

Comparaison internationale Bâtiment et énergie

A1 - Synthèse générale

Version du 19-10-07

Auteur Jean Carassus

Email jean.carassus@cstb.fr

ADEME



PREBAT

PUCA

plan
urbanisme
construction
architecture

Sommaire

INTRODUCTION	2
1. L'IMPORTANCE D'UNE COMPARAISON INTERNATIONALE POUR LA FRANCE	3
2. QU'AVONS-NOUS ETUDIE ET COMMENT ?	9
3. TROIS MODELES DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE DANS LE MONDE	15
4. LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS POUR LA FRANCE	19
CONCLUSION.....	24

Introduction

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

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

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

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

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

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

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

Le projet « Comparaison internationale Bâtiment et énergie » du PREBAT, piloté par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, a été rendu possible, grâce au financement à 50 % par l'ADEME², 25 % par le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA)³ et 25 % par la dotation recherche du CSTB. Le présent rapport est le rendu du projet.

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

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

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

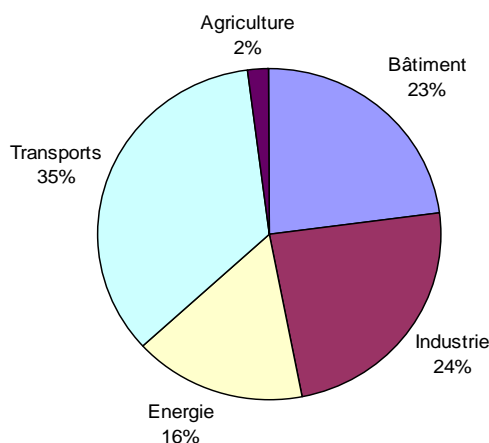
La présente synthèse traite quatre points :

- a/ l'importance d'une comparaison internationale pour la France ;
- b/ qu'avons-nous étudié et comment ?
- c/ trois modèles de maîtrise de l'énergie dans le monde ;
- d/ les principaux enseignements pour la France

1. L'IMPORTANCE D'UNE COMPARAISON INTERNATIONALE POUR LA FRANCE

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

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

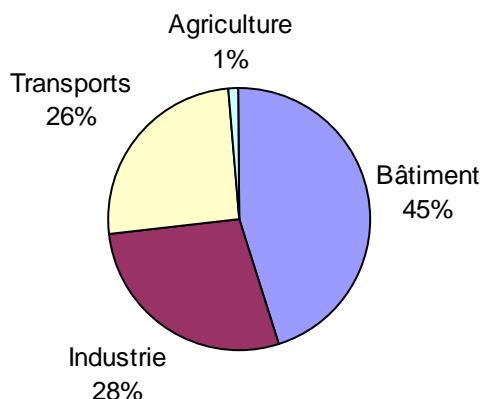


Source : Rapport du Groupe de travail « Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050 » (rapport De Boissieu). Ministère de l'Economie, des Finances, de l'Industrie, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Août 2006, page 14.

Dans le monde, le bâtiment représente environ 40 % des émissions de CO₂. La spécificité française est le poids de l'électricité d'origine nucléaire (plus de 75 %), non émettrice de CO₂.

En matière d'énergie, en 2005, le bâtiment représente en France près de la moitié de la consommation d'énergie primaire, soit près de deux fois plus que les transports.

Graphique 2. Répartition de la consommation d'énergie primaire en 2005



Source : J.Orselli. *Economies et substitutions d'énergie dans les bâtiments. Commission Urbanisme et habitat. Commission Energie et changement climatique. Académie des Technologies. Paris. Avril 2007, page 2.*

Notons qu'au sein de l'industrie, le BTP représente 5 des 28 %.

La performance thermique des bâtiments a progressé de 34 % entre 1973 et 2003 : la consommation moyenne d'un logement passe de 372 KWh/m² an à 245 KWh/m² entre ces deux dates. Ce progrès est du à l'évolution de la réglementation de la construction neuve et à la réhabilitation d'une grande partie du parc existant.

Mais, durant la même période, entre 1973 et 2004⁴, la consommation finale d'énergie dans le bâtiment a progressé en volume de 24 %. Cette évolution est due à l'augmentation de la surface de logement par habitant, la croissance du parc résidentiel et tertiaire, la progression de certains usages (appareils électroménagers, climatisation...).

Comment se répartit cette consommation entre les différents types de bâtiments? On peut différencier sept segments.

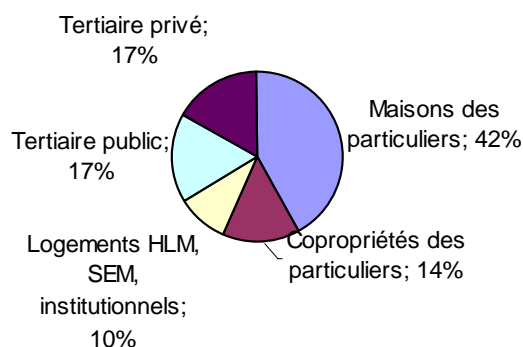
Le logement neuf et le tertiaire neuf sont les deux premiers segments, ils représentent quelques millièmes du parc chaque année. En effet, contrairement à une idée largement répandue, la part de la construction neuve annuelle dans le parc, qui est de l'ordre de 1 à 1,5% selon la conjoncture, n'est pas le taux de renouvellement du parc. Ce taux correspond majoritairement à un accroissement du parc, le renouvellement proprement dit est la part liée à la destruction du parc existant. Le renouvellement du parc, lié à la destruction de bâtiments, ne représenterait que de 1 à 2 pour mille du parc existant selon le rapport Syrota⁵.

Les cinq autres segments sont les maisons individuelles des particuliers, les appartements en copropriété des particuliers, le parc des organismes HLM, SEM et institutionnels, le tertiaire public (majoritairement détenu par les collectivités territoriales) et le tertiaire privé.

⁴ ADEME, « Les chiffres clés du bâtiment Energie Environnement » Edition 2005, p.21.

⁵ Jean Syrota. Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050. Centre d'Analyse Stratégique. Septembre 2007. En 2005, pour le seul parc de logements sociaux, le taux de renouvellement a été de 3 pour mille : 13 000 logements détruits pour un parc de 4 313 300 logements. Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables, SESP Infos rapides n° 382, juillet 2007.

