïque au Japon : Au Pays du Soleil levant*, Energies renouvelables, Janvier 2006, pp. 28-32
- [7] GEORGEL O. - *Energie photovoltaïque au Japon*, Dépêche, Ambassade de France au Japon - Service pour la Science et la Technologie, Juillet 2005, pp. 33
- [8] STRASSER F. - *Le Japon, leader mondial de l'énergie photovoltaïque*, Technologies Internationales, Février 2006, n°121.
- [9] NEDO - *Overview of Japan's PV Roadmap 2030 (PV2030)*, Juin 2004. pp. 13
Disponible sur internet : <http://www.nedo.go.jp/english/archives/161027/161027.html>
- [10] Agence Internationale de l'Énergie – Photovoltaic Power Systems Programme.
Japan country information.
Disponible sur internet : <http://www.iea-pvps.org/>

4 PROGRAMMES DE RECHERCHE DEVELOPPEMENT

4.1 RECENSEMENT

Auteurs : Luc Bourdeau (luc.bourdeau@cstb.fr)
et Jean-Luc Chevalier (jean-luc.chevalier@cstb.fr)

Expert : Wolfram Trinius

4.1.1 RAPPEL DES OBJECTIFS

L'action stratégique de comparaison internationale menée pour le PREBAT a pour objectif de disposer d'un état des lieux des meilleures pratiques à l'étranger et d'analyser leurs conditions de transposition en France.

Ce rapport rend compte de l'avancement de la recherche à mi-parcours sur les programmes de recherche et développement. Les résultats seront une source de réflexion pour le comité stratégique du PREBAT sur le contenu et les modalités d'action.

4.1.2 ADAPTATION DE LA METHODOLOGIE

La méthodologie générale établie pour ce projet Benchmarking a été adaptée pour traiter plus particulièrement des programmes de Recherche et Développement.

Une fiche de synthèse a été mise au point et traduite en anglais, pour structurer le recensement initial.

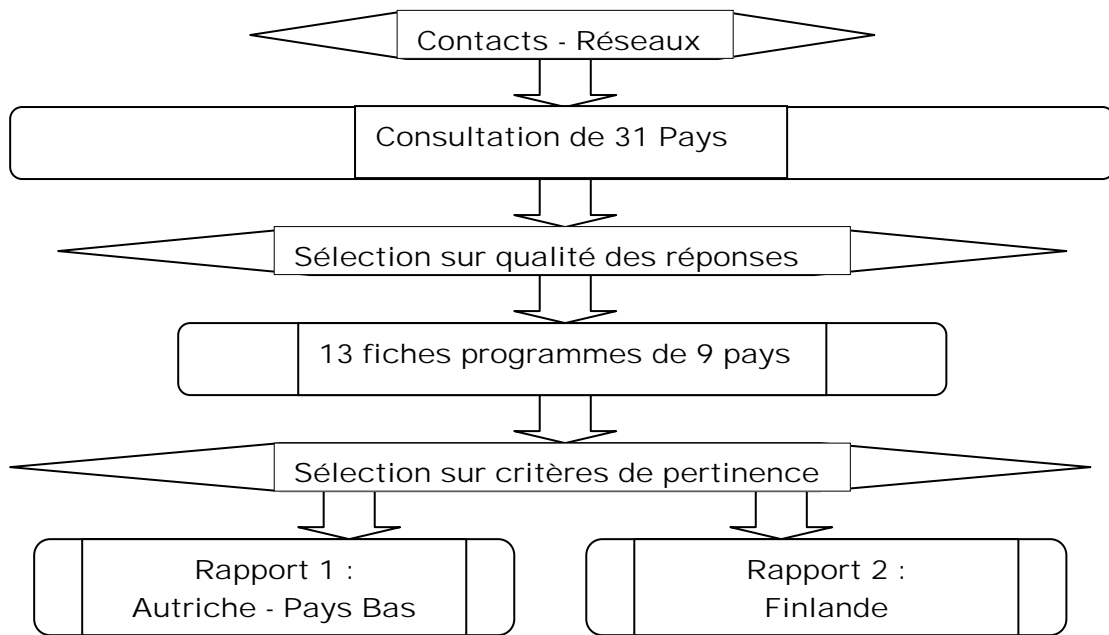
Un processus d'analyse en 6 étapes a servi de trame aux analyses détaillées. Elle a elle aussi été traduite en anglais pour permettre de travailler avec des experts sous-traitants étrangers.

Il nous a semblé nécessaire d'insister, dans la première de ces 6 étapes, sur les éléments du contexte du pays considéré. Les aspects importants sont énergétiques (le type et le niveau des besoins, la part du secteur bâtiment, les taux de recours à chacune des sources d'énergie, la répartition des consommations...), techniques (filères dominantes...), et économiques (type de financement et d'aides à la construction...). En effet, de grandes différences de contexte peuvent limiter l'intérêt de la transposition des programmes d'autres pays ou de certaines dispositions de ces programmes.

4.1.3 DU RECENSEMENT AUX ANALYSES DETAILLEES

La figure 1 illustre les étapes qui nous ont conduits de l'enquête sommaire dans 31 pays à la sélection de 3 à 4 programmes devant faire l'objet d'une analyse détaillée

Figure 1 : Les différentes étapes de la sélection des analyses détaillées



4.1.4 ORGANISATION DU TRAVAIL

L'étape de recensement est essentielle pour satisfaire les objectifs de l'étude. Selon la méthodologie mise au point, la technique de recensement s'est basée principalement sur notre connaissance des réseaux de recherche internationaux. Il a été fait appel aux organismes, experts, chercheurs rencontrés comme partenaires dans des actions de recherche internationales passées ou en cours :

- a) réseaux et projets de recherche européens,
- b) groupes de travail du CIB,
- c) groupes de travail de l'Agence Internationale de l'Energie – AIE,
- d) groupes de normalisation internationale (ISO, CEN),
- e) conférences internationales (DBMC, SB,...).
- f) autres réseaux (ECTP, ENBRI, ICALL, RILEM, iiSBE...).
- g) contacts personnels.

La démarche a consisté en une prise de contact par e-mail ou par téléphone, pour exposer la demande, suivie si nécessaire de l'envoi de la fiche de synthèse. Le tableau 1 donne la liste des 31 contacts (19 pays européens, 12 pays hors Europe).

La consultation des sites web (connus ou recommandés par l'interlocuteur) est une opportunité de validation de certaines informations.

Ce travail a été mené en s'appuyant sur la contribution d'un expert sous-traitant : Wolfram Trinius, Trinius Ing Buro à Hambourg. Il a été choisi du fait de nombreuses actions menées en commun dans certaines des instances citées plus haut, et de la qualité des relations permettant une collaboration efficace.

Cette méthode est une bonne approche de l'exhaustivité, car les personnes contactées sont sollicitées pour signaler les programmes dans d'autres pays : elles contribuent ainsi à construire une arborescence de contacts, et à recouper les informations. Elle présente par contre l'inconvénient de s'appuyer sur la bonne volonté et de la disponibilité des personnes contactées.

Par ailleurs les autres actions de type « benchmarking » ont été recherchées. Aucune action comparable à la présente comparaison internationale n'a été identifiée, mais certaines actions du projet Européen ERABUILD (www.erabuild.net), qui vise à mettre en réseau des programmes de recherche publics de pays européens, peuvent être assimilés à du « benchmarking ». Le CSTB est l'un des partenaires français de ERABUILD, avec le PUCA et le PREBAT. Ce projet traite des programmes de R&D visant le secteur du bâtiment en matière de développement durable. Toutefois, parmi les 10 programmes répertoriés au début du projet, seuls 5 traitent clairement de l'efficacité énergétique des bâtiments et sont pertinents pour notre étude. Ils font donc partie intégrante du recensement.

Les résultats de l'enquête sommaire auprès des différents contacts a conduit à établir une liste de programmes de R&D éligibles pour une étude détaillée.

Cette liste fait l'objet du tableau 2.

Tableau 1 : Contacts pour le recensement des programmes de recherche R&D

Pays	organisme	expert	Origine du contact (code : § 4.2.1)	Réponse (cf. note 1)
Allemagne	TÜV C. de recherche Julich	Andreas JUENGST Markus KRATZ	a) ERABUILD g) sous-traitant	3, 4+, Web
Autriche	ÖGUT/ BMWIT	Herbert GREISBERGER	a) ERABUILD	3, 4+, Web
Belgique	CSTC	Jan DESMYTER	a) PRESCO	0
Danemark	SBI	Klaus HANSEN	a) INVESTIMMO	2
Espagne	Université Madrid	Justo NAVARRO	d) ISO TC59 SC17	2
G. Bretagne	BRE Consultant	David CROWHURST Suzy EDWARDS	d) ISO TC59 SC17 g)	0
Grèce	CRES SB Méditerranée	Evi TZANAKAKI Stella KYVELOU	a) GREEN-IT a) PRESCO	3, 4-, Web
Finlande	TEKES VTT	Mika LAUTANALA Markku VIRTANEN	a) ERABUILD c) SHCP T18	3, 4+, Web
Hongrie	EMI	Gabor TIDERENCZL	a) PEBBU	0
Italie	Politecnico Torino ITC	Mario GROSSO Valter ESPOSTI	d) ISO TC59 SC17 f) ENBRI	1
Norvège	BYGGFORSK/SINTEF ENOVA programme	Trine PETTERSEN Anita EIDE	d) ISO TC59 SC14 d) ISO TC59	3, 4+, Web
Pays-Bas	SENER NOVEM	Stefan JENIKSSEN	a) ERABUILD	3, 4+, Web
Pologne	NAPE	Alexander PANEK	d) ISO TC59 SC17	3, 4-
Portugal	INETI	Helder GONZALVES	a) GREEN-IT	=
R. Tchèque	Université BRNO	Brestislav TEPLY	b) CIB W080	0
Slovaquie	Université Slovaque	Beata HERMANŠKA	a) PEBBU	=
Slovénie	Université Ljubiana	Roko ZARNIK	f) ECTP	=
Suède	BIC Université GAVLE	Ake SKARENDAL Christer SJÖSTRÖM	a) ERABUILD b) CIB W080	3, 4+, Web
Suisse	Consultant EMPA	Charles FILLIEUX Hans SIMMLER	a) ERABUILD c) SHCP T27	1
<i>Hors Europe</i>				
Argentine	Fundation Bariloche	Edgardo BISOGNI	g)	0
Australie	GBC Australia CRC CSIRO	Nigel HOWARD Peter SCUDERI Greg FOLIENSTE	f) ENBRI f) Icall e) DBMC	2, Web
Brésil	Université SAO PAULO	Vanderley JOHN	e) DBMC	4-
Canada	Nat Res. Canada GBC	François DUBROUS Nils LARSSON	c) SHCP T18 f) iiSBE	3, 4+, Web
Chine	CIBSDR	Guo Wei ZHUANG	c) ISO TC59 SC17	4-
Inde	Consultant	Mansi JASUJA	a) PEBBU	1, Web
Japon	TBTL Tsukuba	Takashi NIREKI	b) CIB W080	1
Malaisie	Consultant	Kribanandan GURUSAMY	b) CIB W080	1
Nle Zélande	BRES (BRANZ)	Adrian BENETT	d) ISO TC59 SC14	2, Web
Singapour	Université Singapour	Michael CHEW	e) DBMC	0
Thaïlande	KMUTT	Joseph KEDARI	e) DBMC	0
USA	Consultant Univ. Massachussets	Drunette MEADOWS Dragan CURCIJA	a) ISO TC59 SC17 c) SHCP T27	2

Note 1 : code pour l'état de la réponse

= : contact à prendre ; 0 : contact pris, pas de réponse ; 1 : réponse annoncée ; 2 : information partielle ; 3 : fiche remplie ; 4+ : information complète positive ; 4- : information complète, négative (pas de programme) ; **Web** : consultation de websites.

Tableau 2 : Sélection des programmes éligibles pour l'analyse détaillée

Pays	Nom du programme	Origine de l'information	C1 NO	C2 SI	C3 QD	C4 QE	C5 EN	C6 SE	C7 €	C8 RD
Allemagne	Building and Housing for the 21th century	ERABUILD	3	2	3	3	2	2	2	3
Allemagne	ENOB	Centre de recherche JüLICH	3	2	3	2	3	3	3	3
Autriche	Haus der Zukunft	ERABUILD	3	2	3	3	3	3	3	3
Canada	Energy Research and Development – Building	Natural Resources Canada	3	1	2	3	3	1	3	2
Grèce	Competitiveness – Priority axis 3 : promotion of business excellence	Ministère du développement	1	2	1	3	2	2	3	0
Grèce	Competitiveness – Priority axis 4: technological innovation and research	Ministère du développement	1	2	1	3	1	1	3	1
Finlande	SARA	ERABUILD	3	2	3	3	1	1	2	3
Finlande	CUBE	ERABUILD	3	2	3	3	2	2	3	2
Pays-Bas	COMPASS	ERABUILD	3	3	3	3	3	2	3	2
Pays-Bas	PSI Bouw	ERABUILD	3	3	3	3	2	2	2	2
Pays-Bas	EOS-Programme	Mansi JASUJA	3	3	3	3	3	1	3	3
Norvège	RENERGI	Research Council of Norway	3	3	3	3	3	1	2	3
Pologne	« Thermomodernisation »	Banque d'Economie Nationale	1	2	1	2	3	2	3	0
Pologne	« Support for Mortgages »	Banques de prêt au logement	1	2	1	2	1	1	3	0
Suède	FORMAS – BIC	ERABUILD	3	3	3	3	2	1	2	3
<i>Australie</i>			3	1	1	2	-	-	-	-
<i>Danemark</i>			3	2	1	3	-	-	-	-
<i>Japon</i>			3	2	-	3	-	-	-	-
<i>Nle Zélande</i>			3	2	-	2	-	-	-	-
<i>Suisse</i>			3	2	-	3	-	-	-	-
<i>USA</i>			2	1	-	1	-	-	-	-

Note : Les critères C1 à C8 sont évalués en qualité croissante entre 0 et 3

4.1.5 CRITERES DE PERTINENCE

A partir de la liste des programmes éligibles, la sélection de ceux pouvant faire l'objet d'une analyse détaillée a été menée selon les critères suivants, classés en 3 catégories :

Critères de pertinence relatifs au pays

- C1 : Notoriété du pays en matière de programmes de R&D, et de préoccupation d'efficacité énergétique – **NO**
- C2 : Similarité en matière de filières de construction et de répartition des énergies utilisées – **SI**

Critères de pertinence relatifs au contact établi

- C3 : Niveau de pertinence des données initiales recueillies (données fiable, vérifiables, non ambiguës) – **QD**
- C4 : Pertinence (expertise, position centrale dans le pays), réactivité et disponibilité de l'interlocuteur identifié – **QE**

Critères de pertinence relatifs aux caractéristiques du programme identifié

- C5 : Centrage clair sur l'efficacité énergétique des bâtiments – **EN**
- C6 : Prise en compte de l'habitat existant et des aspects sociologiques et économiques – **SE**
- C7 : Importance du financement (rapporté à la taille du pays) - **€**
- C8 : Ciblage clair sur des activités de recherche et développement – **RD**

L'analyse des programmes éligibles selon ces critères a été synthétisée dans le tableau 2 : elle a été menée à partir d'une part des informations sur les programmes du projet ERABUILD et, d'autre part, du travail fourni par le sous-traitant.

4.1.6 SYNTHÈSE DES RESULTATS SOUS FORME DE FICHES

La première difficulté rencontrée est le taux relativement faible de réponses complètes obtenues (11). C'est ainsi que malgré des contacts très ciblés, nos contacts dans 6 pays connus pour leurs préoccupations en matière d'efficacité énergétique et/ou pour leur aptitude à lancer de vastes programmes de recherche n'ont pas répondu ou ont répondu de manière incomplète.

On note aussi que parmi les réponses complètes, 4 sont considérées comme négatives, c'est-à-dire qu'elles conduisent à la conclusion qu'il n'existe pas de programme présentant des similitudes suffisantes avec le PREBAT pour être éligibles pour l'exercice.

Finalement, le nombre de réponses « positives » c'est-à-dire qui concluent à l'existence dans le pays d'au moins un programme de R&D correspondant aux critères recherchés, est plutôt petit : 9 pays sont concernés, cependant dans 4 d'entre eux, il y a plus d'un programme éligible.

Il est important de bien identifier le type de programme : recherche et développement ou simple financement des améliorations de l'habitat ? Il faut parfois creuser et croiser les informations pour avoir une bonne vision de ciblage.

Les informations détaillées recueillies par Wolfram Trinius portent sur les 9 programmes (de 6 pays) qu'il a jugé éligibles après le premier échange avec l'expert « contact ». A ces informations il faut ajouter celles provenant de l'inventaire réalisé dans le projet ERABUILD. Ce sont donc en tout 13 programmes de 9 pays qui ont été analysés pour la sélection, au moyen des critères de pertinence (cf. §4.2.2)

Pour chaque programme, une fiche de synthèse a été remplie. Ces fiches sont données dans les pages suivantes.

4.1.7 FICHES PROGRAMMES

Ces fiches sont relatives à des programmes de recherche et de développement des pays suivants :

- Allemagne
- Autriche
- Canada
- Finlande (2 programmes)
- Grèce (2 programmes)
- Pays-Bas (2 programmes)
- Pologne (2 programmes)
- Norvège
- Suède

Les fiches 1 à 13 ci-dessous contiennent pour chaque programme des informations fournies par les correspondants nationaux contactés. Parmi ces informations, certaines nous ont semblé peu fiables, et sont signalées par le symbole (*). Le doute provient le plus souvent d'un risque d'interprétation erronée de la question.

Pour la version finale de ce rapport, ces informations feront l'objet d'une vérification, et seront selon les cas validées, corrigées ou supprimées. Il ne restera alors dans les fiches que des informations fiables.

Fiche N°1 – Programme ENOB - Allemagne

Nom du Programme	ENOB (Energieoptimiertes Bauen / construction optimisée sur le plan énergétique)
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	ENOB constitue une partie du 5ème programme de recherche sur l'énergie. C'est un programme de recherche, développement, démonstration et d'éducation/formation. Les projets R&D sont ciblés sur des outils de programmation, et des composants techniques et des systèmes constructifs innovants
Pays	ALLEMAGNE
Financier (avec contacts)	Ministère Fédéral de l'Economie et de la Technologie
Manager (avec contacts)	Forschungszentrum Jülich: www.fz-juelich.de Mr Kratz 02461 618644
Date de début	La première initiative date de 1978 Le 5ème programme (en cours) a démarré le 01.06.2005
Date de fin	2008
Types de projets	La recherche vise 4 axes stratégiques qui doivent contribuer à la préservation des ressources naturelles, de l'environnement et des conditions climatiques. Deux d'entre eux sont clairement cités dans le programme bâtiment: <ol style="list-style-type: none"> 1. réduction de la demande énergétique 2. Utilisation des énergies renouvelables à la place des énergies fossiles Le programme bâtiment présente deux volets: EnSan (rénovation) and EnBau (construction neuve) qui se concentrent sur l'utilisation rationnelle de l'énergie et sur des bâtiments "émission zéro" Les projets R&D (simulation, validation, nouveaux concepts technologiques) sont assortis de bâtiments de démonstration
Filières de construction	Toutes (*)
Energies dominantes utilisées	Vision: "émission zéro" (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	25 projets en plus du nombre cité ci-dessous sont attendus.
Nombre de projets financés ou devant être financés	Depuis 1995, 254 projets ont été financés. Actuellement, 45 projets de démonstration sont mentionnés.
Financement total du programme (€)	
Financement public du programme (€)	71 M€ par an pour l'ensemble du programme de recherche énergie
Financement annuel moyen du programme (€)	Environ 10,5 M€ pour EnSan et EnBau
Montant moyen d'un projet	0,45 M€
Durée moyenne d'un projet	3 ans
Qui peut participer ?	Entreprises (financées à 50%), universités, organisations de recherche, organismes publics
Quantité et qualité de l'information disponible	Sites web des programmes: www.enob.info ; www.ensan.enob.info ; www.enbau.info

* : information à préciser

Fiche N°2 – Programme Bâtiment de demain - Autriche

Nom du Programme	BÂTIMENT DE DEMAIN ("Hausderzukunft ")
Brève Description (Aspects techniques et socio-économiques)	Ce programme de R&D vise à encourager le développement de bâtiments, de composants, d'éléments préfabriqués et de méthodes de construction, en ligne avec les principaux principes du développement durable.
Pays	AUTRICHE
Financier (avec contacts)	Ministère Fédéral des Transports, de l'Innovation et de la Technologie (BMVIT), Theodor.Zillner@bmvit.gov.at
Manager (avec contacts)	Gestion scientifique et administrative : Société Autrichienne pour l'Environnement et la Technologie (ÖGUT), Herbert-Greisberger@oegut.at Administration formelle et évaluation des projets : Agence pour la Promotion de la Recherche" (FFG)
Date de début	1999
Date de fin	2007
Types de projets	Recherche de base, concepts de nouveaux bâtiments et de reconstruction, recherche appliquée, projets de démonstration, projets de recherche industriels.
Filières de construction	Résidentiel et Bureaux Neuf et Existant (*)
Energies dominantes utilisées	Fuel, Gaz et Electricité (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	Environ 700 propositions attendues
Nombre de projets financés ou devant être financés	Environ 200 projets devant être financés (176 projets acceptés (110 terminés) en Février 2004 pour un financement de 22M€).
Financement total du programme	Le financement total est pratiquement égal au financement public (à 5% près). Peuvent s'ajouter des financements propres (en temps passé) des partenaires des projets.
Financement public du programme	27,5 M€ (dont 19,2 M€ déjà engagés fin 2004) de financement du Ministère Fédéral, soit 3,4 € par habitant.
Financement annuel moyen du programme	4 M€
Montant moyen d'un projet	130 k€ par projet
Durée moyenne d'un projet	2 ans
Qui peut participer	Chercheurs, industriels, organisations non commerciales, propriétaires selon le type de projet.
Quantité et qualité de l'information disponible	Nombreuses informations disponibles sur un site Web ou par contacts avec les responsables du programme. http://www.hausderzukunft.at/ (résumé en anglais)

Fiche N°3 – Programme POL 3.1.3 – Canada

Nom du Programme	Programme Energie : recherche et développement POL 3.1.3 - Bâtiments
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Ce programme soutient les innovations technologiques dans le secteur du bâtiment permettant des consommations d'énergie réduites et des émissions de gaz à effet de serre plus basses, avec des bénéfices économiques, environnementaux et sanitaires significatifs. Dans son dernier plan stratégique, le programme donne une priorité à l'intégration des technologies d'énergies renouvelables et alternatives dans les bâtiments.
Pays	CANADA
Financier (avec contacts)	Office de recherche et de développement en énergie.
Manager (avec contacts)	oord.brde@nrcan.gc.ca
Date de début	2004
Date de fin	
Types de projets	Les domaines d'activité comprennent: conception et requalification; enveloppe des bâtiments; HVAC et autres systèmes comme l'éclairage intégrant la production d'énergie.
Filières de construction	Domaines en rapport avec le bâtiment (*)
Energies dominantes utilisées	Gaz naturel, électricité, énergie solaire (mais aussi fuel, propane, énergie éolienne). (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	
Nombre de projets financés ou devant être financés	50, pour la période 2004-2008
Financement total du programme (€)	34.9 million CAN\$, sur la période 2004-2008
Financement public du programme (€)	17.6 million CAN\$, sur la période 2004-2008 en plus de l'auto-financement des partenaires
Financement annuel moyen du programme (€)	Environ 4.3 million CAN\$ par an, sur la période 2004-2008
Montant moyen d'un projet	Environ 350 000 CAN\$, sur la période 2004-2008
Durée moyenne d'un projet	4 ans
Qui peut participer ?	Agences fédérales canadiennes
Quantité et qualité de l'information disponible	http://www2.nrcan.gc.ca/ES/OERD/english/View.asp?x=1317 .

Fiche N°4 – Programme CUBE – Finlande

Nom du Programme	"CUBE" – Technologies des Services aux Bâtiments
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Ce programme de R&D vise à améliorer la performance du contenu des services aux bâtiments dans le secteur immobilier résidentiel et non-résidentiel. Un objectif complémentaire est de fournir de la valeur ajoutée aux propriétaires : réponse aux besoins des utilisateurs, bénéfiques sur le cycle de vie, espace fonctionnel.
Pays	FINLANDE
Financier (avec contacts)	TEKES, Jarno J. Heinonen@tekes.fi
Manager (avec contacts)	Finish Development Center for Building Services Ltd. (TAKE Ltd.), Markku J. Virtanen@take.fi
Date de début	1.1.2002
Date de fin	31.12.2006
Types de projets	Recherche technique appliquée, Développements industriels.
Filières de construction	Industrie des Services aux bâtiments Industrie de l'immobilier (*)
Energies dominantes utilisées	Electricité (gaz, nucléaire, hydroélectrique..., chauffage urbain, pétrole... , renouvelables (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	Environ 110 à financer
Nombre de projets financés ou devant être financés	Environ 25 projets de recherche + 80 projets de développements industriels.
Financement total du programme (€)	43 M€
Financement public du programme (€)	21,5 M€
Financement annuel moyen du programme (€)	8,5 M€
Montant moyen d'un projet	600 k€ pour un programme de recherche, 380 k€ pour un projet industriel
Durée moyenne d'un projet	2 à 3 ans
Qui peut participer ?	Compagnies privées, instituts de recherche et universités
Quantité et qualité de l'information disponible	Nombreuses informations disponibles sur un site Web ou par contacts avec les responsables du programme. http://www.tekes.fi/cube (résumé en anglais)

Fiche N°5 – Programme SARA – Finlande

Nom du Programme	"SARA" – Réseaux de Valeur dans la Construction
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Ce programme de R&D vise, par une meilleure utilisation des technologies de l'information et une meilleure satisfaction des besoins des utilisateurs, à améliorer la productivité et la qualité dans le secteur immobilier et le secteur de la construction finlandais, de façon à les rendre plus compétitifs sur le marché mondial.
Pays	FINLANDE
Financier (avec contacts)	TEKES, Kari.Hiltunen@tekes.fi
Manager (avec contacts)	Confédération des Industries Finlandaises de la Construction, Jamo.Manninen@rakennusteollisuus.fi
Date de début	1.1.2003
Date de fin	31.12.2007
Types de projets	Recherche technique appliquée, Développement industriels.
Filières de construction	Industrie des Matériaux et Produits de Construction, Industrie de Construction, Concepteurs, Industrie du logiciel, Industrie de l'Immobilier (*)
Energies dominantes utilisées	Electricité (gaz, nucléaire, hydroélectrique..., chauffage urbain, pétrole..., renouvelables) (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	Environ 90 à financer
Nombre de projets financés ou devant être financés	Environ 25 projets de recherche + 65 projets de développements industriels.
Financement total du programme (€)	35 M€
Financement public du programme (€)	17,5 M€
Financement annuel moyen du programme (€)	7 M€
Montant moyen d'un projet	240 k€ pour un programme de recherche, 490 k€ pour un projet industriel
Durée moyenne d'un projet	2 à 3 ans
Qui peut participer ?	Compagnies privées, instituts de recherche et universités
Quantité et qualité de l'information disponible	Nombreuses informations disponibles sur un site Web ou par contacts avec les responsables du programme. http://www.tekes.fi/sara (résumé en anglais)

Fiche N°6 – Programme OPC Axe 3 – Grèce

Nom du Programme	Programme Opérationnel " COMPETITIVITE " (OPC) Axe prioritaire 3: Promotion de l'excellence dans les réalisations
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Le programme OPC s'inscrit dans le 3ème programme cadre de support communautaire (3rd CSF) pour la période 2000-2006. Il comprend un ensemble d'actions et de subventions conçues pour améliorer la compétitivité de l'économie grecque et pour promouvoir la convergence sociale et économique du pays avec les autres pays membres. Le but de l'axe prioritaire 3 est de promouvoir l'excellence des réalisations, en insistant sur les préoccupations environnementales, l'innovation et la recherche, ainsi que la responsabilité sociétale collective. La mesure 3.1 concerne le financement de projets de démonstration dans le domaine de la co-génération, des énergies renouvelables et des économies d'énergie dans les secteurs public et privé, ainsi que des actions pour favoriser la performance et la fiabilité des équipements énergétiques. Action 3.1.1 Application de technologies innovantes dans des projets de démonstration Action 3.1.2 Evaluation des performances et de la fiabilité des équipements énergétiques et des produits liés à l'énergie.
Pays	GRECE
Financeur (avec contacts)	Ministère grec du Développement, www.ypan.gr Fond Européen de Développement Régional (ERDF)
Manager (avec contacts)	Secrétariat spécial pour la compétitivité, Ministère du Développement Spyridon K. Efsthopoulos Tel: 210 7450807, Tel: 210 7450877, Fax: 210 7450879 Bureau d'information 56 Mesogeion Av., 11527 Athens Tel: 801 11 36300 Fax: 210 7450883 www.antagonistikotita.gr
Date de début	2000
Date de fin	2006
Types de projets	Projets de démonstration : technologies innovantes RES&RUE et mesures appliqués aux opérations.
Filières de construction	
Energies dominantes utilisées	Gaz naturel (*) Réseaux urbains de refroidissement Petites éoliennes <80kW Technologies solaires avancées RES hybrides Piles à combustible (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	
Nombre de projets financés ou devant être financés	
Financement total du programme (€)	68,73 M€, 8,89 M€ pour la mesure 3.1
Financement public du programme (€)	55,41 M€, 5,40 M€ pour la mesure 3.1
Financement annuel moyen du programme (€)	1,29 to 3,37 M€ pour la mesure 3.1
Montant moyen d'un projet	Maximum 880.000 € pour les projets en 3.1.1
Durée moyenne d'un projet	
Qui peut participer ?	Entreprises publiques ou privées, actives dans divers secteurs, quelque soit leur taille (mais priorité aux PME), agences de recherche et de technologie, industriels des produits et entreprises de construction, sociétés de service, tourisme
Quantité et qualité de l'information disponible	

Fiche N°7 – Programme OPC Axe 4 – Grèce

Nom du Programme	Programme Opérationnel " COMPETITIVITE " (OPC) Axe prioritaire 4: Recherche et innovation technologique.
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Le programme OPC s'inscrit dans le 3ème programme cadre de support communautaire (3rd CSF) pour la période 2000-2006. Il comprend un ensemble d'actions et de subventions conçues pour améliorer la compétitivité de l'économie grecque et pour promouvoir la convergence sociale et économique du pays avec les autres pays membres. L'axe prioritaire 4 encourage la création d'activités opérationnelles nouvelles, et de nouveaux avantages en compétitivité, comme par exemple: l'exploitation commerciale de résultats de recherche, le renforcement de l'implication des entreprises à l'effort de recherche, la prise de conscience croissante de la contribution essentielle et positive de la technologie à la prospérité et à la performance économique, la création de nouveaux réseaux sur les activités recherche et technologie, soutien au développement de parcs technologiques et de centres de recherche
Pays	GRECE
Financeur (avec contacts)	Ministère grec du Développement, www.ypan.gr Fond Européen de Développement Régional (ERDF)
Manager (avec contacts)	Secrétariat spécial pour la compétitivité, Ministère du Développement Spyridon K. Efstathopoulos Tel: 210 7450807, Tel: 210 7450877 , Fax: 210 7450879 Bureau d'information 56 Mesogeion Av., 11527 Athens Tel: 801 11 36300 Fax: 210 7450883 www.antagonistikotita.gr
Date de début	2000
Date de fin	2006
Types de projets	Mesure 4.3: encourager la dissémination des innovations technologiques <ul style="list-style-type: none"> - Recherche industrielle - Projets de démonstration - Développement et mise en réseau des organismes pour les transferts technologiques - Coopération internationale scientifique et technique Mesure 4.4: générer une prise de conscience publique sur les technologies innovantes <ul style="list-style-type: none"> - Etudes - Action d'information - Infrastructures Mesure 4.5 : permettre la création de groupements d'affaires sur les sujets prioritaires <ul style="list-style-type: none"> - Innovation et transfert technologique - Collaboration et mise en réseau du secteur des affaires et des instituts de recherche - Infrastructures
Filières de construction	
Energies dominantes utilisées	
Nombre total de projets soumis (attendus)	
Nombre de projets financés (à financer)	
Financement total du programme (€)	577,25 M€ for total Priority Axis (*)
Financement public du programme (€)	371,44 M€ (*)
Financement annuel moyen (€)	76 – 110 M€ (*)
Montant moyen d'un projet	
Durée moyenne d'un projet	
Qui peut participer ?	Entreprises publiques ou privées, instituts de recherche
Quantité et qualité de l'information	

Fiche N°8 – Programme COMPASS – Pays Bas

Nom du Programme	COMPASS – prise de conscience sur l'énergie dans l'habitat et au travail – réduction des émissions de CO ₂ dans le cadre bâti.
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Le programme Compass est un programme complet couvrant tout le champ de la construction, et ayant pour but d'atteindre les objectifs de réduction d'émissions de CO ₂ définis dans le protocole de Kyoto. Il est centré sur le développement et la mise en œuvre d'outils d'aide, destinés à différents groupes-cibles, pour leur permettre de prendre des mesures concrètes visant à atteindre les objectifs de réduction d'émission de CO ₂ en général, et en particulier d'économies d'énergie.
Pays	PAYS-BAS
Financier (avec contacts)	Ministère VROM (Ministère de l'aménagement du territoire, de l'habitat et de l'environnement)
Manager (avec contacts)	SenterNovem, W. Berns
Date de début	2002
Date de fin	2006
Types de projets	Les projets du programme Compass doivent viser au développement et à la mise en œuvre d'outils d'aide, destinés à différents groupes-cibles, pour leur permettre de prendre des mesures concrètes visant à atteindre les objectifs de réduction d'émission de CO ₂ en général, et en particulier d'économies d'énergie. Il y a 5 catégories (groupes cibles et questions clefs) : Municipalités et provinces, secteur résidentiel, secteur non résidentiel, organisation, pilotage et communication, coopération avec d'autres programmes.
Filières de construction	Le résidentiel et le non résidentiel, à l'exception des bâtiments Industriels (*)
Energies dominantes utilisées	Toutes énergies, à l'exception de l'énergie nucléaire. (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	Environ 1 projet sur trois est retenu. Pour la phase du programme commence en 2005, tous les projets ont été définis à l'avance, ce qui conduit à dire que 100% des projets soumis sont retenus
Nombre de projets financés ou devant être financés	1.000 à 1.500 projets, tous financés.
Financement total du programme (€)	65,7 millions d'€
Financement public du programme (€)	100%
Financement annuel moyen du programme (€)	2002: 19,7 Meuros 2003: 16 Meuros 2004: 16 Meuros 2005: 7 Meuros 2006: 7 Meuros
Montant moyen d'un projet	
Durée moyenne d'un projet	De 3 mois à 2 ans
Qui peut participer ?	Universités, consultants et bureaux d'étude, instituts de recherche privée, etc....
Quantité et qualité de l'information disponible	www.senternovem.nl/compass L'information disponible est abondante, mais majoritairement en langue néerlandaise.

