

Trois modèles de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments

une comparaison internationale

Jean Carassus

Les bâtiments (maisons, immeubles d'habitation, bâtiments non résidentiels publics et privés) consomment la majeure partie de l'énergie utilisée dans la ville. A l'échelle du pays, 45 % de l'énergie primaire en 2005 est employée dans les bâtiments contre 26 % dans les transports et 28 % dans l'industrie (Orselli J., 2007, page 2). La maîtrise de l'énergie dans les bâtiments représente donc un enjeu urbain majeur.

L'énergie doit être maîtrisée dans les bâtiments neufs et plus encore dans les bâtiments existants, vu le très faible taux de renouvellement du parc¹. La maîtrise de l'énergie y est liée à un processus complexe d'innovation, du fait de trois caractéristiques du secteur du bâtiment: les marchés (offre, demande) sont locaux, les produits sont très diversifiés (maisons, immeubles collectifs d'habitations, bureaux, commerces...) et surtout il n'y a pas, dans le système d'acteurs de la construction, d'intervenant dominant susceptible d'imposer un processus d'innovation. La situation est à l'opposé d'un secteur comme celui de l'automobile, où le marché est mondial, les produits relativement homogènes et les constructeurs clairement dominants dans le système d'acteurs.

Des programmes expérimentaux, soutenus par l'Etat ou des agences publiques, peuvent favoriser la réalisation de bâtiments assurant une bonne maîtrise de l'énergie, mais ces programmes n'ont pas la capacité de diffuser à grande échelle ces nouveaux types de bâtiments sur le marché. La diffusion de la basse consommation d'énergie dans le bâtiment passe le plus souvent par des labels, fruits d'initiatives décentralisées, publiques ou privées. Ces labels résolvent les deux problèmes de l'absence d'acteur dominant dans la construction et de la grande diversité des produits. Mis au point en général par une association d'intérêts publics et privés, ces labels sont en effet à même de définir un concept de bâtiment, accepté de façon volontaire par l'ensemble des acteurs de la construction, et applicables à tous les types de bâtiments. Vu le caractère local des marchés du bâtiment, la diffusion de ces labels passe par leur inscription dans des dynamiques territoriales, dans lesquelles les collectivités locales jouent un rôle moteur, direct ou indirect.

Les trois modèles

Une comparaison internationale (CSTB, 2007), réalisée sous l'égide du Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment (PREBAT), cofinancée par l'ADEME et le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA), analyse en particulier les expériences allemande, suisse, autrichienne, espagnole, hollandaise, américaine et japonaise. Elle permet de mettre en évidence trois principaux modèles de la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments. Nous les dénommons « basse consommation d'énergie », « économie et production d'énergie », « énergie et environnement ».

Dans le modèle « basse consommation d'énergie », l'objectif est avant tout de baisser fortement la consommation d'énergie dans le bâtiment. Ce modèle correspond à un besoin de basse consommation dans des conditions climatiques rigoureuses. 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:

La variante allemande, de type *Passivhaus*, vise à aller jusqu'à supprimer tout chauffage (Fraunhofer Institut für Bauphysik, 2006). L'économie réalisée est de l'ordre de 75 % par rapport à un bâtiment neuf ordinaire.

La variante suisse, de type *Minergie*® est moins exigeante que la solution *Passivhaus*. Le principe est le même, mais la baisse de la consommation est moins forte. L'économie réalisée est de l'ordre de 50 % par rapport à un bâtiment neuf courant (Haefeli P. *et al.* 2006).

1. Selon la conjoncture, le bâtiment neuf représente chaque année à l'échelle nationale de 1 à 1,5 % du parc. La majeure partie de ce pourcentage représente une extension du parc existant. Le taux de renouvellement, avec destruction du parc correspondant, serait de l'ordre 0,1 à 0,2 % par an (Syrota J., 2007, page 91).