Graphique 3. Répartition de la consommation d'énergie par type de propriétaire : ordres de grandeur⁶

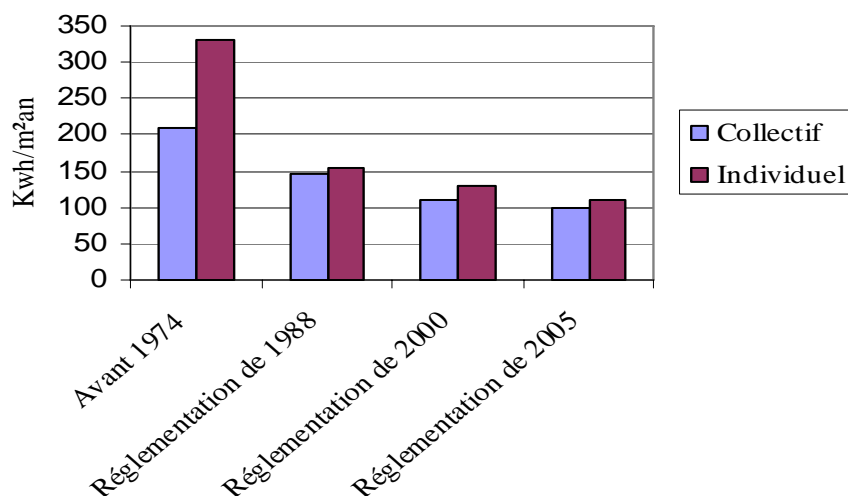


Les maisons individuelles existantes des particuliers représentent de très loin le premier segment consommateur, devant les quatre autres.

Le potentiel d'économie d'énergie varie fortement selon la date de la réglementation thermique en vigueur lors de la construction du bâtiment. Le principal gisement d'économie est le patrimoine d'avant 1974.

⁶ Il s'agit d'estimations donnant des ordres de grandeur

Graphique 4. Consommation d'énergie (chauffage et eau chaude sanitaire) en énergie finale par type d'habitat en France en zone H1



Source ADEME

La situation est donc claire :

- le bâtiment représente près du quart des émissions de CO₂ et près de la moitié de la consommation d'énergie primaire ;
- ces trente dernières années, malgré la baisse de plus d'un tiers de la consommation par m², la consommation a augmenté d'un quart en volume ;
- l'énergie fossile représente une part essentielle de cette consommation ;
- le parc existant représente l'enjeu essentiel avec notamment l'habitat existant, propriété des particuliers, qui représente plus de la moitié de la consommation d'énergie du bâtiment, tertiaire inclus.

Or la France s'inscrit dans les perspectives définies par l'Union Européenne qui a décidé de :

- diminuer d'au moins 30 % d'ici 2020 ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990, en cas d'accord post-Kyoto⁷,
- baisser de 20 % sa consommation d'énergie entre ces deux dates,
- passer à une proportion de 20 % d'énergies renouvelables dans sa consommation en 2020⁸.

Le bâtiment, avec les transports, sont les deux secteurs prioritaires pour atteindre ces objectifs ; le potentiel d'économie est plus fort dans le bâtiment que dans les transports.

La prise de conscience de l'ampleur du problème à résoudre est en France très récente. La préoccupation de qualité environnementale des bâtiments a plus d'une dizaine d'années, notamment grâce à l'action menée par l'association Haute Qualité

⁷ 20 % unilatéralement en cas de non accord.

⁸ Plan d'action du Conseil Européen de mars 2007.

Environnementale HQE®, mais le débat sur le défi en matière de gaz à effet de serre et d'énergie est beaucoup plus récent.

Cette prise de conscience se traduit depuis 2005 environ par un grand foisonnement d'initiatives. Des acteurs d'origine variée, particuliers, municipalités, promoteurs privés, organismes d'habitat social ont lancé la réalisation de maisons individuelles, d'immeubles collectifs d'habitation, de locaux d'enseignement, de bureaux..., le plus souvent en construction neuve et parfois en rénovation, dont la consommation d'énergie sera nettement plus faible que la moyenne, et dont la part des énergies renouvelables sera plus élevée. Mais les initiatives sont en cours et il existe à ce jour peu d'opérations terminées à visiter et à évaluer.

Des incitations publiques en faveur de la maîtrise de l'énergie et du développement des énergies renouvelables dans le bâtiment ont été mises en œuvre : crédits d'impôt de l'Etat, subventions de l'ADEME et des collectivités territoriales, opérations programmées de l'Agence Nationale de l'Habitat, prêts de la Caisse des Dépôts et Consignations et des fournisseurs d'énergie...

Le secteur privé a pris également des initiatives : création de la fondation privée de recherche « Bâtiment et énergie », à l'initiative de Mittal Arcelor, Lafarge, EDF, GDF, projet international « Energy Efficient Buildings » co-piloté par Lafarge et United Technologies dans le cadre du « World Business Council for Sustainable Development », prêts bancaires spécifiques proposés par des établissements financiers, contrats de performance énergétique proposés par certains industriels, projet de recherche développement sur la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment piloté par Schneider Electric et financé par l'Agence pour l'Innovation Industrielle...

Plusieurs régions ont lancé des appels à projet, d'abord à leur seule initiative, puis soutenus par l'ADEME et le PREBAT. L'association Effinergie a été créée en mars 2006, à l'initiative des conseils régionaux de Franche-Comté, Alsace et Languedoc-Roussillon en partenariat avec des associations régionales, le collectif d'industriels « Isolons la Terre », la Caisse des Dépôts, le groupe Banque Populaire et le CSTB. Elle propose un label basse consommation dans le neuf et bientôt dans l'existant. L'association regroupe aujourd'hui la majorité des conseils régionaux. Des conseils généraux et des municipalités ont également pris des initiatives.

Plusieurs pôles de compétitivité, Capénergies en Provence Alpes Côte d'Azur, Derbi en Languedoc Roussillon, Enerdis en Rhône-Alpes, Ville et Mobilité Durables en Ile-de-France, se sont emparés du sujet.

L'annexe 1 du présent rapport donne des indications, sinon exhaustives mais très significatives, de ces initiatives récentes françaises.