Fiche N°9 – Programme EOS – Pays-Bas

Nom du Programme	EOS- Programme (Energie Onderzoek Subsidie / Programme de recherche sur l'énergie)
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Le programme EOS est relatif à l'efficacité énergétique, et au volet énergétique du développement durable. Il couvre 5 grands domaines : Le bâtiment ; l'industrie ; la biomasse ; le « nouveau gaz » et les énergies fossiles propres ; la production et les réseaux. Le but est d'encourager la recherche fondamentale dans le secteur des économies d'énergie. Il s'agit de recherche à long terme.
Pays	PAYS-BAS
Financeur (avec contacts)	Ministère des Affaires Economiques
Manager (avec contacts)	Senter Novem; W. Hoondert
Date de début	2004 principalement, sauf pour quelques projets antérieurs
Date de fin	Pas de fin annoncée. A l'heure actuelle, au moins jusqu'à 2008, avec l'intention de continuer jusqu'à 2012 et même au-delà.
Types de projets	<ul style="list-style-type: none"> ➤ LT: recherche fondamentale; 4 années d'étude max, et 10 ans sans produit commercial (depuis 2005); sujets, techniques ➤ Demo: projets de démonstration des nouvelles technologies ➤ Unieke Kansen regeling (UKR) mise en oeuvre de nouvelles d'économie d'énergie. Depuis 2003, les sujets doivent être en cohérence avec ceux des « plateformes de transition ». C'est une étape au-delà des projets de démonstration. ➤ Energie in samenwerking (ES); recherche et développement sur des techniques pré-compétitives) ➤ Nieuwe energie onderzoeken: (NEO) vraies idées neuves sur de nouvelles sources d'énergie.
Filières de construction	Tous types de bâtiments, avec un intérêt particulier pour les bâtiments existants (*)
Energies dominantes utilisées	Toutes les énergies renouvelables (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	
Nombre de projets financés ou devant être financés	
Financement total du programme (€)	LT et démo: 35 M€; ES : 5M€; NEO / UKR: variable
Financement public du programme (€)	LT: 100%; démo: 40% des surcoûts à l'investissement; ES: 50% de la partie recherche, 25% de la partie développement, depuis 2006
Financement annuel moyen du programme (€)	Environ 10 M€
Montant moyen d'un projet	De 100.000 € à un maximum de 1.200.000 €
Durée moyenne d'un projet	LT: 4 ans, démo: 3 ans, ES : 3 ans
Qui peut participer ?	Toute entité indépendante du gouvernement national. Pour la recherche à long terme, les universités, les consultants, et les instituts de recherche privée sont les participants attendus.
Quantité et qualité de l'information disponible	www.senternovem.nl/eos L'information disponible est majoritairement en langue néerlandaise.

Fiche N°10 – Programme RENERGI – Norvège

Nom du Programme	RENERGI . Futurs systèmes énergétiques propres, www.forskningsradet.no/renergi
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	RENERGI finance des projets qui permettent de développer de la connaissance et des solutions pour une gestion des ressources énergétiques du pays réelle, efficace et respectueuse de l'environnement, ainsi que des projets relatifs à la sécurité d'approvisionnement, et à un développement économique du secteur de l'énergie qui soit compétitive sur le champ international.
Pays	NORVEGE
Financier (avec contacts)	Conseil de la recherche de Norvège
Manager (avec contacts)	Hans Otto Haaland
Date de début	2004
Date de fin	2013
Types de projets	Projets innovants orientés sur la demande des utilisateurs
Filières de construction	Tous types de construction (*)
Energies dominantes utilisées	Toutes les sources d'énergie disponibles (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	2006: 14 projets
Nombre de projets financés ou devant être financés	Pour 2006:11 projets sur l'énergie dans le bâtiment
Financement total du programme (€)	Sur le thème de l'utilisation de l'énergie dans le bâtiment: Env. 4,5 M€ pour les 4 ans (donnée susceptible de changer)
Financement public du programme (€)	100%
Financement annuel moyen du programme (€)	1,5 M€ pour 2006 (donnée susceptible de changer.)
Montant moyen d'un projet	0.15 M€
Durée moyenne d'un projet	3 ans
Qui peut participer ?	Industriels, ou Instituts de recherche associés à un industriel
Quantité et qualité de l'information disponible	RENERGI dispose d'une page internet, mais malheureusement en langue norvégienne uniquement

Fiche N°11 – Programme Modernisation thermique – Pologne

Nom du Programme	Programme de modernisation thermique
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Une réduction de 25% des intérêts d'un emprunt souscrit pour un investissement en matière de modernisation thermique est offerte si l'investissement satisfait certaines exigences en matière d'efficacité énergétique.
Pays	POLOGNE
Financier (avec contacts)	Banque nationale d'économie BGK www.bgk.com.pl
Manager (avec contacts)	Directeur: Marek Szczepański marek.szczepanski@bgk.com.pl
Date de début	décembre 1998
Date de fin	Non définie
Types de projets	Modernisation thermique de tout bâtiment à l'exclusion des propriétés du gouvernement.
Filières de construction	
Energies dominantes utilisées	Gaz, charbon, chauffage urbain (*)
Nombre total de projets soumis ou attendus	1871 en 2005
Nombre de projets financés ou devant être financés	Tous
Financement total du programme (€)	70 millions de zł (17,5 M€)
Financement public du programme (€)	70 millions zł
Financement annuel moyen du programme (€)	52 000 zł
Montant moyen d'un projet	200 000 zł
Durée moyenne d'un projet	1 an
Qui peut participer ?	Propriétaire du bâtiment
Quantité et qualité de l'information disponible	Site internet de la banque, et de l'association d'auditeurs.

Fiche N°12 – Programme Accompagnement des emprunts – Pologne

Nom du Programme	Accompagnement des emprunts
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	L'état fournit la moitié des intérêts des emprunts souscrits pour des appartements ou des bâtiments neufs, sur une période de 8 ans.
Pays	POLOGNE
Financier (avec contacts)	Toutes les banques proposant des prêts
Manager (avec contacts)	Ministre des finances.
Date de début	Février 2006
Date de fin	Pas définie
Types de projets	Habitat
Filières de construction	Toutes (*)
Energies dominantes utilisées	
Nombre total de projets soumis ou attendus	
Nombre de projets financés ou devant être financés	Pas encore connu
Financement total du programme (€)	80 M€ en 2006 et 40 M€ les années suivantes. (*)
Financement public du programme (€)	
Financement annuel moyen du programme (€)	
Montant moyen d'un projet	
Durée moyenne d'un projet	8 ans
Qui peut participer ?	Propriétaire du logement
Quantité et qualité de l'information disponible	

Fiche N°13 – Programme BIC – Suède

Nom du Programme	Formas - BIC
Brève Description (5 lignes) (Aspects techniques et socio-éco)	Les projets doivent prévoir des activités spécifiques de mise en pratique. Ils sont financés et conduits en impliquant les acteurs du secteur de la construction. Une vision holistique et la prise en considération de tout le cycle de vie sont des pré-requis. Les thèmes sont l'énergie, les matériaux, l'environnement intérieur et les ICT.
Pays	SUEDE
Financier (avec contacts)	Formas www.formas.se BIC www.bic.nu
Manager (avec contacts)	
Date de début	2003
Date de fin	
Types de projets	Projets de recherche finalisés (c'est-à-dire débouchant sur des applications).
Filières de construction	
Energies dominantes utilisées	
Nombre total de projets soumis ou attendus	1 ^{er} appel: 89 projets 2 nd appel: 150 projets 3 ^{ème} appel – ERABUILD – ICT 4 ^{ème} appel: 36 projets 5 ^{ème} appel – ERABUILD – Pratiques de construction 6 ^{ème} appel: sera publié à l'automne 2006
Nombre de projets financés ou devant être financés	1 ^{er} appel 14 projets 2 nd appel 32 projets 4 ^{ème} appel 8 projets
Financement total du programme (€)	1 ^{er} appel (2003) 28 mSEK (=3 mio €) 2 nd appel (2004) 94 mSEK (=10,1 m€) 4 ^{ème} appel (2005) 22 mSEK (= 2,4 m€)
Financement public du programme (€)	1 ^{er} appel (2003) 14 mSEK (=1,5 mio €) 2 nd appel (2004) 53 mSek (=5,7 m€) 4 ^{ème} appel 11 mSEK (=1,2 m€)
Financement annuel moyen du programme (€)	Déterminé sur une base annuelle
Montant moyen d'un projet	2.6 m€)
Durée moyenne d'un projet	2,5 années
Qui peut participer ?	Universités et Instituts de recherche, avec un co-financement par des industriels partenaires
Quantité et qualité de l'information disponible	Web site www.bic.nu (mais l'information n'a pas été réactualisée récemment)

4.1.8 SELECTION DE PROGRAMMES POUR ANALYSE DETAILLEE

Dans un premier temps, à la lecture de l'analyse par critères du tableau 2, il a été décidé de retenir 3 pays, tous déjà considérés, mais sous d'autres angles, dans le projet ERABUILD. Il s'agit de l'Autriche (programme « Haus der Zukunft » c'est à dire « Bâtiment du futur »), des Pays-Bas (programmes « COMPASS » et « EOS ») et de la Finlande (programmes « SARA » et « CUBE », auxquels on peut ajouter trois programmes non centrés sur les aspects énergie et bâtiment, mais pouvant s'appliquer à cette thématique).

Le cas de la Finlande est particulier dans la mesure où il ne présente pas de programme clairement dédié à la problématique qui nous intéresse, mais tout un ensemble de programmes dans lesquels cette problématique s'inscrit par divers aspects. Il apparaît cependant qu'un nouveau programme beaucoup plus ciblé soit en cours de préparation par le Tekes finlandais. Aussi, bien que nous ayons commencé l'analyse de ces programmes, nous avons donc décidé d'attendre la fin de l'étude pour rapporter sur ces programmes finlandais.

4.1.9 ANALYSES DETAILLEES

Le travail d'analyse détaillée a consisté à appliquer la méthodologie décrite au §2 aux programmes sélectionnés. Les caractéristiques de la production et de la consommation énergétiques dans le pays concerné permettent de situer les éléments de comparaison avec la situation française.

Le programme autrichien a été analysé par nos soins (§ 4.4).

L'analyse des programmes néerlandais a été confiée en sous-traitance à une consultante, Mansi JASUJA, qui connaît particulièrement bien les Pays-Bas (§4.5)

Ces analyses sont obtenues après une rencontre entre les rédacteurs et les responsables nationaux des projets ou leurs représentants. Ces rencontres permettent de renseigner les 4 premières étapes de la méthodologie. Les étapes 5 et 6 (réflexion critique et conditions de transposition à la France) sont traités dans un deuxième temps, par les rédacteurs du présent rapport.

Poursuite de l'analyse

L'analyse globale de 5 programmes principaux finlandais SARA et CUBE, DENSITY, CLIMBUS et MASI, sera réalisée. Compte tenu de la particularité de ces différents programmes et de l'absence (comblée prochainement semble-t-il) d'un programme spécifiquement orientée vers la problématique des économies d'énergie dans les bâtiments, le choix d'une analyse globale sera adopté.

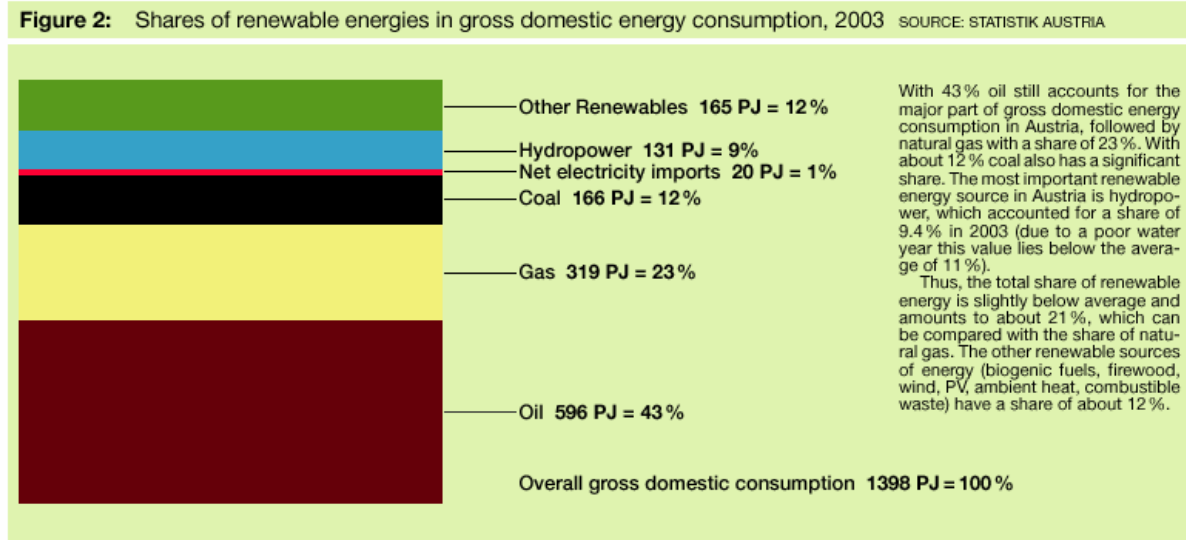
4.2 AUTRICHE : PROGRAMME « HAUS DER ZUKUNFT »

Auteurs : Luc Bourdeau (luc.bourdeau@cstb.fr)
et Jean-Luc Chevalier (jean-luc.chevalier@cstb.fr)
avec la participation de
Marc Colombard-Prout (marc.colombard-prout@cstb.fr)

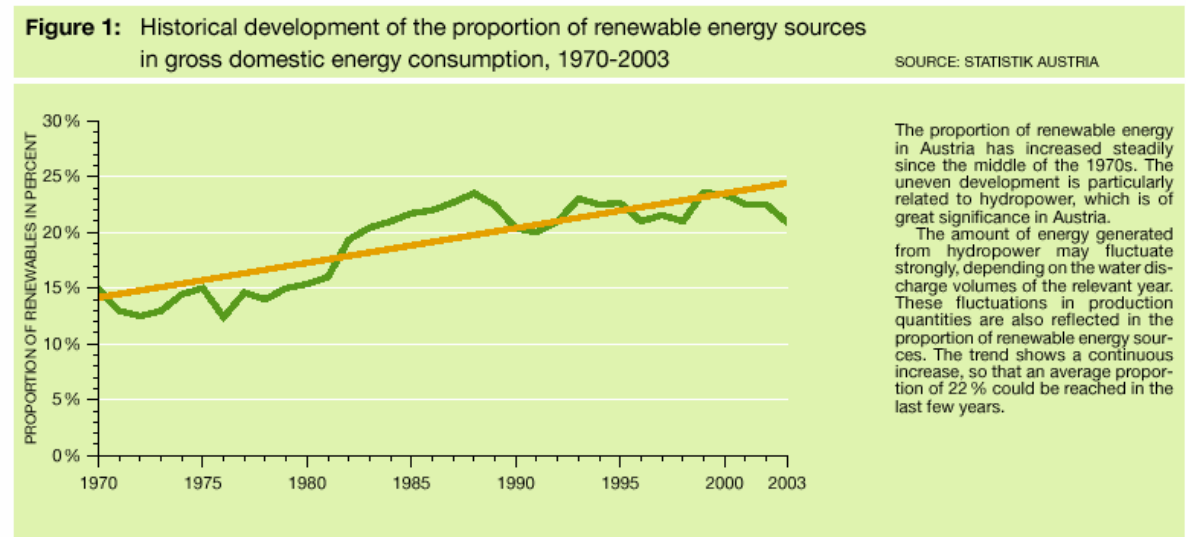
4.2.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUES D'ACTEURS

CONTEXTE NATIONAL DU PROGRAMME SUR LE PLAN DE LA SITUATION ENERGETIQUE ET DU ROLE DU SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

La consommation d'énergie en Autriche est couverte à 78% par des énergies fossiles (43% par le pétrole, 23% par le gaz naturel et 12% par le charbon). L'hydroélectricité couvre environ 10% des besoins selon les années, et les autres énergies renouvelables les 12% restants.



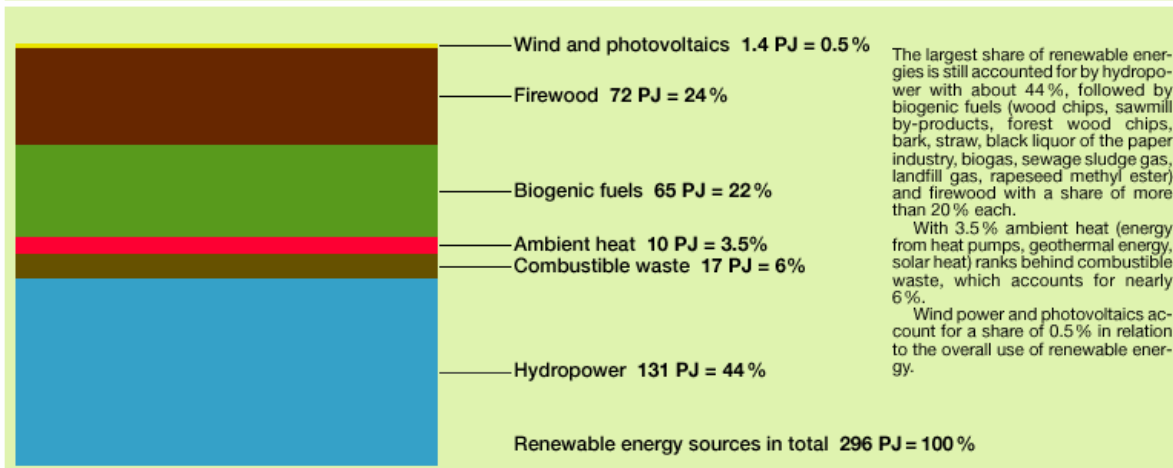
Ces dernières années la moyenne de la couverture des besoins par les énergies renouvelables s'est établie à 22% contre 15% au début des années 70.



La plus grande partie (44%) des énergies renouvelables provient toujours aujourd'hui de l'hydroélectricité, devant le bois (24%) et la biomasse (22%). L'ensemble géothermie, chaleur ambiante et solaire ne constitue que 3,5% des renouvelables, le vent et le photovoltaïque représentant à eux deux 0,5% des renouvelables.

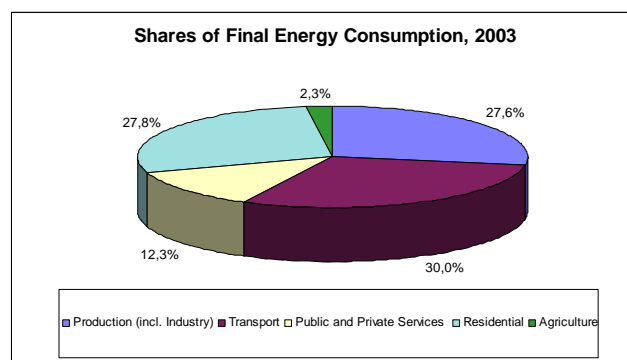
Figure 3: Shares of individual renewable energy sources, 2003

SOURCE: STATISTIK AUSTRIA



Les bâtiments représentent 40,1% de la consommation énergétique totale du pays en 2003.

La part du secteur résidentiel dans la consommation totale était de près de 28%, celle des bâtiments hébergeant les services publics et privé de 12,3%.



Il existait en Autriche en 2002 un peu plus de 2 millions de bâtiments, dont un peu moins de 300 000 dans le secteur non-résidentiel. En 2003, l'Autriche compte 8,1 millions d'habitants qui constituent 3,4 millions de ménages composés en moyenne de 2,4 personnes pour les résidences principales. Les 3,4 millions de ménages disposent au total de 3,8 millions de logements. 55% des ménages possèdent leur résidence principale, tandis que 40% la louent. Une majorité (42%) est propriétaire d'une maison individuelle, proportion qui peut s'élever à 80% dans certaines provinces, mais à peine 4% à Vienne. 11% des ménages occupent leur appartement dans une copropriété soit à gestion privée (5%), soit associative ou coopérative (6%).

Le secteur de la location est divisé en trois parties. 600 000 logements (18% du parc total) sont offerts à la location privée, autrefois prédominant lors de la dernière décennie, il a été dépassé par le logement social. Il y a ensuite 300 000 logements municipaux (9%), la municipalité de Vienne possédant à elle seule 220 000 appartements. Les « associations de logements » et les coopératives gèrent 435 000 appartements en location ainsi que 200 000 appartements en copropriété. Au total, 22 % du parc de logements relèvent du secteur social. Ces dernières années, quelques 40 000 logements ont été produits annuellement (5 unités/1000 habitants), environ 1,05% par rapport au stock total. Cette quantité est considérée comme suffisante pour maintenir un équilibre durable entre l'offre et la demande sur le marché du logement. Il faut noter que ce chiffre, qui était de 41 000 nouveaux logements construits en 1992, a atteint un pic de 60 000 logements en 1999 et qu'il est en décroissance constante depuis cette date. Sur une moyenne décennale, une petite moitié des logements ont été produits par des particuliers, 28% par des « associations de logement », 19% par des promoteurs privés, 2% par les communes.

LE CONTEXTE SPECIFIQUE AUTRICHIEN DE FINANCEMENT DU LOGEMENT

La politique du logement en Autriche est à contre-courant de la tendance générale en Europe qui se caractérise par une réduction globale de l'intervention de l'État, un ciblage sur les plus pauvres et la prédominance de l'aide à la personne. L'Autriche conserve au contraire une aide à la pierre importante, dont une large part de la population peut bénéficier quelque soit son statut d'occupation.

Cette politique a créé un secteur locatif efficace à mi-chemin entre l'État et le marché, grâce notamment à la méthode de fixation des loyers en fonction des coûts.

Caractéristique autrichienne particulière, le financement public du logement n'est pas limité au secteur locatif social, secteur de la location « au coût de construction », le système d'aide à la pierre est universel ce qui influe fortement sur la formation des prix de marché.

Le cadre institutionnel

Le financement du logement a été transféré aux Länder, à la fin des années quatre-vingt, aux Länder qui assurent la distribution des subventions. L'État Fédéral est composé de neuf Länder, Vienne étant un Land. Dans le domaine du logement le Land possède les compétences en matière de financement, d'administration des associations de logement, de protection sociale, d'aménagement du territoire et du droit de la construction. Les politiques du logement sont très différentes d'un Land à l'autre. **Les Länder** ont la responsabilité de définir :

- les programmes d'aide : construction neuve, réhabilitation, aides personnelles et subvention diverses (renouvellement urbain, subvention aux acheteurs de seconde main, etc.) ;
- la nature des bénéficiaires : personnes privées, municipalités, associations de logement, promoteurs ;
- les modalités de financement : taux d'intérêt, apport personnel, régime du prêt, plafonds de ressources, etc. ;
- les aspects financiers : loyer maximum, fonds propres minimum du constructeur, apport personnel maximal des bénéficiaires, limitation des taux d'intérêt de marché, limitation du coût de la construction, etc. ;
- les normes de qualité : aujourd'hui ceci concerne principalement l'efficacité énergétique et la protection de l'environnement.

Répartition des logements livrés et des aides à la pierre

	Stock en 2002	Logements achevés (moyenne 1991-2002)	Aide à la pierre (montant moyen 1991-2002)
Associations de logement et coopératives à profit limité	19%	28%	Environ 33%
Promoteurs commerciaux	18%	19%	Environ 16%
Communes	9%	2%	Environ 50%
Particuliers	54%	49%	

Les communes contribuent au logement social en fournissant du foncier ou en l'exonérant de taxe foncière. Dans tous les cas elles déterminent la demande pour le logement social et dans quelques cas elles peuvent attribuer des logements aux ménages prioritaires.

La coopération des autorités dans l'effort financier s'effectue au travers de la répartition des revenus fiscaux qui est établie pour quatre ans dans un contrat entre l'État Fédéral, le Land et les communes. Les derniers contrats négociés à l'été 2004, hors périodes électorales nationales ou régionales ce qui est un facteur de continuité de la politique du logement, couvrent la période 2005-2008. Au-delà des aspects financiers, ce contrat est un outil de répartition des compétences entre les

différents niveaux de l'État et un instrument de négociation de leurs conséquences financières. Le financement des programmes d'aides au logement du Land constitue un point essentiel de ce contrat. Chaque année, les Länder reçoivent 1780 millions d'euros de l'État Fédéral, à des fins de construction ou de réhabilitation de logements, d'atteinte d'objectifs relevant des accords de Kyoto ou de construction d'infrastructures. Depuis 1996 le montant nominal est maintenu constant, de sorte que la dépense réelle est décroissante.

Les « associations de logement à profit limité ». Deux cents coopératives de logement et sociétés anonymes possèdent un total de 700 000 logements (en location et en copropriété), soit 19% du parc total en 2002. Les associations représentent 28% des constructions neuves dont plus de la moitié en logement collectif, en bénéficiant d'environ un tiers des aides à la pierre. Ces associations sont la propriété des autorités, d'organisations caritatives, de partis politiques, de syndicats, de sociétés ou de personnes privées. Les principales caractéristiques de ce système à profit limité sont les suivantes :

- bases légales : loi sur le logement à profit limité ;
- autocontrôle par la fédération et supervision par les autorités régionales ;
- exonération de l'impôt sur les sociétés et accès préférentiel aux aides à la pierre ;
- principe de couverture des coûts : avec la combinaison d'un loyer reflétant les coûts de construction et de plafonds de loyer permettant d'offrir des loyers bas avec de faibles différences en fonction de la localisation ;
- réponse à la demande : l'existence de la demande doit être démontrée pour percevoir les subventions ;
- champ d'action limité à la construction et gestion de logements pour assurer un bon fonctionnement à long terme, mais avec la possibilité d'adjoindre des surfaces commerciales ;
- obligations en terme de profit : des bénéfices sont possibles mais ils doivent être réinvestis dans des acquisitions foncières, la réhabilitation ou la construction neuve. Une part limitée des bénéfices peut être partagée entre les propriétaires et les actionnaires ;
- obligation de construire ;
- droit d'achat des occupants : les occupants, parce qu'ils contribuent aux coûts de construction par l'apport de fonds propres (plus de 50 € par m2 en moyenne) possèdent le droit d'acquérir leur logement au bout de dix ans d'occupation ;
- droit des locataires : la loi leur est très favorable.

Les acteurs privés

Dans certains Länder (notamment Vienne), les promoteurs immobiliers ont accès aux subventions à la pierre, y compris à l'habitat social. Ils perçoivent environ 16% des aides. Dans le parc concerné, ils doivent respecter les lois sur le logement à profit limité (loyer basé sur les coûts de construction). La moitié des logements neufs sont des maisons individuelles dont les maîtres d'ouvrages, personnes physiques, bénéficient de prêts bonifiés.

Le financement

L'Autriche, à l'image du Danemark, possède une définition extensive du logement social. Les plafonds de ressources y sont plus généreux et seulement 10 à 20% de la population en sont exclus. Au total, 80% des constructions neuves sont cofinancées avec de l'argent public, sous forme d'aide à la pierre. Sans atteindre 50% du coût de la construction, les aides publiques sont un élément indispensable du plan de financement, pour les accédants à la propriété en maison individuelle, les associations de logement, les promoteurs privés et les communes. Seuls les résidences secondaires et le segment supérieur de la construction fonctionnent sans subventions.

Les subventions

Sur la période 1998-2002, les Länder autrichiens ont consacré au logement 2,5 milliards d'euros par an. 1780 millions d'euros (72%) proviennent des taxes fédérales issues du partage des fonds entre l'État Fédéral et les Länder. Les remboursements des prêts échus constituent la seconde ressource (22% soit 550 millions d'euros). Seule une petite part provient des budgets régionaux (6% soit 155 millions d'euros). A ces aides directes il faut ajouter moins de 10% d'aides indirectes, de telle sorte

que l'effort public pour le logement représente environ 1% du PIB (2003), ce qui est inférieur à la moyenne des pays européens.

L'aide au logement en Autriche est presque exclusivement de l'aide à la pierre (92%). Les dépenses concernent principalement la construction neuve : 48% pour le collectif (1 170 millions €), 23% pour les maisons individuelles (550 millions €) ; 22% pour la réhabilitation (550 millions €) et 8% pour les aides à la personne (200 millions €). Ces dernières sont le plus souvent attribuées aux locataires du parc public ; seuls cinq Länder sur neuf autorisent leur distribution aux locataires du privé.

Financement d'un projet type de logement social

Prêt sur le marché des capitaux (durée 20 ans, taux variable 3%)	40-50%
Prêt bonifié (taux fixe 1% sur 30 ans)	30-40%
Fonds propres de l'opérateur (principalement pour l'achat foncier)	10-20%
Fonds propres du futur occupant	0-10%
TOTAL	100%

Source : Wolfgang Ammann.

En Autriche c'est la construction, la pierre qui est subventionnée, alors que la plupart des autres pays mettent de plus en plus l'accent sur la demande. Il y a peu d'aides personnelles et encore moins d'exonérations fiscales. L'Autriche préfère maintenir un niveau élevé de construction neuve grâce à l'aide à la pierre de façon à fournir des logements abordables pour la majorité de la population. Les ménages à bas revenus ont en plus des aides personnelles, mais comme l'offre de logements bon marché est abondante, moins de 5% de la population en bénéficie.

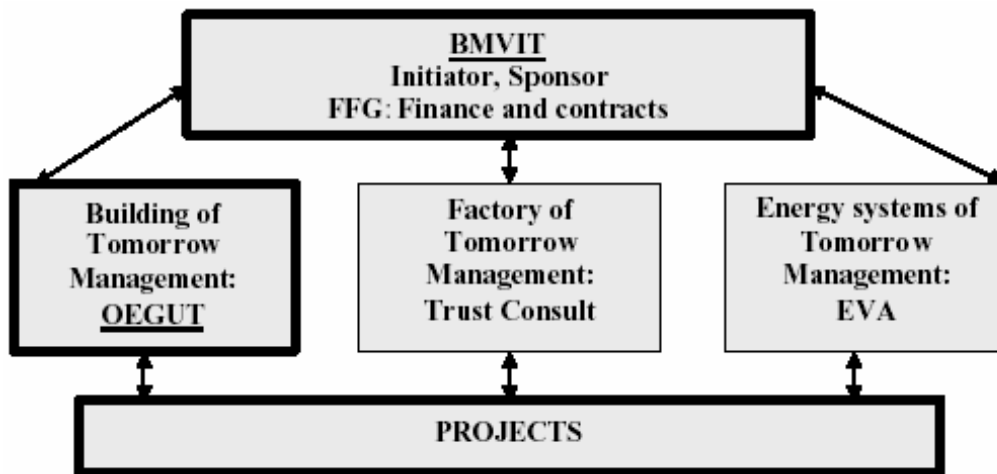
ANTERIORITES DU PROGRAMME (PROGRAMMES PRECEDENTS, COMPLEMENTARITE AVEC D'AUTRES PROGRAMMES...)

Entre 1993 et 1998, dans le cadre du Fond pour l'Innovation et la Technologie, a été mené un programme spécifique sur le thème des bâtiments solaires à faible consommation. Les innovations principales développées dans le cadre de ce programme ont porté sur des bâtiments pré-fabriqués à faible demande énergétique et utilisant l'énergie solaire pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage.

PILOTAGE DU PROGRAMME DE RECHERCHE

Le programme est porté par le Ministère Fédéral du Transport, de l'Innovation et de la Technologie (BMVIT) avec le support du Fond pour la Recherche Industrielle Autrichienne (décidé par le Conseil Autrichien de la Recherche, qui donne avis au gouvernement sur les fonds supplémentaires pour la recherche prévus dans chaque budget annuel). La figure ci-dessous montre la place du programme en parallèle à deux autres programmes sur l'Usine du Futur et les Systèmes Energétiques du Futur.

Le management opérationnel du programme (proposition du contenu du programme et des appels à propositions, assurance qualité, transfert des connaissances, mise en réseau...) est confié à la Société pour l'Environnement et la Technologie (Ögut), les aspects financiers et contractuels étant traités par l'Agence pour la Promotion de la Recherche qui se charge aussi de la procédure d'évaluation et de sélection des projets.



FINANCEMENT

Le financement public (BMVIT) est de 27,5 M€ sur 7 ans, soit environ 4 M€ par an en moyenne (à comparer aux fonds supplémentaires annuels de 509 M€ pour 2000 et 600 M€ pour la période 2004-2006).

SOUCI DE LA REUSSITE DU PROGRAMME

Plusieurs éléments contribuent à un jeu d'acteurs favorable à la réussite du programme

- un Ministère s'est vu confié la responsabilité du programme par le Conseil de la Recherche (reconnaissance importante et donc souci de bien faire)
- un acteur extérieur est en charge du management (réussite nécessaire à l'image de l'acteur),
- le programme fait partie d'un ensemble de trois programmes menés en synergie (voir schéma).

ASSOCIATION DES ACTEURS DU SECTEUR

Les acteurs du secteur ont été impliqués dans la phase de conception du programme et sont membres d'un "comité consultatif". Ces acteurs sont également associés au programme au travers de leur participation dans les projets.

Enfin la population de l'Autriche a une prise de conscience élevée des enjeux environnementaux.

4.2.2 DEFINITION ET OBJECTIFS

ENJEUX (POLITIQUES, ECONOMIQUES, SOCIAUX...) AUXQUELS LE PROGRAMME EST CENSE REPENDRE

La Construction Durable a été identifiée au niveau national comme un des 6 sujets du programme "Technologie autrichienne pour le développement durable". Une étude Delphi a également identifié ce sujet comme un axe scientifique futur pour l'Autriche.

Le bâtiment joue un rôle essentiel dans la stratégie climat autrichienne liée à la satisfaction des objectifs de Kyoto.

OBJECTIFS DEFINIS PAR LES PORTEURS DU PROGRAMME POUR REpondre A CES ENJEUX (HIERARCHISATION, CHIFFRAGE...)

Un constat préalable

Le problème posé par les animateurs du programme découle d'une observation générale concernant l'innovation dans le secteur résidentiel :

- Les innovations continues ne sont pas capables de réduire les émissions de GES ou de réduire la demande d'énergie.
- Les innovations « fondamentales » ne s'insèrent pas dans les marchés existants.

Le défi qui est relevé:

- Comment développer des bâtiments durables qui rencontrent réellement un marché ou/et
- Comment développer des marchés pour les bâtiments durables.

La démarche qui sous-tend l'objectif général des animateurs du programme est considérée par eux comme étant nouvelle et réaliste.

Pour les gestionnaires de programmes de Recherche et Développement Technologique il s'agit généralement :

- de développer des ruptures : bâtiments à Zéro Consommation, Bâtiments à Energie Positive.
- qui rencontrent leur marché dans des échelles de temps relativement longues pour l'activité de construction, dans des conditions économiques réalistes et traditionnelles qui permettent l'initiation de courbes d'apprentissage des acteurs de la construction.

Mais compte tenu de l'expérience de la dernière décennie, il est plus facile de concevoir des bâtiments durables que de leurs trouver un marché. Les technologies sont disponibles, mais les marchés sont absents et ne les rencontrent pas.

La stratégie du programme : Pour des ruptures technologiques commercialisables sur les marchés

Une analyse du marché du logement autrichien a constitué un préalable à la conception du programme de RDT Bâtiments de Demain. Le marché du logement en Autriche comprend un grand nombre de barrières et contraintes pour les bâtiments innovants :

- Les acheteurs sont conservateurs puisqu'il s'agit de leur plus important investissement.
- Les clients usagers n'aiment pas changer leurs comportements.
- Les bâtiments innovants rentrent en conflit avec les règles et règlements qui concernent les bâtiments.
- Les marchés du logement sont des marchés dominés par l'offre.
- Il existe des contraintes inhérentes aux bâtiments innovants ; les maisons passives ont des formes différentes, sont très compactes et une apparence très différente.
- L'industrie, les entreprises et les artisans ne sont pas formés au recours à ces technologies et ils influencent leurs clients.
- La question des coûts d'investissements supplémentaires.

Mais il existe aussi des points d'appui support du changement :

- Le marché du secteur résidentiel est très hétérogène et comprend de nombreuses niches, notamment par rapport au bruit.
- Il existe des dispositifs de subvention du logement, individuel et collectif, très important et pilotés par les 9 régions (2,5 Milliards €/an). 90% des logements individuels et collectifs sont subventionnés dans une proportion de 10% à 20% du coût des constructions pour partie aux constructeurs, pour partie sur la base de critères sociaux. Les critères d'attribution de ces subventions s'orientent de manière croissante et coercitive sur des objectifs environnementaux. Il y a dix ans, 10% de la subvention au logement relevait de critères environnementaux (90 KWh/m² il y a 6 ou 7 ans, puis 60 KWh/m² dans la plupart des régions). Aujourd'hui il n'y a pas de subvention s'il y a recours aux énergies fossiles ou si les

consommations prévisionnelles sont supérieures à 45 KWh/m². Les régions de Vienne et Salzbourg pratiquent des critères supplémentaires quant à l'amélioration de l'efficacité énergétique (40 % au moins).

