

n° 004831-01

février 2008

Economies et substitutions d'énergie dans les bâtiments

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

Rapport n°004831-01

**ÉCONOMIES ET SUBSTITUTIONS D'ENERGIE
DANS LES BATIMENTS**

établi par
JEAN ORSELLI
ingénieur général des ponts et chaussées

Destinataire

Monsieur le Ministre de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durable



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT
ET DE L'AMÉNAGEMENT DURABLES

Conseil général des Ponts et Chaussées
Le Vice-Président

Paris, le 12 février 2008

Note

à

Monsieur le Ministre d'État, Ministre de
l'Écologie, du Développement et de
l'Aménagement durables

à l'attention de M. le Directeur du Cabinet

Rapport n° 004831-01 – Économies et substitutions d'énergie dans les bâtiments

Par lettre du 21 juin 2006, Monsieur le Président de l'Académie des technologies a sollicité le concours du Conseil général des ponts et chaussées afin de participer à la réflexion d'un groupe de travail sur les « **économies et substitutions d'énergie dans les bâtiments** ».

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint le rapport établi par **M. Jean ORSELLI**, ingénieur général des ponts et chaussées, rapport qui a reçu l'agrément de l'Académie des Technologies qui en a souhaité la publication.

Ce rapport rassemble des données sur les consommations d'énergie de chauffage et d'électricité pour les divers parcs de bâtiments, habitat ou tertiaire, neuf ou existant.

Une prospective des consommations d'énergie montre que l'objectif de division par quatre des émissions de CO₂ ne peut être atteint que par une combinaison d'économies d'énergie et de substitutions des énergies fossiles par des énergies renouvelables.

Elle établit aussi que les économies d'énergie dans les bâtiments existants représentent un enjeu beaucoup plus important quantitativement que la diminution des consommations dans les bâtiments futurs, et qu'il convient donc d'y porter une attention particulière.

Le rapport examine donc l'utilisation des techniques d'isolation et de chauffage les plus efficaces dans le cadre des réglementations prises en 2007.

Il traite aussi des possibilités de substituer les énergies actuellement utilisées par des énergies propres ou renouvelables de types divers.

Enfin, le rapport attire l'attention sur l'importance des secteurs mal connus que sont la consommation d'électricité spécifique et d'énergie de préparation de l'eau chaude sanitaire et fait le point sur les techniques et appareillages économes de ces secteurs.

La publication de ce rapport par voie électronique sur le site internet du ministère interviendra, sauf objection de votre part, dans un délai de deux mois à compter de la présente diffusion.

Signé

Claude MARTINAND

Diffusion du rapport n° 004831-01

- le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables	1 ex
- le directeur du Cabinet	2 ex
- le commissaire général au développement durable	2 ex
- le directeur général de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction	2 ex
- le directeur général de l'énergie et des matières premières	2 ex
- le vice-président du CGPC	1 ex
- la présidente et les présidents de section du CGPC	7 ex
- le secrétaire de la 3ème section du CGPC	1 ex
- M. ORSELLI	1 ex
- archives CGPC	1 ex

Remerciements

Ce document a été établi dans le cadre d'un *Groupe de travail* de l'*Académie des technologies* sur les « *Économies et substitutions d'énergie dans les bâtiments* », qui avait souhaité la collaboration d'un membre du Conseil général des Ponts et chaussées.

Celui-ci, qui a participé à l'organisation des travaux du *Groupe*, a été chargé de la rédaction de ce *Rapport*, rendant compte de ses travaux de façon synthétique et complète. D'autres documents sont en cours d'élaboration à l'*Académie des technologies* dans le cadre plus général de ses réflexions sur l'ensemble des questions posées par les politiques de l'énergie, de la lutte contre le changement climatique et du développement durable.

Nous voudrions remercier en tout premier lieu Monsieur Alain Mongon, membre de l'*Académie*, qui a organisé et animé le *Groupe de travail* avec la collaboration de Pierre Crémoux.

Le présent *Rapport* doit tout aux contributions des personnalités extérieures et des membres de l'*Académie des technologies* qui ont participé aux auditions consacrées à :

- l'éclairage et la domotique, et l'électricité spécifique en général, le 20 septembre 2006,
- la construction et l'isolation, le 21 septembre 2006,
- le chauffage urbain et les possibilités de substitution d'énergie pour le chauffage et la préparation d'eau chaude sanitaire par des énergies renouvelables par l'intermédiaire des réseaux de chaleur, le 12 octobre 2006,
- les chaudières (la préparation d'eau chaude sanitaire et pompes des chauffages), le 17 octobre 2006,
- les réglementations et les politiques publiques, le 26 octobre 2006,
- les interventions des architectes dans le domaine des économies d'énergie dans les bâtiments, le 18 décembre 2006,
- l'électricité spécifique, le 30 janvier 2007.