Maison solaire «Misawa Homes Z»

Dans la conception « économie et production d'énergie », l'objectif prioritaire n'est pas la forte baisse de la consommation, mais une certaine économie d'énergie articulée à une production d'énergie le plus souvent d'origine solaire, notamment par système photovoltaïque. Ce modèle correspond souvent à des politiques de pays qui visent à éviter des pics de consommation d'électricité de réseaux surchargés. Trois variantes peuvent être distinguées :

La variante américaine dans le cadre du programme expérimental, soutenu par le ministère fédéral de l'énergie, *Building America*, qui concerne surtout des maisons individuelles neuves à ossature bois, se traduit par des économies d'énergie de l'ordre de 30 % à 45 %, pouvant être sanctionnées par le label Energystar. La production d'électricité photovoltaïque par les maisons vise à rapprocher ces dernières des *Zero Energy Homes* (Norford L. K., 2006).

La variante japonaise, appliquée en particulier aux maisons individuelles neuves préfabriquées, accorde une moindre importance à l'isolation et privilégie l'utilisation de systèmes photovoltaïques.

A la différence des variantes américaine et japonaise centrées sur des professions (les constructeurs de maisons individuelles et leurs partenaires) et sur la perspective de diminution des pics de consommation électrique, la variante espagnole concerne un territoire et impose à toute construction neuve l'utilisation de l'énergie solaire pour la production

d'eau chaude. Initiée à Barcelone, l'expérience a été ensuite étendue à toute l'Espagne.

Dans la conception « énergie et environnement », l'énergie est un objectif articulé à d'autres cibles environnementales (intégration au site, eau, matériaux, confort...) jugées importantes par les acquéreurs de bâtiments, en particulier d'immeubles de bureaux, qui souhaitent mettre en avant plus un cadre de travail sain et confortable qu'un souci d'économie d'énergie. La variante américaine est celle du label *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED™), qui a quatre niveaux de qualité : standard, argent, or, platine. L'économie d'énergie réalisée est de l'ordre de 30 % à 35 % par rapport à un immeuble usuel de bureaux. La variante française est celle de la certification *NF Bâtiments tertiaires démarche HQE²®*, avec une importance moindre accordée à la cible énergétique : de 10 à 20 % d'économie réalisée dans la majorité des cas.

Quel que soit le modèle adopté, les acteurs participant à la production ou à la rénovation de bâtiments à basse consommation énergétique innovent toujours, à des degrés variables, par rapport à leurs pratiques usuelles. Quels sont les processus d'innovation mis en œuvre, comment les analyser, quels sont les facteurs de succès de diffusion des innovations ?

2. Haute Qualité Environnementale.

Innovation : une approche socio-éco-technique

Nous inscrivons l'étude de ces processus d'innovation dans les perspectives de l'analyse économique évolutionniste. Ce courant théorique, issu notamment des travaux de Joseph Schumpeter, considère l'innovation comme le moteur de l'évolution de l'économie (Schumpeter, 1959). Pendant longtemps, l'innovation a été perçue comme essentiellement technologique et réduite à l'élaboration d'un nouveau bien matériel ou d'un nouveau procédé technique d'élaboration de bien matériel. Le document de référence de l'OCDE et de la Commission Européenne sur l'innovation, le manuel dit d'Oslo, dans ses éditions de 1992 et 1997, confortait cette approche purement technologique de l'innovation. Cette définition étroite de l'innovation, issue de l'industrie manufacturière, s'est révélée progressivement inadaptée à une économie où plus des trois quarts du produit intérieur sont désormais issus d'activités de service. Cette analyse est également inadaptée à l'étude de l'innovation dans le bâtiment dont le système sectoriel comporte trois types d'intervenants : des entreprises de service (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, gestionnaires, exploitants, distributeurs de matériaux), une industrie de chantier, non manufacturière (les entreprises de bâtiment), et des industries manufacturières (industriels fabricants de matériaux, composants, équipements, matériel) (Carassus J., 2002).

L'analyse s'est alors enrichie. Un produit a été défini non seulement par ses caractéristiques techniques mais aussi par ses caractéristiques de service à l'utilisateur final (Saviotti P. P., 1996). Ce produit peut être non seulement un bien matériel mais aussi un service. Les caractéristiques de service des produits sont issues non seulement des caractéristiques techniques, matérielles ou immatérielles, mais aussi de la mobilisation des compétences du producteur et de ses partenaires (Gallouj F., 2002). L'innovation est alors analysée comme un changement significatif des caractéristiques de service pour l'utilisateur final d'un produit (bien ou service), issu de nouvelles compétences du producteur et de ses partenaires et de l'utilisation de nouvelles techniques, matérielles ou immatérielles.