- Les codes de la construction ne sont pas très développés (« no strong building codes »).
- La sensibilité de la population aux questions environnementales est très développée.

Le programme "Bâtiments de Demain" concerne le résidentiel et les bureaux, le neuf et l'existant.

Les objectifs définis pour le neuf et l'existant sont les suivants :

- Efficacité énergétique totale sur le cycle de vie.
- Énergies renouvelables, surtout le solaire.
- Produits primaires renouvelables et utilisation efficace des matériaux.
- Service et aspects utilisateurs : amélioration certaine de la qualité de vie.
- Coûts.
- Potentiel de marché pour les technologies innovantes.

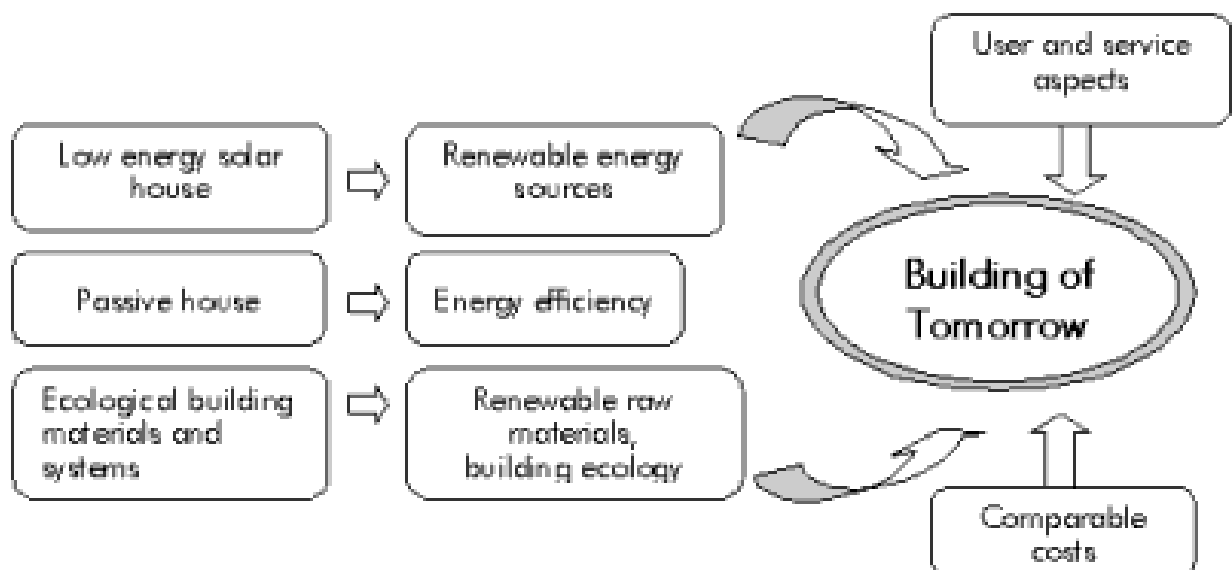
Des objectifs additionnels particuliers ont été définis pour l'existant, à savoir :

- Claire réduction de la demande énergétique et du coût d'usage.
- Aspects environnementaux dans la rénovation des bâtiments les plus anciens.
- Flexibilité accrue (continuité d'utilisation) des bâtiments.

NATURE DE L'INNOVATION VISEE PAR LE PROGRAMME (OBJETS TECHNIQUES, TYPES DE BATIMENT, TYPES D'ENERGIE...)

L'objectif global du programme porte sur l'amélioration des aspects durables des bâtiments neufs et existants à coûts comparables. Les objectifs détaillés du programme mentionnés ci-dessus impliquent des innovations axées essentiellement sur le processus de construction et l'implication de l'industrie, et le développement de démonstrations dans toutes les régions autrichiennes. L'obtention d'objectifs chiffrés, par exemple sur la consommation énergétique pour tous les nouveaux bâtiments, n'est pas l'objet du programme (ceci sera par contre l'objet d'un nouveau programme "klima: aktiv building" du Ministère de l'Environnement).

Le schéma ci-dessous montre comment les objets techniques, les aspects utilisateurs et la maîtrise des coûts contribuent au concept de "Bâtiment de Demain".



PRISE EN COMPTE DU PROCESSUS D'INNOVATION DANS LE PROGRAMME (EN PARTICULIER QUANT AUX ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES)

La prise en compte du processus d'innovation repose sur la notion de "feedback" basé sur la définition d'étapes successives et l'utilisation du retour du terrain de chaque étape pour nourrir l'étape suivante.

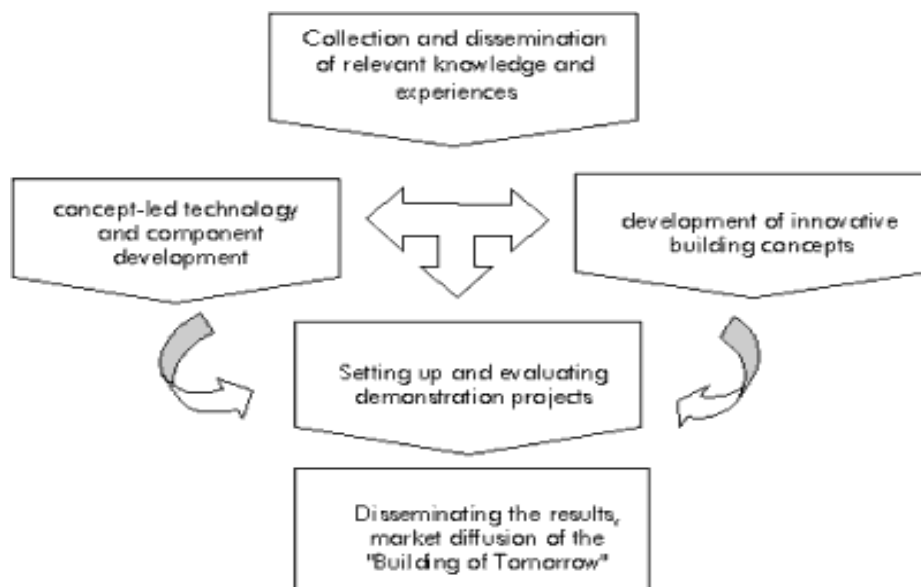
Le programme a donc d'abord mis en œuvre essentiellement des études socio-économiques (70% des financements pour les 2 premiers appels à propositions, moins de 10% à partir du 4^{ème} appel à propositions), puis de la recherche technique de base, de la recherche industrielle, des développements de composants et de concepts de bâtiments innovants et enfin des opérations de démonstration.

Des sociologues et des économistes ont été impliqués à un stage précoce du programme pour effectuer des études sur des thématiques comme l'acceptation des technologies, le comportement des utilisateurs :

- Une meilleure compréhension des besoins des habitants (sécurité, bonheur...) et comportements.
- La conception de technologies et de bâtiments qui répondent à ces besoins.
- L'identification de niches et segments de marchés.
- Sur la base des recherches socio-économiques, ont été financées des recherches technologiques et sur des concepts de bâtiments (15 à 20 concepts de bâtiments ont été développés dont 3 ont fait l'objet de sites de démonstration).
- L'acceptabilité sociale des technologies envisagées.
- Enfin environ 40 sites de démonstration ont été développés et évalués.

Parallèlement le programme a mis l'accent sur :

- Des dispositifs de soutien (support) à la gestion du changement.
- Le transfert de savoir faire vers l'industrie, les entreprises et artisans.
- L'augmentation de la prise de conscience du public sur les bâtiments durables, au travers des médias et d'émissions de télévision (suivies par plus d'un millions de spectateurs) pour que le marché du logement se transforme d'un marché déterminé par l'offre et les vendeurs à un marché déterminé par la demande et les acheteurs.
- La mise en place de standards partagés pour les bâtiments durables.



4.2.3 FONCTIONNEMENT

COLLABORATION DE PLUSIEURS EQUIPES DE RECHERCHE

Les partenariats sont libres.

AUTRES ACTEURS ASSOCIÉS AUX CHERCHEURS

Industriels, entreprises, associations, propriétaires....

THEMATIQUES DES PROJETS PROPOSES ET EQUIPES PARTICIPANTES

Au lancement du programme en 1999, l'accent a été émis sur les bâtiments neufs. Depuis 2002, la modernisation des maisons multi-familiales et des maisons uni-familiales fait l'objet d'appels à propositions.

La programmation des appels suit également le déroulement suivant : études socio-économiques, recherche technique de base, recherche industrielle visant le développement de composants et la création de concepts innovants, projets de démonstration.

L'objectif des études de base est l'analyse des aspects liés aux utilisateurs et à l'orientation des développements techniques en regard à la demande. Elles incluent le développement d'instruments permettant de communiquer vers les acheteurs potentiels sur le plan du caractère durable des bâtiments, ou permettant de réduire les obstacles d'accès au marché pour ce type de constructions.

En relation étroite avec les études précédentes, sont menés des développements spécifiques de technologies, systèmes et composants. Sont visés particulièrement des technologies innovantes d'usage aussi large que possible et à fort potentiel de marché à court et moyen termes (capteurs façades, systèmes capteurs légers et/ou à montage rapide, systèmes de chauffage biomasse, isolation à fibres ligno-cellulosiques, concepts de réfrigération, ...).

La recherche technologique de base s'attache au renforcement de la base scientifique et à l'intensification des échanges de connaissance entre chercheurs et entrepreneurs. Les résultats doivent servir de base au développement futur de technologies, systèmes et composants innovants.

La recherche de concepts innovants de construction et réhabilitation est le cœur du programme. Ces concepts doivent être démontrés sur le plan de la faisabilité de bâtiments durables à fort potentiel de marché et permettant un confort accru à des coûts comparables.

PARTENAIRES ETRANGERS

Cette participation est possible et souhaitée. Fin 2004, il y avait 23 projets (sur 156) avec 31 partenaires étrangers.

Quelques projets font également l'objet d'un co-financement dans le cadre du programme européen LIFE de la DG Environnement.

SELECTION DES PROJETS

La sélection des projets se fait suite à des appels à propositions ouverts chaque année, publiés dans un journal officiel et annoncés sur le Web. L'évaluation des propositions de fait généralement en une seule étape, sauf pour les appels à idées hautement innovantes, pour lesquels une procédure en deux étapes est utilisée. Les critères de sélection utilisés sont principalement les suivants :

- Valeur scientifique et degré d'innovation
- Liens avec le développement durable
- Qualification du consortium
- Valeur économique et dissémination des résultats

L'évaluation sur les 2 premiers critères est faite de manière anonyme. Le jury d'évaluation est composé de 3 à 5 experts nationaux et internationaux, choisis par BMVIT sur proposition d'ÖGUT.

Les contrats des projets sélectionnés sont généralement signés (après une phase de négociation) entre 12 et 18 semaines après le lancement de l'appel à propositions.

LISTE DE PROJETS

Une liste d'une quarantaine de projets majeurs est présentée en page suivante. 151 projets sont actuellement mentionnés sur le site Web (www.hausderzukunft.at) dont 131 avec traduction en anglais.

Sur les 131 projets ayant fait l'objet d'une traduction en anglais on trouve :

- 10 mesures d'accompagnement
- 27 opérations de démonstration
- 44 projets "écologie"
- 57 projets "efficacité énergétique"
- 35 projets "énergies renouvelables"
- 32 projets "socio-économie".

Quelques exemples d'objets techniques considérés : fibres ligno-cellulosiques , fixation des isolants, matériaux et composants fortement isolants, concepts de réfrigération, fenêtres capteurs bois/alu..., solutions standards pour la rénovation, capteurs-façades intégrés, façades double peau, guide pour la rénovation, éclairage naturel, stockage saisonnier, TIC, isolation des bâtiments historiques, isolation sous vide, constructions bois, isolation paille, hydraulique, régulation et manutention des capteurs solaires...

Quelques exemples de sujets socio-économiques : acceptation des utilisateurs des composants basse énergie, facteurs positifs/négatifs pour la pénétration du marché par les logements innovants, confort, santé et valeur récréative des maisons passives, participation des propriétaires et locataires à la rénovation écologique, documentaire TV 45mn (visionné par plus d'un million de téléspectateurs, à rapporter aux 8,1 millions d'habitants en Autriche), procédures d'aide à la décision pour la rénovation, potentiel d'industrialisation des logements, nouveaux concepts pour personnes âgées, beauté et qualité subjective des logements, stratégies d'ouverture de marchés...

Projekt title	Funding in EURO	Project Duration in months	Project Type
1000 passivehouses in Austria - Interactive documentation network on passive houses	150000	14	Accompanying Measures
Acceptance and improvement of low-energy-house components as a mutual learning process for users and producers	148074	12	Basic Research
Alternative insulation made from modified lignocellulosic fibers	120637	12	Industrial Research Project
An analysis of the factors supporting and hindering the market penetration of innovative residential buildings	70399	12	Basic Research
Analysis of user behavior and post-occupancy experiences of inhabitants of pilot and demonstration housing projects and office buildings	105468	12	Basic Research
Applying passive technologies in social housing, 1140 Vienna; Utendorfgasse 7 - Demo	150000	50	Demonstration project
Applying passive technologies in social housing, 1140 Vienna; Utendorfgasse 7- Concept	283690	15	Concept
Architecturally Diverse, Energetic Renewal	19130	6	Concept
Benchmarking - sustainability of housing subsidies across the federal provinces	169260	16	Basic Research
CIT <<City in Transition>> A Model for Comprehensive Renewal Processes to Increase the Value of Urban Areas	112440	15	Basic Research
Comfort for sustainability	100000	8	Basic Research
Competence- and knowledge centre of renewable energies and passive house technology	220000	12	Concept
Contracting as a instrument for renovation	117000	12	Basic Research
COOLSAN - refrigeration concepts for office and administrative buildings retrofit	143900	24	Basic Research
CPC-lightweight construction collector	44100	12	Industrial Research Project
Demonstration project senior-housing concepts for new construction and renewal in Vienna, Menzelgasse	39300	30	Demonstration project
Deployment and development of facade-integrated solar collectors for multi-storey residential and office buildings.	71219	10	Industrial Research Project
e3building – ecology, economy, efficiency: An International Network for the Entire Building Industry	61270	16	Basic Research
Ecobuilding - Building Optimisation with Total Quality (TQ) Assessment	54494	12	Accompanying Measures
Ecological Passive houses	29069	12	Basic Research

Projekt title	Funding in EURO	Project Duration in months	Project Type
Einfach:wohnen, integrated concept for multi-storey residential buildings Concept	315473	40	Concept
Einfach:wohnen, integrated concept for multi-storey residential buildings Demo	95000	30	Demonstration project
Energetic building refurbishment in protection zones	77190	14	Basic Research
Energy-efficient army barracks	70000	24	Concept
Existing building reconstruction and implementation of passive house components	62900	12	Basic Research
First passive-house school reconstruction	412000	36	Demonstration project
GAINING BUILDING LAND without expansion – development of single-family housing settlements	150000	8	Basic Research
Innovative Refurbishment of Single Family Houses	111780	112	Basic Research
old house? old house!	126180	12	Concept
Schiesthaus, Hochschwab - Concept	215068	12	Concept
Schiesthaus, Hochschwab - Demo	400000	36	Demonstration project
Service packages for the ecological renovation of buildings	148140	12	Basic Research
Specification for biomass heating systems for buildings with low energy demand	93051	12	Basic Research
Sustainable Housing-Services - creating individual and social advantages	324000	10	Concept
The Passive House in Practice	56321	16	Basic Research
User-friendly heating and ventilation systems for low energy and passivehouses	104503	22	Basic Research

CONTRACTUALISATION ET SUIVI

Le taux de remboursement des dépenses éligibles (définies à l'image des pratiques dans les projets européens, c'est à dire coûts de personnel, sous-contrats, coûts additionnels dus aux composants innovants mis en œuvre dans les projets de démonstration) dépendent du type de recherche exécuté dans les projets :

- Recherche socio-économique, nouveaux concepts : 100% maxi
- Recherche technique : 75% maxi (80% des coûts doivent porter sur de la recherche de base)
- Recherche industrielle appliquée : 50% maxi
- Projets de démonstration : 50% des coûts additionnels des innovations, limités à 15% du coût total et jusqu'à 500 000€ pour les logements collectifs. Il n'y a pas de subvention de RDT pour les surcoûts de logements individuels, par contre ils bénéficient d'aides à la pierre qui sont attribuées par les Länder notamment sur la base de critères d'efficacité énergétique.

Les rapports intermédiaires techniques sont évalués par ÖGUT et les rapports contractuels par FFG. ÖGUT participe aux réunions importantes des projets.

Il n'y a pas de Comité de Direction pour le programme, dont le management est donc assuré par ÖGUT sous "contrôle" du BMVIT.

EXIGENCES SUR LES RAPPORTS FINAUX

Les contractants doivent établir un rapport technique final évalué par ÖGUT.

DIFFUSION DES RESULTATS DES PROJETS ET DU PROGRAMME

Le site Web du programme (www.hausderzukunft.at) donne accès à une information très complète sur le programme et les projets soutenus. Chaque projet fait l'objet d'une page particulière avec des informations sur les objectifs, le contenu, le statut et les points de contact du projet (151 projets à ce jour en allemand, dont 131 également en anglais). Beaucoup donnent accès aux rapports établis dans le cadre du projet s'ils ne sont pas confidentiels. Un document rassemblant les conseils et les exigences en ce qui concerne la diffusion des résultats des projets ont été établis.

BMVIT et ÖGUT organisent également une diffusion générale sur le programme sous forme d'articles de presse, de newsletters, de brochures et surtout d'événements et de visites destinés à faire connaître les résultats du projet (par exemple les opérations expérimentales ou de démonstration) aux professionnels du secteur.

4.2.4 EVALUATION

EVALUATION DU PROGRAMME

Le programme a à ce jour fait l'objet d'une évaluation intermédiaire (performance technique et administrative) effectuée par un expert extérieur. Les résultats de cette évaluation sont partiellement d'accès public. En outre un système d'évaluation "ex-ante" et un système de suivi ont été mis en place avant d'évaluer le succès du programme.

Les retours des équipes, des questionnaires et des ateliers tenus avec des experts permettent également une amélioration "au fil de l'eau" du programme

RETOMBÉES PREVUES OU REELLES DU PROGRAMME

L'impact attendu est un changement structurel dans le secteur du Bâtiment. De nouveaux marchés à fort impact économique devraient être ouverts et une contribution considérable au développement durable devrait être obtenue.

Les enjeux au niveau des bâtiments neufs ont été atteints. Au niveau des bâtiments existants, compte tenu du fait que cet aspect a été traité dans la deuxième moitié du programme, il est trop tôt pour se prononcer.

EXPLOITATION ET TRANSFERT DES RESULTATS DES PROJETS ET DU PROGRAMME

Les résultats appartiennent au contractant sauf en cas de financement public supérieur à 50% (ou 75% selon les cas). L'exploitation des résultats se fait donc naturellement par les propriétaires des résultats, c'est à dire les industriels, qui commercialisent les produits développés dans le cadre d'un projet, ou BMVIT qui adopte une politique de large dissémination dans les autres cas.

Par ailleurs, l'organisation du programme sur 7 ans avec des phases relativement bien identifiées contribuent à l'exploitation des résultats d'une phase sur l'autre.

ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION DE LA POLITIQUE DU LOGEMENT

Quelques indicateurs simples méritent d'être rappelés pour apprécier le système autrichien du logement :

- le faible niveau de la dépense publique en faveur du logement : moins de 1% du PIB, ce qui est inférieur à la moyenne européenne ;
- la qualité du parc de logement : 38 m² par habitant, 90% des logements de standard A (taille minimale, chauffage central, salle de bains) ; la très grande partie du parc est en bon ou très bon état ;
- le faible niveau de la dépense moyenne du logement : moins de 18% du revenu des ménages en 2000, ce qui est inférieur à la moyenne européenne ;
- l'absence de ségrégation, la haute qualité sociale des implantations, de plus il n'y a quasiment pas de sans abri ;
- des prestations de logement très proches les unes des autres en terme de qualité, de coût et d'espace offert.

Au plan environnemental, l'Autriche a accepté des objectifs relativement ambitieux dans le cadre des accords de Kyoto. Elle considère qu'il y a peu d'espoir de réduction de la circulation automobile ou des émissions industrielles. Le chauffage constitue la troisième source d'émissions. Des subventions incitatives peuvent permettre de réduire substantiellement ce type de consommation d'énergie. Aujourd'hui presque toutes les constructions neuves répondent à des normes « basse énergie » et un nombre croissant de programmes ne comporte même plus de chauffage. Les subventions sont liées à différents niveaux de qualité de l'habitat, ainsi d'important progrès ont été réalisés dans le parc de logements.

Au plan économique, les coûts de construction reflètent l'efficacité du système de financement autrichien, dans la mesure où les coûts des associations de logements sont inférieurs à ceux des

promoteurs privés notamment en raison d'économies d'échelle réalisées sur l'achat des matériaux, mais également parce que le montant des subventions est indépendant du coût des opérations. En ce qui concerne le logement individuel, les subventions tirent l'investissement privé ce qui stimule l'activité de construction et l'emploi. Les subventions remplacent les fonds propres et améliorent l'apport personnel des ménages les plus modestes. Elles ont aussi des effets importants sur la dynamique des économies des Länder.

Au plan social, le taux d'effort des ménages pour le logement est une première mesure de l'efficacité du système de financement autrichien. Une étude récente montre que l'Autriche, parmi neuf pays européens, est le pays où le taux de surreprésentation des plus pauvres (les ménages du premier quintile) au sein du logement social est le plus faible. Cela tient à la forte mixité sociale et l'attractivité du parc social pour les couches moyennes grâce à un stock de qualité, à la persistance de baux de location privés avec loyers contrôlés et droit au maintien dans les lieux, qui logent les familles les plus pauvres, ainsi qu'à une concurrence par les loyers entre secteur social et secteur privé. Le mécanisme de financement du logement s'est révélé un outil efficace pour lutter contre la pauvreté et l'exclusion sociale. Il permet des transferts sociaux vers les jeunes générations et offre des logements abordables pour la majorité de la population.

Le financement du logement est coûteux et la puissance publique fortement impliquée. Elle ne se substitue pas au marché, mais emploie les forces des secteurs de la construction, de la promotion, de la finance de manière relativement efficace.

Parmi les critiques possibles de la politique du logement :

- Un nombre important de logements est occupé par des personnes qui pourraient se passer de l'intervention publique. Mais la mixité sociale est un facteur important de cohésion sociale. Il semblerait qu'il n'y a pas de problèmes de ségrégation ou de ghettos en Autriche.
- Les classes moyennes reçoivent en moyenne plus de transferts que les classes populaires. Mais ces dernières bénéficient de manière analogue de bonne condition de vie. L'accès partagé aux subventions publiques garantit une acceptation partagée de ce système.

4.2.5 REFLEXION CRITIQUE

POINTS FORTS (CONTEXTE, DEFINITION, MISE EN ŒUVRE, EVALUATION)

Ce programme présente un certain nombre de points forts que l'on peut résumer ainsi :

- Un contexte énergétique dominé par une forte dépendance à des énergies fossiles importées et une croissance nette du recours à des énergies renouvelables, malgré une production hydroélectrique à son maximum, observée depuis plusieurs décennies.
- Une forte conscience "écologique" des citoyens autrichiens.
- Un marché du logement hétérogène avec de nombreuses "niches" favorisant les innovations.
- Une structure du programme conduisant à une convergence des intérêts de la réussite du programme.
- Une association des principaux acteurs du secteur à la phase de conception du programme et au suivi de son déroulement.
- Une mise en place résultant d'une volonté politique forte, liée à des enjeux nationaux énergétiques et économiques importants.
- Un certain consensus existant de par l'identification de la thématique ("construction durable") comme enjeu majeur et axe scientifique futur pour l'Autriche.
- Des études socio-économiques menées en amont du programme.
- Un programme visant à la fois le neuf et l'existant, le résidentiel et le non-résidentiel.

- Une programmation sur 7 ans suivant une logique visant un processus d'innovation complet et introduisant la notion de filière.
- Une participation des principaux acteurs aux projets et une politique de programmation favorisant l'exploitation des résultats.
- Une politique de diffusion des résultats ambitieuse mise en place au niveau du programme lui-même.
- Un contexte d'aides à la pierre ~~à l'achat~~ (subventions diverses pouvant atteindre 10 à 20% du coût de chaque construction nouvelle pour 90% du marché) pré-existantes pouvant être utilisées comme incitation aux économies d'énergie. De l'opinion même des responsables du programme, les impacts du programme seraient faibles sans ces subventions dont les critères d'attribution (variables selon chaque Land) jouent un rôle déterminant dans l'accélération du rythme et volume de diffusion des solutions techniques innovantes définies, testées et validées par le programme « Bâtiments de Demain ». Le programme avait mis l'accent sur la nécessité de faire évoluer les critères d'attribution des aides à la pierre. C'est un des résultats important du programme puisque la plupart des Länder ont fait évoluer leur dispositif de financement du logement.
- Une reprise des standards des "Bâtiments de Demain" dans le programme "klima: aktiv buildings" qui vise une part de marché de 20% à l'horizon 2009, contre moins de 1% en 2006 pour les bâtiments qui consomment entre 15 et 45 kWh/m². Ce programme est basé sur des campagnes publiques, la mise en place d'un label "sustainable buildings", l'adoption de nouveaux schémas et critères de financement (subventions) par les Länder, le démarrage d'un programme de formation des professionnels, des accords avec les entreprises privées et les groupes d'intérêts...
- 14 sites de démonstration sur l'ensemble de l'Autriche soutenus par le BMVIT.
- Une amélioration de la compétitivité technologique de l'Autriche pour les « Maisons passives », les systèmes énergétiques thermiques solaires, les systèmes de ventilation, l'utilisation du bois et de la paille comme matériaux de construction.
- Environ 1000 Maisons Passives réalisées.

POINTS FAIBLES

Quelques points faibles peuvent être soulignés :

- Une visibilité de l'impact en cours de programme pas forcément évidente.
- Un contexte montrant une forte diminution du nombre de construction de logements depuis plusieurs années. Toutefois l'objectif de 40 000 logements par an est aujourd'hui considéré comme satisfaisant pour permettre un équilibre entre l'offre et la demande. Les années où le volume de nouveaux logements atteignait les 60 000 étaient des années de rattrapage, liées à la crise yougoslave, la chute du rideau de fer et la pression démographique, qui avaient causé une pénurie.
- Des solutions technologiques relativement peu innovantes.
- Le sentiment répandu parmi les "décideurs" (ministères et leurs conseils) que les solutions techniques développées pour le neuf sont facilement utilisables dans l'existant et plus généralement que les technologies existent mais que les marchés sont "absents".

POSITION DU PROGRAMME PAR RAPPORT AU CONTEXTE FRANÇAIS ET INTERET POUR LA FRANCE

L'intérêt pour la France réside dans la considération des points forts mentionnés plus haut, l'expérience du programme (lancé en 1999) et la possibilité d'apprendre par une analyse des résultats du programme et le suivi de leurs impacts dans les 2 ou 3 prochaines années.

4.2.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

TRANSPOSITION DE LA DYNAMIQUE D'ACTEURS DU PROGRAMME AU CONTEXTE FRANÇAIS ET MODIFICATIONS EVENTUELLES DU PROGRAMME POUR GERER LE CHANGEMENT DE CONTEXTE

La transposition des éléments du programme et de la dynamique d'acteurs au contexte français ne semble pas devoir poser au premier abord de problèmes particuliers pour les aspects de RDT. Par contre en l'absence d'un dispositif d'aides à la pierre, il nous faudra inventer de nouvelles modalités pour accélérer la diffusion des solutions auprès du marché et des acteurs publics et privés, notamment vis-à-vis des particuliers : évolution plus rapide et contraignante de la réglementation technique, nouveaux dispositifs et critères de financement du logement social, nouveaux crédits et critères d'attribution des prêts à l'accession à la propriété, modalités et dispositifs de sensibilisation des habitants recourant aux grands médias, dispositifs de mobilisation et de formation des professionnels région par région, etc.

14 opérations de démonstration en Autriche, à l'échelle de la France (65 millions d'habitants/8,1 millions) c'est 8 fois plus qu'il faudrait faire soit 112 opérations.

1000 Passiv Haus, c'est 8000 Maisons Passives.

Une question essentielle est de savoir comment rattraper notre retard.

4.3 PAYS-BAS : PROGRAMMES « COMPASS » ET « ENERGIE ONDERZOEK SUBSIDIE » (EOS)

Auteurs : Luc Bourdeau (luc.bourdeau@cstb.fr)
et Jean-Luc Chevalier (jean-luc.chevalier@cstb.fr)
avec la participation de
Marc Colombard-Prout (marc.colombard-prout@cstb.fr)

Expert : Mansi Jasuja

4.3.1 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUES D'ACTEURS

CONTEXTE NATIONAL DES PROGRAMMES SUR LE PLAN DE LA SITUATION ENERGETIQUE ET DU ROLE DU SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

La consommation énergétique des bâtiments en correspond à un tiers de la consommation totale du pays en énergie primaire en 2000, faisant de ce secteur le plus gros consommateur d'énergie.

Selon CBS (Statistics Netherlands) la consommation totale d'énergie primaire aux Pays-bas en 2000 atteignait 3050 PJ. La consommation finale par les différents secteurs (industrie, transports, logements et autres) s'établissait à 2400 PJ la même année. Environ 35% de cette énergie était consommée par le secteur du bâtiment.

Répartition des consommations d'énergie dans le bâtiment en 2000 *

Secteur	Consommation en énergie primaire (total)	Production de CO ₂		
		Directe (gaz et chaleur)	Indirecte (électricité)	Total
	PJ	Millions de t	Millions de t	Millions de t
Résidentiel	560	21.3	10.2	31.5
Non-résidentiel	306	8.0	9.2	17.2

Répartition des consommations d'énergie attendues en 2010 *

Secteur	Consommation en énergie primaire (total)	Production de CO ₂		
		Directe (gaz et chaleur)	Indirecte (électricité)	Total
	PJ	Millions de t	Millions de t	Millions de t
Résidentiel	591	20.3	12.9	33.2
Non-résidentiel	341	7.6	11.5	19.1

* Selon le schéma stratégique de réduction des émissions de CO₂ pour le bâtiment en 2004.

L'ensemble des ménages néerlandais consomme 21% de l'électricité et 23% du gaz naturel consommé dans le pays. Les Pays-Bas sont de loin le pays d'Europe présentant la plus grande proportion de foyers chauffés au gaz. Du fait de son volume de consommation, le secteur du bâtiment est suivi de près par les grandes compagnies productrices d'énergie, et 3000 foyers font l'objet annuellement d'une analyse détaillée.

Scénario actuel

Durant les dernières années, l'évolution des consommations fait apparaître de façon synthétique :

- une diminution de la consommation de gaz : environ 1,2% par an, et près de 2% si l'on prend en considération l'augmentation annuelle du nombre de foyers ;
- une augmentation de la consommation d'électricité : 0,8% par an et par logement, et 1,8% par an au total (du fait de la progression du nombre de logements).

Consommation de gaz

La réduction de consommation est presque entièrement due à la diminution de la demande de chauffage, elle-même due à trois causes principales :

- le développement de chaudières à haut rendement, qui tendent à devenir la référence en matière d'équipement de chauffage,

- l'amélioration de l'isolation thermique des habitations,
- l'augmentation du prix du gaz.

Cette réduction globale est en fait la résultante de plusieurs tendances contradictoires :

- Consommations selon les usages : la consommation pour le chauffage décroît, mais elle augmente pour la préparation de l'eau chaude, et elle est stable pour la cuisine.
- Effet de volume : le nombre total de foyers augmente d'environ 60 000 par an. Ces nouveaux logements sont plus efficaces énergétiquement que les anciens, mais l'effet est tout de même une augmentation globale de l'usage du gaz.
- Effets structurels : la diminution du nombre moyen d'occupants par foyer conduit à une réduction de la consommation, mais l'augmentation de l'âge moyen des occupants a l'effet inverse. L'augmentation de la surface moyenne des logements conduit à une augmentation de consommation, mais l'augmentation du prix du gaz a l'effet inverse.

L'amélioration de l'isolation thermique des logements a un effet dominant dans le scénario actuel. Elle concerne les doubles vitrages (79% de pénétration du marché), les toitures (1,6% d'amélioration de performance par an dans la période 2000 – 2004, 70% de pénétration du marché), les murs (respectivement 1,4% et 56%) et les sols (1,9% et 42%)

L'effet sur l'ensemble du stock de bâtiments est dû principalement aux constructions nouvelles, puisqu'elles doivent se conformer aux dernières réglementations, et aux normes sur l'énergie. Les bâtiments existants représentent un important potentiel d'amélioration, avec des modulations dans les choix techniques : l'isolation des murs, souvent entreprise par les sociétés pour valoriser leurs immeubles, n'est pas très populaire pour un logement privé car elle suppose une réhabilitation lourde. La mise en place de vitrages isolants y est plus simple, et plus directement génératrice de confort et de standing, et donc plus répandue.

Chauffage

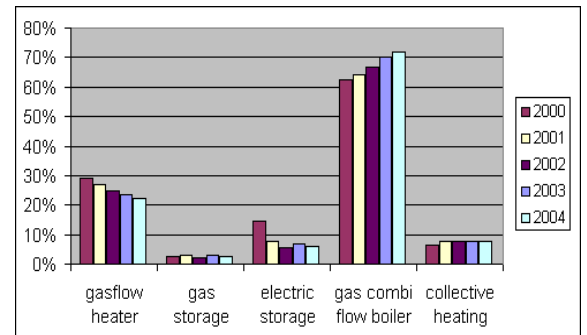
Le tableau ci-dessous précise l'évolution respective des quatre modes de chauffage de 2000 à 2004 (en % du parc de logements).

	2000	2001	2002	2003	2004
Chauffage par pièce	10,3	9,0	8,3	8,2	7,7
Chauffage central	79,2	79,8	80,6	81,0	82,1
Chauffage collectif	6,7	7,3	6,8	5,6	5,6
Chauffage urbain	3,2	3,4	3,6	3,6	3,7

Le chauffage central individuel, déjà largement majoritaire et qui continue à croître lentement, peut être ventilé par type de chaudière. La part des chaudières à hautes performances, directement liée aux réhabilitations, atteignait 50% du parc des logements en 2004, alors que le pourcentage de chaudières datant de plus de 15 ans était inférieur à 22%. Chaque année, 250 000 nouvelles chaudières sont installées, dont 50 000 dans des constructions neuves. Les 10 000 constructions neuves restantes sont équipées de pompes à chaleur ou raccordées au chauffage urbain.

Production d'eau chaude

Les installations de production d'eau chaude montrent une tendance à remplacer les chauffe-eau instantanés par des chauffe-eau à accumulation raccordés à la chaudière. Cette tendance conduit à une réduction de consommation de gaz. Le tableau ci-contre montre la répartition des différents systèmes de production d'eau chaude. Le total excède 100% car il y a parfois plus d'un chauffe-eau par logement (116 % en 2000, 111 % en 2004).



Consommation d'électricité

La recherche d'un confort amélioré est la cause de l'augmentation de consommation d'électricité. Elle se manifeste par la croissance des achats d'équipements ménagers tels que congélateurs, lave-vaisselles et sèche-linges.

La consommation moyenne annuelle par logement atteignait 3 346 kWh en 2004.

Instruments des pouvoirs publics

La diminution des consommations d'énergie est partiellement due aux instruments concrétisant la politique des pouvoirs publics, plutôt de type réglementation que incitation. Les taxes ont conduit à la croissance des prix du gaz et de l'électricité, mais l'effet principal est dû aux réglementations tels que EPN (Energie Prestatie Normering – Règlementation de la performance thermique) et EPL (Energie Prestatie op Locatie – Performance énergétique locale). Ces deux instruments préfigurent en fait la mise en œuvre de la Directive Européenne sur l'efficacité énergétique des bâtiments (EPBD), et sont adossés à la réglementation thermique des constructions neuves. Comme ils sont en vigueur depuis plusieurs années, leurs effets sur les performances de l'ensemble du parc bâti commencent à être sensibles.