Le lecteur trouvera, en fin de *Rapport*, la liste des membres du *Groupe de travail*, celle des personnes entendues lors des séances de consultation organisées et celle des autres personnes consultées indépendamment. Nous les remercions toutes ici même.

note à l'attention de

Monsieur Jean ORSELLI,
ingénieur général des ponts et chaussées

ministère
des Transports
de l'Équipement
du Tourisme
et de la Mer



Conseil général
des Ponts
et Chaussées
Le Vice-Président

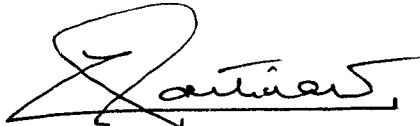
La Défense, le 10 JUIL. 2006

Référence n° 004831-01

Par lettre du 21 juin 2006, le Président de l'Académie des technologies a souhaité que vous participiez à la réalisation de sa **mission de réflexion sur les économies d'énergie dans le bâtiment.**

Je vous donne bien volontiers mon accord pour cette mission enregistrée sous le n° 004831-01 dans le système de gestion des affaires du CGPC.

Conformément à la procédure en vigueur, je vous demande d'adresser votre rapport de fin de mission au président de la 3^{ème} section et de m'en faire parvenir simultanément un exemplaire, aux fins de transmission au Président de l'Académie des technologies.



Claude MARTINAND

Tour Pascal B
92055 La Défense cedex
téléphone :
01 40 81 21 22
télécopie :
01 40 81 23 24
courriel :
Cgpc-sg
@equipement.gouv.fr

Copie à : M. le Président et M. le Secrétaire de la 3^{ème} section

Synthèse du Rapport.

Le présent *Rapport* est issu d'un travail d'audition et d'information réalisé dans le cadre d'un *Groupe de travail* sur les « *Économies et substitutions d'énergie dans les bâtiments* » mis en place par l'Académie des Technologies¹.

LES CONSOMMATIONS. ET LEUR PROSPECTIVE.

La consommation des bâtiments représente près de la moitié de l'énergie utilisée en France, avec plus de 130 Mtep/an² et entraîne plus de la moitié des dépenses.

Ces consommations (et leurs dépenses) se répartissent grossièrement par moitiés entre le chauffage et les autres usages : « *électricité spécifique* », services urbains, préparation d'eau chaude sanitaire (ECS), etc. Le *Rapport* proposera une vue d'ensemble de ces deux domaines.

Le *Rapport* s'est efforcé de rassembler les données disponibles sur les parcs existants, sur les marchés des bâtiments neufs, sur leurs consommations d'énergie, sur les travaux liés aux économies d'énergie et sur les professionnels de ces secteurs.

Ce rassemblement met en évidence nombre de déficits et d'incohérences.

Une politique d'amélioration et de rationalisation du recueil de données serait très souhaitable, et pourrait se faire sans coût supplémentaire par une redistribution des fonds consacrés aux enquêtes existantes, souvent devenues moins pertinentes.

LA PROSPECTIVE DES CONSOMMATIONS.

L'évolution de la consommation globale de chauffage a été très lente dans la période récente, malgré une très vive croissance de surfaces construites. Cela est dû, d'une part aux réglementations énergétiques successives qui, en 2000, avaient divisé par 3 les consommations par m² de surface neuve par rapport aux consommations moyennes des immeubles construits avant 1973 et, d'autre part, aux économies d'énergie réalisées dans les bâtiments existants.

Au contraire, les consommations d'« *électricité spécifique* » et d'énergies pour la préparation d'eau chaude sanitaire augmentent toujours rapidement.

Une prospective de la consommation de chauffage montre que la contribution des bâtiments neufs à un horizon de 2040 ou 2080 est faible. Le durcissement plus ou moins

¹ Voir les *Remerciements* ci-dessus et, en fin de *Rapport*, la liste des membres du *Groupe de travail* et des experts consultés lors des auditions ou indépendamment. Un projet de *Rapport* a été soumis en avril 2007 à toutes les personnes citées, ainsi qu'à divers autres groupes de l'Académie qui travaillent sur la politique énergétique ; il a fait l'objet de nombreuses remarques, parfois contradictoires, qui ont été intégrées dans la version finale élaborée à l'automne 2007. Celle-ci ayant subi divers délais de publication, la présente version a été complétée de quelques investigations plus récentes, sans procéder à une révision complète.