Ce foisonnement, très positif, est parfois quelque peu brouillon, avec des stratégies non encore clairement définies, tant au niveau national que régional, tant dans le secteur public que dans le secteur privé.

En cohérence avec ce qui vient d'être dit, les colloques sur le thème se multiplient mais les outils opérationnels pour la diffusion de la basse consommation d'énergie dans les bâtiments, labels, guides techniques, sites internet, foires commerciales, formation des professionnels... sont aujourd'hui peu nombreux, voire inexistants.

Bref, la France se caractérise par :

- une prise de conscience récente du défi bâtiment, énergie et gaz à effet de serre ;
- peu d'opérations innovantes terminées ;

- des outils opérationnels, labels, guides techniques, sites internet, foires commerciales, formation des professionnels, peu nombreux, voire inexistantes.

Dans ce contexte, une comparaison internationale, analysant des pays :

- dont la prise de conscience du défi est plus ancienne qu'en France ;
 - où ont été réalisées des centaines, voire des milliers d'opérations basse consommation ;
 - qui ont mis au point des outils opérationnels, labels, guides techniques, sites internet, formations ;
- est particulièrement utile pour la France.

L'élément nouveau et considérable en France est le Grenelle de l'Environnement qui s'est déroulé durant l'été et l'automne 2007. Sous l'égide de l'Etat, cinq types d'organisations, pouvoirs publics, collectivités territoriales, patronat, syndicats et associations ont défini les axes d'un plan d'action ambitieux pour le bâtiment et la ville.

Le bâtiment doit être le principal contributeur national aux économies d'énergie avec une baisse pour le secteur de 38% d'ici 2020.

Vu le taux de renouvellement du parc, un tel résultat à atteindre d'ici 12 ans ne sera possible que si un plan sans précédent de rénovation thermique des bâtiments existants est défini.

Le Grenelle de l'Environnement propose :

- la rénovation thermique de tous les bâtiments publics existants d'ici 2015, avec un plan d'action spécifique à 5 ans pour les bâtiments de l'Etat ;
- un plan d'action de rénovation du parc HLM, avec priorité aux 800 000 logements les plus énergivores et rénovation basse consommation dans le cadre du programme ANRU;
- un plan d'action très incitatif pour les bâtiments privés, résidentiels et tertiaires, avec mise à l'étude d'une obligation de rénovation thermique.

Un programme de rupture est défini pour le neuf :

- tous les bâtiments publics et privés tertiaires neufs au moins en basse consommation (RT 2005⁹ moins 50%) à partir de 2010 ;
- pour l'ensemble des bâtiments neufs:
 - . RT 2010 égale à RT 2005 moins 20% ;
 - . RT 2012 égale à RT 2005 moins 50% ;
 - . RT 2020 rend obligatoire les bâtiments à zéro énergie ou à énergie positive.

Au niveau urbain, le Grenelle de l'Environnement prévoit notamment :

- un plan volontariste d'écoquartiers ;
- des plans « Climat-énergie » territoriaux d'ici 2012 pour les communautés d'agglomération, les communautés urbaines, les pays et les parcs naturels.

Enfin, un bilan carbone/énergie sera obligatoire pour toute personne morale, publique ou privée, de plus de 50 personnes, avec amélioration de 20 à 30% de l'efficacité énergétique.

2. QU'AVONS-NOUS ETUDIÉ ET COMMENT ?

Une comparaison internationale sur bâtiment et énergie peut porter sur des thèmes très variés : politiques suivies, réglementations, fiscalité, financement, technologies utilisées...

En accord avec les financeurs du projet, il a été décidé que le benchmark porterait sur trois items :

- des programmes et initiatives développant des opérations de bâtiment performantes en énergie,
- des composants et équipements innovants améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments et permettant le développement d'énergies renouvelables,
- des programmes de recherche et développement traitant, exclusivement ou non, l'énergie dans le bâtiment.

Dans ces trois champs, il était exclu que le projet ait une prétention à l'exhaustivité, vu le nombre d'expériences menées dans le monde depuis une vingtaine d'années pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.

Il a été décidé de choisir des exemples significatifs, utiles pour la France. En Europe, l'Allemagne a paru incontournable, non seulement pour l'expérience connue du label « Passivhaus », mais aussi pour d'autres programmes comme les « maisons 3 litres », les programmes d'expérimentation dédiés à la réhabilitation des bâtiments existants et au développement de l'énergie solaire.

⁹ Réglementation thermique 2005.

La Suisse, avec le succès du label « Minergie® », apparaissait également comme un pays intéressant. Les régions françaises limitrophes de ces deux pays commençaient d'ailleurs à s'intéresser à ces expériences.

Ces pays étant d'un climat rigoureux, et la France ayant une partie de son climat méditerranéen, l'expérience espagnole de diffusion de l'énergie solaire thermique a été jugée digne d'intérêt.

Au-delà du bâtiment stricto sensu, l'approche en terme d'éco-quartier nous a paru prometteuse. Plutôt que d'étudier l'un des nombreux éco-quartiers européens de construction neuve, nous avons choisi l'un des rares éco-quartiers centrés sur la réhabilitation de l'habitat existant : celui de Vesterbro à Copenhague.

Ces choix ne veulent pas dire que les autres expériences européennes ne sont pas intéressantes. Des pays comme le Royaume Uni, la Suède, la Norvège... présentent beaucoup d'intérêt, mais nous avons du faire des choix. Nous suggérons au PREBAT d'approfondir ultérieurement la connaissance de pays non choisis dans le présent benchmark.

Hors de l'Europe, nous avons mis en avant deux expériences, celle des Etats-Unis et celle du Japon. Le programme « Building America », initié par le Département fédéral de l'Energie, est une expérience intéressante associant progression de la qualité du processus de construction et progrès énergétique pouvant aller jusqu'à des maisons individuelles à énergie positive. L'étude des maisons individuelles industrialisées japonaises utilisant massivement le photovoltaïque a été, dans un contexte très différent, un contrepoint utile.

Pour les bâtiments tertiaires, le label américain « Leadership in Energy and Environmental Design » (LEED™) présente un intérêt du fait qu'il accorde une certaine importance à l'énergie.

Là encore, ce choix ne veut pas dire que les expériences canadienne et australienne, pour ne citer qu'elles, ne sont pas dignes d'intérêt.