Potentiel de progrès : utilisation des énergies renouvelables

Les logements, les bureaux, les écoles, les surfaces commerciales et tous les autres bâtiments de service doivent être chauffés, ventilés, éclairés, parfois climatisés, et cela consomme de l'énergie : environ un tiers de la demande nationale. Ces dernières années, les bâtiments sont devenus de plus en plus performants en matière énergétique, mais il reste un fort potentiel de progrès, à travers une meilleure isolation thermique, la récupération de chaleur sur la ventilation, l'éclairage performant et une gestion intelligente du confort. Ces progrès sont réalisés principalement dans les nouvelles constructions, mais le potentiel de réduction de la demande est encore plus important dans l'existant.

Il restera néanmoins un besoin en énergie, et pour le couvrir, le bâtiment est la cible idéale pour le développement de nombreuses solutions de mise en œuvre des énergies renouvelables à petite comme à grande échelle. Les toitures peuvent être équipées de capteurs solaires pour la production de chaleur et de panneaux photovoltaïques pour la production d'électricité. On peut extraire du sol de la chaleur "renouvelable" au moyen de pompes à chaleur. En combinant l'efficacité énergétique et l'utilisation des sources d'énergie locales, on peut penser qu'une grande partie des besoins énergétiques du bâtiment pourraient être progressivement couverts par les énergies renouvelables, pour satisfaire les objectifs du gouvernement : 10% de la fourniture totale d'énergie au moyen d'énergies renouvelables en 2020, et une progression respectivement de 2.1%/1.6% par an dans le logement et dans les services.

Etant responsable d'environ 35% de la consommation d'énergie aux Pays-Bas, le bâtiment joue un rôle important dans la transition vers des formes plus « soutenables » (accessibles, fiables, propres)

d'approvisionnement en énergie. La contribution à cette transition passe par l'introduction de systèmes intégrés permettant des synergies entre offre et demande, entre différentes techniques, entre le bâtiment et d'autres utilisateurs. Cette approche doit conduire à plusieurs retombées, comme des bâtiments non consommateurs d'énergie pour le chauffage, et où les besoins en électricité seront produits de manière « soutenable ».

Références:

- <http://energytrends.pnl.gov/netherlands/netoc.htm>
- www.ecn.nl/egon/
- Energy in the Netherlands 2005 – Facts and Figures, Energiened, The Netherlands, May 2005

ANTERIORITES DU PROGRAMME (PROGRAMMES PRECEDENTS, COMPLEMENTARITE AVEC D'AUTRES PROGRAMMES...)

Avant le programme Compass, plusieurs programmes ont été menés à bien, orientés vers différents aspects des économies d'énergie dans le bâtiment, ou vers différents groupes cibles. Cependant, il s'agissait plutôt de programmes techniques traitant par exemple de cogénération, d'énergies renouvelables, de chauffage basse température. En 2001, le Ministère du Logement (VROM) a décidé de regrouper tous ces programmes en un seul : Compass.

Le Programme Compass a pour but d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂ du protocole de Kyoto. Une petite partie du programme concerne les objectifs à long terme de réduction de CO₂ (2010-2030), dont l'essentiel est traité dans le programme EOS, sous la responsabilité du Ministère des Affaires Economiques.

Avant le programme EOS, plusieurs programmes plus modestes ont existé comme par exemple NEO and DEN (Duurzame energie Nederland). DEN a pris fin en 2005 pour être intégré au programme EOS.

PILOTAGE DU PROGRAMME DE RECHERCHE

SenterNovem (SN) pilote les programmes Compass et EOS.

Pour Compass, cet organisme (comparable à l'ADEME en France) prépare les analyses des projets, et suit leur déroulement pendant tout leur durée. Chaque trimestre, des discussions ont lieu au VROM sur la progression des projets, et des décisions sont prises pour éventuellement les infléchir. De façon plus informelle, des échanges entre SN et le VROM ont lieu chaque mois.

Pour EOS, SN organise les appels à projets et prépare les analyse des projets, mais c'est un groupe d'experts extérieurs qui prend les décisions, et, notamment, classe les projets. SN est ensuite, comme pour Compass, chargé de suivre sur toute leur durée les projets retenus.

FINANCEMENT

Le Ministère VROM (Ministère de l'aménagement du territoire, du logement et de l'environnement) finance Compass, et le Ministère des affaires économiques finance EOS. Pour les projets de démonstration de EOS, l'organisme qui soumet un projet apporte un autofinancement.

SOUCI DE LA REUSSITE DU PROGRAMME

De nombreux acteurs sont intéressés, et se sentent impliqués dans la réussite des projets. Les ministères et SenterNovem bien sûr, mais aussi les organisations de recherche et l'industrie du bâtiment pour EOS, et les groupes cibles pour Compass (collectivités territoriales, constructeurs de

logements, promoteurs, maîtres d'ouvrage, architectes, consultants et BE). De plus dans chaque groupe techniques, des acteurs plus « aval » sont impliqués.

ASSOCIATION DES ACTEURS DU SECTEUR

Le programme Compass a été conçu au départ (en 2000) selon une approche très “top down” : les thématiques étaient dictées par le Ministère (des affaires économiques à l'époque). Mais ce ne fut pas un succès. Dès 2005, Senter-Novem a obtenu plus de liberté dans l'élaboration du contenu et dans la programmation du programme. Les objectifs ont été formulés selon plusieurs niveaux parmi lesquels le VROM ne maîtrise que le niveau 1. A ce niveau il y a 5 sous-programmes, traduits en 20 objectifs. SN couvre ces objectifs avec des projets qui contiennent eux aussi des sous-objectifs et des sous-projets.

Pour déterminer les sujets les plus pertinents sur lesquels financer de nouvelles recherches, la mise en place du programme EOS été précédée de nombreux échanges avec les industries et les différents acteurs du secteur du bâtiment, et les représentants du marché et de la société ont eu l'opportunité de donner des directions et de contribuer aux décisions. Pour la première fois, un ministère a appliqué une méthode très « bottom up ».

A partir de l'information collectée, plusieurs “comités de programme”, composés d'experts indépendants, ont élaboré les cahiers des charges des différents domaines, en termes de programmes et de cibles.

4.3.2 DEFINITION ET OBJECTIFS DU PROGRAMME

Programme COMPASS

ENJEUX (POLITIQUES, ECONOMIQUES, SOCIAUX...) AUXQUELS LE PROGRAMME EST CENSE REpondre

Les enjeux principaux sont dans la mise en œuvre et l'organisation du processus de construction, et dans les dynamiques locales pour satisfaire les objectifs du protocole de Kyoto. L'environnement est donc un thème clef. Il s'agit notamment de clarifier les différents rôles que doivent jouer les municipalités, les maîtres d'ouvrages, les architectes, les fournisseurs d'énergie... pour aboutir aux objectifs de Kyoto. En 2007, la qualité de l'environnement intérieur et les effets environnementaux de l'utilisation des matériaux de construction seront les enjeux majeurs du programme.

OBJECTIFS DEFINIS PAR LES PORTEURS DU PROGRAMME POUR REpondre A CES ENJEUX

Les objectifs du programme Compass sont de persuader les groupes cibles d'envisager et de prendre concrètement des mesures d'économie d'énergie dans les bâtiments qu'ils ont en charge. Ces objectifs se traduisent concrètement en terme de:

- % des groupes cibles sensibilisés aux nouvelles techniques, à l'intérêt des mesures d'économie d'énergie, (rentabilité, qualité de la construction, qualité de l'environnement intérieur) et aux outils d'aide développés ;
- % des groupes cibles impliqués dans des projets pilotes ou de démonstration ;
- % des groupes cibles qui envisagent de prendre concrètement des mesures d'économie d'énergie, parce que leur sensibilisation s'accroît, et qu'ils sont influencés par les innovateurs et les précurseurs.

Le résultat est un parc national de bâtiment présentant de meilleures performances énergétiques, et donc moins d'émissions de CO₂ que lors de l'année de référence (2000). Analyser et assurer un suivi des performances énergétiques du parc national de bâtiment est aussi une partie du programme : il est important au sein du programme de voir comment la maîtrise de l'énergie peut être intégrée dans la politique du logement.

Dans le programme Compass on distingue notamment les sujets spécifiques suivants :

- Méthodes de calcul des performances énergétiques des bâtiments neufs et existants.
- Certification des bâtiments (certificats de consommation énergétique), méthodes de calcul et mise en place de consultants en énergie.
- Financement et construction de bâtiments en accession à la propriété.
- Critères de "soutenabilité" du foncier.
- Gestion et exploitation d'un bâtiment présentant de bonnes performances énergétiques.
- Effet des mesures d'économie d'énergie sur la qualité de l'environnement intérieur.

HIERARCHISATION, CHIFFRAGE...

Plusieurs priorités sont définies en accord avec le VROM et SN. Les priorités pour la prochaine phase de programme ne sont pas encore établies.

NATURE DE L'INNOVATION VISEE PAR LE PROGRAMME (OBJETS TECHNIQUES, TYPES DE BATIMENT, TYPES D'ENERGIE...)

Le programme ne traite pas spécifiquement d'innovation ou de produits innovants, car il est plutôt centré sur la mise en œuvre de pratiques. C'est le programme EOS qui couvre les aspects innovants en matière d'économies d'énergie.

Programme EOS

ENJEUX (POLITIQUES, ECONOMIQUES, SOCIAUX...) AUXQUELS LE PROGRAMME EST CENSE REpondre

Ce programme répond essentiellement à des enjeux techniques, mais il ouvre toutefois des possibilités relatives aux aspects sociaux (jusqu'à 35% du coût total des projets). Pour le secteur de la construction et du logement, il existe assez de solutions techniques pour atteindre 50 à 60% des objectifs en matière de réduction des émissions de CO₂. Le problème vient du fait que ces techniques ne sont pas souvent mises en œuvre concrètement. Elles restent à l'état de démonstration, ou parfois ne sont pas utilisées pour des questions institutionnelles. Le programme EOS pour le secteur du bâtiment intègre dans ses thématiques la recherche de solutions pour lever ces blocages institutionnels.

OBJECTIFS DEFINIS PAR LES PORTEURS DU PROGRAMME POUR REpondre A CES ENJEUX

Les différents objectifs poursuivis sont les suivants :

- Comment le projet contribue-t-il à l'effort d'économie d'énergie aux Pays-Bas (effet du projet, mais aussi de ses retombées) ?
- Que propose-t-il de nouveau ?
- Quelle est la vision derrière l'idée ?

- Renforce-t-il la position nationale en matière de création de connaissances ?
- Comment le transfert de connaissances est-il organisé ? Comment les différents obstacles classiques à ce type de transfert seront-ils franchis ?

Le programme EOS pour le bâtiment vise à encourager la recherche à long terme pour qu'elle génère des solutions conduisant à une fourniture d'énergie respectant les principes du développement durable, c'est-à-dire propre, abordable et fiable.

Les objectifs de recherche à long terme pour le bâtiment privilégient :

- La mise en œuvre d'une approche intégrée (conception, techniques innovantes, systèmes intelligents...) pour de bâtiments construits ou rénovés en appliquant les principes du développement durable.
- La réduction significative du recours aux énergies fossiles pour assurer les fonctions du bâtiment.
- Les efforts pour produire localement ou à partir de sources renouvelables 60% de l'électricité consommée dans un bâtiment neuf. Globalement, on vise à ce que au moins 10% de l'électricité consommée par un bâtiment soit issue de sources renouvelables.

HIERARCHISATION, CHIFFRAGE

La priorité est donnée aux projets de démonstration (sous-programme « DEMO »). Au sein du sous-programme « LT » (recherche à long terme), des priorités sont établies. Pour le bâtiment, il s'agit de l'approche intégrée (approche « systèmes »). Pour les autres sous-programmes, il n'y a pas de priorités.

NATURE DE L'INNOVATION VISEE PAR LE PROGRAMME (OBJETS TECHNIQUES, TYPES DE BATIMENT, TYPES D'ENERGIE...)

L'innovation en matière d'approche "système" est privilégiée au détriment de composants individuels et de produits innovants, bien qu'il soit reconnu que ces derniers constituent une partie robuste de la chaîne de l'énergie.

Cependant une exception est faite pour les produits de la conversion photovoltaïque (PV) :

- technologie du PV à base de silicium polycristallin ;
- technologie de PV en couches minces (cellules organiques ou inorganiques).

PRISE EN COMPTE DU PROCESSUS D'INNOVATION DANS LE PROGRAMME (EN PARTICULIER QUANT AUX ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES)

L'innovation est un enjeu majeur du programme EOS. Cependant il faut reconnaître que ce sont principalement d'innovations techniques qu'il s'agit. Il est admis que les aspects sociaux sont importants et pourraient aussi faire l'objet d'innovation, mais que ces aspects sont difficiles à traiter en pratique.

4.3.3 FONCTIONNEMENT

Programme COMPASS

AUTRES ACTEURS ASSOCIES AUX CHERCHEURS

Les participants les plus en pointe des groupes cibles de secteur du bâtiment sont encouragés à participer, ainsi que des organisations telles que TNO, ECN, et des constructeurs comme BAM, des sociétés de logements, des municipalités, des consultants, (Kouwberg, IVAN, CE Delft) etc...

THEMATIQUES DES PROJETS PROPOSES ET EQUIPES PARTICIPANTES

Les thèmes principaux sont:

- gestion de l'énergie,
- réhabilitation et Maintenance,
- modèles économiques,
- cycle de vie et exploitation,
- environnement intérieur,
- suivi.

Les détails de ces thématiques sont disponibles sur : www.senternovem.nl/compass

PARTENAIRES ETRANGERS

Oui, mais sans financement. Senter-Novem est partenaire de différents programmes de l'UE en tant que pilote du programme Compass, notamment dans le projet Era-Build.

SUIVI DES PROJETS

Un suivi régulier a été mis en place :

- Tous les deux ans a lieu un suivi par ECN / RIVM.
- Chaque année, un suivi est assuré sur l'efficacité d'utilisation des instruments d'économie d'énergie (comme EPC et contrôle EPA) par des consultants.
- Le suivi du programme lui-même est assuré par SenterNovem.
- Le suivi du contrat encadrant le programme est assuré par le VROM.

SenterNovem en tant que pilote doit suivre les étapes, les dépenses et les livrables prévus dans le contrat. Le contractant fournit les informations relatives aux dépenses et aux étapes. SenterNovem est aussi responsable du suivi de la qualité des résultats. A la fin du projet, un audit final est réalisé, notamment sur le plan financier. Des remarques et des commentaires sont formulés chaque fois que cela est jugé nécessaire par le consultant. Les procédures de suivi s'intéressent également aux conséquences sur le plan législatif, sur les nouveaux programmes, etc. Les résultats sont répercutés dans les politiques relatives au logement, comme les budgets de renouvellement urbain, dont la réduction des émissions de CO2 est un indicateur.

EXIGENCES SUR LES RAPPORTS FINAUX

Il existe un format type pour les rapports qui doivent être fournis régulièrement à SN et au VROM. Le rapport doit contenir un sommaire de chacun des principaux développements ou résultats.

De plus, chaque rapport doit contenir impérativement des informations sur :

- la situation financière,
- les objectifs atteints à chaque étape,
- les priorités.

DIFFUSION DES RESULTATS DES PROJETS ET DU PROGRAMME

La communication et la diffusion des résultats sont partie intégrante du programme à plusieurs niveaux. La plus grande partie de la diffusion des résultats passe par les échanges réguliers. Les résultats de 2005 ont été directement intégrés dans la réflexion pour mettre en place le programme 2006. Les autres outils de diffusion sont les ateliers, les lettres d'information, les rapports, les conférences, les sites Internet.

Il est aussi attendu au sein du programme que les connaissances acquises et créées diffusent entre municipalités, et des autres groupes cibles vers les municipalités. C'est le VROM qui est en charge de cette phase de dissémination.

Programme EOS

COLLABORATION DE PLUSIEURS EQUIPES DE RECHERCHE

Le programme implique largement plusieurs équipes de recherche qui se distinguent par les compétences techniques (ex : énergies renouvelables, cogénération) ou par le secteur d'activité (ex : logement et transport, quand les panneaux PV du toit de la maison servent à recharger des voitures électriques ; logement et agriculture pour un projet de serre ; logement et industrie, pour un projet de démonstration à Rotterdam de chauffage collectif utilisant de la chaleur produite par une usine Shell)

AUTRES ACTEURS ASSOCIES AUX CHERCHEURS

A côté des chercheurs d'Instituts techniques comme TNO, ECN, KEMA ou des universités, on trouve les grandes entreprises de construction (BAM, PANAGRO, PEPPING, etc.).

THEMATIQUES DES PROJETS PROPOSES ET EQUIPES PARTICIPANTES

Le programme est organisé selon l'approche système et non par thèmes. Cependant, l'environnement intérieur est un thème émergent fort au sein du programme.

PARTENAIRES ETRANGERS

Oui, mais sans financement.

SELECTION DES PROJETS

Il y a appel à propositions. Une commission d'experts extérieurs compare les propositions et décide des projets retenus.

CONTRACTUALISATION ET SUIVI

Les lauréats ont un contrat à respecter qui couvre l'exécution du projet, avec des règles sur les comptes à rendre à SN : la remise des rapports contractuels conditionne la mise à disposition effective du financement.

Le suivi est une partie intégrante du projet. SenterNovem en tant que pilote a une obligation de contrôle des dépenses, des étapes franchies, des livrables. Le contractant fournit les informations relatives aux dépenses et aux étapes. SenterNovem est aussi responsable du suivi de la qualité des résultats. A la fin du projet, un audit final est réalisé, notamment sur le plan financier. Des remarques et des commentaires sont formulés chaque fois que cela est jugé nécessaire par le consultant. C'est un processus de contrôle continu, sans structure prédéfinie.

EXIGENCES SUR LES RAPPORTS FINAUX

Il existe un format type pour les rapports qui doivent être fournis régulièrement à SN et au Ministère.

Le rapport doit contenir un sommaire de chacun des principaux développements ou résultats.

DIFFUSION DES RESULTATS DES PROJETS ET DU PROGRAMME

La diffusion des résultats est une partie importante du projet : les détails de cette diffusion doivent être précisés dans chaque proposition. Elle peut être faite à travers des sites Internet, des rapports, des réseaux existants, des brochures, des conférences...

4.3.4 EVALUATION

Programme COMPASS

EVALUATION DU PROGRAMME

Une évaluation du programme est menée tous les deux ans. L'information sur les projets passe par les rapports contractuels.

RETOMBEES PREVUES OU REELLES DU PROGRAMME

La grande retombée attendue du programme consiste à se rapprocher des objectifs du protocole de Kyoto. Elle sera effective à travers la mise en œuvre de la législation nationale et européenne, visant à réduire les émissions de CO₂ dans le bâtiment. Cette législation est le moteur essentiel de la motivation des groupes cibles pour envisager concrètement des mesures d'économies d'énergie. La mise en œuvre de la directive européenne sur l'efficacité énergétique des bâtiments (EPBD) joue aussi un rôle central

Le principal bénéfice attendu est bien que le programme conduise à la prise de décisions effectives en matière d'énergie par les groupes cibles, conduisant à une amélioration significative de la performance énergétique du parc immobilier.

EXPLOITATION ET TRANSFERT DES RESULTATS DES PROJETS ET DU PROGRAMME

Le VROM communique largement sur les résultats du programme. Les résultats pratiques, comme le système d'outils « EPA », sont mis à la disposition des municipalités, des fournisseurs d'énergie, des sociétés de logement, des développeurs,... pour qu'ils soient utilisés concrètement sur le terrain.

Programme EOS

EVALUATION DU PROGRAMME

Le programme EOS est en place pour 4 ans. Une évaluation à mi-parcours est prévue en 2006. A la fin du programme, les règles et la structure du programme seront remises en question.

RETOMBEES PREVUES OU REELLES DU PROGRAMME

- Nouvelles connaissances relatives à la question énergétique dans le bâtiment.
- Exemples de bâtiments sans consommation énergétique.
- Nouvelles technologies.
- Produits et process innovants
- Consommation incluant plus de 10% d'énergie renouvelable en 2030

EXPLOITATION ET TRANSFERT DES RESULTATS DES PROJETS ET DU PROGRAMME

La diffusion des résultats ne fait pas partie intégrante du programme, mais constitue par contre une étape importante de chaque projet. Le programme est dans le domaine public, mais les agences qui développent de l'innovation sont propriétaires des résultats et sont libres de les utiliser pour eux ou de les disséminer. Il n'y a aucune obligation dans le programme d'exploiter pratiquement ces résultats, mais plutôt une sorte de pression morale.

4.3.5 REFLEXION CRITIQUE

POINTS FORTS

Le Pays Bas est un petit pays qui favorise une forte implication, coopération et coproduction des activités de R & D avec les acteurs et parties prenantes clés, ce qui débouche sur des effets d'échelle réels notamment pour la diffusion des résultats.

Le Pays Bas a l'ambition de se positionner comme un pays pilote.

Le programme EOS se focalisait sur les aspects techniques alors que le programme COMPASS se focalise sur les processus, les jeux et articulation d'acteurs, les outils à produire à destination des acteurs du terrain au-delà des objets techniques.

La définition de groupes cibles (municipalités, sociétés de logements, promoteurs, organisations professionnelles, aéroport de Schiphol, etc) et leur implication dans la définition, le pilotage et le suivi des projets, des pilotes et des opérations de démonstration constituent un facteur essentiel dans le développement d'une dynamique vertueuse.

Le recours à une méthode de planification participative de projets orientée objectifs, pour élaborer la programmation de la recherche et définir les thématiques permet de combiner les avantages du « bottom up » et du « top down ».

Chaque groupe cible défini par domaine spécifique au travers d'atelier séminaires participatifs :

- les problèmes à résoudre,
- l'objectif global,
- l'identification des objectifs à atteindre pour les organisations et les citoyens, par les différents projets,
- les services, connaissances, solutions qui doivent être fournis aux groupes bénéficiaires afin qu'ils soient à même de se prendre en charge et de mettre en œuvre des mesures d'économies d'énergie sur les bâtiments dont ils ont la charge,
- les activités nécessaires pour atteindre les résultats attendus.

La méthode vise également à identifier les facteurs et conditions externes, les risques qui peuvent influencer sur le niveau de succès d'un projet.

Sur la base de ce travail de définition et de programmation avec les groupes cibles sur « qu'est-ce qu'il faut faire ? », Senter Novem se focalise sur « comment le faire ? » :

- les activités à réaliser par les intermédiaires, maîtres d'ouvrages, maître d'œuvre, entreprises, afin de développer leur professionnalisme,
- les résultats souhaitables, possibles à produire,
- le dispositif de diffusion des résultats en direction des groupes cibles et des municipalités.

Un autre point fort résulte de l'implication de tous les ministères clés : aménagement, construction, environnement, économie et finances.

POINTS FAIBLES

Le suivi et l'évaluation des résultats produits paraissent plus formels et administratifs que scientifiques. Des questions se posent sur le suivi et l'évaluation scientifique, d'une part, des résultats effectivement produits sur le terrain et, d'autre part, des programmes.

4.3.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

Il serait nécessaire que toutes les instances impliquées par le développement durable et les économies d'énergie soient présentes et se concertent.

Il serait important de définir et d'organiser des groupes cibles qui participent et contribuent à la définition des programmes de R & D et des actions de démonstration, des thématiques, des connaissances, services, solutions et résultats attendus.

5-CONTENU PREVISIONNEL DE LA DEUXIEME ETAPE

1- PROGRAMMES D'OPERATION PERFORMANTES

1.1 Minergie, Suisse

1.2 Politique énergie de la ville de Barcelone

1.3 L'eco quartier de Vesterbro à Copenhague

2- COMPOSANTS ET EQUIPEMENTS INNOVANTS

2.1 Conception architecturale d'un bâtiment passif et bioclimatique

2.2 Systèmes constructifs et économie d'énergie

2.3 Production décentralisée d'énergie

2.4 Eclairage

2.5 Micro cogénération

2.6 Climatisation et rafraîchissement basse consommation

2.7 Stockage de chaleur

2.8 Solaire thermique

3- PROGRAMME DE RECHERCHE DEVELOPPEMENT

Finlande

CONCLUSION :
TROIS CONCEPTIONS DE LA MAITRISE
DE L'ENERGIE DANS LE BATIMENT

Les expériences étrangères étudiées, en particulier en Allemagne, Suisse¹, Etats-Unis et Japon permettent, en simplifiant, de mettre en avant trois conceptions, très différentes, de la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment.

1. La conception « fortes économies d'énergie »

Dans cette conception, l'objectif est avant tout de baisser de manière importante la consommation d'énergie dans le bâtiment.

Les moyens employés sont une enveloppe (parois opaques et transparentes) très isolée, une ventilation maîtrisée, des gains solaires passifs et une utilisation des énergies renouvelables. Deux variantes peuvent être distinguées.

a) La « variante allemande » très basse consommation d'énergie

La solution « Passivhaus », vise à aller jusqu'à supprimer tout chauffage. L'enveloppe est alors sur isolée par l'extérieur, avec les composants et équipements analysés dans le rapport : murs très épais avec isolation par l'extérieur, fenêtres triple vitrage, ventilation double flux avec récupération de chaleur, systèmes compacts ventilation chauffage eau chaude.

D'abord appliquée à la construction neuve, cette conception est en cours d'expérimentation dans la réhabilitation.

b) La « variante suisse » basse consommation d'énergie

La solution « Minergie®² » est moins exigeante que la solution « Passivhaus ». Le principe est le même, mais la baisse de la consommation moins forte. L'enveloppe est très isolée, le plus souvent par l'extérieur, les fenêtres sont à double vitrage peu émissif, la ventilation peut être mécanique et des appareils de chauffage sont présents.

Cette solution d'abord utilisée pour la construction neuve est également appliquée à la réhabilitation. Plus de 500 maisons et immeubles rénovés suisses sont labellisés « Minergie® ».

2. La conception « consommation et production d'énergie »

Dans cette conception, l'objectif prioritaire n'est pas la forte baisse de la consommation, une certaine consommation d'énergie est même assumée, une dimension importante est la production d'électricité par système photovoltaïque. Deux variantes peuvent être également distinguées.

a) La « variante américaine »

Surtout appliquée aux maisons individuelles neuves à ossature bois, cette variante utilise des murs à ossature augmentée, des fenêtres double vitrage, une ventilation mécanique, une chaudière haute efficacité, du solaire thermique pour l'eau chaude et un système photovoltaïque.

Cette conception est liée à un contexte de non véritable remise en cause d'un mode de vie énergivore et marqué par un souci d'atténuation des pics de consommation d'électricité issue de réseaux surchargés.

b) La « variante japonaise »

Appliquée en particulier aux maisons individuelles neuves préfabriquées, cette conception accorde moins d'importance à l'isolation, elle met en avant une ventilation efficace et des panneaux photovoltaïques intégrés dès la conception dans l'enveloppe de la maison.

Cette conception privilégie le modernisme des solutions techniques utilisées et également la baisse des pics de consommation électrique.

¹ Le mouvement « Minergie® » suisse fera l'objet d'une analyse dans la deuxième étape du projet, mais une documentation a déjà été rassemblée.

² Label « Minergie® » et non pas « Minergie-P® », qui lui est très proche du label « Passivhaus ».

3. La conception « énergie et environnement »

Dans cette conception, l'énergie est un objectif important mais articulé à d'autres cibles environnementales (intégration au site, eau, matériaux, confort..) jugées importantes par l'acquéreur du bâtiment.

Un exemple de cette conception est celle du label américain LEED®, pour les immeubles de bureaux, neufs et réhabilités. Les investisseurs souhaitent dans ce cas mettre en avant un cadre de travail sain et confortable plus qu'un souci d'économie d'énergie.

4. Pour la France, différentes solutions sont possibles

La question des différentes solutions est ouverte, vu la variété des modes constructifs et du climat en France.

Les différentes solutions possibles méritent une discussion approfondie avec les collectivités et les professionnels.

La variante suisse de la conception « fortes économies d'énergie » est plus accessible que la variante allemande, les deux sont en cours de test en France. Les travaux de l'association Effinergie pour la transposition en France d'un label basse consommation inspiré de « Minergie® » et la capitalisation de l'expérience, sont de ce point de vue d'une grande importance.

La conception « énergie et environnement » est prometteuse, en particulier dans le tertiaire. L'exemple américain pourrait être utilisé pour faire évoluer la démarche française HQE® vers un accent mis sur l'énergie et la réhabilitation.

La conception « consommation et production d'énergie » mérite d'être examinée en détail, en particulier avec les constructeurs de maisons individuelles.

ANNEXE 1

BATIMENTS A CONSOMMATION D'ENERGIE MAITRISEE EN FRANCE : OPERATIONS, FINANCEMENTS, INITIATIVES DE COLLECTIVITES TERRITORIALES

Auteur : Emmanuelle Loyson (emmanuelle.loyson@cstb.fr)

La présente synthèse documentaire met en évidence que le mouvement vers des bâtiments à consommation d'énergie maîtrisée, voire à basse consommation d'énergie, est lancé en France, le plus souvent dans une dynamique régionale.

La synthèse documentaire porte sur :

- des opérations de logements ou non résidentielles,
- le financement des opérations de maîtrise des consommations d'énergie destiné aux particuliers et aux entreprises,
- des appels à projet innovants,
- des politiques de collectivités locales en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.

Ce recensement n'est pas exhaustif et gagne à être enrichi. Des informations sur toute opération ou initiative intéressante peuvent être transmises à Emmanuelle LOYSON au CSTB.(emmanuelle.loyson@cstb.fr).

Les informations contenues sur les opérations et les initiatives sont communiquées par leurs auteurs et n'engagent pas le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

1 EXEMPLES D'OPERATIONS

On donne dans cette partie quelques exemples d'opérations performantes menées dans le neuf ou en réhabilitation.

N'ont été retenues que les opérations postérieures à 2000, sauf lorsqu'il s'agit de cas intéressants ou exemplaires.

Il n'est pas toujours évident de connaître la date de réalisation précise. Même lorsque celle-ci n'est pas mentionnée, il s'agit d'opérations menées dans les 5 ou 6 dernières années.

1.1 MAISONS INDIVIDUELLES

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
ALYOS & Energie+ concept Kingersheim & Ensisheim (68)	Maison individuelle (10 maisons à Ensisheim 1 à Kingersheim)	Application du procédé ALYOS & Energie+ • Très forte isolation • Géothermie PAC • Traitement de l'air (Géothermie avec puits canadien, VMC double flux) • Solaire passif (contribution au chauffage)		ALYOS Energie+
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
1999	Construction neuve	Consommations : Ensisheim : pour 110 m ² , 220 euros de chauffage/an (25 kWh ep/m ²) Kingersheim : pour 140 m ² 150 euros an soit 12 kWh ep/m ²		
« Passivhaus » ZAC des Hauts de Feuilly, Saint Priest (69)	Maison individuelle (31 maisons)	Objectif : 15 kWh/m ² /an pour le chauffage et 25 kWh/m ² /an pour l'ECS Isolation : toiture 400 mm, plancher 150 mm, murs 250 mm, triple vitrage Chauffage / Ventilation : double flux thermodynamique, récupération de chaleur sur l'air extrait Eau Chaude Sanitaire : solaire		Groupe MCP promotion, en collaboration avec Atelier Roche, Ossabois, TRIBU, Cabinet Olivier Sidler, Agence Didier Larue Sud, Bastide & Bondoux, Medieco
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Lancé à l'été 2006	Construction neuve			
Maison SOLÉRE Saint Pierre la Palud (69)	Maison individuelle (1 maison)	Construction d'une maison témoin avec pour référence le standard Minergie. Objectif : 42 kWh _{ep} /m ² /an de consommation de chauffage et eau chaude sanitaire Isolation : toiture 300 mm, plancher 80 mm, murs 150 mm, peu émissif Ventilation : double flux Chauffage : solaire + gaz à condensation Eau Chaude Sanitaire : solaire		Groupe MCP promotion
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Mise en service prévue pour 2006	Construction neuve			
Saint Hilaire	Maison individuelle	Dispositifs : Eau chaude sanitaire solaire	SHINE project	Maître d'Ouvrage :

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
Grenoble (38)	(10 maisons de ville)	Serre / Véranda Préchauffage d'air neuf Alimentation photovoltaïque Vitrage à faible émissivité		OPAC 38 - Grenoble Architectes: Bourgeois Jauré S Ingénierie thermique et environnementale : ArchiMEDES
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
construit dans les années 2000				
Maison passive Nice (06)	Maison individuelle	Objectif : se passer de chauffage et de climatisation. Dispositifs prévus : panneaux solaires thermiques et installation photovoltaïque reliée au réseau	Passive-On (adaptation des critères du PassivHaus Institut au climat méditerranéen)	Etudes préliminaires : Université de Milan Bureau d'étude (thermique) : Solares bauen
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Début du chantier : juin 2006	Construction neuve			
Maison super passive Sud de Grenoble (38)	Maison individuelle	Conception qui vise un besoin chauffage et eau chaude < 10 kWh/m ² /an (1ères simulations entre 5 et 0 kWh/m ² /an) Caractéristiques : maison super-isolée sur ses 6 faces, apport solaire, pare-soleils, une ventilation décentralisée hydrorégulée, échangeur récupérateur air/air en période froide, échangeur air/sol à au moins 2.5m.		Projet soutenu par la CAUE de l'Isère, le Conseil Général de l'Isère, l'AGEDEN, la DRAC...
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
PC déposé en sept. 2006, travaux en 2007	Construction neuve			
Maison passive Wittenheim (68)	Maison individuelle (démonstration)	Performance annoncée de 15 kWh/m ² /an. Utilisation du procédé « MACC ³ » (sur-isolation des murs par l'extérieur, VMC double flux, étanchéité « poussée », chauffage par les murs, ni chaudière ni radiateurs).		Maisons Macchi
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Ouverte à la visite à l'automne 2006	Construction neuve			
Maison passive Formerie, Oise (95)	2 maisons individuelles	Maisons de 132 m ² habitables basées sur une structure mixte bois/béton. La demande en énergie primaire est prévue pour rester inférieure à 120 kWh/m ² /an Chaleur captée par les vitrages de la façade sud, apports internes des appareils électroménagers et des occupants et système de chauffage aéraulique en appoint s'appuyant sur le principe du puits canadien complété par une pompe à chaleur air/air. 5 m ² de capteurs solaires thermiques accompagnés par une résistance électrique pour l'ECS. Isolation par un manteau de 35 à 40 cm sur l'ensemble des parois et triple vitrage.		Entreprise Les Airelles accompagnée par le cabinet En Act Architecture
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Chantier qui a débuté en août 2006.	Construction neuve			