² Mtep/an = million de tep/an. Les **abréviations** sont explicitées dans le **Glossaire** en Annexe.

rapide de la réglementation énergétique change très peu la consommation à long terme.

Ce sont donc les économies d'énergie et/ou d'émission de CO₂ dans les bâtiments existants qui constituent l'objectif principal, ce qui est, depuis peu, couramment admis.

Un scénario de division par deux des consommation des bâtiments existants à l'occasion des rénovations normales – donc à faible coût – montre que la consommation totale en 2040 peut diminuer de 30 % malgré la croissance des surfaces construites et se maintenir ensuite.

Un scénario de rénovation obligatoire des immeubles existants pour atteindre une consommation moyenne de 50 kWh/m² montre que le niveau de consommation atteint vers 2080 sera environ la moitié du niveau actuel.

Pour diviser par 4 les émissions de CO₂, il sera donc indispensable de mener une politique de substitution des énergies fossiles par des énergies propres ou renouvelables.

LES BÂTIMENTS NEUFS.

Plusieurs questions se posent, à court terme, à propos des bâtiments neufs :

- La prédominance actuelle du chauffage électrique à effet Joule est-elle durable ?
- Jusqu'à quel niveau est-il économiquement justifié de poursuivre le durcissement des normes ?
- Quel peut-être l'avenir des « *labels* », sachant que l'on a constaté que tous les labels français existants se sont effondrés vers 2003 ?

Des études sur ces divers sujets devraient être entamées rapidement pour mieux cerner les optimum économiques dans le cadre plus général de la lutte contre l'effet de serre.

AUGMENTER L'UTILISATION DES « MEILLEURES TECHNOLOGIES » DANS LA RÉNOVATION DIFFUSE.

Les ménages et petits utilisateurs tertiaires supportent en moyenne 75 % des consommations et dépenses. Ces décideurs individuels sont extrêmement désarmés pour faire des choix sur la réalisation d'investissements d'un coût parfois très faibles vis-à-vis de celui des consommations énergétiques (et autres dépenses de fonctionnement) ultérieures.

D'où l'utilisation par ces décideurs, mal informés, de matériels à médiocres performances énergétiques (et économiques), surtout dans le domaine des rénovations des bâtiments anciens. Pour le neuf, les réglementations énergétiques successives ont assuré la promotion des meilleures techniques, avec parfois un certain retard sur d'autres pays.

En fait, les principales opérations d'économie d'énergie se font par de la « *rénovation diffuse* », liée à l'obsolescence de deux grands groupes de composants du bâtiment : les vitrages et huisseries (40 % des travaux) et les chaudières (40 % des travaux).

L'utilisation des « *meilleures technologies* » est rentable pour les usagers. Il s'agit donc d'« *actions à coût négatif* » auxquelles les politiques publiques doivent accorder la priorité.

Le *Rapport* décrit ces techniques : vitrages à isolation renforcée, bonnes huisseries, bonnes chaudières, pompes de circuit de chauffage performantes, bons matériaux d'isolation, etc.

Force est de constater que ces meilleures technologies n'avaient pas envahi les marchés français³, alors qu'il existe des pays européens où leur diffusion était bien meilleure qu'en France. Les explications de ces faits sont complexes. La principale est l'absence de réglementation de l'usage de ces composants dans la rénovation ; le *Rapport* donne quelques indications (peut-être utiles pour le futur) sur les freins constatés dans le passé.

Une réglementation du 3 mai 2007 sur la rénovation des petits bâtiments existants, applicable au 31 octobre 2007, impose des performances minimales pour les vitrages, les huisseries, les isolations, les chaudières, les auxiliaires de ventilation, etc.
Elle constitue une réforme fondamentale qu'il importe maintenant de faire appliquer.

Il faut toutefois être conscient que cela ne va pas se faire sans poser des problèmes.

Des évaluations précoces des résultats devront être faites pour définir les mesures de contrôle et éventuellement de sanctions à mettre en œuvre.

Notons que nombre de composants sont peu ou pas traités dans la réglementation de mai 2007, notamment les pompes de chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, les appareils consommateurs d'électricité spécifique. Elle devrait donc évoluer pour les prendre en compte.