Les composants et équipements innovants, ou « briques technologiques » du bâtiment, s'inscrivent le plus souvent dans une triade :

- baisse des besoins, en particulier de chauffage ;
- développement d'énergies renouvelables ;
- efficacité de l'utilisation d'énergie fossile.

Le choix effectué a été réalisé en association avec le Comité Technologies du PREBAT. Pour le premier item, la baisse des besoins notamment de chauffage, ont été étudiés des systèmes constructifs danois, et des parois opaques et transparentes performantes utilisées notamment en Allemagne, Autriche et Suisse.

Dans le champ des énergies renouvelables, l'électricité photovoltaïque, surtout sur la base de l'expérience japonaise, mais aussi allemande et australienne, le solaire thermique combiné chauffage eau chaude, les réseaux locaux de chaleur ont été analysés.

Pour le thème de l'efficacité de l'utilisation d'énergie fossile, ont été analysés la ventilation double flux avec récupération de chaleur et des systèmes compacts chauffage-eau chaude-ventilation employés en Allemagne et en Autriche, la climatisation rafraîchissement basse consommation, la micro-cogénération.

Deux autres types de technologies ont été également traités : l'éclairage, particulièrement important dans les bâtiments tertiaires et les techniques permettant un stockage de la chaleur.

Enfin, la question, essentielle, de la cohérence d'ensemble des technologies entre elles dans un bâtiment a été traitée dans une « approche technologique intégrée » d'un immeuble.

D'autres technologies (géothermie, pompes à chaleur...) auraient pu être traitées, mais d'une part il a fallu faire des choix et d'autre part l'avance de l'étranger sur la France n'était pas évidente dans les technologies non choisies. Mais là encore, le PREBAT peut décider de traiter ultérieurement des composants et équipements non traités dans le présent benchmark.

Pour effectuer le choix de programmes de recherche et développement traitant le thème énergie et bâtiment, l'analyse d'une vingtaine de programmes a été effectuée. Une quinzaine sont européens (en Allemagne, Autriche, Danemark, Finlande, Grèce, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Suède, Suisse) et cinq sont mis en œuvre dans le reste du monde (Australie, Canada, États-Unis, Japon, Nouvelle Zélande).

Trois expériences européennes ont finalement été choisies : Autriche, Finlande, Pays-Bas. Le programme « Haus der Zukunft » autrichien, les programmes « Compass » et « Energy Onderzoek Subsidie » (EOS) hollandais, les programmes « SARA », « CUBE », « DENSY », « ClimBus » et « MASI » finlandais ont été étudiés.

Comment avons-nous analysé ces expériences ?

Nous avons tout d'abord procédé avec une phase intermédiaire se traduisant par l'élaboration d'un rapport d'étape, comprenant une première synthèse et des recommandations au PREBAT, mis en ligne sur www.prebat.net début 2007.

Nous avons surtout adopté deux partis méthodologiques forts : la mise en œuvre d'une méthode d'analyse socio-éco-technique et la mise en place d'un important partenariat national et international.

Nous avons en effet fait le choix, original, d'une approche socio-éco-technique. En effet une approche purement technique ne permet pas d'analyser le contexte de l'innovation ou de l'initiative, le jeu d'acteurs promouvant ou au contraire s'opposant à l'innovation, les conditions de la diffusion, l'évaluation en termes de coût et d'usage, les conditions non techniques de la transposition de l'initiative en France.

A l'inverse, une approche purement socio-économique fait l'impasse sur le contenu technique de l'innovation, l'analyse comparée avec les techniques habituellement utilisées en France, les performances techniques obtenues et les perspectives de recherche développement technologique.

L'équipe projet a donc défini une méthode d'analyse socio-éco-technique de l'initiative ou de l'innovation étudiée en six étapes :

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

2 – Contenu : contenu de l'initiative ou de l'innovation, type de bâtiment concerné, neuf/réhabilitation, techniques utilisées,

3 - Dynamiques d'acteurs et application: dynamique d'acteurs, mise en œuvre sur chantier, financement, incitations, coûts d'investissement et d'exploitation,

4 - Evaluation: performances réelles mesurées, coûts réels, vécu des utilisateurs, impact de l'initiative ou de l'innovation,

5 - Réflexion critique sur les 4 étapes (contexte, contenu, mise en œuvre, évaluation): points forts, points faibles, opportunités, menaces,

6 - Conditions de la transposition en France : compatibilité avec le contexte réglementaire français, disponibilité en France des techniques concernées, dynamique d'acteurs nécessaire.

Cette méthode a été déclinée en trois versions différentes, adaptées à chaque type d'objet étudié : programmes d'opérations performantes, composants et équipements innovants, programmes de recherche développement.

Au sein du CSTB, l'équipe de projet centrale a été constituée d'une équipe d'ingénieurs animée par un économiste, et chaque chapitre du rapport a été rédigé par un binôme ingénieur / économiste ou sociologue.

L'annexe 2 donne quelques indications sur la méthode socio-éco-technique utilisée.

Le second parti pris méthodologique a été la mise en place d'un fort partenariat national et international, l'hypothèse étant que des contributions de spécialistes français de pays ou de spécialistes des pays étudiés sont plus efficaces qu'une série de missions sur place. De plus, le réseau national et international mis en place sera très utile pour la définition et la mise en œuvre des actions du PREBAT.

Les partenaires pour les programmes d'opérations performantes ont été:



Massachusetts Institute of Technology



Pour les composants et équipements innovants, les partenaires furent:



CSTC

MECHLAB @ UNSW

Danmarks Tekniske Universitet



AEU

Architektur, Energie & Umwelt GmbH

JC Hadorn



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Les programmes de recherche et développement ont été étudiés avec l'appui de :

INGENIEURBÜRO TRINIUS
BAUEN ENERGIE UMWELT

Mansi Jasuja

logo M Virtanen

Le projet « Comparaison internationale Bâtiment et énergie » a ainsi mobilisé 55 ingénieurs, sociologues, économistes de 12 pays différents.

Le rapport final a été soumis pour avis à un comité de lecture composé de représentants de l'Agence Nationale de la Recherche, du CEA, du Centre d'Etude et de Recherche de l'Industrie du Béton, du CNRS, de Lafarge, du Syndicat des Energies Renouvelables, de l'Université de Karlsruhe, du Centre Scientifique et Technique de la Construction de Belgique et le Centre National de Recherche du Canada.