1.2 LOGEMENTS COLLECTIFS

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs						
Demeure des Carrières Fontenays/bois (94)	Logement collectif	Création de huit logements PLAI en centre-ville Objectif : Passer d'une consommation d'origine antérieure estimée à 400 kWh/m ² /an à 50 kWh/m ² /an de consommation pour les énergies primaires (chauffage et ventilation)		Projet Logirep en partenariat avec la commune BASF AG CSTB						
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
Voir avec DDD.	Rénovation									
Damidot Villeurbanne (69)	Logement collectif (17 appartements)	<table border="1"> <tr> <td>Consommation d'énergie</td> <td>104 kWh/m²</td> </tr> <tr> <td>Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard</td> <td>45%</td> </tr> </table>	Consommation d'énergie	104 kWh/m ²	Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	45%	RESTART, programmes immobiliers sociaux sur le grand Lyon	Grand Lyon Région Rhône Alpes Rhônalénergie ADEME INSA Equipe RESET locale : AGORA'		
Consommation d'énergie	104 kWh/m ²									
Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	45%									
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
2000/2002	Construction neuve									
Fossé de Trion Lyon (69)	Logement collectif (49 appartements)	<table border="1"> <tr> <td>Consommation d'énergie</td> <td>132 kWh/m²</td> </tr> <tr> <td>Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard</td> <td>31%</td> </tr> </table>	Consommation d'énergie	132 kWh/m ²	Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	31%				
Consommation d'énergie	132 kWh/m ²									
Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	31%									
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
2000/2002	Construction neuve									
Cours Vitton Lyon (69)	Logement collectif (25 appartements)	<table border="1"> <tr> <td>Consommation d'énergie</td> <td>111 kWh/m²</td> </tr> <tr> <td>Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard</td> <td>42%</td> </tr> </table>	Consommation d'énergie	111 kWh/m ²	Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	42%				
Consommation d'énergie	111 kWh/m ²									
Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	42%									
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
2000/2002	Construction neuve									
Avenue Berthelot Lyon (69)	Logement collectif (40 appartements)	<table border="1"> <tr> <td>Consommation d'énergie</td> <td>111 kWh/m²</td> </tr> <tr> <td>Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard</td> <td>42%</td> </tr> </table>	Consommation d'énergie	111 kWh/m ²	Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	42%				
Consommation d'énergie	111 kWh/m ²									
Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	42%									
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
2000/2002	Construction neuve									
Delore Lyon (69)	Logement collectif (27 appartements)	<table border="1"> <tr> <td>Consommation d'énergie</td> <td>112 kWh/m²</td> </tr> <tr> <td>Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard</td> <td>40%</td> </tr> </table>	Consommation d'énergie	112 kWh/m ²	Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	40%				
Consommation d'énergie	112 kWh/m ²									
Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	40%									
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
2000/2002	Construction neuve									
Léon Blum Villeurbanne (69)	Logement collectif (19 appartements)	<table border="1"> <tr> <td>Consommation d'énergie</td> <td>136 kWh/m²</td> </tr> <tr> <td>Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard</td> <td>29%</td> </tr> </table>	Consommation d'énergie	136 kWh/m ²	Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	29%				
Consommation d'énergie	136 kWh/m ²									
Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	29%									
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
2000/2002	Construction neuve									
Les balmes Lyon (69)	Maison individuelle (36 maisons)	<table border="1"> <tr> <td>Consommation d'énergie</td> <td>156 kWh/m²</td> </tr> <tr> <td>Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard</td> <td>18%</td> </tr> </table>	Consommation d'énergie	156 kWh/m ²	Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	18%				
Consommation d'énergie	156 kWh/m ²									
Economie réalisée par rapport à un bâtiment standard	18%									
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>									
2000/2002	Construction neuve									

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
Résidence Salvatierra Rennes	Logement collectif (40 appartements)	Le projet Salvatierra comporte une architecture intelligente et des matériaux sains visant à offrir aux habitants un bien-être maximal avec des consommations d'énergie et des émissions polluantes minimales. Le projet est innovant à plusieurs titres et intègre de nombreux facteurs environnementaux Consommations chauffage: 23 kWh/m2/an globale : 107 kWh/m2/an	Pojet européen CEPHEUS	Architecte : Jean-Yves Barrier, TOURS
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
2001	Construction neuve			
Résidence Universitaire Vert-Bois Montpellier (34)	Logement collectif (logements étudiants)			Maître d'ouvrage : CROUS de Montpellier Architectes : ARCHIVOLT Architecture Bureau d'études énergie : IZUBA Energies
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Date fin : nov. 2003	Rénovation			
Logements étudiants Rosières-près-Troyes (10)	Logement collectif (70 logements Etudiants)	Certification : Habitat et Environnement Consommation d'énergie primaire (coefficient C) : réduction de 19 % par rapport à la valeur de référence RT200		Maître d'ouvrage : OPAC de l'Aube Architectes : E&F Architect S.A., Expert environnement : Michel Raoust Bureau d'études énergie : E&F ARCHITECT S.A.
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
	Construction neuve ?			
Résidence Hélios Caen	Logement collectif (2 bâtiments, 54 logements)	Dispositifs : mini-cogénération pour le chauffage et l'eau chaude, matériaux performants en isolation thermique extérieure, orientation optimale par rapport à l'ensoleillement, dimensionnement optimum des fenêtres, et dessin particulier des balcons contre les ponts thermiques et effets de parois froides.	projets THERMIE et SUNH	Maître d'ouvrage : CAEN HABITAT Architectes : A. LETHELIER Consultant énergétique : M. LECACHEUR, Les Loges Partenariat avec EDF
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
2002	Construction neuve			
Châtelet 3 Grenoble (38)	Logement collectif (3 bâtiments, 120 appartements construits au début des années 60).	Dispositifs : isolation réalisée avec une double peau extérieure, système de ventilation avec préchauffage de l'air neuf à travers la façade avec récupération de chaleur	SHINE project	Maître d'Ouvrage : ACTIS Achitectes : JAURÉ S, ArchiMEDES
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
2000	Rénovation			

Surieux Echirolles (38)	Logement collectif (505 appartements)	L'objectif était d'améliorer la performance énergétique des logements par une approche globale.	European Green Cities: (11 projets de démonstration dans 9 pays européens)	OPAC 38 Municipalité d'Echirolles Architecte : DUO Consultants : GTI										
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Technologies: panneaux solaires pour l'eau chaude, panneaux photovoltaïques pour l'électricité utilisée pour la ventilation et l'éclairage des espaces communs.												
1996-1999	Rénovation	Performances (kWh/m ²) : <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Avant travaux</th> <th>Simulé</th> <th>Mesuré</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chauffage:</td> <td>135,0</td> <td>125,0</td> <td>115,0</td> </tr> <tr> <td>Electricité:</td> <td>12,5</td> <td>12,3</td> <td>11,9</td> </tr> </tbody> </table>				Avant travaux	Simulé	Mesuré	Chauffage:	135,0	125,0	115,0	Electricité:	12,5
	Avant travaux	Simulé	Mesuré											
Chauffage:	135,0	125,0	115,0											
Electricité:	12,5	12,3	11,9											
L'Isle d'Abeau (69)	Logement collectif (6 bâtiments construits en 1984, 110 appartements)	L'objectif était d'améliorer la performance énergétique des logements grâce à l'amélioration du système de chauffage et à l'éducation des occupants.	Green Housing Block (projets de démonstration des meilleures technologies solaires les plus efficaces au niveau local)	OPAC 38 Architecte : DUO Consultants : ENERPOL, GIRUS										
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Performances : pour le chauffage, les 1eres mesures (oct. à déc. 2003) montrent une consommation de gaz inférieure de 13.5% par rapport aux autres immeubles de l'OPAC 38. pour l'eau chaude, la consommation d'électricité est inférieure de 25%.												
2002-2003	Rénovation													
Groupe Henri Wallon Saint Martin d'Hères (38)	Logement collectif (9 bâtiments, 354 appartements)	Projet de démonstration dont l'objectif est de profiter d'une rénovation globale, visant notamment à faire des économies d'énergie et à optimiser l'utilisation de l'énergie solaire, pour améliorer les conditions de vie des occupants d'un logement social « typique » à Grenoble.	Sunrise	OPAC 38 ArchiMEDES										
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>													
2000 - 2004	Rénovation													
"Les Castors" Bron (69)	Logement collectif (4 bâtiments et 32 logements)	Travaux d'isolation thermique, de rénovation des équipements de ventilation et de chauffage, d'installation d'une production d'eau chaude solaire pour une résidence privée		Maître d'ouvrage : SCI du FORT Architecte : Pierre LEVY Bureau d'études : TECSOL Rhône-Alpes Aides financières : ANAH, ADEME et Région Rhône-Alpes										
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Consommations : chauffage : abaissement de 312 kWh/m ² /an à 128 kWh/m ² .an, eau chaude sanitaire : abaissement de 37 kWh/m ² /an à 22 kWh/m ² .an												
Fin des travaux en 2003	Rénovation													
Diederichs building Bourgoin-Jallieu (69)	Logement collectif (61 appartements)	Construction d'une quarantaine de logements sociaux et de 21 studios pour accueillir des étudiants joueurs de rugby. La construction s'inscrit dans le cadre de la démarche HQE.	PROJET EUROPEEN SHE (Sustainable Housing in Europe)	OPAC38 de Grenoble										
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Les dépenses annuelles consacrées à l'énergie ne devraient pas dépasser 10.80 €/m ² . (incluant le chauffage, l'électricité, l'eau chaude ainsi que les charges communes).												

Annexe 1 – page 7

Terminé	Construction neuve			
Maryse Bastié Montreuil (93)	Logement collectif (42 appartements)	Le cahier des charges du client impose des objectifs environnementaux. L'objectif est d'obtenir le label Qualitel. Les techniques mises en œuvre incluent des vitrages à isolation renforcée, une ventilation hygroréglable, le chauffage solaire de l'eau chaude (100 m2 de collecteurs solaires thermiques). Les simulations prévoient une consommation de 50 kWh/m.	Projet Eco Housing, WP5	OPHLM de Montreuil. Ecole des Mines de Paris Armines Architecte : Jérôme BRULLE (M'Arche)
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Construction achevée en 2005, mesures en cours	Construction neuve			
Opération Solaris Rennes (Ille-et- Vilaine)	Logement collectif (104 appartements, 3) +1 équipement socio-sportif	Opération HQE qui s'inscrit dans le cadre de la politique de développement durable de la ville de Rennes et s'inscrit dans le cadre de la requalification du quartier des Longs Prés. Isolation renforcée, avec rupteurs de ponts thermiques, utilisation d'un vitrage de faible émissivité, PAC pour le chauffage et l'ECS, ventilation hygroréglable, volets roulants		
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
En chantier en 2004	Construction neuve			
Rénovations basse énergie Mulhouse (68)	Logement collectif	Objectif : consommation de chauffage inférieure à 50 kWh/an (pour une consommation initiale située entre 400 et 500). Isolation renforcée, ventilation double flux avec échangeur, chaudière à gaz à condensation collective, chauffe-eau solaire	Energivie	SERM Enertech Agglomération de Mulhouse
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
16 bâtiments sur lesquels la solution basse énergie a été appliquée à fin mars 2006	Rénovation			
Programme Nexity Apollonia Lyon confluence (69)	Logement collectif (8 bâtiments, 170 appartements)	Objectif initial de se situer 35 % en dessous des recommandations de la RT 200 atteint : besoins énergétiques liés au chauffage (planchers chauffants basse température) = 40 kWh/m2/an ; • apports internes et solaires + 20 % en hiver Enveloppe compacte avec isolation thermique par l'extérieur, protection solaire et thermique, espaces tampons solarisées et de préchauffage d'air neuf		Maitrise d'œuvre : Architectes :Tania CONCKO, Fabrice DUSAPIN & François LECLERC, Hervé VINCENT Ingénierie pilotée par DGA Nexity
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Appartements commercialisés en 2006	Construction neuve			

1.3 BATIMENTS D'ENSEIGNEMENT

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
Lycée Professionnel Blanquefort (33)	Bâtiment d'enseignement	Certification : NF bâtiments tertiaires - Démarche HQE® pour les phases : programmation et conception Cibles HQE : – Gestion de l'énergie, niveau de prise en compte de la cible : Niveau 4 – Confort hygrothermique, niveau de prise en compte de la cible : Niveau 3 Consommation annuelle d'énergie finale (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage) : 72 kWh/m2		Maître d'ouvrage : Conseil Régional d'Aquitaine assisté de BMA Architectes : BDM architectes : Bouey, Digneaux et Maurice • Expert environnement : ADRET Bureau d'études énergie : CAP INGELEC
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Date fin : mars 2006	Mixte			
Collège Guy Dolmaire Mirecourt (88)	Bâtiment d'enseignement	Cibles HQE : – Gestion de l'énergie, niveau de prise en compte de la cible : Niveau 4 – Confort hygrothermique, niveau de prise en compte de la cible : Niveau 4 Consommation annuelle d'énergie : primaire : 81 kWh/m2 (sans le chauffage de la zone tampon).		Maître d'ouvrage : Direction Vosgienne du Patrimoine Architectes : Architecture Studio et Olivier Paré Bureau d'études énergie : Choulet (ingénierie), BEHI (simulation thermique)
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Date fin : juin 2004	Rénovation			
Lycée professionnel Jacquart Caudry, Nord Pas de Calais	Bâtiment d'enseignement	Un des premiers bâtiments réalisés suivant la démarche HQE Confort thermique: isolation par l'extérieur, suppression des ponts thermiques, protection solaire des baies. Optimisation de l'éclairage naturel. Chauffage à haut rendement et ventilation double-flux.		Architecte : AUA1 sprl Lucien Kroll - Bruxelles Client : Conseil Régional Nord Pas-de-Calais
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
2000	Construction neuve			
Bâtiments HQE et à énergie positive Ile de la Réunion	Bâtiment d'enseignement	Le futur bâtiment de l'IUP sera le premier bâtiment à énergie positive de France et des DOM. Objectifs : • Optimiser les solutions passives • Réduction de la période de climatisation • Éclairage naturel • Ratio < 80 kWh/m²		Université de La Réunion
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Bâtiment de l'IUT de Saint-Pierre en 2005. 2 bâtiments HQE prévus en 2006	Construction neuve			

École solaire les Goyaviers Sainte Suzanne	Bâtiments d'enseignement	Objectifs : – Intégrer le confort thermique dans les locaux. – Intégrer la MDE et les technologies énergies renouvelables aux constructions. – Caractériser le microclimat. Le but est d'avoir à terme pour chaque microclimat réunionnais une école solaire, bioclimatique, à confort thermique optimisé, productrice d'énergie verte. Principes : réalisation avant fin 2007 pour une Production électrique > consommation électrique et une consommation électrique annuelle < 15000 KWh/an	Écoles pilotes dans le cadre du Programme régional des écoles solaires de l'île de la Réunion	
Ecole Solaire Platanes Sud Petite Ile	Type Rénovation			
Ecole solaire de L'Espérance Sainte Marie	Date/Statut 2003-2005			
LYCEE HQE Du Tampon III ¹ Les Hauts, Ile de la La Réunion	Bâtiment d'enseignement	Conception thermique adaptée au climat des hauts : – ni climatisation ni chauffage, – toiture isolée, – façades doublées en bardeaux, – doubles vitrages en administration, – ventilation traversante, – brasseurs d'air en salles de classe, – surventilation nocturne, – 391 m ² de capteurs photovoltaïques, soit environ 17000 euros de recette par an.		
Date/Statut	Type			
2004 ?	Construction neuve			
Lycée Louise Labe Lyon (69)	Bâtiment d'enseignement	Consommation d'énergie après rénovation (2001) : Chauffage: 93 kWh/m ² /an Autres usages (électricité) : 31 kWh/m ² /an	Bâtiment évalué dans le cadre des travaux de l'Annex 36 (IEA - ECBCS), 'Retrofitting in Educational Buildings', Subtask B « case studies report » ²	Region Rhône Alpes Architecte : P.Boinay
Date/Statut	Type			
2000-2001	Mixte			
Ecole Jean-Louis Marqueze Limeil-Brévannes (94)	Bâtiment d'enseignement	Projet présenté comme celui d'une école zéro énergie Conception architecturale visant à réduire les besoins en énergie : Consommation totale prévue : 23 kWh/m ² /an (soit 65.000 kWh/an au total) Production locale prévue : plus de 70.000 kWh/an revendus au réseau		Maître d'Ouvrage : Mairie de Limeil-Brévannes Assistant à maîtrise d'ouvrage HQE : BET TRIBU Mandataire / MOD : AURIS Maîtrise d'œuvre : Lipa & Serge GOLDSTEIN
Date/Statut	Type			
Livraison prévue pour la rentrée 2007	Construction neuve			

¹ cf. aussi le Lycée Pierre Lagourgue (Ile de la Réunion), réalisé dans le cadre du PRERURE (Plan Régional des Energies Renouvelables et de l'Utilisation rationnelle de l'Energie). En service depuis 2003. Consommation énergétique de 24 kWh/m² (m² : surface utile) soit -20% par rapport à l'objectif de 30 kWh/m².

² cf aussi Lycée professionnel Gambetta de Bourgoin Jallieu (69) rénové en 1993 – 1995 et évalué dans le même projet.

1.4 BATIMENTS DE BUREAUX

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
Bâtiment 270 des EMGP Aubervilliers (93)	Bâtiment de bureaux	Certification : NF bâtiments tertiaires - Démarche HQE pour les phases : programmation, conception et réalisation		Maître d'ouvrage : Compagnie Foncière EMGP Architectes : Brenac et Gonzales Bureau d'études énergie : INGENI
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Consommation annuelle d'énergie finale (chauffage, ventilation, climatisation, éclairage) : 121 kWh/m2		
Date fin : Juin 2005	Construction neuve ?			
Pôle administratif de la Mairie Les Mureaux (78)	Bâtiment de bureaux	Certification : NF bâtiments tertiaires - Démarche HQE pour les phases : programmation, conception et réalisation		Maître d'ouvrage : Ville des Mureaux Architectes : Jean-Luc Hesters et Marie-Sylvie Barlatier Expert environnement : ELAN Bureau d'études énergie : ALTO Ingénierie
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Consommation annuelle d'énergie finale (chauffage, ventilation, climatisation, eau chaude sanitaire, éclairage) : 90 kWh/m2		
Date fin : mars 2005	Construction neuve			
Hôtel de l'Agglomération Rennes	Bâtiment de bureaux	Certification : NF bâtiments tertiaires - Démarche HQE ??		Maître d'ouvrage : Rennes Métropole Architectes : Patrick Berger et Jacques Anziutti Expert environnement : Sophie Brindel-Beth
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Consommation annuelle d'énergie finale (chauffage, ventilation, climatisation et eau chaude sanitaire) : 57 kWh/m2		
Date fin : sept. 2006	Construction neuve ?			
Banque Populaire d'Alsace (Siège) Sausheim (68)	Bâtiment de bureaux	Cibles HQE : - Gestion de l'énergie, niveau de prise en compte de la cible : Niveau 3 - Confort hygrothermique, niveau de prise en compte de la cible : Niveau 3		Maître d'ouvrage : Banque Populaire d'Alsace Architecte : Jean-Marc Lesage, Cabinet DRL Bureaux d'étude : O.T.E.
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Date fin : sept. 2001	Neuf			
Siège social Monné-Decroix Toulouse (31)	Bâtiment de bureaux	Climatisation exigée par le M.O. Mise en place de panneaux solaires (à coûts importants) et travail sur la réduction des consommations : informatique, auxiliaires (pompes ...), climatisation, chauffage. Bilan positif prévu : + 1225kWh		Bureau d'études, assistant à la maîtrise d'ouvrage : Tribu Energie
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Livraison prévue au 2e semestre 2007	Neuf			

Une maison pour la planète Haute Savoie (74)	Bâtiment de bureaux	Conception associant les approches HQE et Minergie. Besoins de chauffage ne devant pas dépasser 20 kWh/an/m ² .	Programme INTERREG III A, « savoir-faire en matière de bâtiment à faible impact environnemental ».	Association Énergies Environnement 74 École d'Ingénieurs de Genève
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>	Chaudière bois associée à des diffuseurs d'air chaud, puits canadien pour préchauffer l'air en hiver et le rafraîchir en été, fenêtres triples vitrages, 100m ² de panneaux solaires photovoltaïques sur le toit reliés au réseau d'EDF, 6m ² de panneaux solaires thermiques en toiture pour la production d'ECS.		
Construction en 2007 pour installation dans les locaux début 2008.	Neuf			

1.5 DIVERS

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
Clinique Champeau Béziers (34)	Etablissement sanitaire datant de 1946	Réhabilitation selon des critères environnementaux pour en faire un centre « Eco-Clinique » exemplaire. Cibles HQE : Gestion de l'énergie, niveau de prise en compte de la cible : Niveau 4		Maître d'ouvrage : SARL Albertini Architecte : Christophe CLAIR, Sète Bureaux d'étude : TIB ingénierie, Montpellier
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Date fin : janv. 2004	Rénovation			
Bâtiments démonstratifs à usage maîtrisé	Plate-forme expérimentale	Dans le cadre de la mise en place de la structure INES, une plate-forme expérimentale destinée à analyser le comportement de différents types de bâtiments sera mise en place.		Institut National de l'Energie Solaire
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Projet présenté au Congrès IPSA en mars 2006	Construction neuve	Projet de réalisation de 4 types de configurations : <ul style="list-style-type: none"> – construction en blocs de béton à isolation intérieure respectant la réglementation 2010 – construction du même type à isolation extérieure – maison en brique à isolation répartie – maison passive en bois avec une isolation renforcée intégrée en évitant tout problème de pont thermique et en étant particulièrement attentif au problème de confort d'été. 		

1.6 RENOVATION/REQUALIFICATION/AMENAGEMENT D'UN QUARTIER

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
Opérations de rénovation urbaine Mulhouse (68)	Logement collectif (bâtiments anciens dans le centre de Mulhouse)	Les quartiers cibles en rénovation urbaine totalisent environ 16000 habitants et 8200 logements sur quatre quartiers Principe : Les immeubles sont acquis par la Serm et revendus avec les autorisations administratives (DT / AST) aux investisseurs qui, pour bénéficier des avantages fiscaux, doivent s'en tenir strictement au programme de travaux réalisé par les maîtres d'oeuvre de la Serm (défiscalisation Malraux) Avancement (mars 2006) : 6 bâtiments achetés par la Serm et été vendus. Le chantier fera l'objet d'un suivi ALME/Enertech.	Energivie	SERM (aménageur, opérateur public des opérations de restructuration immobilière, pilote de l'OPAH)
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Lancement en 2004. En cours, cf. ci-contre	Rénovation			
OPATB de l'Île de Nantes(44)	Logement collectif (350 appartements)	Opération qui vise l'amélioration thermique et énergétique des bâtiments résidentiels et tertiaires (programme de lutte contre le changement climatique). Elle concerne les bâtiments de plus de 15 ans. Le résultat attendu est la réhabilitation de 350 logements (5% de 8000 logements environ)	Réponse à l'appel à projet OPATB piloté par ADEME, ANAH, Ministères de l'environnement, et de l'Équipement	
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Projet en 2004 (durée prévue de l'opération : 4 à 5 ans)	Rénovation			
Pré Gauchet Malakoff (92)		Etude des grandes options et définition d'un scénario de référence à l'horizon 2012 <ul style="list-style-type: none"> - démolition de 600 logements sociaux - construction de 1350 logements neufs - construction de 70000m² de bureaux - pas de réhabilitation, neufs RT2000 - aucun raccordement au réseau - gaz 2/3 dans neuf résidentiel, 1/3 tertiaire - électricité: 1/3 neuf résidentiel, 2/3 tertiaire - climatisation Le parc passe de 170000m ² à 320000m ²	Réponse à l'appel à projet GPV Développement durable et qualité environnementale pilotée par EDF, ADEME, etc.	
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Projet	Requalification d'un quartier			

Opération	Bâtiment	Description / résultats	Programme/projet	Acteurs
Aménagement de la ZAC Confluence Lyon (69)	Logements & bâtiments de bureaux	Construction de 75.000 m2 Objectif : Consommation de chauffage : 60 kWh/m2.an pour les logements, 40 kWh/m2.an pour les bureaux. Ces consommations seront assurées à 80% par des énergies renouvelables.	Programme Européen CONCERTO	Projet également porté par la Communauté Urbaine du Grand Lyon et la Région Rhône-Alpes
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
Permis de construire. déposé. Livraison prévue entre 2007 et 2009	Construction neuve			
Aménagement de la ZAC de Bonne Grenoble (38)	Logements & bâtiments de bureaux	Construction de 70.000 m2 (logements & bureaux) Consommation de chauffage : 50 kWh/m2.an pour les logements, de 40 kWh/m2.an pour les bureaux.	Programme Européen CONCERTO	
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
	Neuf			
OPATB des Grands Boulevards Grenoble (38)	Logements	Les immeubles ont été construits entre 1930 et 1980. Les travaux réalisés vont de l'action spécifique, souvent liée à la pose de panneaux solaires, à la rénovation complète, qui permet de reconsidérer l'immeuble dans sa globalité.		Municipalité de Grenoble
<i>Date/Statut</i>	<i>Type</i>			
2006-2009	Neuf			

1.7 AUTRES PROJETS

Sont listés dans cette partie des projets repérés dans la littérature et sur différents sites internet mais non mentionnés dans les tableaux précédents pour différentes raisons :

- Projets dont seule l'existence est mentionnée sans faire l'objet de description supplémentaire,
- Projets dont les intentions ou le statut restent flous (réalisés ? projets ? études ?).

1.7.1 Projets menés par des professionnels

- Projet ADEQUA : concerne un quartier pavillonnaire à Toulouse dont les besoins de chauffage doivent être limités à 70 kWh/m²/an
- Tribu énergie est actuellement Assistant à la Maîtrise d'Ouvrage sur 3 projets de bâtiments à énergie positive :
 - o Une maison individuelle en région parisienne
 - o Un centre de formation en région parisienne (et/ou en Picardie ?)
 - o Un immeuble de bureau dans le sud-ouest
- Projets menés par Cythelia Expertise et Conseil (Savoie-Technolac) : étude de faisabilité de deux bâtiments de démonstration à Energie Positive, un d'habitation, l'autre de bureaux (commune de Montagnole, 73)
- Existence d'une maison d'habitation à énergie positive: « Zen-Cedar» dans le Sud-Ouest
- Archéologie : projet de construction de 25 maisons HLM avec la société S.A. Colomiers Habitat sur la commune de Revel. Il s'agit de réalisation bioclimatique performancielle ayant le souci d'intégrer des produits et concepts innovants et basé sur la technologie du mur Chauffant Basse Température HELIOTERRE
- Bâtiment tertiaire "Le Nautille" situé à Mèze (Hérault).L'objectif des concepteurs est de réduire d'un facteur 4 les émissions sur le cycle de vie du bâtiment.
- Le collectif d'industriel « Isolons la terre » cite l'exemple de la rénovation et du réaménagement des pièces dans un immeuble de 1919. Avant travaux : Consommation annuelle chauffage 350 kWh énergie primaire par m². Après, la consommation annuelle pour le chauffage est inférieure à 70 kWh énergie primaire par m².
- Groupe scolaire bioclimatique à Baigneux (1995). Besoins de chauffage :50 kWh/m²/an
- Maison Bonnier à Contignac : Rénovation de la bastide existante et construction d'une extension servant d'atelier et d'espace de stockage en 1998. L'objectif est d'exploiter au mieux l'énergie solaire tout en intégrant la situation particulière de la maison et en la protégeant des aléas du climat local (fort ensoleillement et températures presque toujours positives, pluviométrie aléatoire, régime de vents actifs). Architecte & Client : Bertrand BONNIER
- Chalet de montagne alimenté exclusivement avec l'électricité produite par les panneaux solaires photovoltaïque (Sare – Pyrénées Atlantiques (64) – France). Date de réalisation : 2004
- Projet "un quartier commerçant kWh équilibre" à Saint-Etienne défini sous l'impulsion de l'association des commerçants "Village Saint-Jacques. La part d'énergie verte alimentant le quartier se situera à plus de 21% de l'énergie électrique actuellement consommée par les commerçants et artisans du quartier. (2005)
- Logements sociaux rue Moyrand à Grenoble (réalisés par ACTIS) : ensemble de 30 logements locatifs sociaux, construit selon une démarche Haute Qualité Environnementale. Parmi les cibles : l'isolation thermique, le choix d'un système de pompe à chaleur réversible relié directement à la nappe phréatique, l'installation de 188 m² de panneaux solaires photovoltaïques.

1.7.2 Initiatives de particuliers

- Annonces sur des forums :
 - o Groupe d'amis (architecte, ingénieurs...) annonçant dans un forum sur les bâtiments à énergie positive, la construction d'une maison (type Minergie ou Minergie P) sur Albertville pour l'été 2006.

- Sur le même forum, un particulier mentionne la construction en cours d'une maison passive par la firme Hanssens à Philippeville.
- Maison à basse consommation d'énergie s'appuyant sur une architecture climatique en projet à THEYS (Isère). Permis de construire accepté le 4 avril 2006.
- Maison passive à Metz : volonté de dépasser les critères du Passivhaus Institut pour compenser l'orientation du terrain. Début des travaux fin 2006.
- Une villa familiale de 1939 rénovée par ses propriétaires et présentée aux journées Energivie : consommation de chauffage : avant rénovation: 4500 l de mazout/an (EUR 2'500) / après rénovation: 3,5 t de pellets/an (EUR 735) (> équivalent en mazout = EUR 1'200.-)
- Écocentre de Moisdon-la-Rivière : maison autonome en électricité (éolienne électrique de 18 mètres de hauteur et de 5 mètres d'envergure, couplée à des piles photovoltaïques d'une surface de 6 m², fournissant le courant électrique correspondant à la consommation d'une famille de six personnes, avec systèmes de stockage, régulation et transformation du courant produit), en production de chaleur (Chauffage de l'eau sanitaire par capteurs solaires Architecture solaire bioclimatique à partir d'une maison traditionnelle avec: chauffage par serres et stockage thermique, poêle de masse systèmes d'isolations, végétaux isolants) et en approvisionnement et assainissement d'eau.

1.7.3 Expériences menées dans l'habitat social

L'objectif des opérations menées dans le parc social est le plus souvent la réduction de la facture énergétique des locataires. Ces opérations peuvent prendre différentes formes, allant de la rénovation globale à l'installation de dispositifs (notamment panneaux solaires) pour contribuer à la production d'énergie.

Exemples d'expériences portant sur la production d'eau chaude solaire

- Paul Bert - OPHLM de Montreuil (Surface de capteurs : 120 m², Volume de stockage : 5 000 litres, Production solaire : 61 900 kWh/an)
- Strasbourg - CUS Habitat (Surface de capteurs : 406 m², Volume de stockage : 15 000 litres, Production solaire : 207 000 kWh/an)
- Narbonne - 707 logements (Surface de capteurs : 622 m², Volume de stockage : 39 000 litres, Production solaire : 533 000 kWh/an)
- Opac de Paris (Surface de capteurs : 952 m², Volume de stockage : 85 000 litres, Production solaire : 1 276 200 kWh/an)
- Socadal (Surface de capteurs : 48 m², Volume de stockage : 4 400 litres, Production solaire : 36 375 kWh/an)
- Brienne le Château - Opac de l'Aube Deux bâtiments équipés, 1 installation solaire collective, 1 installation solaire collective individualisée
- Projets en cours avec appoint par chaudière gaz individuelle
Montigny le Bretonneux (78) : 27 logements en bandes
BIOT (06) : 39 logements en îlots

Autres

Bâtiment des Elfes en Haute-Savoie (74)

Le bailleur social HALPADES s'est lancé en 2006 dans la construction (rénovation ?) d'un logement social selon les critères HQE avec pour objectifs une baisse des charges, l'amélioration du confort et de la santé des occupants et la baisse des émissions de CO₂.

Le bâtiment a été isolé par l'extérieur. Le chauffage est assuré par une chaudière à gaz à condensation. 30m² de panneaux solaires thermiques en toiture devraient couvrir plus de la moitié des besoins en ECS. Des serres-vérandas offrant un espace de vie et faisant office de zone thermique tampon ont été réalisées. Le bâtiment a été légèrement surélevé pour permettre un éclairage naturel des sous-sols. Les parties communes sont elles aussi éclairées de façon naturelle et munies de capteurs de présence.

Logements HLM à faibles besoins énergétiques à Issy-les-Moulineaux (92)

Date de livraison : 1996

Bâtiment de sept étages regroupant 95 logements.

La conception a reposé sur une double logique :

- réduire le plus possible les consommations tout en satisfaisant les mêmes besoins, grâce à un travail sur l'enveloppe du bâtiment et sur les systèmes de production/distribution de chaleur,
- optimiser la facture énergétique globale des logements afin de définir la source d'énergie et le système thermique associé qui la minimiseront.

Obtention du label Haute Performance Energétique (HPE) 4 étoiles.

Maître d'ouvrage : OPHLM (Issy-les-Moulineaux, 92)

Architecte : ED Architectes (Paris)

Energéticien : Cabinet Olivier SIDLER (Félines/Rimandoule, 26)

Rénovation de logements sociaux à Montreuil (93), 1996 (?)

Le projet européen REGEN LINK a pour objectif de réduire de 25% les émissions de gaz à effet de serre par rapport à une rénovation standard. Des vitrages à basse émissivité (couches dures en façade sud, couches tendres sur les autres façades) ont été préconisés, ainsi que diverses autres technologies (ventilation hygro-réglable, douches à faible débit, balcons vitrés,...).

Le bâtiment choisi pour l'expérimentation à Montreuil est un petit immeuble de 4 étages datant de 1969. Suite aux travaux, la consommation d'énergie pour le chauffage des logements est de l'ordre de 100 kWh/m²/an,

Le projet a été mené par l'OPHLM de Montreuil, en partenariat avec le Centre d'énergétique de l'école des Mines, Ligne 7 Architecture, Armines et MVE (Montreuil)

Logements sociaux PLA à ossature bois et faibles besoins énergétiques (Juvisy/Orge, 91), 1995

L'objectif du maître d'ouvrage était de construire des logements économiques pour l'insertion des personnes en difficulté avec une attention particulière aux besoins des handicapés. Un bâtiment regroupant 13 logements conçu selon un principe d'habitat intermédiaire entre logement individuel et collectif a été conçu. Dès le stade de l'esquisse, la démarche architecturale a pris en compte les impératifs financiers et permis la réalisation d'un bâtiment économique et où le bois joue un rôle clé. Le bâtiment a ainsi de bonnes performances pour l'isolation thermique et possède le Label Haute Performance Energétique 3 étoiles.

Le projet a été mené par la SAHLM Logement pour tous (Paris).

2 FINANCEMENT DES OPERATIONS DE MAITRISE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DESTINE AUX PARTICULIERS ET AUX ENTREPRISES EN FRANCE

Les informations données ci-dessous sont largement tirées du rapport intitulé « La construction durable : une stratégie d'entreprise » (cf. chapitre 3 : Financer les projets de construction durable) réalisé par Utopies, publié en 2005 et diffusé sur le site Construction Durable (<http://www.constructiondurable.com/>).

Ces données ont été complétées par la consultation de documents spécifiques dont on trouvera les références / l'adresse (URL) dans le corps du texte.

Les offres détaillées des différentes banques peuvent être consultées sur leur site internet.

2.1 INCITATIONS DU SECTEUR PUBLIC

2.1.1 Aides et subventions

Les aides nationales au financement des solutions environnementales dans le bâtiment passent essentiellement par les organisations comme l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et l'ANAH (Agence Nationale de l'Amélioration de l'Habitat). Les aides aux particuliers sont décrites en détail dans le guide de l'Ademe intitulé « Pour maîtriser vos dépenses d'énergie : les aides financières habitat 2005 », consultable à l'adresse suivante : cf http://www.ademe.fr/particuliers/Fiches/pdf/aides_fin.pdf

Parallèlement aux mécanismes décrits ici, il faut mentionner les aides passant par les appels à projets émis par la puissance publique (cf. 3^e partie).

Aides aux entreprises dispensées par l'ADEME

Les aides aux entreprises dispensées par l'ADEME pour une utilisation rationnelle de l'énergie dans les installations industrielles peuvent prendre les formes suivantes :

- Aides à l'investissement pour des opérations de démonstration ou des opérations exemplaires.
Cf détail : http://www.ademe.fr/entreprises/Aides/documents/Aidinv_energie.pdf
- Aides à la R&D (recherche amont, recherche industrielle, activité de développement préconcurrentielle).
Cf détail : http://www.ademe.fr/entreprises/Aides/documents/Aidrd_energie.pdf
- Aides à la décision
Cf détail : http://www.ademe.fr/entreprises/Aides/documents/Aiddec_energie.pdf

FOGIME (Fonds de Garantie des Investissements de Maîtrise de l'Energie)

Fonds de garantie destiné à encourager les investissements des PME en faveur de la maîtrise de l'énergie. Il apporte une garantie financière supplémentaire aux crédits bancaires demandés par une entreprise en vue de financer son projet.

Plusieurs types d'opérations de maîtrise de l'énergie, engagées par les PME-PMI, peuvent bénéficier du FOGIME, notamment les investissements relatifs aux équipements précisés dans la liste des matériels destinés à économiser l'énergie publiée au Journal Officiel.