L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE.

Le *Rapport* présente les éléments connus sur ce sujet très peu exploré jusqu'ici⁴. Il est pourtant apparemment plus important que celui du chauffage pour les raisons suivantes :

- l'électricité spécifique représente actuellement près de la moitié de la dépense en énergie des bâtiments ;
- son taux de croissance (en quantité d'énergie) et de l'ordre de 4 % par an contre 0,5 % pour le chauffage ;
- les réglementations et les normes sont très peu nombreuses⁵.

Les possibilités de gains sont pourtant considérables. Notamment dans l'éclairage ou les produits audiovisuels et informatiques qui se développent les plus rapidement.

Les pertes inutiles des « veilles » (transformateurs sous tension) représentent 18 % de la consommation d'électricité spécifique. Soit l'équivalent de la production de 3 tranches d'usine nucléaire sur les 59 existantes.

On ne peut guère que recommander, avec les experts de EDF, la mise en place de réglementations des appareils consommateurs d'électricité. La réflexion sur cette tâche de longue haleine devrait recevoir des moyens adaptés.

³ Ceci malgré une batterie de mesures non contraignantes : information des usagers et des professionnels, orientations par des aides spécifiques, « effet d'entraînement de la réglementation du neuf sur l'ancien », etc.

⁴ Les services de EDF qui ont collaboré avec le Groupe de travail ont constitué sa principale source de données. Qu'ils soient remerciés de leur collaboration.

⁵ Mentionnons aussi les « étiquetages » européens qui ont eu quelque succès, notamment dans le domaine du gros électroménager (appareils frigorifiques, lave-vaisselle, lave-linge).

LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE.

Comme l'électricité spécifique, c'est un parent pauvre des préoccupations passées, or :

- elle consomme près de 25 % de l'énergie du chauffage ;
- son taux de croissance (en quantité d'énergie) et de l'ordre de 1 % par an ;
- les règlements la concernant sont très peu nombreux ;
- les quelques actions la concernant reposent sur des techniques coûteuses – et très subventionnées – comme les chauffe-eau solaires.

Le *Rapport* se borne à proposer quelques pistes d'études, dont un usage plus important des pompes à chaleur dont la technologie semble en progrès rapide.

LA SUBSTITUTION : BOIS-ÉNERGIE ET RÉSEAUX DE CHALEUR.

L'usage du bois-énergie, important en France avec près de 8 Mtep/an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, pourrait être triplé ou quadruplé, par amélioration des appareils de combustion et par l'utilisation de bois laissé à pourrir chaque année en forêt.

L'utilisation actuelle du bois est intimement liée à un système d'auto-production (complété par un « *marché informel* ») exempté en quasi-totalité de charges sociales et de TVA. Il est donc pratiquement limité aux « *chauffages individuels* », et ne se développe guère. Ce caractère spécifique entraîne un manque criant de connaissance statistique sur ce secteur.

Son extension suppose une politique d'aides, qui n'arrive pas à se mettre en place à la hauteur des objectifs qu'on pourrait se fixer, malgré quelque signes encourageants. Sur les années récentes, le rythme de création de grosses chaufferies était de 20 000 tep/an, ce qui demandait 400 ans pour atteindre les 8 Mtep/an qu'on pourrait leur fixer comme objectif...

Rappelons que le secteur du bois-énergie, pourtant déjà producteur de 9 Mtep/an d'énergie renouvelable (industrie comprise) est le moins aidé, de très loin, avec moins d'une centaine de millions d'euros par an (toutes aides confondues).

Le manque d'ambition de la politique actuelle doit impérativement faire l'objet d'une évaluation pour définir les moyens, financiers, techniques et réglementaires à mettre en place.

Les réseaux de chaleur sont le véhicule fondamental des énergies renouvelables, dont le bois, les déchets, la géothermie, la cogénération, etc. Ils constituent un objectif fondamental pour la substitution. Or, ils sont très peu développés en France, jusqu'à 10 fois moins comparés à certains pays étrangers. Ils utilisent surtout des combustibles fossiles, qui se développent parfois au détriment des énergies renouvelables, notamment de la géothermie.

Ils étaient même en régression récemment, du fait d'un changement de la politique nationale à leur égard : budget de subventions très réduit, TVA sur l'abonnement portée en 1995 à 18,6 % contre 5,5 % auparavant, etc.