Sous l'influence de ces analyses, le document de référence sur l'innovation de l'OCDE et de la Commission européenne a, dans son édition de 2005, enfin abandonné la définition étroite de l'innovation comme processus uniquement technologique. Le manuel d'Oslo définit désormais l'innovation comme la mise en œuvre non seulement d'un bien nouveau (ou d'un procédé nouveau d'élaboration d'un bien), mais aussi d'un service nouveau (ou d'un procédé nouveau d'élaboration d'un service), d'une méthode nouvelle de commercialisation, d'une organisation nouvelle de l'entreprise (dans ses pratiques, ses lieux de travail, ses relations avec ses fournisseurs et ses sous-traitants) (OCDE, Commission Européenne, 2005). Le document précise que les activités d'innovation correspondent à toutes les opérations non seulement scientifiques et technologiques mais aussi organisationnelles, finan-

cières et commerciales qui conduisent à la mise en œuvre des innovations.

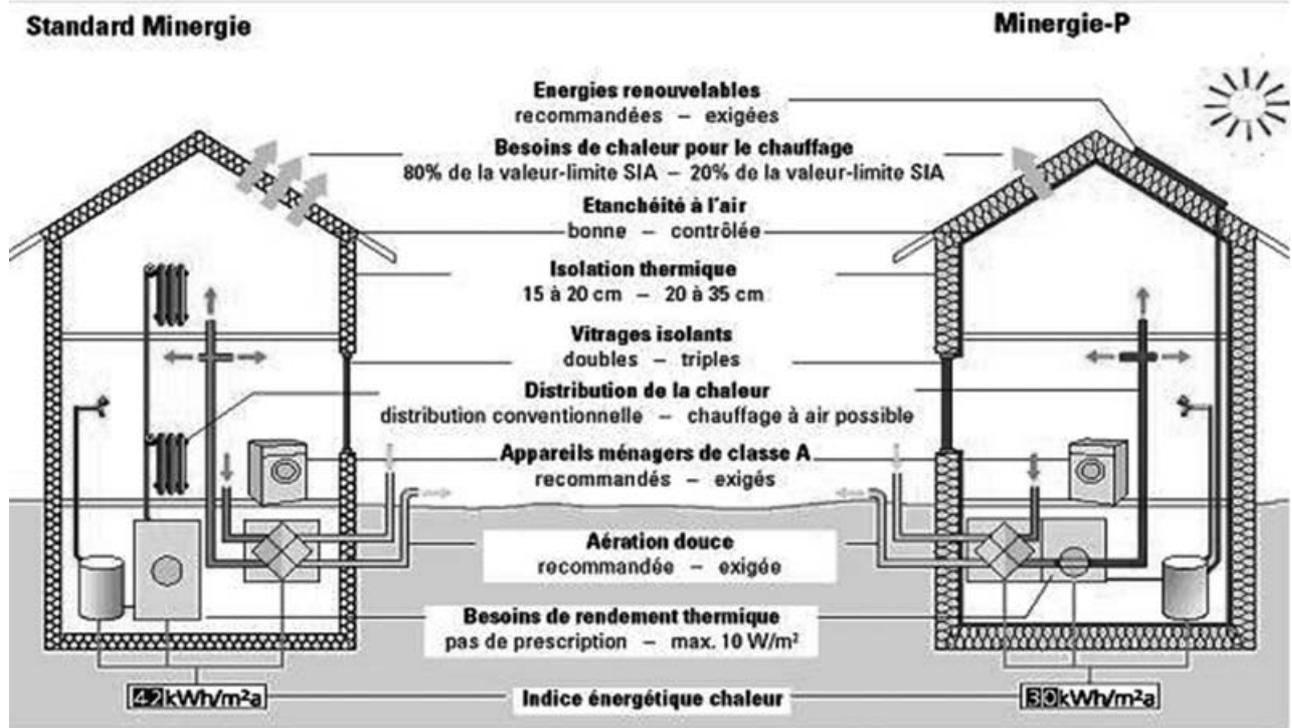
Ce nouveau cadre théorique et méthodologique permet d'analyser dans leur complexité des processus d'innovation comme ceux mis en œuvre pour la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments. Notre analyse met en avant deux caractéristiques de ces processus d'innovation. La première est que la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment est le produit d'un ensemble cohérent et coordonné d'innovations technologiques, organisationnelles, de service et commerciales, visant à améliorer de manière substantielle des caractéristiques de service des bâtiments : moindre consommation d'énergie, confort accru. La seconde caractéristique est que le processus d'innovation est le plus souvent d'origine décentralisée, d'initiative publique ou privée, dans lequel des collectivités territoriales jouent la plupart du temps un rôle moteur, direct ou indirect.