Cf détail : http://www.ademe.fr/entreprises/Aides/documents/fogime_note.pdf

FIDEME (Fonds d'Investissement de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie)

Fonds de 45 millions d'euros géré par l'éna Environnement et destiné à promouvoir et à faciliter le financement de projets dans les secteurs de la maîtrise de l'énergie et de la valorisation des déchets, en France métropolitaine et dans les DOM/TOM. Le FIDEME® intervient en quasi-capital par la souscription à des obligations émises par des sociétés développant des projets éligibles au fonds.

Cf détail : <http://www.ademe.fr/htdocs/actualite/FIDEME.PDF>

Aides régionales et locales

Aides prévues pour les entreprises dans le cadre d'opérations HQE (Nord Pas de Calais, Haute Normandie).

Aides à l'achat d'équipements pour les particuliers : elles portent notamment sur les chauffe-eau solaires :

- Alsace : 450 €
- Aquitaine : 700 €
- Auvergne : 600 € pour une installation de 2 à 3 m², 800 € pour une installation de 3 à 5 m², 1000 € pour une installation de 5 à 7 m² (ADEME : + 500 € si le crédit d'impôt n'est pas applicable)
- Basse Normandie : aide forfaitaire de 30% sur les frais d'installation, plafonnée à 500 € hors équipement
- Bourgogne : 1200 €
- Bretagne : 305 € pour une installation de 2 m², 460 € pour une installation de 4 m², 610 € pour une installation de 6 m²
- Centre : 700 € pour une installation de 2 à 3 m², 900 € pour une installation de 3 à 5 m², 1200 € pour une installation de 5 à 7 m²
- Champagne-Ardenne : 600 € pour une installation de 2 à 3 m², 900 € pour une installation de 3 à 5 m², 1100 € pour une installation de 5 à 7 m²
- Corse : 600 € pour une installation de 2 à 3 m², 700 € pour une installation de 3 à 4 m², 1000 € pour une installation de plus de 4 m², + 150 € si les éléments sont séparés (capteur en haut et ballon en bas)
- Franche-Comté : plafond régional basé sur le cumul des aides publiques (départements)
- Haute Normandie : 1400 €
- Ile-de-France : 0
- Languedoc-Roussillon : 700 €
- Limousin : 600 €
- Lorraine : 800 € pour une installation de 2 à 5 m², 900 € pour une installation de 5 à 7 m²; Cité Urbaine de Grand Nancy : 100 €/m², Villiers-les-Nancy et Maxeville : + 150 €
- Midi-Pyrénées : 686 € pour une installation de 2 à 3 m², 915 € pour une installation de 3 à 5 m², 1143 € pour une installation de 5 à 7 m²
- Nord Pas de Calais : 700 €
- Pays de la Loire : 400 €
- Picardie : 230 €/m² pour une installation entre 2 et 7 m²
- Poitou-Charente : 800 € pour une installation jusqu'à 5 m², 1000 € pour une installation de plus de 5 m²
- PACA : 700 €; + 350 € pour le dépt. 04; + 350 € pour le dépt. 84; + aides de communes ou de pays (de 400 à 700 €)
- Rhône Alpes : 650 €; + 450 € pour le dépt. 07; + 500 € pour le dépt. 26; + 460 € pour le dépt. 38; + 300 € pour le dépt. 73; + 500 € pour le dépt. 42

D'autres aides existent au niveau des collectivités. Un recensement exhaustif s'avérant impossible dans le cadre de cette recherche, on se contentera des exemples ci-dessous.

Département des Hautes Alpes : a décidé en 2005 d'une aide au développement des énergies renouvelables. Pour les particuliers, le département attribue des aides de 300 euros pour la pose d'un chauffe-eau solaire thermique. Pour une installation de chauffage solaire, le montant de l'aide est porté à 1200 euros.

Dans le secteur public, social et associatif, les aides sont apportées sur le solaire thermique (plafond à 200 euros par mètre carré de panneaux installés ou à 20 000 euros) et sur le solaire photovoltaïque (plafond à un euro par Wc installé ou 20 000 euros). Le montant de l'aide peut aller jusqu'à 20% du coût de l'installation. Les études et diagnostics sont également aidés à 10% du montant avec un plafond de 1000 euros.

Dans le secteur concurrentiel, l'intervention du conseil général est la suivante :

- solaire thermique de 0 à 10% de l'installation (plafond à 150 euros par m² de panneau installé ou 10 000 euros)

- solaire photovoltaïque de 0 à 10% de l'installation (plafond à 0,5 euros par Wc installé ou 10 000 euros)
Les études et diagnostics sont là aussi subventionnées à hauteur de 10% ou avec un plafond de 500 euros.

Subventions accordées par la Région Réunion, le FEDER, l'ADEME et EDF pour favoriser le développement des énergies renouvelables et la maîtrise de l'énergie à la Réunion

Les aides 2005 concernaient notamment l'aide à l'achat de chauffe-eaux solaires individuels et collectif pour les particuliers comme les entreprises, les investissements en matière d'électricité photovoltaïque, d'éolien, de micro-hydroélectricité, de géothermie, dans le biogaz, le bois-énergie, les bâtiments tertiaire et l'aide aux collectivités.

2.1.2 Avantages fiscaux

Déduction d'impôt, exonération, crédit d'impôt ou baisse de la taxe sur la valeur ajoutée :
cf http://www.ademe.fr/particuliers/Fiches/pdf/aides_fin.pdf

Le Plan Climat annoncé en 2004 prévoit toute une série de mesures fiscales en faveur des énergies renouvelables et des économies d'énergie - des mesures qui font partie de la loi de finances 2005.
cf http://www.ademe.fr/htdocs/presentation/aidefinanciere/creditimpot_present.htm

2.2 INCITATIONS DU SECTEUR PRIVE

2.2.1 Offres de financement pour les bâtiments ou les équipements

2.2.1.1 Prêts bancaires à taux préférentiels

Les prêts bonifiés ou co-bonifiés sont des instruments généralement mis en place par des banques seules ou en accompagnement de subventions proposées par les acteurs publics.

D'autres solutions de financement font notamment l'objet de réflexions au sein des membres d'INAISE 73 (Association Internationale des Investisseurs dans l'Économie Sociale), concernent l'attribution des PEL ou de prêts immobiliers à taux zéro sous condition de bonnes performances énergétiques ou environnementales.

Les bénéficiaires des allocations familiales, peuvent s'adresser à leur CAF pour profiter d'un prêt de 3 ans à un taux de 1% concernant entre autres les travaux d'amélioration et d'isolation thermique couvrant 80 % de leur montant (plafonné à 1 067,14).

Les prêts bancaires à taux préférentiels ont dans un premier temps été proposé à l'initiative de certaines banques (cf. notamment Banques populaire). L'année 2006 a vu l'apparition d'offres de prêt financées par les Régions, en partenariat avec des établissements bancaires.

Dispositifs régionaux

Alsace

Il s'agit de la première région qui a développé, à partir de 2004, en partenariat avec la Banque Populaire un prêt écologique PREVair à des taux bonifiés allant de 0 à 3%(cf. détails ci-dessous dans les produits Banque Populaire).

Nord Pas de Calais

Programme ISOLTO : ce programme, mis en place à partir de 2006, prévoit la mise en place d'un prêt à 0% pour faire réaliser des travaux d'isolation des logements anciens par des professionnels du bâtiment. Le montant maximum accordé est de 4 000 € (6 000 € TTC en cas d'utilisation d'"éco-matériaux"). Ce

prêt vise en priorité l'isolation de la toiture et concerne les particuliers propriétaires de maisons individuelles, appartements ou immeubles construits avant le 1er janvier 1982,

Partenaires : pour cette offre, la région s'appuie sur l'Ademe, le Crédit Agricole et la Banque Solfea. Gaz de France). La Région assure l'animation et la coordination du programme et finance une partie de la bonification qui permet de proposer un taux zéro sur le prêt. L'Ademe assure la co-animation. Le Crédit Agricole et la Banque Solfea (avec la participation de Gaz de France) apportent leurs moyens financiers, assurent la gestion des dossiers de prêts et la mobilisation de leurs clients et partenaires. Certaines collectivités participent à la mise en place des déclinaisons locales du programme et assurent l'information des habitants, pendant que les fédérations professionnelles assurent celles de leurs adhérents et des acteurs économiques locaux.

Picardie

La région a lancé à l'été 2006 une offre de prêt à taux zéro plafonnée à 6 500 euros pour des travaux concernant en premier lieu l'isolation des toitures (condition pour financer des travaux d'isolation complémentaires) des maisons construites avant 1982. La Région a retenu trois établissements financiers pour le déploiement de cette offre : les Banques Populaires (Banque Populaire du Nord, Banque Populaire Rives de Paris, BRED), la Banque SOLFEA et Domofinance (établissement de crédit).

Dotée d'un budget de 1,8 millions d'euros, la bonification régionale cible 25 000 ménages sur 5 ans.

Etablissements bancaires

Banque Populaire³ :

Epargne

Le CODEVair est un livret d'épargne classique qui s'adresse aux particuliers rémunéré à 1,75%, non plafonné. Les fonds collectés avec CODEVair sont affectés aux PREVair pour financer des projets immobiliers écologiques. Ce dispositif permet de sensibiliser en amont le client sur la finalité de l'argent placé en garantissant que les fonds collectés serviront à financer des projets écologiques.

La démarche contribue, grâce aux Banques Populaires locales à la création de ressources régionales dédiées aux financements de l'environnement en synergie avec les politiques régionales.

Cinq Banques Populaires développent à mai 2006 le livret CODEVair sur le territoire français.

Prêts

Aux entreprises

La Banque Populaire d'Alsace propose des PREVair aux professionnels et aux PME/PMI pour financer leurs équipements écologiques. La démarche repose sur un prêt à taux bonifié sur les fonds propres de la banque dont l'octroi est accordé ou non par un comité constitué d'experts indépendants de la banque. Celui-ci conclut le processus en donnant son avis sur le dossier, après analyse des impacts sur l'environnement de l'investissement projeté, et analyse de la démarche plus globale de l'entreprise faite par un conseiller environnement.

Ce comité d'experts est unique en France : chacun de ses 24 membres est compétent en matière d'environnement et dispose du droit de veto. Les critères de sélection passés en revue reposent notamment sur :

- la qualité de la démarche globale,
- la prise en compte par l'entreprise de tous les problèmes d'environnement (air, eau, bruit, énergie, matières, préservation des sites et des paysages...).
- la qualité des choix techniques.

Le diagnostic et l'examen du dossier peuvent être l'occasion de réorienter les priorités ou de corriger certaines erreurs de conception.

³ Cette description des dispositifs de financements mis en place par la Banque Populaire s'appuie largement sur la contribution d'A. Berger, responsable Développement Durable à la Banque populaire du Haut Rhin, transmise par mail au CSTB le 3 mai 2006. Des informations complémentaires sont disponibles à l'adresse suivante :

http://webzine.cstb.fr/file/bepos/Produits_bancaires.pdf

Cette activité de financement PREVair permet à la Banque de soutenir les projets des PME/PMI éco-innovantes qui conçoivent de nouveaux matériaux pour le bâtiment et se voient ainsi proposées des conditions bancaires avantageuses.

Les conditions actuelles de PREVair sont les suivantes : prêt fixe à 3% pouvant aller jusqu'à 7 ans et couvrant 80% des investissements matériels à caractère écologique des entreprises et professionnels, plafonné à 75 000€. Pour des investissements totaux supérieurs à 300 000€, le plafond peut être repoussé jusqu'à 150 000€.

Le PREVair peut aussi se décliner, au même taux en : prêt entreprise, crédit-bail, prêt express SOCAMA européen (PESE).

Aux particuliers

Le PREVair prend la forme d'un prêt immobilier environnement destiné à financer les équipements écologiques sur les projets de construction ou de rénovation de logement individuel ou collectif de particuliers, à usage d'habitation principale, secondaire ou locative.

Il est proposé par la Banque Populaire d'Alsace depuis 1999 qui décline le concept sur deux produits :

- PREVair construction : prêt à taux préférentiel de 3% fixe jusqu'à 15 ans sans frais de dossier pour tout financement de produits écologiques du bâtiment dans la limite de 25 % du financement global du projet et de 25 000 euros.
- PREVair rénovation : prêt à taux préférentiel à 3% fixe sur 48 mois maximum (39 euros de frais de dossier) dans la limite de 7 500 euros pour les mêmes produits ou équipements.

Les autres Banques Populaires proposant des PREVair ont fixé un critère unique : prêt de 15 000 € à 2,75% (c'est le taux du CODEVair + 1%) pour une durée allant jusqu'à 15 ans, valable pour la construction comme la rénovation. Ces prêts sont développés en recherchant l'appui de l'ADEME pour la définition des équipements éligibles.

L'existence de ces prêts permet à la Banque Populaire d'attirer l'attention des particuliers sur les équipements écologiques contribuant à la lutte contre le réchauffement climatique. Le taux incitatif est considéré comme un viatique qui permet d'engager un échange sur le devenir du projet immobilier du client par rapport à l'environnement.

La banque étant souvent consultée en amont des projets immobiliers la constitution du dossier peut permettre de corriger des erreurs énergétiques (orientation par rapport au soleil, vents dominants, choix de l'énergie, isolation...) avant qu'elles ne soient réalisées.

A ce jour, cinq Banques Populaires développent des prêts écologiques PREVair auprès des particuliers.

Partenariats publics- privés

La Banque Populaire Alsace a élaboré les premiers partenariats publics privés autour des prêts bonifiés écologiques :

- PREVair ADEME : en 2004 l'expérience du financement écologique a été relayée par l'ADEME via les premiers prêts co-bonifiés écologiques, dits PREVair 2%. Le principe est le même que PREVair Rénovation et PREVair Construction mais certains critères écologiques PREVair sont finançables au taux exceptionnel de 2% fixe sur 15 ans. Cette expérience prélude à l'instauration du premier appel d'offre de prêts bonifiés qui seront lancés par l'ADEME au niveau national.
- PREVair CESI 0% : après avoir remporté un appel d'offre grâce à l'existence de son prêt écologique PREVair à 3%, la BPA a signé en 2004 avec le Conseil régional d'Alsace une convention destinée à favoriser l'installation de 1000 chauffe-eau solaire individuel (CESI) par an en Alsace. La banque permet à l'acquéreur de financer l'investissement, de percevoir la subvention, de constituer une épargne éthique, de payer des mensualités allégées.

Le partenariat avec la Région vise aussi à ce que la banque soit le canal de distribution des subventions (450 euros /projets) de la Région et propose d'utiliser une partie de ladite subvention pour ramener le prêt de 3% à 0%. Ainsi le client touche sa subvention sous la forme d'un prêt à co-bonifié à 0% (utile pour un remboursement dans la durée) et d'un reliquat lui permettant de rembourser les premières échéances.

Le Conseil Régional a décidé de pérenniser l'initiative en 2005. L'expérience est rapidement devenue en une référence au niveau national, citée au Plan Climat, lequel prévoit la mise en place par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) un soutien financier aux appels

d'offres nationales pour le lancement de prêts co-bonifiés destinés à la rénovation thermique du bâtiment.

De nombreuses collectivités locales ont pris contact avec la Région Alsace et la BPA pour dupliquer ce partenariat sur leur territoire. Le 26 septembre 2005 le Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais a ainsi lancé un appel d'offre pour des prêts bonifiés à la rénovation thermique des bâtiments relayé le 3 février 2006 par le Conseil Régional de Picardie.

La Banque Populaire du Sud a signé en 2004 un partenariat avec l'ADEME pour promouvoir le chauffe-eau solaire auprès de ses collaborateurs et clients.

Information

La BPA distribue aussi dans ses agences les publications de l'ADEME, faisant de surcroît office de pôle d'information sur les subventions existantes et sur les solutions environnementales à mettre en œuvre par les particuliers.

La Banque Populaire Loire et Lyonnais et la Banque Populaire des Alpes participent au financement d'une campagne de promotion et des énergies renouvelables en région Rhône-Alpes. Ce programme vise à sensibiliser les élèves des écoles primaires et réduire la consommation d'énergie des collectivités locales.

Caisse d'épargne

La Caisse d'Epargne Provence – Alpes – La Réunion a conclu un partenariat avec l'ARER et participe aux opérations suivantes :

- Participation à l'édition du Guide Technique
- Diffusion d'un flyer dans toutes les Agences Caisse d'Epargne et dans tous les points d'information ARER
- Stand Salon de la Maison
- Crédit Développement Durable dont le montant peut atteindre jusqu'à 15 000 Euros remboursables sur 12 à 84 mois à un taux à partir de 2,76 %

Crédit Foncier

Offre à destination des entreprises et investisseurs : le Crédit Foncier dispose d'une structure dédiée au financement de projets du secteur énergie renouvelable et d'une activité à destination des entreprises qui souhaitent financer des investissements contribuant à la protection de l'environnement ou aux économies d'énergie. Il propose notamment des financements pour des infrastructures permettant la production d'énergie renouvelable, notamment dans le domaine éolien.

Crédit Mutuel

Le Crédit Mutuel Loire-Atlantique Centre Ouest propose des financements d'équipements et de travaux des particuliers en faveur des énergies renouvelables. Un conseiller environnement a été embauché pour conseiller les particuliers dans leur investissement.

Les prêts « Économies Énergies » peuvent être d'une durée de 3 à 120 mois pour les montants inférieurs à 21 500 € et aller jusqu'à 180 mois pour les montants de 21 501 à 30 000 €. Au 31 janvier 2006, le taux fixe proposé est de 3,33 % sur 5 ans.

Les équipements concernés sont les suivants :

- ECS (eau-chaude sanitaire) solaire, chauffage solaire, production d'électricité solaire (par panneaux photovoltaïques),
- éolien domestique,
- géothermie (pompe à chaleur avec capteur dans le sol),
- pompes à chaleur air/air ayant un coefficient de performance supérieur ou égal à 3,
- chauffage bois économe (chaudières à bois, poêles Tulikivi, alsacien...), équipements de chauffage ou de production d'eau chaude fonctionnant au bois ou autres biomasses, de rendement énergétique supérieur ou égal à 65 %.
- acquisition de matériaux d'isolation thermique
- équipements de raccordement à un réseau de chaleur, alimenté majoritairement par des énergies renouvelables ou par une installation de cogénération.

L'offre de financement concerne tout type de résidence (principale, locative ou secondaire). Il prend en compte 100 % du montant pour un taux fixe de 3,33 % sur 5 ans en 2006.

Crédit Agricole

Le groupe Crédit Agricole a lancé au niveau national une nouvelle offre en faveur de l'environnement :

- pour les particuliers : 2 types de prêts pour les économies d'énergie et les énergies renouvelables dans le bâtiment : un prêt adossé à un Compte Epargne Logement (« option CEL environnement ») aux mêmes conditions (taux, durée, montant); un « prêt énergies renouvelables ».
- pour les entreprises et agriculteurs : un « prêt environnement ».

Fortis

Crédit énergie à destination des particuliers pour aménager ou rénover une habitation (installation de nouveaux châssis et portes, remplacement de l'installation de chauffage ou le placement de vannes thermostatiques, installation d'un boiler ou achat de matériaux d'isolation).

Début 2006, taux de lancement de 5,50% dès 1.250 euros.

Dexia Crédit Local

Partenaire financier des collectivités locales s'est engagé dans la promotion de la démarche HQE auprès des collectivités. Déjà partenaire depuis 2003 de l'association HQE, avec laquelle la banque a publié un guide d'information sur «La Haute Qualité Environnementale» fin 2004, Dexia Crédit local a signé en mars 2005 deux conventions de partenariat qui l'engagent à proposer des solutions de financement spécifiques sur ce type de projets (convention avec Cerqual et le CSTB)

Banque Solfea et SA Domofinance

Ces banques ayant respectivement comme actionnaires GDF et EDF développent des prêts rénovation à taux préférentiels bonifiés par GDF ou EDF. La Banque Solfea a signé un partenariat avec le crédit Mutuel de Bretagne pour faciliter l'équipement au gaz naturel dans une maison neuve.

Autres offres

La Caisse des dépôts et consignations et l'ADEME soutiennent l'initiative du Conseil Régional d'Alsace de créer un fonds de tiers investissement se rémunérant sur les économies d'énergie générées à travers les investissements.

ENERBAIL, sofergie d'OSEO intervient généralement conjointement à un pool de banques par l'octroi d'un prêt syndiqué qui concerne principalement les projets industriels menés par des groupes reconnus dans leur connaissance du secteur éolien mais les financements peuvent exceptionnellement concerner des projets menés par des particuliers et notamment par des agriculteurs.

2.2.1.2 Offres de Crédit Bail - Sofergie

Les offres de crédit-bail font généralement l'objet de collaboration entre des établissements bancaires ou financiers et des fournisseurs d'équipement. D'après une étude de l'ARENE, des possibilités de crédit-bail pourraient venir prendre le relais de certaines subventions de l'ADEME amenées à disparaître dans les années à venir.

Les SOFERGIE sont des sociétés financières spécialisées dans le financement par voie de crédit-bail immobilier et mobilier ou sous forme de location simple des investissements et équipements destinés à l'économie d'énergie et aux énergies renouvelables, à la protection de l'environnement et au traitement des déchets ainsi qu'au développement durable.

Elles peuvent donner accès à des financements longs couvrant les aspects mobiliers et immobiliers d'une opération.

Pour plus de détails, cf. <http://www.asf-france.fr/asfcommunication/indexoui/livretsofergie.pdf>

Certaines Sofergies sont spécialisées dans le financement des investissements de maîtrise de l'énergie (ex : Slibail du Crédit Lyonnais, Enerbail d'OSEO, Energéco de Natexis Lease, Natio énergie et Parifergie de BNP/Paribas, etc).

Exemples

OSEO - Crédit-Bail Energie Environnement sous régime fiscal Sofergie

Financement des investissements concernant les énergies renouvelables (fermes éoliennes, centrales hydrauliques, production d'énergie à partir de la biomasse ou du biogaz) et la maîtrise de l'énergie (installations de cogénération, fours industriels, chambres froides,...).

Principe : achat de l'installation par OSEO, puis période de location. A l'issue du contrat l'entreprise a une option l'option d'achat lui permettant d'acquérir le bien pour sa valeur résiduelle.

Cinergie (Crédit Foncier)

Crédit-Bail Sofergie dédié aux entreprises réalisant des investissements de développement durable et aux collectivités locales.

Financement couvrant 100 % du projet. L'entreprise est locataire pendant la durée du contrat, et devient propriétaire du bien pour 1 €, à l'issue du contrat ou par anticipation.

2.2.1.3 Fournisseurs d'énergie, professionnels du chauffage et de l'isolation

EDF

- Propose aux particuliers un prêt à taux réduit pour financer l'installation d'une pompe à chaleur (les matériels éligibles doivent bénéficier du label Promotelec) ou un « prêt rénovation », applicable en particulier à des travaux d'isolation.
- Résidentiel neuf, offre "Vivrélec" : soutien financier pour des solutions de chauffage électrique et de climatisation dont l'efficacité énergétique est supérieure à la réglementation en vigueur. En logement social, cette solution comprend un conseil personnalisé lors de l'entrée dans les lieux, ainsi qu'une option spécifique visant la limitation globale des charges (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage).
- Offre "Rénovation", associée à un diagnostic de l'installation existante, propose des aides financières pour les investissements, qui apportent des gains d'efficacité énergétique. Une offre spécifique au logement social existant a été constituée avec l'Union des HLM : elle fixe des objectifs plafonds de montants de charges pour le chauffage et l'eau sanitaire. Dans ce cadre, 16 600 logements sociaux ont été rénovés.

GDF : accorde aux particuliers des prêts à 0 % ou à taux réduit, pour installer un chauffage central ou un appareil de production d'eau chaude fonctionnant au gaz naturel.

Primagaz : finance une installation de chauffage (contrat de partenariat avec la banque Solféa afin de proposer des prêts attractifs sous réserve de la signature du contrat d'approvisionnement gaz propane Primagaz (pour de nouvelles maisons : prêt bonifié à partir de 0,5 % /en rénovation : taux bonifié à partir de 1,51%).

Gaz Electricité de Grenoble

GEG et Actis (Organisme HLM de la Ville de Grenoble) ont passé une convention pour promouvoir les énergies renouvelables et optimiser la consommation d'énergie pour une meilleure maîtrise des charges locatives. Dans ce cadre, GEG apporte une aide spécifique à Actis pour l'installation de capteurs solaires permettant de produire l'eau chaude sanitaire. GEG verse, pour cette opération, une aide financière de 300 € par logement desservi.

GEG a aussi mis en place un programme comprenant un bilan complet, un diagnostic, une synthèse et des conseils pour une utilisation optimale de l'énergie et une facture maîtrisée. Plus de 1200 conseils ont été réalisés.

Enfin, GEG offre un service MDE aux grenoblois qui connaissent des difficultés, après examen de leur dossier. Il permet de réaliser, sous certaines conditions, de petits aménagements pour diminuer les consommations d'énergie des personnes en situation de grande précarité tout en limitant leur participation au minimum.

En complément du Fonds de Solidarité Energie, aide financière nationale pour le paiement de factures d'énergie, un Fonds Spécial Petits Travaux a également été mis en place avec les partenaires sociaux.

Les particuliers s'adressant aux professionnels adhérents de la confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) peuvent bénéficier des prêts « Probatis » ; pour une installation de chauffage au fioul, les « Points Relais Chaleur Fioul » peuvent proposer des financements...

2.2.1.4 Autres offres

Offres de service global et autres incitations des «utilities»

Les entreprises proposant des services liés à l'eau, à l'énergie ou aux déchets peuvent aussi encourager l'utilisation d'équipements «verts» en proposant des contrats d'installation et de maintenance (ex : leasing), ou des systèmes de concession qui permettent à l'entreprise de ne plus supporter seule le coût initial des installations.

Des contrats de performance globale - complétés parfois de services de crédit-bail existent et sont proposés par exemple par TAC, filiale de Schneider Electric qui accompagne des entreprises comme Carrefour dans la réduction de leurs consommations d'électricité.

Une autre solution pour financer les surinvestissements initiaux est de passer par un système de concession avec engagement de service global (cf. par ex. contrat avec Elyo lors de la construction du centre de recherche de Danone Vitapole).

Nouveaux produits d'assurance

De nouveaux produits couvrant la garantie des performances énergétiques commencent également à se développer, notamment aux USA. Mais a priori ils ne sont pas encore proposés en France. Notons que la société d'assurance Generali accorde aux maîtres d'ouvrage une diminution de 10% de la prime d'assurance pour toute opération certifiée « NF bâtiments tertiaires démarche HQE® ».

3 APPELS A PROJETS

Ne sont recensées ci-dessous que les propositions concernant directement les bâtiments – ou leurs équipements. Les appels d'offre plus généraux, même s'ils sont susceptibles de recevoir des propositions concernant le domaine du bâti, ne figurent pas ici. Le PREBAT est mentionné sans donner de détails.

3.1 PROJETS NATIONAUX

Appel à propositions de la Fondation bâtiment-énergie, 2005-2006

Le premier appel à propositions de la Fondation lancé en décembre 2005 concerne les travaux dans les maisons individuelles existantes. Les recherches sélectionnées doivent permettre le développement :

- d'ensembles cohérents de solutions techniques complets ou partiels, faisant appel à des technologies innovantes ou en rupture,
- d'outils permettant de décliner les ensembles en fonction des spécificités des maisons et qui pourraient être utilisés par l'améliorateur.

Les groupements de solutions techniques devront viser par une approche systémique à diviser par 4 les émissions de CO₂.

Un deuxième appel d'offres a été lancé en 2006. Il concerne la construction et la réhabilitation d'immeubles de bureaux.

Appels à projet portés par l'Agence Nationale de la Recherche
Solaire photovoltaïque, 2006

L'ANR a lancé en février l'appel à projets 2006. Le programme « Solaire Photovoltaïque » vise à promouvoir l'intégration fonctionnelle et architecturale de systèmes photovoltaïques dans le bâtiment. Les objectifs de l'appel à projets 2006 portent sur le génie des matériaux, le génie des procédés et le développement de solutions innovantes de composants et de systèmes complets.

Programme de Recherche sur l'Energie dans le Bâtiment (PREBAT), 2005 - 2006

Appel à propositions en 2005 sur les matériaux, les produits, les composants et les sous-systèmes, et leur intégration fonctionnelle à l'échelle du bâtiment ainsi que sur le volet socio-économie. L'appel 2006 lancé au printemps concerne le volet technologique

Appel à projet portés par l'Ademe

Qualité énergétique, environnementale et sanitaire : "Préparer le bâtiment à l'horizon 2010", 2002 – 2003-2004

Les projets soumis doivent porter sur les voies d'amélioration et d'innovation sur les produits, procédés, systèmes, méthodes ou outils du secteur du bâtiment, ou apporter par la voie d'études de type socio-économiques une meilleure connaissance du secteur, et de sa capacité à innover ou accepter l'innovation.

Les thèmes concernés sont : l'enveloppe des bâtiments, les systèmes climatiques, l'intégration des énergies renouvelables, la maîtrise de la demande d'électricité, les déchets du bâtiment, la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, la sociologie et l'économie du secteur, l'organisation des acteurs du bâtiment. Les objectifs visés sont notamment l'amélioration de la connaissance des marchés et des acteurs et la progression des performances techniques, énergétiques et économiques des solutions techniques, des outils et des ouvrages.

Appel à Projets de Recherche et Développement - Chauffage domestique au bois en maison individuelle, 2005-2006

Dans le cadre de sa politique de soutien le développement de l'utilisation du bois comme énergie de chauffage au sein de l'habitat et pour renforcer la mise sur le marché d'appareils de chauffage

domestique au bois ayant une performance énergétique et environnementale accrue, l'ADEME a lancé en 2005 et 2006 cet appel à projets.

En 2005, l'appel portait sur le thème du chauffage domestique au bois, en 2006, la proposition concerne plus spécifiquement le chauffage domestique au bois en maison individuelle

Les objectifs sont d'améliorer la performance énergétique et environnementale des appareils, et de faciliter l'intégration et l'usage pour le consommateur.

Pour être éligible, les programmes d'études doivent concerner la recherche et le développement de projets de recherche industrielle.

Réalisation au niveau local d'Opérations Programmées d'Amélioration Thermique et Énergétique des Bâtiments - OPATB - Appel à projets 2002- 2003 (3 vagues)

Les OPATB, opérations de partenariat entre les collectivités locales et des organismes d'État, sont conçues sur le principe des OPAH. Une OPATB consiste en un programme d'animations et de subventions pour réaliser des travaux d'économies d'énergie, favoriser la maîtrise de la demande d'électricité et promouvoir l'utilisation d'énergies renouvelables. Elle concerne tous les bâtiments résidentiels et tertiaires, publics et privés, dans un quartier, une commune, une agglomération, un regroupement de communes, voire un département dans une zone à faible densité.

Les projets retenus sont aidés et accompagnés par l'ADEME, le Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer et l'ANAH. Prévu sur une durée de 4 à 5 ans, les OPATB seront évaluées annuellement au vu de la démarche mise en place et des résultats obtenus au plan local.

3.2 PROJETS REGIONAUX

Réunion : Ecoles primaires à énergie positive, 2005

Un nouveau programme porté par la Région Réunion est en cours de lancement sur 24 écoles primaires à énergie positive. Il concernera une école par commune. Chaque école, dans une démarche de réhabilitation, comportera les éléments suivants :

- Conformité à l'outil PERENE pour une conception thermique et énergétique optimisée
- Maîtrise de l'Énergie très appuyée
- Chauffage eau solaire pour tous les besoins en eau chaude de l'École
- Un système photovoltaïque connecté au réseau pour revendre l'électricité solaire à EDF
- Un bilan énergétique global positif

Languedoc-Roussillon

1. Appels à projet « le photovoltaïque connecté au réseau et intégré au bâti », 2005- 2006

Dans le cadre du programme PROMETHEE, la Région Languedoc-Roussillon, en partenariat avec l'ADEME, a lancé en 2005 le premier appel à projet régional visant à faire émerger des projets exemplaires et innovants en terme d'intégration architecturale des modules.

Quinze projets ont été retenus par la Région, sur 28 candidatures.

Les projets retenus concernent :

- des bâtiments dans le secteur tertiaire (immeubles de bureau, médiathèques, écoles, laboratoires universitaires),
- des logements sociaux (Hérault Habitat, ACM, OPHLM de la Grand Combe),
- des logements étudiants (Cité la Colombière à Montpellier) et un bâtiment agricole (cave viticole à Maury).

La Région finance ces projets à hauteur de 666 795 euros, correspondant à un investissement de 2 139 010 euros. Un montant d'aides identique a été apporté par l'ADEME.

Projets financés en 2005 :

- Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour le futur hôtel de ville de Montpellier
- Installation de générateurs photovoltaïques intégrés au bâti pour le lotissement les Jardins d'Harmonia (50 logements collectifs)
- Intégration d'un générateur photovoltaïque dans le cadre de la rénovation d'un atelier et d'un immeuble de bureaux à Ria

- Toiture photovoltaïque pour la médiathèque Françoise Giroud à Castries
- Installation de cellules photovoltaïques et d'un procédé d'éclairage basse consommation pour les parties communes de l'ensemble locatif l'Habitarelle
- Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour la rénovation du bâtiment 3 de la cité universitaire La Colombière
- Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour des bureaux sur le site du Millénaire Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour la cave de Maury
- Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour 50 logements sociaux et une salle d'activités Faubourg Boutonnel à Montpellier
- Université Montpellier II, installation photovoltaïque intégrée au bâti pour le bâtiment du laboratoire électrotechnique
- Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour le bâtiment d'accueil du site d'Ambrussum
- Montpellier : Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour la plate-forme d'exploitation du site de Pignan, de la Régie de collecte des déchets ménagers
- Office Public d'Aménagement et de Construction de Montpellier () Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour le foyer Henri Wallon (foyer médicalisé, foyer logements, et foyer occupationnel) - ACM
- Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour l'école primaire de Vendres
- Installation photovoltaïque intégrée au bâti pour trois immeubles de bureaux, à Toulouges

En 2006, la région relance l'appel à projet malgré la décision de l'Etat de ne plus soutenir, via l'Ademe, les projets photovoltaïques. Les projets qui seront sélectionnés par un jury pour leurs qualités architecturales pourront bénéficier d'une aide maximale de 3,5 €/Wc.

2. Appel à projet "énergies renouvelables dans le logement social", 2006

Objectif : 25 000 logements équipés en Languedoc-Roussillon d'ici 2010

L'appel à projet régional "énergies renouvelables dans le logement social" a pour but de donner de nouvelles perspectives d'accès à l'énergie pour tous, en soutenant l'équipement, dès 2006, de 5 000 logements sociaux en capteurs solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire et de développer l'usage du bois-énergie dans le logement social.

Ce dispositif s'adresse aux bailleurs sociaux, aux communes, aux EPCI dans le cadre d'opérations de construction neuve ou de réhabilitation à caractère social, aux associations agréées et au logement étudiant conventionné.

Poitou-Charentes

1. "Maison bois à basse consommation d'énergie en logement social", 2005

Dans le cadre de son plan régional en faveur de la construction bois, le Conseil Régional a décidé de soutenir des expérimentations portant sur la qualité environnementale du bâti tout en contribuant à la relance du logement social.

Ainsi, les programmes de logement devront opter pour un système constructif à structure bois et consommer moins de 45 kwh d'énergie finale par mètre carré de surface habitable et par an pour le chauffage. Ils devront également intégrer l'économie et la réutilisation de l'eau.

Les projets qui seront soutenus par la Région bénéficieront d'une aide de : 5000 euros par logement pour un programme de 10 logements, 4000 euros par logement pour un programme de 11 à 20 logements, et 3000 euros par logement pour des programmes de plus de 20 logements

Les cibles sont les maîtres d'ouvrage du logement social pour des opérations à financer en P.L.U.S. ou P.L.A.I. et à réaliser en Poitou-Charentes.

2. Appel à projet "Systèmes Photovoltaïques Raccordés au Réseau et Intégrés aux Bâtiments", 2006

L'objectif est de soutenir des projets exemplaires et innovants en termes d'intégration architecturale de systèmes photovoltaïques au bâtiment. L'ensemble des projets soutenu couvriront 2000 m2 de capteurs photovoltaïques pour une puissance estimée de 200kWc.