Le détail de l'organisation du projet, des auteurs du rapport final et des rapports d'experts, des membres du comité de lecture est donné dans l'annexe 3.

Le présent rapport ne saurait engager la responsabilité ni des experts sollicités, ni des membres du comité de lecture, que nous remercions vivement. Il n'engage que ses auteurs.

Le rapport est composé de quatre parties :

- 1/ les synthèses : synthèse générale, synthèse des programmes d'opérations performantes, synthèse des composants et équipements innovants, synthèse des programmes de recherche et développement ;
- 2/ les programmes d'opérations performantes : Allemagne, Suisse, Etats-Unis, Japon, Espagne, Danemark.
- 3/ les composants et équipements innovants : approche intégrée, systèmes constructifs, parois opaques, parois transparentes, ventilation double flux, systèmes compacts chauffage - eau chaude - ventilation, climatisation rafraîchissement basse consommation, micro-cogénération, photovoltaïque, solaire thermique combiné, micro réseaux de chaleur, éclairage, stockage de chaleur ;
- 4/ les programmes de recherche et développement : Autriche, Pays-Bas, Finlande.

Chaque chapitre est écrit par un ou plusieurs auteurs dont les noms et l'adresse internet sont indiqués en début de texte.

L'annexe 1 précise la situation actuelle en France avec des exemples d'opérations, de financements et d'initiatives en faveur de la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments. L'annexe 2 présente succinctement la méthode socio-éco-technique utilisée. L'annexe 3 indique l'organisation du projet et des partenariats.

La lecture des chapitres permet de connaître chaque expérience ou technologie étudiée. Les synthèses partielles permettent de connaître le résumé de ces expériences et technologies et de donner des indications sur les modalités de transposition en France. Dans la présente synthèse générale, avec une vision plus globale, à partir de ces analyses d'un certain nombre de pays, apparaît-il des modèles de l'efficacité énergétique ?

3. TROIS MODELES DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE DANS LE MONDE

En simplifiant, on peut penser qu'il existe dans le monde trois principaux modèles de maîtrise de l'énergie dans le bâtiment. Nous les dénommerons « Basse consommation d'énergie », « Economie et production d'énergie », « Energie 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 très isolée, une ventilation maîtrisée, des gains solaires passifs, une certaine utilisation des énergies renouvelables et l'emploi d'appareils électroménagers économes.

Trois variantes du modèle peuvent être distinguées. La variante allemande, de type « Passivhaus », vise à aller jusqu'à supprimer le système usuel de chauffage. 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.

Les techniques utilisées associent une surisolation et une étanchéité à l'air de l'enveloppe, des fenêtres très performantes, des systèmes de ventilation avec récupération de chaleur (au moins en climat froid), et l'utilisation de générateurs de chaleur performants (pompes à chaleur, chaudières à condensation) ou utilisant des énergies renouvelables.

La variante américaine est celle du programme expérimental « Building America », qui concerne surtout des maisons individuelles neuves à ossature bois et se traduit par des économies d'énergie de l'ordre de 30 % à 45 %, pouvant être sanctionnées par le label « Energystar ». Dans ce cas, les techniques utilisées sont des ossatures à épaisseur augmentée, avec une membrane d'étanchéité en extérieur, des combles bien isolés, des fenêtres double vitrage peu émissif, une ventilation mécanique, une chaudière à haute efficacité et des réseaux courts, des lampes fluo compactes.

Ce premier modèle est le plus efficace en matière d'économie d'énergie. L'adaptation française de la variante suisse est le choix de l'association Effinergie®, qui promeut depuis mai 2007 un label basse consommation comparable à « Minergie® »¹⁰.

Dans le modèle « économie et production d'énergie », l'objectif prioritaire n'est pas la forte baisse de la consommation, mais une certaine économie articulée à une production d'énergie le plus souvent d'origine solaire, notamment par système photovoltaïque. Ce modèle correspond souvent à des régions ou pays chauds dans lesquels l'économie de chauffage n'est pas la priorité. Dans certains cas, il s'agit aussi d'éviter des pics de consommation d'électricité de réseaux surchargés.

Trois variantes du modèle peuvent être distinguées. La variante américaine est celle des « Zero Energy Homes » dans lesquelles la production locale d'énergie de maisons individuelles isolées est assurée par l'électricité photovoltaïque.

¹⁰ Arrêté du 3 mai 2007 sur les labels de haute performance énergétique.

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 et réhabilitation 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.

Ce modèle est centré sur les usages spécifiques de l'électricité assurée par le photovoltaïque et sur la production solaire d'eau chaude sanitaire. Il ne se préoccupe pas ou peu des consommations de chauffage qui ne constituent pas le problème essentiel dans des climats chauds.

La cohérence de ce modèle, dans la perspective de la basse consommation, dépend de la qualité de l'isolation des bâtiments. Un renforcement insuffisant de l'isolation, qui est le cas notamment de la variante japonaise, peut être une faiblesse du modèle. Sa force est la production locale d'énergie d'origine solaire. Cette production ouvre la perspective de bâtiments à zéro énergie, voire à énergie positive. Le succès du modèle passe par la baisse, probable à terme, du coût d'investissement du solaire photovoltaïque. L'utilisation importante du solaire du modèle est intéressante pour un climat de type méditerranéen.

Dans le modèle « 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 bureaux¹¹. Dans une perspective de basse consommation, le succès de ce modèle passe par un renforcement de ses exigences énergétiques.

Dans les trois cas, il s'agit de modèles dominants, qui peuvent connaître des variantes importantes, en particulier selon le climat. Ils peuvent aussi s'hybrider entre eux. Rien n'empêche par exemple que des applications des modèles « Basse consommation d'énergie » et « Energie et environnement » développent une production locale d'énergie, notamment d'origine solaire, qui constitue une caractéristique du modèle « Economie et production d'énergie ».

