

Comparaison internationale  
Bâtiment et énergie

**B5 – JAPON :  
LE PROGRAMME MAISONS A BASSE  
CONSOMMATION**

**Auteurs : Rodolphe Morlot (rodolphe.morlot@cstb.fr)  
avec la participation de Philippe Dard**

**ADEME**



**PRÉBAT**

PROGRAMME DE RECHERCHE  
ET D'EXPERIMENTATION  
SUR L'ENERGIE DANS LE BÂTIMENT

**PUCA**

plan  
urbanisme  
construction  
architecture



## B.5.1 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 placé 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.

## B.5.2 CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUE D'ACTEURS

### B.5.2.1 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 <sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>.

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 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).

<sup>1</sup> Consommation d'énergie primaire : consommation d'énergie finale + pertes de distribution + consommation des producteurs et des transformateurs d'énergie. 516 Mtep en 2002.

<sup>2</sup> Source : statistiques de l'Agence Internationale de l'Energie.

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/m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>. 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.

### B.5.2.2 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).

### B.5.2.3 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-juuken**,
- **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.

## B.5.3 CONTENU DE L'INNOVATION

### B.5.3.1 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 CO<sub>2</sub>, 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 photovoltaïques d'une capacité de 2 à 5 kW, disposés 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 réalisées 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 ».

### **B.5.3.2 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 supérieure, 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.

### **B.5.3.3 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 CO<sub>2</sub> 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].

#### B.5.3.4 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).

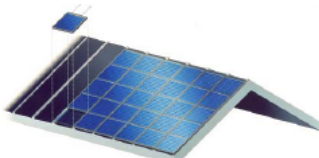
##### Consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre

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 <sup>2</sup> habitable	Concept « Sunny Eco-House » de Daiwa House Industry Co. 167m <sup>2</sup> habitable
---	---




Roof integrated PV system



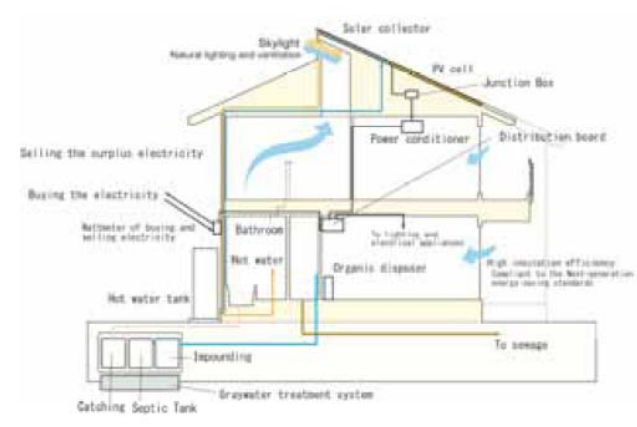
1F PLAN



2F PLAN



3F PLAN



Section	Insulation Spec.
WALL	PALC80mm + GW125mm
FLOOR	GW100mm
ROOF	GW150mm
WINDOW	AL+Plastic sash Triple glazed

**Building Spec.**  
Total Floor area : 228.56 m<sup>2</sup>  
U values : Wall 0.38 W/Km<sup>2</sup>  
Roof 0.48 W/Km<sup>2</sup>  
Floor 1.00 W/Km<sup>2</sup>  
Window 2.55 W/Km<sup>2</sup>  
Total equivalent leakage area : 891 cm<sup>2</sup>  
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	0.59
	Between floors	Hard polyurethane foam t=20	1.00
Flooring	General	Polystyrene foam sheet (B3), t=62	0.51
	Tatami	Polystyrene foam sheet (B3), t=45	0.52
	Unit bath	Hard polyurethane foam t=10	1.46
Aperture	Window	High adiabatic air-tight sash	2.91
	Front hall door	High adiabatic double-glazing glass (A12)	2.33
	Back door	adiabatic door	2.91
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)		2.37	
heat loss coefficient: W/m2K		(Next Generation Standards)	
		(2.70)	
Insulation shielding efficiency (α)		0.07 and below	
		(Next Generation Standards)	
		(0.07 and below)	
Air tightness efficiency:		5.00	
C-value cm2/m2			
		(Next Generation Standards)	
		(5.00 and below)	

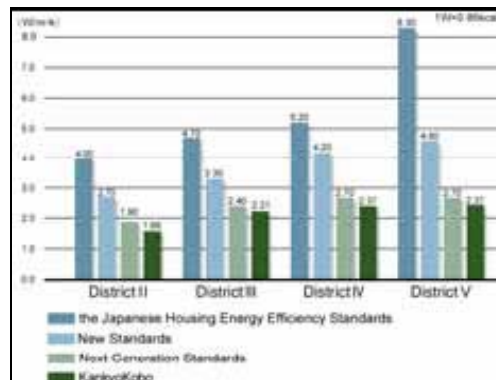
District II: Cold districts, District III: Coldish districts, Districts IV & V: Temperate districts

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.

## B.5.4 MISE EN ŒUVRE

### B.5.4.1 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.

### B.5.4.2 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.

### B.5.4.3 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/m<sup>2</sup>.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 <sup>1)</sup>				
Heating		500-2500	500-2500	500-2500
Cooling				
Types <sup>3)</sup>		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 <sup>2</sup> * year)]	I			390
	II			390
	III			460
	IV			460
	V			350
	VI			290
Specifications for heat loss coefficient (W/m <sup>2</sup> *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 <sup>4)</sup>		(S), (M), (NR)	(S), (M), (NR)	(S), (M), (NR)
A/V dependence <sup>5)</sup>		no	no	no
Building certificate				
Distinction energy carriers		no	no	no
Additional costs <sup>6)</sup>				

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].