L'enveloppe globale est de 1,2 millions d'Euros avec une aide conjointe Ademe – Région de 5,8 euros/Wc.

L'appel à projet concerne les collectivités locales, les bailleurs sociaux, le tertiaire privé et les locaux industriels régionaux pour des opérations concernant le neuf ou la réhabilitation lourde.

La remise des dossiers a lieu entre septembre et décembre 2006.

Rhône-Alpes

1. Appel à projets pour la réhabilitation thermique très performante de logements collectifs anciens, 2006

La Région Rhône-Alpes a lancé un « programme-pilote de réhabilitation thermique très performante des logements anciens » dans le cadre du Plan Régional de l'Énergie. L'appel à projet concerne les maîtres d'ouvrages publics ou privés, occupants ou bailleurs, souhaitant s'engager dans la rénovation thermique très performante de bâtiments d'habitation collectifs antérieurs à 1975 comprenant 8 à 30 logements. L'objectif est de ramener à 50 kWh/m².an la consommation d'énergie primaire pour le chauffage, et à 10 kWh/m².an pour l'eau chaude sanitaire avec des solutions techniques imposées. Huit opérations (environ 150 logements) sont financées pour un montant forfaitaire de 50 euros/m² sha plafonné à 90 000 euros.

Les travaux se dérouleront d'octobre 2006 à mars 2007.

2. Appel à projet régional "100 maisons individuelles thermiquement très performantes", 2006

Cet appel à projet concerne les particuliers souhaitant construire ou rénover une maison individuelle dont la consommation d'énergie primaire doit se rapprocher de :

- 50 kWh/m² pour le chauffage et l'eau chaude dans les logements neufs
- 60 kWh/m² dans les logements anciens

Dossiers retenus bénéficient d'une Aide de la Région Rhône-Alpes (3000 euros pour les logements neufs et 5000 euros pour les logements anciens) et d'un accompagnement technique de référents du réseau Info-Energie en Rhône-Alpes.

L'appel à projet débute le 14 septembre 2006. 100 opérations seront aidées.

Franche Comté : Appel à projet « construire et rénover les premiers bâtiments basse énergie en Franche Comté », 2006

Cet appel à projet est la 1^{ère} opération concrète du Programme régional Bâtiments basse énergie en Franche Comté. Il porte sur la réalisation des huit premiers bâtiments « basse énergie » francs-comtois du secteur résidentiel. Les objectifs visés sont les suivants :

- Chauffage : consommation de 35 kWh/m².an pour les bâtiments neufs ; 50 kWh/m².an pour les réhabilitations ;
- Rafraîchissement : le confort d'été doit être assuré sans système de production de fraîcheur ;
- Eau chaude sanitaire : installations optimisées (production solaire, calorifugeage efficient, équipements économes...).

Etudes : les projets retenus bénéficient d'un accompagnement et d'une aide de 70 % aux coûts de maîtrise d'oeuvre liés à l'optimisation thermique du bâtiment avec un maximum de 30 000 euros par projet (bâtiment collectif ou maisons individuelles groupées) ou de 5 000 euros pour une maison individuelle.

Travaux : l'aide à l'investissement est de :

- 25 €/m² pour le logement collectif (maximum de 40 000 €/projet) ;
- 30 €/m² pour les maisons individuelles groupées (maximum de 30 000 €/projet) ;
- 40 €/m² pour les maisons individuelles (maximum de 5 000 €/projet).

Les dossiers ont été remis fin septembre pour une sélection en octobre 2006, la réalisation des phases « conception » et études à l'automne et le lancement des travaux à partir du printemps 2007

Limousin : Appel à projet Energie -20 %, 2005

La région Limousin et l'Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'Energie (ADEME) lancent un appel à projet auprès des entreprises et des collectivités du Limousin visant la mise en oeuvre d'un dispositif technique et financier personnalisé pour les aider à réduire leur consommation d'énergie de 20%.

20 entreprises pilotes et 10 collectivités bénéficieront des conseils d'un expert qui les aidera à optimiser leurs consommations d'énergie avec pour objectif de les réduire d'au moins 20 % en 2 ans. L'ADEME et la Région apporteront une subvention à hauteur de 70 % du projet.

Bourgogne : Appel à propositions concernant les modes constructifs innovants : la basse et très basse énergie dans le bâti neuf et rénové, 2006

Le conseil régional souhaite favoriser la mise en œuvre de nouvelles exigences en matière de performances énergétiques dans l'habitat neuf et rénové en développant :

- à court terme : les constructions basse énergie dans l'habitat dont la consommation énergétique pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire doit être comprise entre 40 à 80 kWh/m²/an,
- à moyen terme : les constructions très basse énergie avec une consommation d'énergie annuelle pour le chauffage comprise entre 10 et 15 kWh/m²/an.

Pour le premier appel à projet 2006, le conseil régional soutient 6 projets (4 dans l'habitat neuf, 2 dans l'habitat rénové) avec 3 cibles environnementales privilégiées :

- L'énergie
Les niveaux de performances souhaités sont de 42 kWh/m²/an pour le neuf et de 80 kWh/m²/an pour une rénovation.
Les technologies mises en œuvre concernent l'enveloppe et les dispositions passives (implantation, volumétrie, transparence, niveau d'isolation...) permettant de satisfaire les besoins énergétiques (chauffage, ECS) ; ainsi qu'une conception efficace des systèmes énergétiques avec recours aux énergies renouvelables pour réduire les consommations énergétiques (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, usages spécifiques de l'électricité, etc.).
- Le confort et la santé.
- L'eau.

Ile de France

Dans le cadre du Plan régional de l'énergie (cf. p.33), il est prévu de lancer 2 appels à projet :

- le premier intitulé "autres dispositifs d'accompagnement financier" a pour objectif d'appréhender dans un premier temps les attentes des collectivités locales et EPCI en matière de financement des travaux et de recenser les dispositifs existants (prêts bonifiés, fond de garantie...). Il est mené par la Région en partenariat avec l'Ademe et l'Arene.
- Le second, prévu pour 2007, concerne les bâtiments à énergie positive pour la réalisation de 8 opérations de démonstration.

4 POLITIQUES DES COLLECTIVITES LOCALES EN FAVEUR DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE ET DES ENERGIES RENOUVELABLES

On trouvera dans cette partie des exemples de politiques mises en œuvre à l'échelle locale, qu'il s'agisse de la région, du département ou de la commune.

La participation à des projets européens comme RESTART n'est pas traitée ici (on se reportera au tableau des opérations donné en première partie pour en avoir des exemples), de même que la participation à des réseaux comme Energie Cité ou à des campagnes d'information comme DISPLAY.

Les données synthétisées dans cette partie sont issues des documents mis à disposition sur les sites Internet des Régions et autres collectivités locales. Un certain nombre d'exemples sont également issus des études de cas figurant sur le site "ManagEnergy" (<http://www.managenergy.net/>)

4.1 REGIONS

On trouvera ci-dessous des exemples de programmes, de projets et de politiques menés par les Conseils régionaux.

La liste n'est pas exhaustive mais représentative des principales mesures mises en œuvre par les Régions, et de celles qui sont le plus actives en la matière.

Pour les aides détaillées en matière d'équipements solaires à destination des particuliers on se reportera à la seconde partie (cf. p18).

Ne sont pas cités à nouveau les appels à projets lancés par les Régions (cf. partie précédente p. 28).

4.1.1 Alsace

Programme Energivie et convention en faveur du développement des énergies renouvelables avec l'Etat

Développé par la région entre 2003 et 2005, le programme Energivie, financé par des fonds européens a permis un décollage des énergies renouvelables en Alsace, où plus de 30.000 mètres carrés de capteurs solaires et 610 chaudières bois sont installés. Le programme est notamment structuré autour des actions suivantes :

- Mieux informer sur les énergies renouvelables et accompagner, amplifier la communication
- Former des prescripteurs «énergies renouvelables»
- Utiliser les énergies renouvelables pour stimuler le développement économique alsacien
- Développer les énergies renouvelables dans l'agriculture et le tourisme
- Mieux intégrer les énergies renouvelables à l'échelle de quartiers urbains avec :
 - réalisation d'une étude générale de faisabilité pour la rénovation en basse énergie d'immeubles typiques du centre ville de Mulhouse. Une solution dite "universelle" précise les choix techniques (isolation, vitrages et menuiseries, systèmes de chauffage et de ventilation) qui permettent d'atteindre une consommation de chauffage inférieure à 50 kWh/m2/an d'énergie primaire ;
 - réalisation et suivi de 3 immeubles référents en matière d'énergies renouvelables et de performances énergétiques
 - expérimentation de diffusion de l'énergie solaire à grande échelle.

Le programme comprend la mise en place de 5 accompagnateurs de projets pour aider les particuliers et les entreprises souhaitant intégrer les énergies renouvelables dans un projet de construction ou de rénovation

Pour un bilan du programme, on peut consulter l'intervention de R. Gendre aux Rencontres Energivie de mars 2006

(<http://www.energivie.fr/telechargements/rencontres2006/2703pleniere/bilanenergivie.pdf>)

Pour la période 2006-2008, une convention en faveur du développement des énergies renouvelables a été signée entre l'Etat et le conseil régional d'Alsace pour prendre la suite d'Energivie. Le

programme bénéficiera d'un engagement financier de 24 millions d'euros sur trois ans, dont 15 millions provenant de la région et 9 millions financés par l'Etat.

L'objectif de la nouvelle convention est de faire de l'Alsace une région pilote pour les bâtiments à basse consommation. Ce programme vise à diviser par quatre les consommations énergétiques à l'horizon 2025.

Autres actions de la Région en faveur des énergies renouvelables

Lycées

La Région contribue à la promotion des énergies renouvelables auprès des lycéens et apprentis. Cette démarche s'effectue progressivement grâce à l'intégration de l'utilisation du bois-énergie et de l'énergie solaire dans les lycées, lors de projets de restructuration, de réhabilitation ou de construction.. Il s'agit notamment de développer les chauffe-eau solaires dans les lycées avec demi-pension et internat.

Les énergies renouvelables donnent également lieu à une démarche pédagogique. Un appel à projets a été lancé dans les lycées. L'idée est de s'appuyer sur les équipements des établissements pour réaliser des travaux pratiques destinés aux élèves sur le thème des énergies renouvelables : quelles sont les applications de l'énergie solaire ou éolienne, à quoi sert le photovoltaïque et comment ça marche, quelles sont les perspectives d'avenir... ?

Aides

Depuis l'année 2000, la Région Alsace a consacré plus de 6,5 millions d'euros d'aides aux études ou à l'investissement dans des installations solaires ou utilisant le bois-énergie. Dans le cadre du contrat de plan État-Région 2000-2006, la délégation Alsace de l'ADEME a financé un budget équivalent. Concrètement, à mi-2004, 2500 chauffe-eau solaires individuels ont été subventionnés ainsi que plus de 4000 m2 de panneaux solaires sur des bâtiments collectifs. A la même date, 30 chaufferies collectives au bois et plus de 180 chaudières individuelles à alimentation automatique ont aussi été subventionnées depuis 2000, l'année de mise en place du dispositif de soutien au bois-énergie.

4.1.2 Ile-de-France

« Délibération énergie »

En Juin 2001, le conseil régional Ile-de-France votait la « délibération énergie » intitulé « Maîtrise de l'énergie et développement des énergies renouvelables pour la réduction de l'effet de serre ».

Les aides sont contractualisées avec la Région à partir de l'élaboration de plans patrimoniaux de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies locales et renouvelables. Ils consistent en :

- une aide à la décision (au taux de 30 % pour les diagnostics ; de 40 % pour les actions de sensibilisation et d'information)
- une aide aux investissements nécessaires pour la réalisation d'un contrat pluriannuel de travaux découlant des dispositions adoptées dans les plans locaux en matière de maîtrise d'énergie ou de développement d'énergie renouvelable, comme le bois, la géothermie, le solaire...
- une aide aux opérations innovantes, particulièrement recherchées dans ce secteur technologique de pointe.

Bénéficiaires : Les opérateurs publics ou assimilés agissant dans le secteur de l'habitat, notamment dans le logement social, sont les principaux bénéficiaires de l'aide mais les collectivités locales, les syndicats mixtes de production de chaleur et de traitement des ordures ménagères, les établissements publics d'aménagement, les sociétés d'économie mixte de construction, d'aménagement et de service, des bailleurs sociaux publics et privés (OPHLM et SAHLM) et les établissements privés d'enseignement secondaire peuvent également bénéficier de ces mesures.

Exemples d'opérations financées

- capteurs solaires destinés à assurer l'approvisionnement en eau chaude des habitations et à participer à l'installation du nouveau chauffage central pour 265 logements à Trappes (78) en collaboration avec la société publique « Habitat-Sarépa ». Fin des travaux en 2010.
- aménagement de la future base de loisirs nautiques sur l'île Monsieur (92) : aide pour l'installation de pompes à chaleur géothermale qui assureront le fonctionnement du système de chauffage des futurs bâtiments, un central électrique photovoltaïque et l'implantation de panneaux solaires thermiques pour l'eau chaude. Fin des travaux en 2007.

- chauffe-eau solaire pour alimenter en eau chaude sanitaire le futur centre multi-accueils pour très jeunes enfants à Sceaux (92)

En 2005, le conseil régional a consacré près de 7 M€ aux énergies renouvelables

Plan énergie 2006-2010

Un « Plan régional pour la maîtrise de l'énergie, le développement des énergies locales et renouvelables, et la réduction de l'effet de serre dans l'habitat et le tertiaire sur la période 2006-2010 » a été adopté par le conseil régional en mai 2006 sur la base des travaux et propositions issus des 3 forums Energie organisé au premier semestre 2005. Ce plan présente des aides aux particuliers alors que la région ne finançait auparavant que les équipements solaires sur l'habitat social collectif.

Les objectifs sont les suivants

- Augmenter la production d'énergie thermique grâce :
 - au programme « solaire thermique » qui fixe à 35 000 m² la surface de panneaux solaires à construire chaque année, sur le patrimoine collectif et grâce à une aide aux particuliers qui s'équipent d'un chauffe-eau solaire individuel (50% sur le montant HT de la main-d'œuvre plafonnée à 900€) ou d'un système solaire combiné (50% de la main-d'œuvre avec plafonnement à 1500€ pour des installations couvrant au moins 25% des besoins en chauffage).
 - au programme « géothermie » qui vise à étendre les réseaux de chaleur, et à y raccorder 30 000 nouveaux logements d'ici 2010. Une aide est prévue pour les particuliers qui installent des pompes à chaleur géothermale (subvention de 50% l'installation de pompes à chaleur sur nappe ou à capteurs verticaux ou horizontaux avec un maximum de 1500€).
 - l'utilisation de 300.000 tonnes de bois par an dans les chaufferies collectives et la récupération de la chaleur issue de l'incinération des ordures ménagères pour chauffer 10.000 logements par an ;
- Encourager les économies d'énergie
 - en mesurant les consommations et des dépenses énergétiques systématique dans le logement social et les bâtiments du tertiaire. Les maîtres d'ouvrage, collectivités locales et territoriales, sont accompagnés par la Région pour mettre en œuvre des Certificats d'Economies d'Energie.
 - en soutenant les opérations de démonstration en matière de réhabilitation thermique des anciens bâtiments construits avant 1985 et en termes de construction de bâtiments à énergie positive. S'inspirant en la matière de la région Rhône-Alpes, la région Ile-de-France se propose par exemple de soutenir les démarches visant la rénovation des bâtiments anciens afin de se rapprocher le plus possible d'une consommation d'énergie primaire pour le chauffage d'environ 50 kWh/m²/an.
- Mettre en œuvre un observatoire de l'énergie (confié à l'Arene et à l'Ademe)
- Poursuivre la sensibilisation et l'information : notamment création de 20 Agences locales de l'énergie.

4.1.3 Midi-Pyrénées

La région développe une politique de maîtrise de l'énergie autour de 3 axes : la maîtrise des consommations, l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables. En 2006, le conseil régional consacre plus de 4 M€ à ces sujets.

Projet Bâtiment économe - 2006

Le projet Bâtiment économe rassemble les industriels, PME, laboratoires de recherche et Conseil Régional. Ils souhaitent mutualiser les savoir-faire sur les énergies et créer un pôle de compétences régional.

La Région s'est engagée dans ce sens et une association devrait naître, qui permettra d'approfondir les travaux et la démarche engagée.

PRELUDDE (Programme régional de lutte contre l'effet de serre et pour le développement durable)

Il s'agit d'un accord cadre passé entre l'ADEME et la Région Midi-Pyrénées pour la période 2000-2006. Les deux partenaires mobilisent, à parts égales, 35 063 millions d'euros (230 MF) sur 7 ans pour financer leurs interventions. C'est notamment à travers le déploiement de ce programme que se concrétise la politique régionale en matière d'énergie.

Grands types d'interventions

- aides aux études ;
- aides à l'investissement pour des opérations exemplaires ou de démonstration ; soutien aux investissements performants ;
- aides au suivi des opérations et à l'évaluation ;
- aides aux animations et aux actions de sensibilisation.

Principales actions réalisées :

- Installation de 3 795 chauffe-eau solaires individuels (CESI) entre 2000 et 2004 avec les aides de l'ADEME et du Conseil régional (depuis 2001) + 1143 CESI au 10 août 2005 avec les aides du Conseil régional
- 78 chauffe-eau solaires collectifs,
- Installation de 60 équipements de séchage solaire des fourrages dont 48 en Aveyron,
- Cogénération : Installation de la centrale de trigénération au CNES et du système de cogénération sur la commune de Colomiers,
- Mise en place de réseaux de chaleur au bois dans 4 communes de la région,
- Lancement d'une politique énergie en Ariège avec le financement d'une plateforme de séchage du bois énergie et l'installation de 4 chaudières bois
- 63 dossiers d'aide à la maîtrise d'ouvrage pour des opérations suivant une démarche HQE.

Autres

- Bois : La région apporte son soutien au développement de la filière bois énergie par de multiples actions, situées en amont (par ex. aide aux CUMA allant jusqu'à 30% du coût du matériel de broyage) ou en aval (aide à l'acquisition de chaudière). C'est dans ce cadre que la région a lancé début 2006 un appel à projet avec un budget de 8 M€ sur 3 ans.
- Energie solaire : aide aux particuliers : CESI > 600 euros ; SSC > 1500 euros. Subventions également pour 150 installations d'eau chaude solaire dans l'habitat collectif (5 000 mètres carrés).

4.1.4 PACA

Plan régional Energie 2010

Le lancement du Plan Energie 2010, en 2005, répond à un souci de maîtrise de la dépense énergétique et de promotion des énergies renouvelables. Il comprend notamment les volets suivants :

- Plan éco-énergie : la Région développera le recours aux énergies renouvelables, l'information des populations, elle impliquera dans cette ambition les secteurs touristique, du bâtiment et les organismes HLM.
- Plan local énergie/environnement : l'idée est d'aider les collectivités territoriales à des économies d'énergie, d'eau, de déchets, de gestion de la mobilité.
- Valorisation des énergies renouvelables : grâce au « chèque énergies renouvelables » (700€ pour l'installation d'un équipement solaire thermique), le solaire thermique est développé. Même incitation pour le solaire photovoltaïque (chèque énergie renouvelable de 7000€) et l'énergie éolienne (aide aux études d'installation dans les territoires). Pour l'énergie bois, soutien technique et subventions pour les installations collectives de chauffage au bois déchiqueté, chèque de 100€ pour le combustible bois.
- Qualité environnementale du bâtiment :
Un des objectifs majeurs est de limiter la consommation d'énergie à 75 kWh/m²/an.

Aides :

- Assistance aux maîtres d'ouvrage :
 - Conseil express qualité environnementale : mise à disposition de professionnels qui apportent une aide à la décision et permettent d'évaluer l'intérêt d'engager une démarche de Qualité environnementale
 - Aides pour les missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la Qualité environnementale
- Assistance aux maîtres d'œuvre et entreprises : soutien à des initiatives telles que le centre de Ressources EnviroB.A.T Méditerranée, localisé sur l'Arbois, qui permettra aux

professionnels de trouver les informations et outils nécessaires à leur activité ; la formation dispensée par l'école d'architecture de Luminy ou encore le cofinancement d'études et d'actions pour un meilleur traitement et une meilleure valorisation des déchets du bâtiment. Toutes ces actions sont menées en partenariat avec l'État, via l'ADEME.

4.1.5 Languedoc-Roussillon.

Programme PROMETHEE

Lancé en 2004, il s'appuie sur l'utilisation et la valorisation des technologies propres et finance divers projets dans le domaine des énergies renouvelables, de la maîtrise de l'énergie, de la qualité de l'air et des déchets. L'un des volets de ce programme partenarial avec l'ADEME concerne le photovoltaïque et s'incarne dans les appels d'offre "le photovoltaïque connecté au réseau et intégré au bâti" lancés en 2005 et 2006.

Plan régional pour les énergies renouvelables et la lutte contre les gaz à effet de serre

La région consacre 13,4 millions d'euros en 2006, dont 10,1 millions d'euros au Fonds régional d'investissement pour le développement des énergies renouvelables et 3,3 millions au titre du programme "Lutte contre les gaz à effet de serre". Toutes les filières sont concernées (solaire thermique, photovoltaïque, bois énergie) dans les secteurs publics et privés. En cinq ans, l'objectif est d'équiper 25.000 logements collectifs grâce à une aide de 80 % de l'investissement.

Cette politique se décline autour d'un système de subventions ouvert à tous et concernant :

- Subventions pour l'eau chaude solaire collective pour les gîtes, hôtels, campings, établissements de santé, collectivités et soutien à l'installation de chauffe-eau solaires individuels et de systèmes solaires combinés (700 €) ;
- Soutien à la filière bois-énergie (financement des chaufferies bois réalisées pour des bâtiments collectifs, des gîtes, des établissements de santé).
- Un engagement pour le développement des énergies renouvelables dans le logement social.
- La mise en place de dispositifs HQE dans les lycées avec l'aménagement d'équipements pour les énergies renouvelables et la gestion des déchets

C'est dans ce cadre qu'en 2006 la région a aidé à la construction de 3 500 logements sociaux, et engagé 6 millions d'euros pour promouvoir les énergies renouvelables dans le bâtiment. Des financements ont également été accordés à 3 lycées (Canet-en-Roussillon, Villeneuve-lez-Avignon, Saint-Clément-de-Rivière).

4.1.6 Rhône Alpes

La région a élaboré un programme « Environnement et énergie » et un Plan régional de développement des Energies Renouvelables et de maîtrise de l'énergie portant notamment sur la maîtrise de l'énergie et développement des énergies renouvelables, le soutien aux projets de construction axés sur le développement durable et l'appel à projet régional "100 maisons individuelles thermiquement très performantes".

Programme de rénovation de logements

En avril 2005, la Région Rhône-Alpes a décidé de soutenir un programme de rénovation très performante de logements. Une aide a été apportée en 2005 à la rénovation d'une dizaine de bâtiments regroupant au total 150 logements en immeubles collectifs avec pour objectif d'atteindre une consommation d'énergie primaire de chauffage de 50 kWh/m²/an.

C'est dans ce cadre qu'a été lancé l'appel à projets pour la réhabilitation thermique très performante de logements collectifs anciens.

Aides aux entreprises

Opérations liées à la maîtrise de l'énergie et aux énergies renouvelables

La Région accorde des aides au financement d'études, de travaux, de suivis d'opérations et d'actions d'information pour le chauffage solaire, l'eau chaude sanitaire solaire, l'électricité photovoltaïque en site isolé ou raccordé au réseau, le chauffage au bois. Les aides attribuées concernent aussi la

maîtrise des consommations d'électricité ou d'énergie, les systèmes de cogénération et diverses applications des énergies renouvelables.

Bénéficiaires : Collectivités locales, logement social public ou privé, tertiaire public, associations, coopératives et particuliers pour les énergies renouvelables.

Montant et type d'aide : Les subventions accordées peuvent atteindre 30 % du coût du projet pour des travaux, et 70 % pour les études, suivis et actions d'information, avec un plafonnement des montants d'aide.

Définition d'un « clusters » destiné à renforcer de la compétitivité des entreprises par l'utilisation des énergies renouvelables et la maîtrise de l'énergie

Périmètre marché : Marché de l'éco bâtiment : construction, rénovation, conception, transactions, financements, équipements producteurs d'énergies renouvelables, équipements participants à la maîtrise de l'énergie, techniciens du bâtiment (artisans, installateurs)

Animation

- Rhône-AlpEnergie Environnement
- ASDER (Association Savoyarde pour le Développement des Energies Renouvelables)
- MITRA (Mission d'Ingénierie Touristique de Rhône-Alpes)
- CSTB
- CCI de Lyon

Premières actions déployées

- ACTION MARQUE : Rendre visible l'offre régionale en matière d'économies d'énergies et d'intégration des énergies renouvelables appliquée au bâtiment. Définition d'une marque adaptée au marché immobilier.
- ACTION INNOVATION : Définir les critères d'une demande sophistiquée, « bâtiment du futur » valoriser les projets de recherche développés en Rhône-Alpes et tester les solutions les plus avancées.
- ACTION GROUPEMENT D'ENTREPRISES : Développer une offre intégrée de produits et de solutions adaptée à l'éco-bâtiment en créant des consortiums locaux d'entreprises.
- ACTION GITES : Faire émerger une demande du secteur tourisme avec un projet pilote sur une offre gîtes de type « éco-gîtes ». Générer des solutions rentables et reproductibles.
- ACTION FORMATION DES TECHNICIENS DU FUTUR : Sensibiliser et former les professionnels du secteur aux enjeux de l'éco-bâtiment."

4.1.7 Franche Comté

Programme régional Bâtiments basse énergie en Franche Comté

Ce programme, dans le cadre duquel est lancé l'appel à projet « construire et rénover les premiers bâtiments basse énergie en Franche Comté », prévoit aussi de définir à partir de mi 2006 un programme d'actions 2007-2012 avec les acteurs de la filière. Un programme de communication ciblé sur les professionnels est prévu jusqu'à la mi 2007 ainsi que la réalisation de modules de formation dédiés à la basse énergie (travail coordonné avec l'Alsace)

Aides régionales énergie :

- Subventions aux particuliers : énergie solaire photovoltaïque raccordée au réseau (montant forfaitaire et pouvant aller jusqu'à 7 000 euros) et énergie solaire thermique (CESI > 800 € ; SSC > 1 200 €). Les aides portent prioritairement sur la main d'œuvre et sont accordées pour les résidences principales ou secondaires.
- Formation, sensibilisation, éducation à l'environnement dans les domaines des déchets, de l'air et de l'énergie : soutien technique et financier pour la réalisation d'actions de sensibilisation du grand public et des prescripteurs (modules de formation continue, colloques, actions d'éducation à l'environnement...).
- Maîtrise de l'énergie dans les entreprises, notamment PME : aide à la réalisation de pré-diagnostic et diagnostics énergétiques et d'études de faisabilité, participation au financement des équipements utilisant des technologies performantes, soutien aux actions de suivi, d'information, de sensibilisation, de formation et de diffusion des résultats.

- Promotion et développement de la HQE (aménagement urbain, construction, réhabilitation, déchets de chantiers...) : actions d'information et de formation, aide à la conception, réalisation et évaluation de quelques opérations exemplaires.
Tous les organismes sont concernés : collectivités et leurs groupements, associations, CAUE, entreprises, professionnels...
- Structuration et promotion de la filière bois-énergie : soutien aux investissements destinés spécifiquement à développer la production, la transformation et la commercialisation de combustibles bois adaptés aux chaufferies automatiques ; aide aux opérations destinées à renforcer la nature et la qualité de l'offre en combustibles et aux actions d'information et de formation des publics concernés.

Publications

- Plaquette sur les bâtiments basse consommation ;
- Guide des énergies renouvelables et du développement durable en Franche- Comté.

4.1.8 Poitou-Charentes

Programme d'actions en faveur de la maîtrise des consommations énergétiques
Programme destiné à aider les maîtres d'ouvrage à maîtriser leur consommation énergétique. Il s'articule autour de 4 types d'actions :

- information sur les technologies efficaces en énergie
- formation des bureaux d'études, des services techniques des maîtres d'ouvrage,
- soutien aux outils d'aide à la décision préalable à la réalisation de travaux
- soutien à la réalisation d'opérations exemplaires, évaluation et valorisation.

Plan régional pour la construction bois

Lancé fin 2005, il s'appuie sur trois mesures :

- Aide à la construction de 1000 maisons-bois individuelles autonomes en énergie, en résidence principale et sous conditions de ressources ;
- Création d'un centre d'information et de documentation sur les constructions-bois et les énergies renouvelables dans chaque lycée professionnel des filières du bâtiment de la région ;
- Lancement de l'appel à projets « Maisons-bois à basse consommation d'énergie en logement social ».

Plan bois énergie : initié en 1994, il a pour objectifs de :

- soutenir la réalisation de chaufferies bois à alimentation automatique,
- structurer et organiser l'offre en bois énergie : filière d'approvisionnement et maintenance des chaufferies.

Il s'adresse aux collectivités, aux entreprises et aux particuliers du Poitou-Charentes qui font le choix de s'équiper d'une chaudière bois déchiqueté à alimentation automatique.

Aides Financières 2006 pour les particuliers : Chaudière à bois déchiqueté ou à granulés de bois (aide de 2 750 € à 7 500 €) pour les équipements ayant obtenus le label flamme verte.

Aides et subventions 2006

Le soutien financier est assuré par le biais du Fonds Régional pour la Maîtrise de l'Energie, des Déchets et du Développement Durable (FRME3D). Des subventions sont débloquées pour :

- Le photovoltaïque raccordé au réseau : aides aux particuliers (pour les maisons individuelles, dans la limite d'une puissance installée de 5 kWc, aide forfaitaire à l'installation de 1 €/Wc) et aux collectivités et entreprises (aide forfaitaire de 3,8 €/Wc) ;
- L'achat et l'installation de CESI (pour les particuliers).

4.1.9 Ile de la Réunion

PRERURE (Plan Régional des Energies Renouvelables et d'Utilisation Rationnelle de l'Energie)

Le PRERURE a été mis en place en 2003. Il traduit la volonté et l'engagement des collectivités pour atteindre l'autonomie énergétique pour la production d'électricité à l'horizon 2025. Il s'inscrit dans la démarche AGENDA 21 initié par la Région Réunion

Objectifs :

Viser une autonomie de production électrique à l'horizon 2025.

Contribuer à une limitation de l'émission des GES (Gaz à Effet de Serre) à La Réunion.

Développer l'emploi local, par la création de nouvelles filières.

Pour y parvenir, la Région travaille sur deux axes : d'une part, la maîtrise de l'énergie, d'autre part, l'utilisation des énergies renouvelables. Et parmi ces dernières, la mise en place de fermes de production électrique photovoltaïques raccordées au réseau.

En 2004 a été lancé un plan visant à équiper 11 lycées de panneaux photovoltaïques

Les particuliers peuvent d'ores et déjà faire installer de tels panneaux sur leur toiture et bénéficient d'aides (défiscalisation). D'autres bâtiments peuvent aussi y prétendre.

Un projet d'assistance à la réalisation du PRERURE a défini des « fiches action » sur la demande d'énergie qui comprennent notamment les actions suivantes :

- Développement de la compétence en gestion énergétique sur le patrimoine des communes de plus de 10 000 habitants et en conseil auprès des ménages et dans les autres bâtiments tertiaires publics et privés
- Conception thermique adaptée au climat afin d'éviter le recours à la climatisation individuelle des logements afin de généraliser les prescriptions du label ECODOM sous forme d'un label subventionné, puis d'une réglementation thermique adaptée aux conditions locales
- MDE dans l'industrie, les bureaux, les commerces, les établissements scolaires, dans le secteur hospitalier, dans le secteur hôtelier

Sites démonstratifs développés avec l'aide de l'Agence régionale de l'Energie Réunion dans le cadre du PRERURE

- [Hôpital GHSR \(Saint-Pierre\)](#)
- [Ecole des Platanes Sud \(Petite-Ile\)](#)
- [Lycée HQE des Trois Mares \(Tampon\)](#)
- [Ecole de Grande Ravine \(Trois-Bassins\)](#)
- [USINE GIORDANO \(Le Port\)](#)
- [USINE EDENA \(La Possession\)](#)
- [Hotel de Région \(Saint-Denis\)](#)
- [Ecole de l'Espérance \(Sainte-Marie\)](#)
- [Ecole des Goyaviers \(Sainte-Suzanne\)](#)
- [Lycée HQE Saint-André III](#)
- [ZAC Four à Chaux](#)
- [IUT Site Pilote ENR et MDE](#)
- [Espace MDE Lycée Roche Maigre](#)

Aides à l'utilisation des ENR

Pour les entreprises

Une aide a été mise en place en matière d'exploitation d'énergie solaire à destination des entreprises pour mieux maîtriser et développer les énergies renouvelables. Ce dispositif vise à :

- aider à la mise en place d'équipements de production électrique à base d'énergies renouvelables (éolien et photovoltaïque notamment)
- favoriser les matériels utilisant des énergies renouvelables en substitution de l'électricité (chauffe-eau solaires notamment)
- mise en œuvre d'actions axées sur la maîtrise de la demande en énergie

La Région Réunion a mis en place enveloppe de plus de 20 millions d'euros (y compris la part FEDER) pour la mise en œuvre de ce dispositif d'aide.

Pour les particuliers

Concernant l'équipement des foyers réunionnais en chauffe-eau solaires individuels, la Région Réunion intervenait jusqu'à 2004 à hauteur de 50% du coût de l'acquisition des chauffe-eau quelle

que soit leur capacité. S'ajoute dorénavant une aide forfaitaire supplémentaire de 200 € dans les cas d'une installation dissociée

De 2000 à 2003, la Région Réunion a contribué au financement de 9 628 chauffe-eau solaires individuels pour un montant de participation Région de 6 916 552 €. Et pour garantir un bon développement de la filière et une meilleure qualité de prestations aux acheteurs de chauffe-eau solaire, la Commission Permanente a également voté la mise en œuvre d'une mission de contrôle des installations de chauffe-eau subventionnées. Cette mission a vocation à repérer les défauts de fabrication sur 250 installations chaque année et faire en sorte que les fabricants y remédient.

Programme Régional des Ecoles Solaires de l'île de La Réunion

Programme lancé en juillet 2001 afin de réhabiliter les écoles primaires en intégrant le confort thermique, la maîtrise de l'énergie et les technologies énergies renouvelables aux constructions. L'étude des microclimats et des bâtiments est incluse. Le but est d'avoir à terme pour chaque microclimat réunionnais une école solaire, bioclimatique, à confort thermique optimisé, productrice et consommatrice d'énergie verte.

Les 3 écoles pilotes ont été réalisées :

- [Ecole de l'Espérance](#) à Sainte-Marie
- [Ecole des Goyaviers](#) à Sainte-Suzanne
- [Ecole des Platanes Sud](#) à Petite Ile

Acteurs

- Région Réunion : financement principal et support technique
- ARER : supervision générale du projet et conseil à maîtrise d'ouvrage
- Les communes
- Université de La Réunion

Ecoles primaires à énergie positive

Programme est en cours de lancement concernant à terme 24 écoles primaires à énergie positive (cf partie sur les appels d'offre).

4.2 AUTRES COLLECTIVITES LOCALES

4.2.1 Conseils généraux

Il est encore une fois impossible dans le cadre de cette synthèse de présenter l'ensemble des mesures développées par les conseils généraux pour favoriser l'efficacité énergétique ou l'utilisation des énergies renouvelables dans les bâtiments. On se contentera donc de donner quelques exemples significatifs.