Des innovations technologiques, organisationnelles, de service et commerciales coordonnées

Les démarches *Passivhaus* et *Minergie*® définissent clairement des caractéristiques de service des bâtiments en terme de performances de consommation à atteindre : 15 kWh par m² et par an d'énergie primaire pour le chauffage et 120 kWh par m² et par an pour l'ensemble des consommations d'énergie dans le cas d'une maison neuve *Passivhaus*, 42 kWh par m² et par an pour le chauffage, l'eau chaude et la ventilation pour une maison neuve *Minergie*®, 80 kWh par m² et par an pour une maison rénovée *Minergie*®. Dans le cas du label suisse, une caractéristique de service essentielle est précisée : le coût initial de la maison ne doit pas dépasser de plus de 10 % celui d'une maison usuelle. Les promoteurs de *Minergie*® mettent aussi en avant des caractéristiques de service qui sont selon leur appellation des « co-bénéfices » pour l'utilisateur (Jochem E. et Jakob M., 2003). Certains co-bénéfices sont quantifiables comme le supplément de prix de vente ou de revenu locatif permis par la qualité d'une maison *Minergie*®³. D'autres ne le sont pas mais peuvent jouer un rôle important pour l'occupant, comme le confort, la protection contre le bruit, une meilleure qualité de l'air, une meilleure hygrométrie, une sécurité accrue.

La notion de co-bénéfices peut concerner aussi des entreprises utilisatrices de bureaux. Des économistes américains ont mené des enquêtes tendant à montrer que, vu l'environnement plus agréable et plus sain d'un immeuble certifié LEED™, la productivité du personnel y est plus forte que dans un immeuble standard. Il est en fait difficile d'une part

3. Des enquêtes menées par des établissements financiers suisses estiment que, toutes choses égales par ailleurs, une maison *Minergie*® se revend de 5 à 10 % plus cher qu'une maison ordinaire.



Caractéristiques d'un immeuble Minergie® et d'un immeuble Passivhaus (dénommé en Suisse Minergie-P®)

de mesurer la productivité d'une activité de service et d'autre part d'isoler le rôle d'un bâtiment LEED dans l'augmentation de la productivité du personnel. Mais si ces hypothèses sont vérifiées, l'économie issue de l'augmentation de la productivité du personnel est beaucoup plus forte que l'économie d'énergie.

Les caractéristiques techniques pour atteindre ces caractéristiques de service sont le plus souvent laissées à l'appréciation des constructeurs, le label Passivhaus précisant que l'étanchéité à l'air du bâtiment doit être telle que l'air doit être renouvelé dans le cadre d'un maximum de 0,6 volume par heure sous une certaine pression. Dans le cas allemand, les caractéristiques techniques les plus fréquentes pour atteindre ces performances sont une sur-isolation par l'extérieur avec des fenêtres triple vitrage, une ventilation double flux avec récupération de chaleur, des gains solaires passifs, un appareillage électroménager peu consommateur, l'utilisation d'énergies renouvelables. Il s'agit de bâtiments pratiquement sans système de chauffage. Le bâtiment est dit passif, car pour l'essentiel, l'utilisation « passive » de la chaleur issue des occupants, des appareils (éclairage, électro ménager...) et du rayonnement solaire, est suffisante pour obtenir une température normale en période froide. Les caractéristiques techniques des bâtiments labellisés *Minergie®* sont comparables avec un niveau d'exigence moins élevé: les fenêtres double vitrage suffisent, la ventilation double flux n'est pas indispensable.