Ils souffrent de nombreux maux : les prélèvements des collectivités locales concédantes, la valorisation (très subventionnée) des ordures ménagères pour la seule production d'électricité, une image médiocre due aux grands écarts de prix entre réseaux, un manque certain de financement et la concurrence parfois agressive des grands réseaux de distribution d'énergie.

La situation actuelle doit impérativement faire l'objet d'une évaluation pour définir les

moyens, financiers, techniques et réglementaires à mettre en place pour une nouvelle politique des réseaux de chaleur.

Chapitre Premier

UN DOMAINE COMPLEXE.

REMARQUE PRÉLIMINAIRE : CONVENTIONS DE MESURE ET COÛTS DE L'ÉNERGIE.

Les conventions d'unités dans le domaine de l'énergie sont une affaire de spécialistes. Nous n'entreprendrons pas ici de développer cette question (voir ci-dessous quelques éléments au Chapitre 1 4). Qu'il suffise ici de noter que les diverses conventions sont des représentations liées à la production d'énergie ou à sa consommation. Le lecteur trouvera des éléments plus détaillés ci-dessous.

Notre propos étant clairement lié à la consommation et à sa diminution, la convention la mieux adaptée est celle de « *l'énergie finale*⁶ » que nous emploierons donc dans ce *Rapport*, sauf exception dûment signalée.

Les décomptes en « énergie finale » ne rendent toutefois pas compte des « *coûts d'énergie* », dont l'examen est indispensable dès lors qu'il s'agit de comparer les investissements réalisés aux gains qui en sont attendus. Ceci d'autant que les « *coûts de chaque énergie* » (gaz, électricité, pétrole, énergie renouvelables) évoluent dans le temps très différemment selon chaque énergie – et très différemment des coûts d'investissement. Il n'est évidemment pas dans notre propos de faire des prospectives sur ce sujet⁷.

LES BÂTIMENTS DANS LA CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE.

Les bâtiments consommaient, en 2005, 130 Millions de tep/an sur 261 Mtep/an⁸ en énergie primaire selon le *Bilan de l'Observatoire de l'énergie*.

Nous employons ici la convention de « *l'énergie primaire* » car c'est elle qui reflète le mieux la valeur monétaire des diverses énergies à l'heure présente. Rappelons que la suite du *Rapport* ne fera plus appel à cette convention.

⁶ Il s'agit (approximativement) des quantités d'énergie délivrées aux consommateurs.

Le lecteur trouvera un aperçu des conventions de mesure de l'énergie au présent Chapitre 1, 4.

⁷ Nous ne donnerons même pas de références sur ce sujet, tant il fait l'objet de propos contradictoires, généralement liés à la position des auteurs par rapport aux diverses énergies. Les « *Rapports Officiels* » sur le sujet ont tellement varié au cours des temps qu'en indiquer les plus récents relèverait des mêmes contradictions.

Nous n'indiquerons pas non plus vers quel type de prospective des prix nous pencherions.

⁸ Voir le *Glossaire des sigles et abréviations* en fin de *Rapport*.

C'est donc près de la moitié de la consommation française d'énergie primaire qui est utilisée dans le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire (ECS), la cuisine, l'électricité spécifique des bâtiments et les services urbains liés aux bâtiments, auquel on a ajouté l'industrie du bâtiment elle-même⁹.

La figure ci-après illustre la répartition de la consommation en énergie primaire¹⁰.