Principaux types d'actions ou de mesures :

- Dans le cadre de politiques de soutien à des filières spécifiques (solaire, bois...), subventions accordées :
 - pour l'achat et/ou l'installation d'équipements tels que les CESI (cf. p. 18) ;
 - la réalisation d'études et diagnostic des performances énergétiques ou thermiques.
- Etude et travaux sur le parc immobilier du département, souvent accompagnés de la formation des gestionnaires (collèges et autres bâtiments administratifs en majorité). Ces opérations passent souvent par la définition de chartes environnementales ou par l'établissement d'Agenda 21.
- Actions de communication et sensibilisation (le plus souvent à des particuliers et des collégiens, plus ponctuellement aux entreprises) qui peuvent s'accompagner d'opérations de démonstration.

Exemples

Hauts-de-Seine : adoption en décembre 2004 d'une charte pour la HQE et l'optimisation des performances environnementales des bâtiments par le conseil général. Les critères HQE seront introduits pour tous les nouveaux bâtiments et les travaux de construction engagés par le

département, des travaux visant à maîtriser la consommation d'énergie des bâtiments administratifs et à étendre à l'ensemble des collèges les expertises énergétiques doivent aussi être réalisés.

Vendée : dans le cadre de sa campagne de sensibilisation à l'utilisation du bois dans la construction et de la promotion des énergies renouvelables le conseil général construit des maisons témoins écologiques. Équipées des techniques performantes de maîtrise des consommations d'eau et d'électricité ou de réduction des déchets, elles doivent permettre au public de comparer plusieurs systèmes.

Puy-de-Dôme : le conseil général développe plusieurs actions :

- Maison de l'habitat et du cadre de vie : mise en place sur le principe de la démarche de HQE, elle regroupe, en un même lieu, l'ensemble des organismes de conseil liés à l'habitat. L'immeuble de 2 950 m² a été conçu avec trois objectifs : maîtriser les besoins énergétiques en ayant recours à la végétalisation et aux énergies renouvelables, choisir des matériaux locaux et assurer la santé et le confort des visiteurs et résidents (système de rafraîchissement fonctionnant partiellement à l'énergie solaire).
- « Plan bois-énergie et développement local » et soutien au plan soleil.
- Action vers les collèges du département : suivi des consommations et des dépenses d'Énergie de 60 collèges afin de connaître l'état de son patrimoine, faciliter la mise en œuvre d'actions et leur programmation budgétaire. Un service d'accompagnement et de conseil des principaux et gestionnaires de collèges doit aussi être mis en œuvre pour aider à réduire les consommations d'énergie et d'eau.

Finistère : Dans le cadre du développement durable et de la mise en place de son agenda 21, le conseil général souhaite réaliser un diagnostic de ses installations et définir les mesures pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie. Les travaux à réaliser feront l'objet d'une programmation pluriannuelle à compter de 2008. Ces mesures répondent à la volonté de mettre en place une approche systématique et pas uniquement à l'occasion des travaux nouveaux déclinés en HQE

Pyrénées-Atlantiques : la politique du conseil général s'articule autour du soutien aux filières bois et solaire ainsi que l'optimisation du bilan énergétique de son patrimoine immobilier (locaux administratifs, collèges, casernes...)

Alpes maritimes : depuis 1994 développe en partenariat avec l'Ademe de l'électrification photovoltaïque dans des sites isolés (50 réalisations) ; subvention des études et investissements relatifs énergies renouvelables (hydroélectricité, éolienne, photovoltaïque et bois énergie).

4.2.2 Communes & communautés de communes

4.2.2.1 Définition et mise en place de politiques en faveur de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables

La mise en place d'un AGENDA 21 local est souvent l'occasion de définir une politique environnementale globale couvrant les aspects énergétiques liés aux bâtiments. On se contentera ici de décrire 2 exemples :

Echirolles

La municipalité a lancé son agenda en 2003. Celui-ci couvre les domaines suivants :

- Le développement des démarches HQE dans les constructions neuves, les réhabilitations et les zones d'aménagement (extension à tous les projets sous maîtrise d'ouvrage de la ville et volonté d'inciter les constructeurs et les aménageurs intervenant sur la commune à mettre en place de telles démarches)
- L'amélioration de la gestion énergétique des bâtiments communaux (construits et en projet)
- Favoriser l'éclairage public économe
- Sensibiliser les agents de la ville, les habitants, les promoteurs bailleurs et les utilisateurs des équipements publics à la maîtrise de l'énergie

Communauté Urbaine du Grand Nancy : PlanETE, plan d'efficacité territoriale de l'énergie

Le projet PlanETE s'inscrit dans la démarche Agenda 21 du Grand Nancy : il constitue le volet Energie de ce programme d'actions en faveur d'un développement durable. Ce plan exprime la volonté communautaire d'améliorer ses pratiques en matière d'énergie en associant dans l'action l'ensemble des acteurs locaux.

Le projet PlanETE se caractérise par la programmation d'actions de diagnostics et audits énergétiques, d'actions de suivi des consommations d'énergie sur le territoire, et par la mise en œuvre d'une stratégie de sensibilisation et de mobilisation des acteurs locaux autour des problématiques de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies renouvelables.

Actions menées :

- Tableau de bord des consommations du Grand Nancy
- Efficacité énergétique de l'action publique
- Réalisation d'un diagnostic énergétique sur plus de 50 bâtiments communaux et communautaires
- Eclairage public
- Evaluation et promotion des énergies renouvelables

Le Grand Nancy et l'ADEME ont signé une convention de partenariat, sous la forme d'un contrat ATEenEE, qui permet de financer sur une période de trois ans une partie des actions engagées dans PlanETE.

Un autre dispositif couramment utilisé est le Conseil en Energie Partagé (CEP) : en contrepartie d'une adhésion à ce service, la commune bénéficie d'un accompagnement technique pour mettre en place des actions de maîtrise des consommations d'énergie. Le CEP est adapté aux petites collectivités qui n'ont pas les moyens de réaliser un suivi énergétique en interne. Les communes adhérentes bénéficient ainsi des services d'un « Homme énergie partagé » dont le rôle est de :

Gérer l'énergie par un suivi des factures, une étude des contrats de fourniture d'énergie, une vérification de l'adéquation des besoins ;

Réduire la consommation d'énergie à confort identique ;

Animer des actions dans les communes en sensibilisant les usagers, en formant les techniciens territoriaux et en conseillant les élus pour leurs programmes d'aménagement.

Ce dispositif est par exemple mis en œuvre dans la Communauté d'agglomération du Pays Rochefortais et par les communes adhérentes à l'Agence Locale de l'Energie du Centre Ouest Bretagne

Il existe de nombreux autres exemples de politiques volontaristes menées par les municipalités. Elles peuvent s'inscrire ou non dans des programmes locaux. On peut citer les exemples suivants :

Communauté Urbaine de Dunkerque

Mise en place en 2001 d'un plan d'actions qui se décline en quatre axes principaux.

Consommation d'énergie (diagnostic énergétique des bâtiments et des équipements de la Communauté Urbaine ; mise en place un suivi des consommations énergétiques par bâtiment et par fonction ; cahier des charges de construction d'un nouveau bâtiment ou d'achat d'équipement spécifiant les engagements relatifs aux performances énergétiques pour sa construction et son exploitation ; sensibilisation des agents aux économies d'énergie, aider les communes rurales et participer à des réseaux d'échanges d'expériences)

Production d'énergie

Incitation à la maîtrise de l'énergie et au développement des énergies renouvelables (prescription des objectifs sur la gestion énergétique lors de la conception des bâtiments publics ; prise en charge tout ou partie des travaux d'isolation, de régulation thermique ou de régulation des consommations d'énergie (cibles personnes en situation de précarité, sensibilisation et information)

Illkirch-Graffenstaden

Depuis mars 2002 la ville attribue une prime complémentaire de 300 euros aux particuliers pour l'installation d'un chauffe-eau solaire

Elle adhère au programme européen Greenlight.

La ville a introduit une démarche HQE pour tous ses nouveaux projets de réhabilitation ou de construction et les bâtiments municipaux sont progressivement équipés d'installations solaires thermiques.

4.2.3 Réalisation/soutien au développement de Bâtiments performants

4.2.3.1 Maîtrise de l'énergie dans les bâtiments municipaux

Exemples de mesures prises par les collectivités pour améliorer la performance de leur parc :

Montpellier impose le respect de consignes « basse consommation » (isolation, chauffage par plancher rayonnant, éclairage performant, GTB ...) pour toute construction ou réhabilitation lourde.

A l'initiative de l'Association savoyarde pour le développement des énergies renouvelables (Asder), le Conseil général de Savoie conditionne depuis 1990 ses subventions à la réalisation d'une étude comparative sur diverses énergies de chauffage pour les bâtiments communaux (construction et réhabilitation). La commune choisit l'architecte et le bureau d'études thermique, et reste maîtresse du choix énergétique final.

Illkirch-Graffenstaden a introduit une démarche HQE pour tous ses nouveaux projets de réhabilitation ou de construction. Au titre de cette démarche, la cible énergie est intégrée systématiquement et fait partie des priorités.

Les bâtiments municipaux sont progressivement équipés d'installations solaires thermiques ou photovoltaïques.

Intéressement des services de la ville de Saint-Denis (93) à la réalisation d'économie d'eau et d'énergie : la ville de Saint-Denis a proposé en 1998 à ses services un système de contractualisation avec clauses d'intéressement qui permet à chaque service signataire de réaliser des économies financières en fonction de leurs économies en eau et en énergie. La direction des bâtiments s'est fixée comme objectif de toucher les 7 bâtiments (le centre nautique, les ateliers municipaux...) les plus consommateurs pour avoir des résultats significatifs.

Les clauses d'intéressement sont basées sur un niveau de consommation de référence et non sur le montant de la facture (elles ne sont donc pas affectées par une variation des prix). Si la consommation est inférieure à la consommation de référence, la direction des bâtiments reverse 50% de l'économie au service contractant. Si la consommation est supérieure la direction des bâtiments facture alors 50 % des surcoûts au service partenaire. Si l'économie (ou le dépassement) atteint 10% deux années de suite ou 20% une année, la consommation de référence est revue à la baisse (ou à la hausse).

Communauté d'agglomération de Castres – Mazamet : depuis 1999 un poste d'agent de développement des énergies renouvelable est chargé de :

- mettre en place des projets et un suivi des travaux intégrant les énergies renouvelables dans les bâtiments intercommunaux,
- concevoir une méthode de travail pour définir le potentiel exploitable sur l'ensemble du territoire de l'agglomération au service de tous les acteurs. Les filières actuellement étudiées sont le solaire thermique, le solaire photovoltaïque, l'éolien, la microhydraulique, le biogaz et le bois-énergie.

Plusieurs projets intégrant l'énergie solaire thermique dans les bâtiments gérés par la ville et par la communauté d'agglomération ont été réalisés (stade nautique de Bisséous, équipement de restauration collective et équipements sportifs).

Besançon : la municipalité gère environ 300 bâtiments (écoles, gymnases, piscines, etc.). Dès le début des années 80, elle a mis en oeuvre une politique de maîtrise des consommations d'énergie dans les bâtiments municipaux qu'elle poursuit aujourd'hui.

Échirolles applique les principes du développement durable à ses nouveaux bâtiments qui doivent respecter la démarche HQE (hôtel de ville, maternelle Françoise-Dolto).

Montmélian équipe certains bâtiments (centre nautique, bâtiments du stade, nouvel hôpital) de capteurs solaires.

4.2.3.2 Logement social

Exemples d'opérations menées conjointement par les municipalités et les OPAC pour améliorer l'efficacité énergétique dans le parc social :

- Poitiers : ZAC de Beaulieu Plusieurs opérations de rénovation ont été conduites dans ces quartiers. Sur des bâtiments des années 80 qui disposaient seulement du chauffage électrique
- Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD) : l'élaboration de l'Agenda 21 local s'appuie sur des opérations concrètes : une dizaine de logements locatifs sociaux intégrant les technologies HQE, la réhabilitation de 104 logements locatifs sociaux intégrant également les technologies HQE mais dont le fil conducteur est la santé. La réflexion engagée sur les aspects énergétiques s'articule autour de différents axes : la protection du bâtiment contre le froid, la réduction des déperditions thermiques, les apports solaires passifs, la maîtrise des consommations d'électricité, les performances du chauffage et du système de production d'eau chaude sanitaire, le recours aux énergies renouvelables.
- Le Grand Lyon a subventionné 200 logements appartenant aux OPAC, répartis sur 7 programmes de typologie urbaine et d'architectures différentes.
- Le conseil général de Savoie étudie l'extension aux logements sociaux de Savoie et de plusieurs départements (Drôme, Lot, Isère, Haute-Savoie) l'application de procédures similaires à celles en vigueur pour les bâtiments municipaux pour lesquels il conditionne depuis 1990 ses subventions à la réalisation d'une étude comparative sur diverses énergies de chauffage (construction et réhabilitation).

Pour compléter ces exemples, on peut se reporter p.16 (autres projets menés dans l'habitat social).

4.2.3.3 Lycées

Certaines régions ont développé des politiques ciblées sur la construction de lycées HQE. A titre d'exemple, on peut citer :

- Le Nord - Pas de Calais
- La Réunion
- L'Aquitaine (programme Ecoweb Lycée)

Pour une liste de lycées HQE, on se reportera à la partie 1, exemples d'opérations, bâtiments d'enseignements.

4.2.4 Information/pédagogie

Les agences locales de l'énergie (cf. 4^e partie) qui conseillent les particuliers, les collectivités voisines et les PME ont défini des politiques de communication, formation, qui ne sont pas décrites ici. On note aussi la démarche visant à mettre en place dans différents départements des « points Info Energie ».

On donne ci-dessous quelques exemples de campagnes d'information et de sensibilisation menées par les municipalités.

Ville de Grenoble : dans le cadre de la biennale de l'Habitat durable, la ville a monté une exposition intitulée « Des immeubles au soleil » qui présente des opérations d'amélioration énergétique d'immeubles construits à une époque où l'énergie était bon marché. Ces exemples témoignent de résultats immédiats et spectaculaires : économies d'énergie et de charges, diminution des rejets de gaz à effet de serre, amélioration du confort des logements et valorisation du patrimoine. Des visites ont aussi été proposées aux particuliers et aux professionnels (par ex., visite d'une maison équipée en panneaux solaires à St Martin d'Hères ou encore du nouvel Hôtel de Ville d'Échirolles).

Echirolles : actions éducatives en matière de sensibilisation à l'énergie

Après des enfants : Accompagnées par un chargé de mission de l'AGEDEN, association de promotion et de développement des énergies renouvelables en Isère, trois classes d'Echirolles travaillent sur l'énergie et les énergies renouvelables. Ce travail s'est déroulé en deux temps :

- A la découverte de l'énergie : Sur l'année scolaire 1999-2000, les élèves de trois classes de primaire- deux classes de l'école Auguste Delaune, une classe de l'école Joliot Curie- ont suivi les animations de l'AGEDEN.
- Les contrats Ville/Enfants sur le thème de l'énergie : Dans la continuité des actions de découverte de l'énergie menées l'année précédente, les trois classes préparent un contrat Ville/Enfants sur le thème de l'énergie. Il s'agit cette fois d'amener les enfants à faire des propositions d'actions concrètes sur le thème de l'énergie.

Autres : Parallèlement aux travaux des ateliers et du Forum 21, a eu lieu, en décembre 2002 et janvier 2003, une série d'actions d'information et de sensibilisation aux questions d'énergie :

- Exposition pédagogique (collège, lycée) qui présente les enjeux et les applications des énergies renouvelables,
- Exposition du "Génie pour l'énergie" produite par l'AGEDEN qui présente les utilisations pratiques de l'énergie (électricité, transport et chaleur) par une approche pédagogique et ludique,
- Animation au marché de Noël avec "Madame Gaspi et Madame Bontruc" qui partagent leurs astuces et déboires dans la gestion quotidienne de l'énergie à la maison,
- Conférence-débat sur les enjeux des modes de consommation et de production actuels. Comment chacun peut agir à son niveau avec l'agence locale de l'énergie de Grenoble et l'AGEDEN ?

Forums Energie en Ile de France

Dans le cadre de sa démarche de développement durable, la Région a organisé au premier semestre 2005 trois « forums de l'énergie en Ile de France », ouverts à l'ensemble des acteurs concernés. Les travaux et propositions issus de ces forums forment la base de la nouvelle délibération Energie du Conseil régional qui doit être adoptée au premier semestre 2006.

4.2.5 Développement de filières alternatives pour produire l'énergie nécessaire au fonctionnement des bâtiments

Liste réduite d'exemples ci-dessous :

Exemples de projets de chaufferie bois :

- Ornans (2005) pour 160 logements, 1 collège, 1 équipement périscolaire
- Bregille (2000) pour 350 logements
- Autun : la nouvelle chaufferie bois doit alimenter quelques 3.500 équivalents-logement (2/3 des foyers autunois) – logements sociaux, lycée, centre de secours et installations communales – et couvrir 70% des besoins énergétiques du réseau de chaleur urbain.
- Thannenkirch pour assurer le chauffage de l'atelier communal, école-bibliothèque-périscolaire, salle polyvalente
- Saint Marcellin : Réseau de chaleur bois" long de 2 km qui alimente depuis février 2002, 186 logements sociaux de l'OPAC 38, l'Hôpital, le Tribunal, et plusieurs bâtiments communaux.
- Morette (mairie, l'école, la cantine, la salle des fêtes).
- Chaufferie automatique au camp militaire de Valdahon (2003) : mise en place au niveau national, d'une des 5 plus puissantes chaufferies bois-énergie utilisées pour le tertiaire ou l'habitat collectif. Les deux chaudières bois qui ont une puissance totale de 5,6 MW consomment en moyenne 4 626 tonnes de combustible bois chaque année pour répondre aux besoins de 65 bâtiments du camp militaire.

Centrales solaires photovoltaïque connectée au réseau

- Guadeloupe (Région Guadeloupe, Apex BP Solar)
- Centrale des Monts à Chambéry (ville de Chambéry, Total Energie)

Depuis 1999, le Grand Lyon valorise le méthane issu du centre d'enfouissement technique (CET) communautaire de Rillieux-la-Pape. Ce biogaz, initialement capté et brûlé en torchère pour réduire la

pollution, est désormais utilisé pour chauffer 172 logements voisins, appartenant à l'OPAC de l'Ain et situés sur la commune de Sathonay-Camp.

4.3 AGENCES LOCALES DE L'ENERGIE

Les agences locale de l'énergie se sont développées dans le cadre du programme SAVE de la Commission Européenne (DG TREN Transport et Energie, anciennement DG XVII). Il en existe aujourd'hui 250 en Europe:

Quelques exemples sont recensés ci-dessous sans que la liste soit exhaustive.

4.3.1 Exemples d'interventions

ALE de l'Agglomération Grenobloise

L'agence a été créée officiellement début 1998 avec le soutien de la commission européenne.

L'objectif principal est de poursuivre l'action entreprise avec les communes dans le domaine de la maîtrise de l'énergie dans le patrimoine mais également d'aborder d'autres secteurs concernés par l'énergie : habitat social, transports, PME-PMI, grand public, en collaboration avec les partenaires locaux

Actions menées avec les communes de l'agglomération

- Comptabilité énergétique pour six communes de l'agglomération
- Assistance sur des projets de rénovation ou de construction de bâtiments publics.
- Aide à la réalisation d'études énergétiques
- Participation à l'OPAH du quartier Berriat, à Grenoble

Actions menées avec la METRO

- Elaboration du « Bilan énergétique » de l'agglomération
- Accompagnement de la politique du logement de la METRO

Actions de maîtrise de l'énergie avec les bailleurs sociaux

- Assistance lors de projets de réhabilitation ou de construction
- Formation « Energie, environnement et logement social »
- Formation « Maîtrise de la Demande d'Electricité »

ALE de l'Agglomération Lyonnaise

Le Grand Lyon a créé l'agence locale de l'énergie qui est opérationnelle depuis début septembre 2000. Actions mises en œuvre :

Habitat

- Réalisation d'une planification énergétique urbaine en lien avec l'Ademe
- intégration de la gestion énergétique dans les opérations portées par le Grand Lyon (règlement de ZAC, etc.). Au niveau du quartier, l'agence intervient sur 2 grosses OPAH lancées par la Communauté Urbaine de Lyon et couvrant 25000 logements.

Tertiaire : réalisation de fiches d'information sur l'utilisation rationnelle de l'énergie, les économies possibles (éclairage, ventilation, bureautiques, etc.) relayées en partenariat avec la CCI.

L'agence est un des 11 points énergie mis en place par l'ADEME en Région Rhône-Alpes. Elle diffuse une information et des conseils techniques et financiers auprès du grand public avec un rôle de promotion des énergies renouvelables. La participation à des salons grand public ou plus technique, l'organisation de conférences sur la MDE, la HQE entre autre font aussi partie de ses actions d'information, de formation et de communication.

ALME Agglomération Mulhousienne (inaugurée en 2000)

Une trentaine d'opérations ont été réalisées, notamment autour de :

L'état des lieux de la gestion de l'énergie dans la Communauté de Communes

La gstion de l'énergie dans les patrimoines communaux

La sensibilisation et outils pédagogiques

La gestion intégrée de l'énergie des PME et des particuliers

Clé - Rennes

Rennes a créé en mars 1997 en partenariat avec l'ADEME Bretagne et avec le soutien de la Commission européenne, une agence locale de maîtrise de l'énergie, clé dont l'objectif est de sensibiliser un grand nombre d'acteurs locaux aux questions de maîtrise de l'énergie et d'environnement.

- La mission de clé s'est orientée dans trois directions principales :
- L'information du grand public,
- La maîtrise de l'énergie dans les collectivités locales (Conseil en énergie partagé),
- PME-PMI (commerce et l'artisanat : sensibilisation des nouveaux artisans, réduction des consommations dans le secteur hôtelier)

4.3.2 Liste des agences françaises

- ADUHME - Agence Locale des Energies Clermont-Ferrand/Puy-de-Dôme
CLERMONT-FERRAND
www.aduhme.org
- Réseau des Agences Locales de Maîtrise de l'Energie Grand Lyon et quelques communes limitrophes
Lyon
www.aduhme.org/ale/
- FLAME - Fédération des agences locales de maîtrise de l'énergie
Lyon
www.aduhme.org/flame
- AILE - Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement
RENNES
www.aile.asso.fr
- ALE - Agence Locale de l'Energie de l'Agglomération Lyonnaise
Lyon
www.ale-lyon.org
- ALE 08 - Agence Locale de l'Energie des Ardennes
Charleville-Mézières
www.ale08.org
- ALECOB - Agence Locale de l'Energie du Centre-Ouest Bretagne
CARHAIX-PLOUGUER
- ALME - Agence Locale de l'énergie Mulhouse Sud Alsace
MULHOUSE
www.alme-mulhouse.fr
- ALME-SQY Agence Locale de Maîtrise de l'Energie Saint-Quentin-en-Yvelines
Magny Les Hameaux
www.energie-sqy.com
- Agence Locale de l'Énergie de l'agglomération Grenobloise
Grenoble
www.ale-grenoble.org
- ARD - Agence Régionale de Développement du Limousin
LIMOGES
www.ard-limousin.fr

- ARER - Agence Régionale de l'Energie de la Réunion
Saint Pierre Cedex
www.arer.org
- Clé - Conseil Local à l'Energie de Rennes
RENNES
www.conseil-local-energie.com
- EE74 - Energies Environnement 74
Meythet
www.ee74.info
- ENER'GENCE - Agence de Maîtrise de l'Energie de Brest et sa région
Brest
www.energence.infini.fr
- Heol - Agence Locale de l'Energie du Pays de Morlaix
Morlaix
- LATERE - Loirénergie, Agence Technique pour une Energie Respectueuse de l'Environnement
Saint-Etienne
www.laterre.org
- MVE - Agence Locale de l'Energie de l'Est Parisien
MONTREUIL
www.agence-mve.org
- Quercy Energies
CAHORS

5 SOURCES

En dehors des sources déjà citées dans le corps du texte et qui ne sont pas à nouveau mentionnées ici, les données sur lesquelles s'appuient cette synthèse sont accessibles librement sur Internet.

L'objectif n'est pas d'en donner la liste exhaustive ci-dessous mais de mentionner les principales ressources sur ou à partir desquelles les informations sont accessibles.

Exemples d'opérations performantes

Construction Durable : <http://www.constructiondurable.com/>
Abri Sustainable Design for Homes : <http://www.abridesign.com/>
European Green Cities Network : <http://www.europeangreencities.com/>
Manage Energy : <http://www.managenergy.net>
Annexe 36 (IEA) : <http://www.annex36.com/beispiel.html>
La linotte : <http://pulligny38.free.fr/linotte/accueil.htm>
Site de Franck Buland : <http://perso.orange.fr/franck.buland/>
La maison passive : <http://www.lamaisonpassive.fr/>

Les sites web des constructeurs et maîtres d'ouvrages cités dans la première partie ont également été consultés (par ex. ALYOS ; MCP promotion, Les aïrelles...).

Aides - mesures/dispositifs d'ordre financier

La construction durable : une stratégie d'entreprise. Rapport Utopies, 2005.

Sites web de l'Ademe (site national : <http://www.ademe.fr> [rubrique « Economies d'énergie »] et sites régionaux).

Prêts à taux zéro mis en place par les régions Picardie et Nord Pas de Calais :

<http://www.nordpasdecalais.fr/isolto/intro.asp>
http://www.picardie.fr/article.php3?id_article=1129

Produits bancaires et financiers : cf. les sites web des organismes mentionnés.

Appels à projets et politiques des collectivités

Pour les appels d'offre nationaux on se reportera aux sites des organismes financeurs (ANR, Prebat, Ademe, etc.). Les appels à projets régionaux figurent sur les sites web des régions (conseils régionaux) qui les financent (ou sur les sites des programmes financés par les régions et dans le cadre desquels ces appels à projets sont lancés).

Pour les politiques des diverses collectivités (régions ; départements, communes), on se référera à leurs sites web (cf. rubriques concernant les aides ou la politique environnementale de la collectivité). Pour l'Alsace, on pourra consulter le site Energivie (<http://www.energivie.fr>) et pour l'Île de France, celui de l'Arène (<http://www.arenaidf.org/>).

ANNEXE 2

UNE METHODE D'ANALYSE SOCIO-ECO-TECHNIQUE

Une originalité du projet Comparaison internationale Bâtiment et énergie est le choix d'une démarche articulant *approche technique* et *approche socio-économique*, pour analyser les innovations ou les initiatives innovantes étrangères sélectionnées et leur éventuelle transposition en France.

En effet une approche purement technique ne permet pas d'analyser le contexte de l'innovation ou de l'initiative, le jeu d'acteurs promouvant ou au contraire s'opposant à l'innovation, les conditions de la diffusion, l'évaluation en termes de coût et d'usage, les conditions non techniques de la transposition de l'initiative en France.

A l'inverse, une approche purement socio-économique fait l'impasse sur le contenu technique de l'innovation, l'analyse comparée avec les techniques habituellement utilisées en France, les performances techniques obtenues et les perspectives de recherche développement technologique.

L'équipe projet a donc défini une *méthode d'analyse socio-éco-technique en six étapes* et mise en pratique par des partenaires et des *binômes ingénieur/économiste ou sociologue* qui se sont efforcés de procéder à l'analyse projetée, l'information n'étant pas toujours aisément disponible.

Le cadre général résumé ci-dessous a été décliné en trois versions différentes, adaptées à chaque type d'objet étudié : programmes d'opérations performantes, composants et équipements innovants, programmes de recherche développement.

Etape 1 : Contexte, antériorités de l'initiative ou de l'innovation

Contexte national : contexte politique, réglementaire, énergétique, climatique du pays
Contexte local : particularités locales
Spécificités de la construction et des filières constructives
Antériorités et origine de l'initiative ou de l'innovation...

Etape 2 : Contenu

Nature de l'initiative ou de l'innovation
Type de bâtiment concerné, bâtiment neuf, bâtiment réhabilité, type d'énergie
Description du processus d'innovation
Les techniques utilisées...

Etape 3 : Mise en œuvre, dynamiques d'acteurs

Dynamique d'acteurs qui portent l'initiative ou l'innovation
Les acteurs réticents
La fiabilité de la mise en œuvre
Le financement, les incitations
Les coûts d'investissement et d'exploitation...

Etape 4 : Evaluation

Les performances techniques réelles et mesurées
Les évaluations réalisées
Les coûts réels
Le vécu des utilisateurs
L'impact de l'initiative ou de l'innovation dans le pays
La diffusion dans le contexte du pays
La volonté d'exportation...

Etape 5 : Réflexion critique

Contexte, contenu, mise en œuvre, évaluation : quels sont les points forts de l’initiative ou de l’innovation, ses points faibles, les opportunités à saisir, les menaces qui pèsent ?
Les points singuliers au contexte du pays...

Etape 6 : Conditions de la transposition en France

Les chances de transposition en France
La compatibilité avec la réglementation française
Avec quelle dynamique d’acteurs ? Quels soutiens potentiels ? Quelles résistances ?
Quelles incitations ?
Quelle information ?
Quelle formation ?...

En résumé :		
1. Contexte →	Analyse socio-éco-technique	→ 5. Réflexion critique sur contexte, contenu, mise en œuvre, évaluation
2. Contenu →		
3. Mise en œuvre →		
4. Evaluation →		
↙		
6. Conditions de la transposition en France		

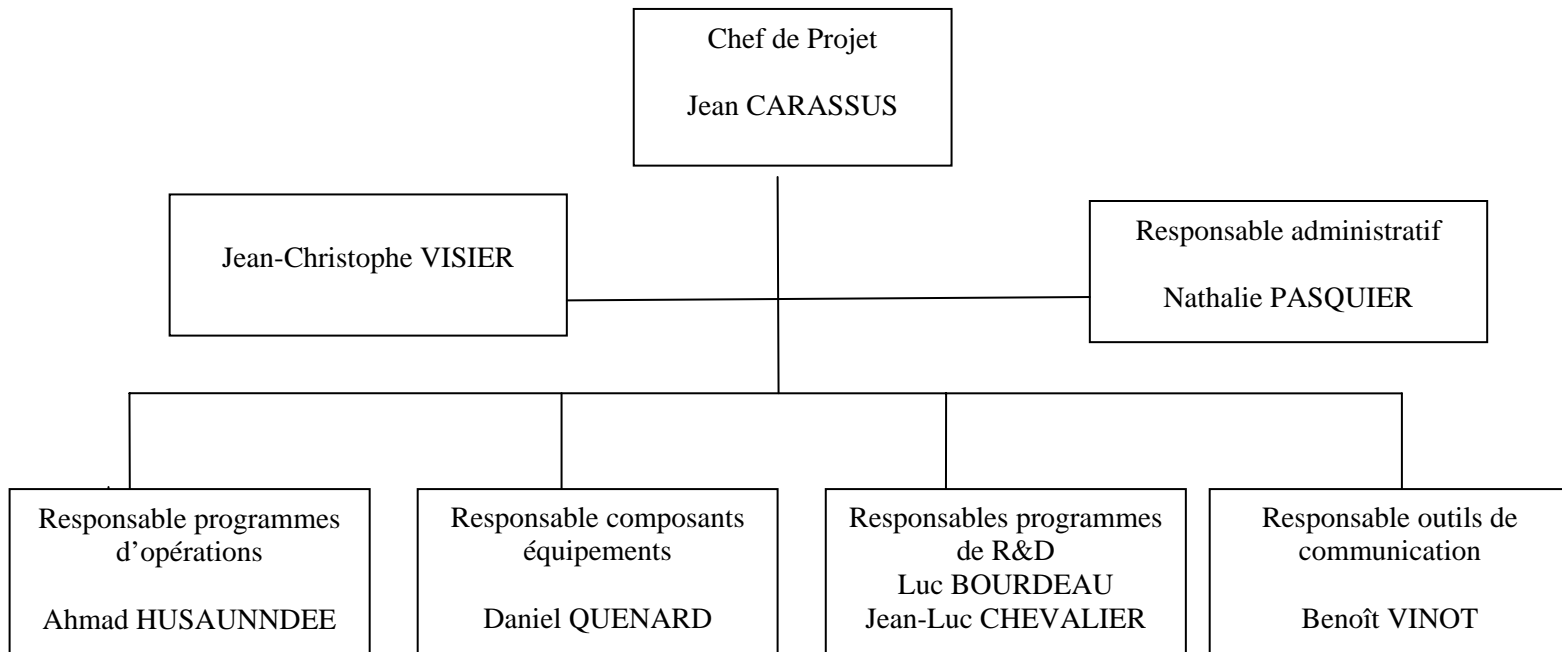
ANNEXE 3

ORGANISATION DU PROJET, PARTENARIATS, COMITE DE LECTURE

Le projet est cofinancé par l'ADEME, le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA) et la dotation de recherche du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment¹.

L'équipe projet CSTB est pilotée par l'ADEME et le PUCA. Les pilotes sont Marc CASAMASSIMA pour l'ADEME, Hervé TRANCART pour le PUCA.

L'équipe projet CSTB est constituée de 8 personnes :



Les chapitres du rapport sont rédigés par des binômes rassemblant un ingénieur et un économiste ou un sociologue, pour mettre en œuvre la méthode d'analyse socio-éco-technique définie par l'équipe projet.

Pour le rapport intermédiaire, onze chercheurs ont été mobilisés : Jean-François ARENES, Frédéric BOUGRAIN, Orlando CATARINA, Hafiane CHERKAOUI, Bernard COLLIGNAN, Marc COLOMBARD-PROUT, Philippe DARD, Emmanuel FLEURY, Emmanuelle LOYSON, Rodolphe MORLOT, François OLIVE.

L'ensemble des chercheurs mobilisés au CSTB appartiennent à quatre départements différents et une direction :

- département Développement Durable,
- département Economie et Sciences Humaines,
- département Enveloppe et Revêtements,
- département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir,
- direction Recherche Développement (documentation).

¹ Le CSTB est un établissement public à caractère industriel et commercial, dont 75 % des ressources sont financés sur contrats et 25 % sur une dotation publique de recherche correspondant à un programme de recherche négocié chaque année avec les pouvoirs publics.

Le CSTB a assuré le projet *en partenariat* avec des centres de recherche et consultants, français et étrangers, qui ont assuré soit un rapport d'étude, soit une prestation de consultance, sur chaque initiative ou innovation étudiée.

Les rapports produits par les partenaires ont été, pour le rapport intermédiaire :

- *Systèmes de ventilation double flux et systèmes compacts chauffage eau chaude ventilation (Mai 2006)*, d'Anne Tissot, Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques – CETIAT – (France),



- *Analysis of low energy programmes in Germany (June 2006)* par le Fraunhofer Institut Bauphysik de Stuttgart (Allemagne),



Fraunhofer Gesellschaft

- *US Energy-efficient buildings : Building America, Zero Energy Homes, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (April 2006)*, de Leslie K. NORFORD du Massachusetts Institute of Technology (Etats-Unis),



Massachusetts Institute of Technology

- *Building integration of photovoltaic – Roof & Façades.(April 2006)* par The University of New South Wales Sydney (Australie),

MECHLAB @ UNSW



Mansi JASUJA (Pays-Bas),

Fritz OETLL - POS Architekten – (Autriche),



Svend SVENDSEN (Université technologique du Danemark),



Wolfram TRINIUS (Allemagne),



ont assuré des prestations de consultance sur les programmes de recherche développement et plusieurs composants et équipements.

Le rapport intermédiaire Comparaison internationale Bâtiment et énergie est donc le produit d'une équipe coordonnée de vingt-sept ingénieurs, économistes et sociologues de sept pays différents.

Le texte du rapport a été soumis pour avis avant diffusion à un *comité de lecture* composé de :

- Alain Birault (Lafarge),
- Philippe Chartier (Syndicat des Energies Renouvelables),
- Pascal Couffin (CEA),
- Jean-Pierre Lepoivre (Centre d'Etude et de Recherche de l'Industrie du Béton – CERIB -),
- Niklaus Kohler (Université de Karlsruhe),
- François Penot (CNRS),
- Ludovic Valadier (Agence Nationale de la Recherche).

Le texte du rapport est sous la responsabilité de ses auteurs et ne saurait engager ni les partenaires du projet, ni les membres du comité de lecture.

Nous remercions vivement les partenaires et les membres du comité de lecture pour leur contribution à ce rapport.