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 émissifs, 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. Au Japon, une maison à basse consommation type est une maison préfabriquée, toute électrique, avec une isolation renforcée, fenêtres double vitrage, ventilation mécanique, pompe à chaleur et production locale par modules photovoltaïques intégrés dans le modèle.

L'ensemble de ces innovations technologiques doit être cohérent et soigneusement coordonné pour permettre un fonctionnement correct du bâtiment, tant en hiver qu'en été. Cet ensemble d'innovations technologiques exige le plus souvent des innovations organisationnelles. La conception du bâtiment doit être vue d'emblée dans son ensemble, enveloppe et équipements, ce qui demande de nouveaux rapports entre architecte et bureau d'études thermiques. L'ingénierie par séquences successives, qui se traduit par l'enveloppe dessinée par l'architecte, puis les équipements conçus par le bureau d'études thermiques, doit faire place à une ingénierie concourante, chaque partie de la maîtrise d'œuvre concourant simultanément à la conception architecturale, technique et économique des bâtiments.

La relation entre conception et mise en œuvre sur chantier est plus étroite, la performance étant fortement dépendante

de la qualité de la mise en œuvre, en particulier pour l'étanchéité à l'air du bâtiment. Les rapports entre production et gestion des bâtiments doivent être réévalués, pour que les performances potentiellement définies aux stades de la conception et de la réalisation soient réelles au stade de la gestion et de l'exploitation.

Les américains dénomment *commissioning* la procédure mise en place pour assurer cette nouvelle articulation entre production et gestion, notamment dans la mise en œuvre du label LEED™.

L'efficacité de ces innovations technologiques et organisationnelles peut être renforcée par des innovations de service. C'est le cas en Allemagne avec les contrats de performance énergétique, qui constituent un service nouveau. Ces contrats permettent de financer un investissement, avec un dispositif de remboursement du prêt payé par les économies d'énergie générées par l'investissement. De nouveaux types de prêts, constituant également un nouveau service, facilitent la diffusion de l'innovation.

Aux Etats-Unis, des prêts préférentiels, dénommés *energy-efficient mortgages*, sont destinés aux particuliers. Ils peuvent être plus longs qu'un prêt standard ou bénéficier d'un taux plus bas, ou encore être négociés avec un taux d'effort (mensualité sur revenus) plus élevé, pour tenir compte de l'augmentation du pouvoir d'achat du ménage due aux économies d'énergie. Des prêts de ce type sont en train de voir le jour en France. Des innovations commerciales peuvent compléter le dispositif.

Au Japon, la mise en œuvre de campagnes commerciales télévisées, habituellement employées pour des produits de grande consommation, sont utilisées pour des maisons préfabriquées avec système photovoltaïque intégré.

Un processus d'origine décentralisée, dans lequel des collectivités territoriales jouent un rôle moteur

Le label Minergie® a pour origine le canton de Zurich. Le service de l'énergie du canton, tirant les enseignements d'expériences allemandes de basse consommation, définit un concept de maison, applicable également aux immeubles collectifs d'habitation et aux bâtiments non résidentiels. Le canton de Berne s'associe à la démarche, les deux cantons créent l'association et le label Minergie®.

La marque déposée est propriété des deux cantons. L'association et les cantons créent les événements (foires commerciales) et les outils (campagnes marketing, site web) qui permettent la mobilisation des réseaux locaux de professionnels et des particuliers. La démarche est progressivement adoptée par l'ensemble de la confédération.

Chaque canton joue un rôle particulier dans la diffusion, le canton de Genève accordant par exemple un coefficient d'occupation du sol supérieur si le maître d'ouvrage s'engage à labelliser son bâtiment. Dans le cas de Minergie®, la collec-

tivité territoriale joue un rôle moteur direct: elle est à l'origine de l'innovation et assure le pilotage de sa diffusion.