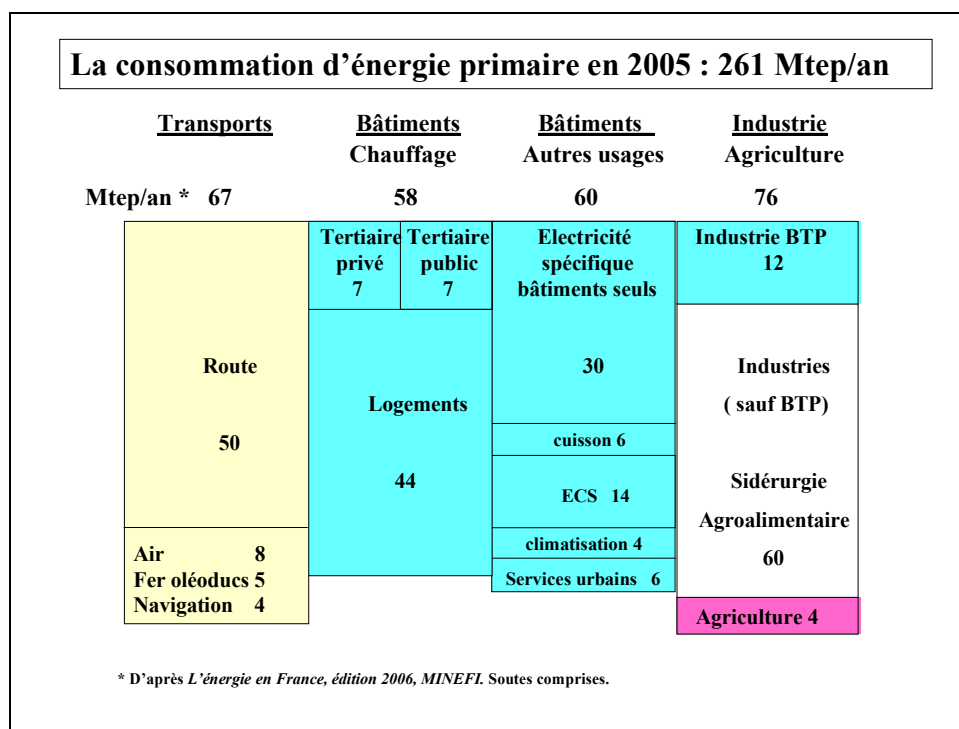


Figure 1. Le secteur des bâtiments dans la consommation d'énergie primaire totale.

Cependant, leur place dans les préoccupations liées à l'énergie était jusqu'à présent très inférieure à leur importance relative dans la consommation, face au secteur des transports ou de l'industrie, par exemple. Cette constatation vaut pour la France comme pour les instances européennes.

Dans ce *Premier chapitre*, nous essaierons donc d'éclairer les spécificités du secteur des bâtiments par rapport à la maîtrise de l'énergie.

Toutefois, nous ne traiterons pas de « l'énergie grise » incluse dans les matériaux et les processus de la construction des bâtiments eux-mêmes, évaluée à une douzaine de millions de tep par an (voir la figure 1).

⁹ Voir *Les chiffres clés de l'énergie*, statistiques publiées annuellement par le ministère de l'économie des finances de l'industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, Observatoire de l'énergie.

¹⁰ La consommation primaire en 2005 est donnée dans *L'énergie en France. Repères*, édition 2006, de l'Observatoire de l'énergie. La répartition des consommations de la « Branche énergie », différence entre la consommation d'énergie primaire et finale est approximative, mais permet l'illustration de notre propos.

Notons que nous n'avons pas représenté la consommation d'énergie de transport liée à la construction des bâtiments.

1. STATISTIQUES, HISTORIQUE, COMPLEXITÉ.

1.1. DONNÉES ET ÉVALUATIONS.

Il s'agit ici de « l'énergie finale » consommée pour le chauffage du bâtiment lui-même et par les multiples « équipements » qui lui sont attachés.

Les données sur l'habitat sont relativement abondantes, mais souvent discordantes¹¹ et elles sont rarement élaborées dans une perspective « moderne » de maîtrise de l'énergie¹².

Le secteur tertiaire, très dispersé, est bien plus mal connu¹³.

Une des premières tâches que devrait se fixer un programme de maîtrise de l'énergie devrait donc être de les harmoniser, de choisir les croisements les plus judicieux¹⁴ et d'en faire une présentation raisonnée et complète.

Cela concerne en particulier les « dépenses monétaires » d'énergie du secteur des bâtiments, dont nous n'avons trouvé presque aucune évaluation tant soit peu détaillée.

Nous prions ici le lecteur de ne pas s'arrêter dans notre texte à des différences qui proviennent de ces manques d'homogénéité des données.

De plus, les données sur l'électricité spécifique et sur la production d'eau chaude sanitaire, en forte croissance toutes les deux, sont très parcellaires, peu fiables et souvent anciennes¹⁵.

¹¹ Ainsi, *Le Compte du logement* comptabilisent, en 2003, 25 747 000 résidences principales, tandis que *Les chiffres clés de l'énergie* n'en décomptent que 22 522 000 munies d'un chauffage central, auquel il faudrait en ajouter 1 700 000 sans chauffage central. La différence de 1 500 000 logements demanderait être éclaircie.

¹² Pour le logement, voir la série annuelle *Le Compte du logement, Rapport à la commission des comptes du logement*, ministère de l'équipement (ou du logement) sur le site www.equipement.gouv.fr. Ce document donne souvent des « pourcentage d'évolution » sans donner les valeurs physiques ou monétaires correspondantes dans le domaine de l'énergie. Il existe aussi d'autres documents internes à la DGUHC (direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction).