Une question centrale est la rapidité de diffusion de ces modèles sur le marché. Il est possible d'analyser 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

¹¹ La variante britannique, non étudiée dans le présent benchmark, la « Building Research Establishment Environmental Assessment Method » (BREEAM), est la plus ancienne. La variante française est celle de la certification « NF Bâtiments tertiaires démarche HQE® », mais dans ce cas, la cible énergétique n'est pas privilégiée: l'économie réalisée est de 10 à 20 %.

quelques dizaines, voire quelques centaines d'opérations. La seconde étape consiste à définir un concept de bâtiment basse consommation, qui prend souvent 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 européenne¹²

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 » (op cit, page 68).

Si l'on prend la part de marché comme un critère de mesure de l'impact d'un modèle, et pour comparer des éléments comparables, en se limitant à trois labels étudiés dans le benchmark, comment se situent ces labels dans le processus de diffusion de l'innovation en quatre étapes que nous avons défini ?

¹² OCDE, Commission Européenne, (2005), *Manuel d'Oslo, Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*, 3^{ème} édition.

Disponible sur <http://213.253.134.43/oecd/pdfs/browseit/9205112E.PDF>

Tableau 1. Diffusion des bâtiments basse consommation d'énergie en Suisse, en Allemagne et aux Etats-Unis

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				

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 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.

Il y a de nombreuses raisons à la relative lenteur de la diffusion de ce type de label. Une des raisons principales 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 exige en réalité une nouvelle façon non seulement de concevoir, mais aussi de financer, de construire, de rénover, de gérer et d'utiliser les bâtiments. Nous reviendrons sur cette importante question.

En tenant compte de ce résumé en termes de modèles dominants et de leur diffusion, des propositions faites dans les synthèses partielles, des analyses des chapitres centrés sur une expérience ou une technologie, nous parvenons maintenant à la finalité de cette comparaison internationale : quels sont les principaux enseignements pour la France ?

4. LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS POUR LA FRANCE

La comparaison internationale réalisée est d'une grande richesse. Elle permet de tirer de nombreux enseignements pour la France, qu'il est possible de résumer en neuf points.

41. Le moteur de l'action est politique

Le moteur pour les bâtiments à basse consommation n'est pas le marché, le moteur est politique. Même quand le marché s'empare du problème environnemental, l'initiative est publique : c'est une décision publique qui a créé le marché du CO₂.

L'action politique intervient à trois niveaux : continental, national et régional. Chaque niveau a un rôle spécifique.

L'Europe fixe les objectifs généraux et élabore des plans d'actions sous forme de directives. Elle a fixé des objectifs pour la période 2008-2012, dans le cadre de l'accord intercontinental de Kyoto. Une première directive concernant le bâtiment a été définie en 2002.

Sans attendre l'accord post-Kyoto, l'Europe a défini des objectifs pour 2020, avec obligation de résultat, concernant les émissions de gaz à effet de serre, la consommation d'énergie, la proportion d'énergies renouvelables dans la consommation.

L'Etat définit le cadre national pour transposer ces objectifs et ces directives: réglementation, incitations fiscales et économiques, programme de recherche développement, labels, secteur public exemplaire...

Le pilotage opérationnel se fait au niveau régional, en partenariat avec les professionnels du bâtiment, qui sont pour l'essentiel des acteurs locaux. Le niveau régional est le niveau stratégique pour la mise en œuvre opérationnelle de l'expérimentation et de la diffusion des bâtiments à basse consommation.

Des programmes sont d'origine nationale, c'est le cas de « Building America » et du programme des maisons photovoltaïques japonaises. Mais l'initiative est souvent d'origine locale : en Suisse, « Minergie® » est parti du canton de Zurich, en Autriche, le Voralberg est une région pilote, en Espagne, la politique du solaire thermique est partie de Barcelone, aux Etats-Unis, malgré une absence de cadre fédéral général, les Etats et les villes prennent de nombreuses initiatives, en France, des appels à projets ont été lancés au niveau régional avant toute initiative nationale et Effinergie, une association interrégionale, a créé un label basse consommation, validé ensuite par l'Etat.

De plus, les bâtiments s'intègrent avec les transports dans la ville. Le développement urbain durable, sous la responsabilité des villes, pose la question de la nécessaire articulation entre bâtiment, transports et urbanisme.

L'Etat peut jouer un rôle mobilisateur dans des programmes nationaux mais il n'est opérationnel que lorsqu'il adopte des pratiques exemplaires pour la construction, la rénovation et la gestion de ses propres bâtiments. Mais son rôle, au niveau national, de facilitateur et de soutien à l'expérimentation et à la diffusion peut être très important.

A notre connaissance, une concertation nationale comme le Grenelle de l'Environnement, rassemblant, sous l'égide de l'Etat, les pouvoirs publics, les collectivités territoriales, les employeurs, les syndicats et les associations et débouchant sur un plan d'action ambitieux, notamment sur l'efficacité énergétique du bâtiment et de la ville, est un événement sans précédent au niveau international.

42. Plusieurs modèles sont praticables en France

Trois modèles de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments ont été identifiés. Les trois modèles sont adaptables en France. L'association Effinergie propose une adaptation de la variante suisse du modèle « basse consommation d'énergie ». Il est promis à un bel avenir, car il est moins exigeant que la variante allemande.

Les certifications de types HQE® peuvent évoluer en s'inspirant du modèle « Energie et environnement » par le renforcement de la préoccupation énergétique. Un modèle hybride peut également voir le jour : l'association d'un label HQE® et d'un label Effinergie pour un même bâtiment.

Le modèle « Economie et production d'énergie », dans ses versions maisons individuelles américaines et japonaises, est peu transposable en France en terme de techniques constructives dominantes (bois aux Etats-Unis, préfabrication au Japon). Mais il peut être source d'inspiration pour le développement de solutions bois et de la préfabrication, pour l'intégration du photovoltaïque dès la conception des maisons et pour l'organisation de l'innovation par consortiums d'acteurs.

Il peut aussi s'hybrider avec le modèle « Basse consommation d'énergie » qu'il est possible d'enrichir par le développement de production locale d'énergie, notamment d'origine solaire.

Le choix du modèle dépend du type de compétences à mobiliser et du climat. La France connaît trois climats : continental, atlantique, méditerranéen. Il y a en particulier place en France pour développer un modèle adapté au climat méditerranéen et aux pays du Sud et offrir ainsi une alternative au modèle germano-suisse peu adapté à ce type de climat.