En France, l'association Effinergie s'inspire fortement de l'expérience suisse. Créée en mars 2006 par trois conseils régionaux (Franche Comté, Languedoc-Roussillon, Alsace) en partenariat avec des associations régionales, les industriels du collectif Isolons la terre, la Caisse des Dépôts, le groupe Banque Populaire et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, l'association promeut un label basse consommation⁴ et contribue à la mobilisation des acteurs locaux en faveur des bâtiments, neufs et rénovés, à basse consommation. La majorité des conseils régionaux est en train d'adhérer à l'association.

Dans le cas espagnol, la collectivité territoriale joue également un rôle moteur mais de façon très différente: la ville de Barcelone impose, par une réglementation particulière, l'énergie solaire à toute construction neuve ou réhabilitée éditée sur son territoire. La démarche a été ensuite généralisée à l'ensemble du territoire espagnol. Au début, les particuliers et professionnels espagnols s'adaptent tant bien que mal à la réglementation, le marché du solaire étant créé de toutes pièces par cette dernière, les équipements doivent être importés et les professionnels doivent se former rapidement à la conception et à la pose des installations solaires.

L'origine du label Passivhaus est décentralisée, mais privée: le docteur Feist, à Darmstadt, crée le concept, en s'inspirant notamment de travaux scientifiques suédois, puis fonde un institut privé qui labellise les bâtiments et les composants. L'origine de LEED™ est un groupement privé de professionnels qui créent le référentiel en partenariat avec des acteurs publics. La démarche est proche de celle, en France, de NF Bâtiments tertiaires démarche HQE®, dont le référentiel est issu d'un partenariat entre une filiale du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et des professionnels, sur la base de la démarche HQE®, elle-même issue d'un partenariat entre professionnels et pouvoirs publics.

Dans les cas allemand, américain et français, les collectivités territoriales ne sont pas à l'origine de l'initiative, mais elles jouent un rôle important dans la diffusion des labels. Une motivation importante des maîtres d'ouvrage qui labellent leurs bâtiments, est leur volonté de suivre la politique de collectivités territoriales favorables à la diffusion de la qualité environnementale et de la basse consommation d'énergie dans les immeubles construits ou rénovés sur leur territoire. Ces collectivités territoriales contribuent à créer ainsi, en partenariat avec les acteurs privés locaux, des « situa-

4. Ce label a été officialisé, pour la construction neuve, par l'arrêté du 8 mai 2007 du ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement. Cet arrêté crée le label « bâtiment basse consommation énergétique BBC 2005 » pour les immeubles résidentiels ou non résidentiels neufs qui consomment environ moitié moins que les immeubles neufs conformes à la réglementation thermique RT 2005. L'association est en train de mettre au point un label basse consommation pour la rénovation de bâtiments existants.

Pays	Label	Expérimentation	Concept	Diffusion	Impact significatif sur le marché
Suisse	Minergie® neuf				En 2005, 17 % du marché neuf résidentiel suisse est labellisé Minergie®
	Minergie® existant				
Allemagne	Passivhaus neuf				
	Passivhaus existant				
Etats-Unis	LEED™ neuf				
	LEED™ existant				

Diffusion des bâtiments basse consommation d'énergie en Suisse, en Allemagne et aux Etats-Unis

tions d'innovation »⁵. De plus en plus de collectivités vont jusqu'à imposer dans leurs opérations d'aménagement urbain la labellisation des bâtiments construits.

L'Etat n'a pas un rôle moteur mais a un rôle important de facilitateur. La réglementation thermique favorise l'innovation car, du moins en Europe, une directive communautaire oblige les Etats à faire progresser tous les cinq ans les règles thermiques obligatoires pour tous les bâtiments tant pour le neuf que pour l'existant (Aussourd P. et al., 2006). Les incitations fiscales favorisent fortement la diffusion des énergies renouvelables. La recherche développement financée par l'Etat a pour but de déboucher sur des innovations favorisant une meilleure maîtrise de l'énergie.

Le cas des maisons individuelles neuves, notamment dans les expériences américaine et japonaise, est un peu différent. Il s'agit d'un des rares cas dans le bâtiment, où un acteur peut être dominant sur un segment. Mais si quelques grands constructeurs peuvent avoir une vision stratégique nationale et donc une certaine influence, l'offre, qu'elle soit américaine, japonaise ou française, est constituée pour l'essentiel de petits et moyens constructeurs sans pouvoir important sur le marché.