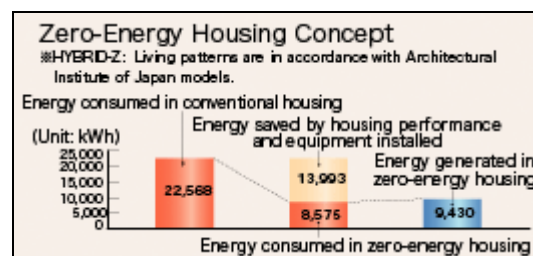
La **Government Housing Loan Corporation (GHLC)** - organisme spécialisé dans le crédit à l'habitat et, depuis octobre 2003, à la titrisation des crédits à l'habitat consentis par des banques privées - accorde également un financement pouvant aller jusqu'à 2.5 millions de yens pour adapter les logements à la norme d'économie d'énergie.

## B.5.5 EVALUATION DES RESULTATS DANS LE PAYS CONCERNE

### B.5.5.1 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).



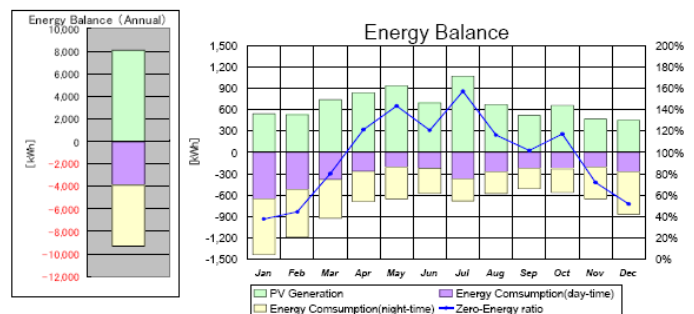
Source : <http://www.misawa.co.jp/misawa/kankyoe/gizyutu/kaihatu/shoene.html>

Les systèmes techniques du Concept « Hybrid Z » (surface habitable 228m<sup>2</sup>) 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
<b>total</b>	<b>8900 kWh/an</b>



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 climatisés. Cette réflexion est à méditer face au potentiel d'économie d'énergie encore possible dans les maisons à faible consommation d'énergie.

#### B.5.5.2 LES COUTS REELS

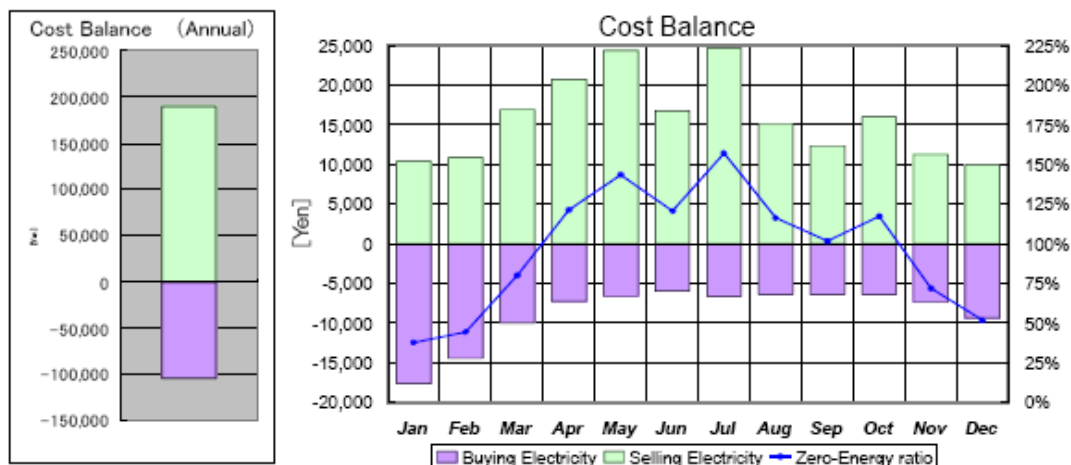
Les constructeurs japonais d'habitations utilisent généralement les épargnes tirées de la diminution des coûts de production occasionnée par la production de masse pour doter les maisons d'un plus grand nombre de composantes standard de grande qualité, ce qui en retour a pour effet de rehausser la qualité 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 lié 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 150m<sup>2</sup> habitables soit 167 700 yens/m<sup>2</sup> (le prix du terrain n'est pas pris en compte).

### B.5.5.3 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 opéré et donné 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].

#### **B.5.5.4 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.

## B.5.6 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRES DIMENSIONS ETUDIEES

### B.5.6.1 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 a 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 ont 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/m<sup>2</sup> 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 présente généralement des valeurs de besoins supérieures à 100 kWh/m<sup>2</sup>. Seuls quelques architectes et entreprises de construction sont aujourd'hui capables de construire une maison ZESH.

### B.5.6.2 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 <sup>2</sup>	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.

### B.5.7 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

L'analyse de la transposition en France peut être menée en partant d'une série d'éléments clés 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...
- Organisationnel : 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.

### B.5.7.1 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 ».

### B.5.7. 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'efficacité*, 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](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](mailto: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](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/eeepi/a1\\_newbuildings/japandata.asp](http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/eeepi/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](http://www.city.osaka.jp/french/mayors_message/conference/2004_05_26.html)