4.3 L'approche d'ensemble du bâtiment est une question essentielle

C'est un enseignement commun aux trois champs étudiés : programmes d'opérations performantes, composants et équipements innovants, programmes de recherche développement.

Le bâtiment basse consommation est avant tout un nouveau concept d'ensemble du bâtiment saisissant dans un même mouvement l'architecture, le climat, l'enveloppe, les équipements. Toute approche décomposant de façon autonome ces différents éléments se traduit par des coûts d'investissement trop élevés et des performances énergétiques insuffisantes. La leçon est claire, qu'elle provienne de « Passivhaus », de « Minergie® » ou de « LEED™ ».

L'efficacité énergétique passe également par une vision d'ensemble du processus de construction ou de rénovation : conception, réalisation, maintenance exploitation.

L'expérience montre qu'une mise en œuvre de qualité insuffisante peut diminuer fortement les performances réelles. « Passivhaus » impose un test d'étanchéité à l'air pour l'obtention du label. Le passage du témoin de la réalisation et à la gestion, s'il n'est pas bien réalisé, peut être également source de forte baisse de l'efficacité énergétique. Les promoteurs de « LEED™ » imposent une procédure de qualité particulière pour assurer une bonne articulation entre réalisation et maintenance exploitation, qu'ils dénomment « commissioning ».

4.4 La qualité de l'assemblage des technologies est une question très importante

Pour les « briques technologiques », la question de l'assemblage des composants et équipements dans un tout cohérent et intégrant la question de la maintenance et de l'utilisation est très importante.

Cet assemblage s'inscrit dans la « triade énergétique », avec des techniques étudiées dans le présent benchmark :

- réduction de la consommation d'énergie : systèmes constructifs, parois opaques, parois transparentes ;
- utilisation efficace d'énergie fossile : ventilation double flux avec récupération de chaleur, systèmes compacts chauffage ventilation eau chaude, rafraîchissement basse consommation, micro cogénération ;
- emploi d'énergies renouvelables : photovoltaïque, systèmes solaires combinés chauffage eau chaude, stockage de chaleur, éclairage, micro réseaux de chaleur.

Un effort majeur est à faire sur la compatibilité et les liaisons entre « briques » (perméabilité à l'air, intégration du solaire...)

L'importance de l'impact de la technologie en matière d'économie d'énergie et de baisse des gaz à effet de serre est un critère essentiel.

Les technologies centrées sur la rénovation, en particulier la rénovation de l'habitat des particuliers doivent constituer un axe important.

En matière de marché potentiel, deux approches sont complémentaires:

- diffusion à court terme de technologies à fort potentiel de marché,
- anticipation à moyen terme de technologies prometteuses.

4.5 Une recherche développement ambitieuse est nécessaire

La comparaison internationale a montré que le bâtiment à basse consommation, ça marche, ce n'est pas forcément une question technique complexe et qu'on peut aller vite avec des techniques existantes. Il existe des milliers, voire des dizaines de milliers de bâtiments très performants ou basse consommation en Allemagne, en Autriche, en Suisse, aux Etats-Unis, au Japon avec des solutions techniques relativement répétitives dans chaque pays.

Certains en concluent qu'une activité de recherche développement est inutile et qu'il suffit de développer des incitations et des formations. C'est une profonde erreur.

De nombreux pays déploient des programmes de R&D importants en la matière car le bâtiment économe est pris dans une dynamique qui s'accélère et qui n'est pas prête de s'arrêter. Le bâtiment et les transports sont les deux principaux défis planétaires pour les gaz à effet de serre et l'énergie.

La réglementation change sans cesse. L'Europe a décidé que la réglementation doit changer tous les cinq ans, la Californie tous les trois ans ! Il est indispensable que la recherche développement contribue à anticiper les réglementations de 2010, 2015, 2020...

Le foisonnement ne se limitent pas à des bâtiments faisant 30 à 50 % d'économie par rapport aux bâtiments ordinaires, la perspective de bâtiments à zéro énergie et à énergie positive exige la contribution d'une recherche développement ambitieuse.

Cette recherche développement doit impérativement articuler approche technique et approche socio-économique, avoir comme axe fort la vision d'ensemble d'un bâtiment, traiter non seulement la conception, mais aussi la réalisation et la gestion, avoir un volet spécifique sur la réhabilitation du parc existant, être menée en partenariat avec les professionnels de la construction et les collectivités territoriales, articuler recherche sur le bâtiment avec recherche sur les transports et la ville, être étroitement associée à la recherche européenne,

ne pas se limiter à la recherche appliquée car la mise au point de nouveaux matériaux notamment interpelle la recherche fondamentale.

4.6 Les labels constituent un moyen efficace

L'expérience de « Passivhaus », de « Minergie® » ou de « LEED™ », pour se limiter à trois exemples, montre l'efficacité des labels dans la définition des concepts de bâtiments basse consommation et leur diffusion.

N'oublions trois caractéristiques essentielles du secteur du bâtiment : il n'y a pas d'acteur dominant, la production est très diversifiée (maisons individuelles, bâtiments collectifs d'habitation, bureaux, commerces, équipements publics...) et les acteurs sont locaux. Nous sommes à l'exact opposé du secteur automobile caractérisé par un petit nombre d'acteurs dominants, agissant sur des marchés mondiaux et ayant une production relativement homogène.

Les labels permettent de mettre d'accord tous les acteurs du bâtiment actifs, dans un grand nombre de marchés locaux, sur un concept de bâtiment adaptable à de nombreux types d'immeubles. Les expériences suisse, allemande et américaine montrent que ces labels ne sont efficaces que s'ils s'inscrivent dans une dynamique comprenant des groupements de professionnels, des guides techniques, des foires commerciales, des sites internet, des événements annuels, des cycles de formation.

Les labels doivent porter sur la réalisation de bâtiments, mais aussi leur gestion. Il est utile qu'ils concernent aussi, comme en Suisse et en Allemagne, les composants et équipements.

4.7 La question la plus difficile est la rénovation du parc existant

La comparaison internationale a montré que tous les pays commencent par le plus facile : la construction neuve. Puis dans un deuxième temps, l'analyse montre pour obtenir des résultats à l'horizon de 2015 ou 2020, une action vigoureuse sur le parc existant est incontournable.