Innovation radicale et marché

Quel impact réel ont les innovations dans les différents pays évoqués ? Nous analysons le processus de diffusion de bâtiments basse consommation innovants sur la base de quatre étapes successives. La première est le temps de l'expérimentation sur quelques dizaines, voire quelques centaines d'opérations.

La seconde étape consiste à définir un concept de bâtiment basse consommation, qui prend la plupart du temps la forme d'un label. La troisième étape est la diffusion du concept, à plusieurs milliers d'exemplaires, qui permet un apprentissage progressif de la chaîne d'acteurs. La quatrième étape est la situation où l'innovation a un impact significatif sur le marché. L'innovation devient alors radicale au sens où l'entend le manuel d'Oslo, le texte de référence sur l'innovation de l'OCDE et de la Commission européenne déjà cité.

L'innovation « radicale ou impliquant une rupture » y est définie comme « une innovation ayant un impact significatif sur un marché et sur l'activité économique des firmes sur ce marché. Cette définition privilégie l'impact des innovations par rapport à leur nouveauté. L'impact peut, par exemple, modifier la structure du marché, créer de nouveaux marchés ou rendre des produits existants obsolètes » (OCDE, Commission Européenne, 2005, page 68). Si l'on prend la part de marché comme un critère de mesure de l'impact d'un label de bâtiment basse consommation, comment se situent les différents labels évoqués dans le processus de diffusion de l'innovation en quatre étapes que nous avons défini ?

Selon nous, seul le label suisse *Minergie®* a aujourd'hui un impact significatif sur le marché de la construction neuve du pays. En Allemagne, les bâtiments *Passivhaus* représentent pour l'instant moins de 1 % du marché de la construction neuve. En Autriche, le label *Passivhaus* est sur le point d'avoir un impact sur le marché neuf puisqu'il

5. Au sens où l'entend Nadine Roudil dans son article sur la chaîne d'acteurs innovants, publié dans le présent numéro.

représente 4 % du marché en 2006. Aux Etats-Unis, les bâtiments labellisés LEED™ sont encore marginaux. Pour la rénovation énergétique du parc existant, la situation est encore moins avancée. Les difficultés de diffusion de l'innovation sont beaucoup plus importantes que pour la construction neuve, tant dans le champ technique que socio-économique. En Suisse, environ 700 bâtiments existants sont labellisés *Minergie*®, ce qui constitue un résultat intéressant, mais qui correspond à une certification dix fois moindre dans l'existant que dans le neuf.

La raison principale de la lente diffusion des bâtiments basse consommation est que l'ensemble coordonné d'innovations nécessaire n'est pas anodin. Il constitue en fait un nouveau paradigme pour les acteurs de la construction. Il ne s'agit pas de garder les mêmes pratiques professionnelles en y ajoutant une préoccupation énergétique et environnementale. Le contenu des innovations, rapidement résumé plus haut, exige en réalité une nouvelle façon non seulement de concevoir, mais aussi de financer, de construire, de rénover et de gérer les bâtiments. L'ingénierie par séquences successives doit faire place à une ingénierie concourante. De nouvelles modalités de financement doivent être inventées. La qualité de la mise en œuvre sur chantier, en particulier pour l'étanchéité à l'air, doit être très différente. La traditionnelle coupure entre la production du bâtiment et son exploitation doit disparaître. La gestion du bâtiment doit être revue, le comportement des utilisateurs modifié. Le changement de pratique des acteurs est tel que la période d'apprentissage est inéluctablement longue, et nécessite, en particulier à l'ini-

tiative de collectivités territoriales, la multiplication de « situations d'innovation » déjà évoquées.

Une démarche de service

La France est en phase de début d'expérimentation, tant pour le neuf que pour l'existant. L'expérience est significative pour la démarche HQE® dans la construction neuve, avec plusieurs centaines d'opérations réalisées ou en cours, mais nous avons noté que l'impact sur la baisse de la consommation d'énergie est relativement faible, puisque dans la majorité des cas, la diminution est de l'ordre de 10 à 20 % par rapport à la réglementation.