Deux autres organismes fournissent des données générales sur le logement :

- l'Observatoire de l'Habitat existant (OHE), site de l'ANAH (Association Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat) et de la FFB (Fédération Française du Bâtiment) <http://www.anah.fr/pdf/obs-tome5.pdf>
- le Club de l'amélioration de l'habitat, <http://www.cah.asso.fr/>

Pour les données énergétiques, voir le site du ministère www.industrie.gouv.fr ou le document annuel *Les chiffres clés de l'énergie*, publié par le ministère de l'économie des finances de l'industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, Observatoire de l'énergie (et les autres productions de l'Observatoire). Des éléments complémentaires se trouvent dans *L'énergie en France, Repères*, de même origine.

Voir aussi *Les chiffres clés du bâtiment* CD-ROM édité par l'ADEME et ses extraits sur le site de l'ADEME.

Divers éléments peuvent être obtenus auprès d'associations comme Énergie Demain ou les *Cahiers du CLIP*. Signalons enfin le CEREN qui produit des données sur l'énergie dans l'habitat (voir note suivante).

Le Club d'Ingénierie Prospective Energie-Environnement (CLIP) a produit quelques articles sur l'habitat en général, notamment le Cahier n°13, *Habitat et développement durable- Bilan rétrospectif et prospectif*, avril 2001, et le Cahier n°16, *Habitat et développement durable, les perspectives offertes par les énergies renouvelables*, septembre 2004. On signalera d'autres Cahiers du CLIP ciblés sur techniques particulières.

¹³ La source principale est le CEREN qui réalise des études sur le tertiaire pour Électricité de France, Gaz de France, l'ADEME et l'Observatoire de l'énergie. Mais ces études ont un caractère confidentiel vis-à-vis des autres secteurs de l'administration et *a fortiori* des organismes comme l'Académie des technologies.

¹⁴ Les décompositions précises concernant la demande (diverses catégories de maître d'ouvrage croisées avec leur statut vis-à-vis de la décision de faire des travaux) sont quasi inexistantes. On en est réduit à des hypothèses.

Nous remercions ici Mmes Marie-Hélène Laurent et Nelly Recrosio du département « Énergie dans les bâtiments et territoires » à EDF-R&D, qui ont participé à nos travaux et nous ont communiqué des éléments précieux. Voir aussi leur article *Les besoins énergétiques des bâtiments*, in *Futuribles*, février 2007.

¹⁵ Voir les études et données existantes au chapitre que nous leur consacrons plus loin.

Nous essaierons, néanmoins, de présenter quelques éléments significatifs au chapitre 2.

Toutefois, une politique d'économies d'énergie dans le domaine des bâtiments a été menée dès le début de la crise énergétique de 1973-1986. La connaissance de ses réussites (l'évolution des bâtiments neufs), de ses manques (l'électricité spécifique sauf l'électroménager, l'eau chaude sanitaire) et de ses échecs (la rénovation) paraît fondamentale. En effet, les réflexions récentes reprennent des types d'actions ayant notoirement échoué sans essayer au préalable de tirer les leçons des échecs du passé.

Sur l'analyse des politiques précédentes, le document le plus pertinent - bien que déjà ancien - reste le *Rapport* d'Yves Martin [1]¹⁶, *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*¹⁷, de 1998.

Il n'y a pas de travaux récents aussi importants. Ceux du sous-groupe « *Groupe 1 - Les enseignements à tirer du passé* » de la *Commission Énergie du Conseil d'analyse stratégique*, actuellement en cours, n'apportent rien sur le domaine du bâtiment¹⁸.

Ce n'est qu'en 2007 que le « *Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments* » (PREBAT)¹⁹ a enfin fait l'objet de son lancement officiel, alors que son équivalent dans le domaine des transports, le PREDIT, remonte à 1984²⁰.

Ce n'est pas le lieu d'ici d'analyser en détail les raisons complexes du retard, pourtant manifeste depuis longtemps, pris par le secteur du bâtiment. Toutefois, il semble indispensable de consacrer quelques pages aux caractéristiques spécifiques des bâtiments.

Le maître-mot de cette réflexion sera celui de « *complexité* », à l'opposé des autres domaines de l'industrie, des transports ou de la production d'énergie.