Penser qu'il suffit de travailler essentiellement la question de la construction neuve et que l'on pourra ensuite transposer les solutions du neuf vers l'existant est une idée fautive. Cela est évident pour les dimensions socio-économiques mais cela est également vrai sur le plan technique.

Les Allemands, avec le concept « Passivhaus », savent faire des bâtiments neufs sans équipement de chauffage dans un climat continental, ils ne savent pas le faire techniquement pour des bâtiments rénovés.

L'expérience forte de certains pays pour la construction neuve l'est beaucoup moins pour la réhabilitation des bâtiments. L'Allemagne est l'un des pays les plus intéressants dans le domaine de la rénovation énergétique, tant sur le plan des expérimentations que sur celui de la diffusion nécessitant la mobilisation de financements importants.

L'énergie ne peut pas être la seule motivation d'une rénovation, il convient d'avoir une stratégie de réhabilitation incluant l'énergie comme facteur important. La politique de renouvellement urbain doit impérativement intégrer cette dimension. C'est possible comme l'a montré l'analyse du quartier Vesterbro à Copenhague.

Mais la question la plus difficile est la rénovation des maisons et des appartements appartenant à des particuliers, qui consomment en France plus de la moitié de l'énergie du parc, tertiaire inclus.

Cela nécessite un plan d'action ambitieux articulant recherche, incitations fiscales, financements, diffusion de produits industriels innovants et apparition de nouvelles compétences tendant vers la création d'un nouveau métier : celui « d'améliorateur » énergétique de logements existants, mis en avant notamment par la fondation « Bâtiment et énergie ».

4.8 Pour les professionnels, il s'agit d'un véritable nouveau paradigme

La vision la plus courante est de garder les processus actuels de construction, rénovation et gestion des bâtiments et d'y ajouter une dimension énergétique et environnementale. Cette vision est génératrice de coûts d'investissement élevés et ne permet pas de répondre à l'enjeu.

Nous avons indiqué que baisser la consommation d'énergie de 30 à 50% d'un bâtiment n'est pas techniquement très compliqué, mais le faire est difficile, car les cultures professionnelles dominantes ne permettent pas de le faire aisément.

Pour parvenir à ces performances, et plus encore s'il s'agit de bâtiments zéro énergie ou à énergie positive, il faut concevoir la construction ou la rénovation autrement et abandonner la conception par séquences (architecture, enveloppe, équipements) pour adopter une conception concourante traitant, comme nous l'avons noté, dans un seul mouvement, l'architecture, le climat, l'enveloppe et les équipements. Les composants et équipements fournis par les industriels doivent être intégrés dans cette vision d'ensemble.

Les métiers de la conception ne sont pas les seuls à devoir être transformés. La qualité de la réalisation suppose notamment une étanchéité à l'air peu courante sur les chantiers français. Cela sera d'autant plus difficile à atteindre qu'en France, le coût de la construction est sensiblement moins élevé qu'en Suisse et en Allemagne.

La gestion exploitation maintenance ne doit plus être déconnectée de la production. Cela suppose une procédure qualité du type « commissioning » utilisée aux Etats-Unis. Les modalités d'utilisation des bâtiments doivent également évoluer pour que les comportements des utilisateurs n'annulent pas les efforts faits dans la chaîne conception-réalisation-gestion.

La question des motivations des utilisateurs, qui sont souvent les commanditaires, est très importante. Les promoteurs de « Minergie® » mettent à juste titre en avant les « co-bénéfices » du label pour l'utilisateur. Ils peuvent être quantifiables, comme le supplément de prix de vente ou de revenu locatif permis par la qualité d'une maison « Minergie® » ou non, comme le confort, la protection contre le bruit, la meilleure qualité de l'air, la meilleure hygrométrie, la sécurité accrue, sans parler du sentiment de contribuer au sauvetage de la planète.

Des études américaines montrent que les investisseurs de bureaux «LEED™ » et les entreprises utilisatrices sont attentives au fait que ces bâtiments peuvent jouer un rôle dans l'augmentation de la productivité du personnel. Quand cela est vérifiable, l'économie réalisée est beaucoup forte que l'économie d'énergie.

En fait aucun métier n'échappe à une rédefinition de son rôle. Le maître d'ouvrage doit définir son programme différemment. Le financier doit proposer des prêts innovants tenant compte des économies d'énergie, comme ils existent notamment en Allemagne et aux Etats-Unis ainsi que, depuis peu, en France.

Il s'agit d'un nouveau paradigme pour les acteurs de la construction, un nouveau système de références et bien sûr de nouvelles compétences qui appellent un très important effort de formation.

4.9 Deux facteurs clés sont le financement et la transformation des compétences par la formation

Deux blocages importants peuvent entraver le développement des bâtiments à basse consommation : le financement et les compétences.

Le financement peut prendre des formes multiples : crédits d'impôt, subventions, prêts spécifiques, certificats verts ou blancs, marché du CO₂...

Même dans un pays comme l'Allemagne, où la population et les professionnels ont une forte conscience des enjeux environnementaux et énergétiques, la motivation financière est première pour la décision de construire ou de rénover avec une bonne performance énergétique.

Le fait que le financement, la conception, la construction, la rénovation et la gestion de bâtiments basse consommation constituent un nouveau paradigme pour les professionnels entraînent la nécessité non pas d'un simple ajout de compétences à des compétences existantes mais d'une transformation des compétences par la formation.

Dans certains cas, des nouveaux métiers, comme celui « d'améliorateur » énergétique des logements des particuliers vont apparaître.

La formation, initiale et continue, devient un enjeu essentiel, pour l'ensemble des acteurs concernés : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, artisans, industriels, gestionnaires.

L'utilisation des bâtiments, résidentiels et non résidentiels, nécessitent de nouveaux comportements des utilisateurs, issus de campagnes de sensibilisation, information et formation.

Conclusion

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

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

Avec l'énergie, l'environnement et le développement durable, le contexte est aujourd'hui radicalement différent. Sous l'impulsion politique au niveau européen, national et régional, le *mouvement d'innovation est lancé* à l'échelle internationale et en France. La légitimité de l'action n'est pas contestée.

Les acteurs de la construction et de la gestion des bâtiments ont une extraordinaire opportunité à saisir pour changer leurs compétences, leurs pratiques, leurs formations, leurs niveaux de rémunération et leur image.