Cependant une dynamique est lancée, pour la basse consommation énergétique des bâtiments, notamment avec le développement de l'association Effnergie et de son label. Le succès passera par un processus d'innovation qui saura de façon cohérente, coordonner un ensemble original d'innovations technologiques, organisationnelles, de service et commerciales, visant à améliorer de manière substantielle des caractéristiques de service des bâtiments : moindre consommation d'énergie, confort accru. Le succès passe surtout par un processus délibérément décentralisé de dynamiques territoriales, avec un rôle actif des collectivités, tant au niveau régional, départemental, intercommunal que communal, en partenariat étroit avec les acteurs privés locaux de la construction.

Références bibliographiques

Aussourd P. et al., (2006), *Comparaison européenne sur les mesures destinées à améliorer la performance énergétique des bâtiments*, Paris, Conseil général des ponts et chaussées, www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/064000460/index.shtml

Boissieu de C., (2006), *Division par 4 des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050*, Paris, Ministère de l'Industrie, Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/064000757/index.shtml

Carassus J., (2002), *Construction : la mutation, de l'ouvrage au service*, Paris, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

CSTB, (2007), *Comparaison internationale Bâtiment et énergie*, projet PREBAT www.prebat.net (rubrique Actualités rapports d'étude).

Fraunhofer Institut für Bauphysik, (2006), *Analysis of low energy programmes in Germany*, rapport établi dans le cadre du projet PREBAT Comparaison internationale Bâtiment et énergie, Stuttgart.

Gallouj F., (2002), *Innovation in the Service Economy: the New Wealth of Nations*, London, Edward Elgar.

Haefeli P. et al., (2006), Le programme Minergie® (Suisse), Université de Genève. www.prebat.net (rubrique Actualités rapports d'étude).

Jochem E. et Jakob M., (2003), *Coûts et bénéfices, protection thermique des bâtiments*, Berne, Office fédéral de l'énergie.

Norford L. K., (2006), *US Energy efficient buildings : Building America, Zero Energy Homes, Leadership in Energy and Environmental Design*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology. www.prebat.net (rubrique Actualités rapports d'étude)

OCDE, Commission Européenne, (2005), *Manuel d'Oslo, Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*, 3^e édition. <http://213.253.134.43/oe.cd/pdfs/browseit/9205112E.pdf>

Orselli J., (2007), *Economies et substitutions d'énergie dans les bâtiments*, Document du groupe de travail animé par Alain Mongon, Commission Urbanisme et Habitat, Commission Energie et Changement Climatique, Paris, Académie des Technologies.

Saviotti P.P., (1996), *Technological Evolution, Variety and the Economy*, London, Edward Elgar.

Schumpeter J., (1959), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Harvard University Press.

Syrota J., (2007), *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050*, rapport d'orientation, Paris, Centre d'Analyse Stratégique, Premier Ministre.

Sites internet :

Passivhaus : www.passiv.de,
Minergie® : www.minergie.ch,
LEED™ : www.usgbc.org,
NF Bâtiments tertiaires démarche HQE® : www.cstb.fr/frame.asp?URL=/hqe

Biographie

JEAN CARASSUS, diplômé de HEC, docteur en économie, a commencé son parcours professionnel au ministère de l'Équipement, au Service des Affaires Économiques et Internationales, puis à la Direction de la Construction, où il a été notamment chef du bureau de l'Économie de la construction. Il a été ensuite à Logement Français, filiale HLM du groupe AXA, où il fut en particulier directeur du patrimoine.

Il est actuellement directeur du département Économie et Sciences Humaines du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Il est également chef du projet « Comparaison internationale Bâtiment et énergie » du Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment (PREBAT). Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, il y est responsable du cours *Économie et gestion de la construction*. Il travaille actuellement sur l'innovation dans le bâtiment (« Innovation in Buildings: a Socio-Eco-Technical Approach », Cape Town, CIB Congress Proceedings, 2007, disponible sur http://desh.cstb.fr/file/rub49_doc50_3.pdf).

jean.carassus@cstb.fr