1.2. PRIORITÉ DE L'INDUSTRIE ET DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE SUR LE BÂTIMENT.

¹⁶ Les références seront rappelées dans le cours du *Rapport* par un chiffre entre crochets du type [1] qui renvoie à la *Bibliographie* située à sa fin.

¹⁷ *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, Instance d'évaluation présidée par M. Yves Martin, pour le Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, Commissariat général du Plan, 1998, édition La documentation française [1]. Elle comportait une dizaine d'*Annexes* non publiées relatives aux Bâtiments, disponibles au Commissariat au Plan (voir la *Bibliographie*).

¹⁸ Ceci en l'état des travaux en fin 2006, très orientés sur la production d'énergie.

¹⁹ Sur l'état très embryonnaire de la réflexion en 2004 voir la *Note de réflexion sur l'organisation du PREBAT*. Alain Morcheoine, Ademe, 17 décembre 2004 [35] et, en ce qui concerne plus particulièrement les bâtiments existants qui apparaissent comme l'objectif majeur du PREBAT, la *Note d'orientation pour l'atelier 1 du PREBAT, Quelle stratégie de recherche-développement pour agir sur l'existant ? Quelles filières technologiques et professionnelles développer ?* Décembre 2004, document de travail non publié, [2].

Les quelques documents produits récemment par le PREBAT concernent tous les bâtiments neufs, dont on va voir qu'ils ne constituent qu'une part minime de la réflexion sur les économies d'énergie dans les bâtiments. Aussi, ne les mentionnerons nous pas ici.

²⁰ Au début, il porte le nom de *Programme de Recherche et de Développement Technologique dans les Transports Terrestres* (PRD3T). Sa composante énergétique représentait plus de la moitié du programme.

Les bâtiments, malgré leur part quasi majoritaire dans la consommation, ont longtemps été négligés dans la politique énergétique par rapport à l'industrie, à la production d'énergie et aux transports.

La principale raison semble que les priorités dans la politique énergétique ont été liées à la concentration des interlocuteurs industriels.²¹ On verra d'ailleurs que le secteur industriel du bâtiment et de sa rénovation est particulièrement dispersé.

La première priorité a jusqu'ici été – et est toujours – donnée à la production d'énergie, éoliennes, électricité ex-déchets, électricité solaire, biocarburants, etc., à travers des dialogues directs entre la puissance publique et les « producteurs d'énergie ». Le caractère commun à toutes ces politiques est l'existence de lourdes « *subventions*²² » pour rendre ces énergies compétitives.

Les surcoûts consentis sont extrêmement élevés : un *Rapport* récent estime que ceux de la « *cogénération sous obligation d'achat* » à 513 €/tonne CO₂ et que le montant de « *trois années d'aides publiques pour le fonctionnement des installations de cogénération représentent le coût d'investissement d'un EPR* »²³.

Une autre priorité a été celle des secteurs comme l'automobile, où il existe un très petit nombre d'interlocuteurs industriels substituables aux utilisateurs réels (automobilistes et entreprises de transport), qui sont plus accessibles à travers des processus de négociations classiques (normes) ou plus innovants (« engagements globaux »)²⁴.

De même, une priorité a concerné le domaine très concentré des industries considérées en tant que consommateurs finals, dont plus de 90 % des émissions sont le fait de 9 % des 25 000 plus gros établissements.

Le diagramme ci-dessous illustre l'extrême concentration de la consommation d'énergie dans l'industrie, en total contraste avec la multiplicité des consommateurs dans le domaine des bâtiments.

²¹ Certains membres du Groupe de travail sont même allés jusqu'à parler d'une : « *Obsession de l'offre plutôt qu'ed la demande* ».

²² Nous appellerons par convention « *subvention* » toute distorsion financière des conditions de la concurrence quelle que soit la forme adoptée : versements directs (subvention au sens commun), abaissement de taxes (TIPP notamment), obligations d'utilisation ou de fourniture (le versement repose sur une péréquation au niveau des usagers), etc.

²³ Maxence Langlois-Berthelot, Jean-Michel Biren, Thomas Revial, Philippe Dumas, *Rapport sur les installations de cogénération sous obligation d'achat*, Inspection générale des Finances et Conseil général des Mines, janvier 2007, citations page 13 et 25.

²⁴ Ces engagements sont apparemment difficiles à tenir complètement, comme en témoigne la révision en janvier 2006 de l'engagement européen sur les « *émissions de CO₂ par kilomètre* » des voitures particulières.

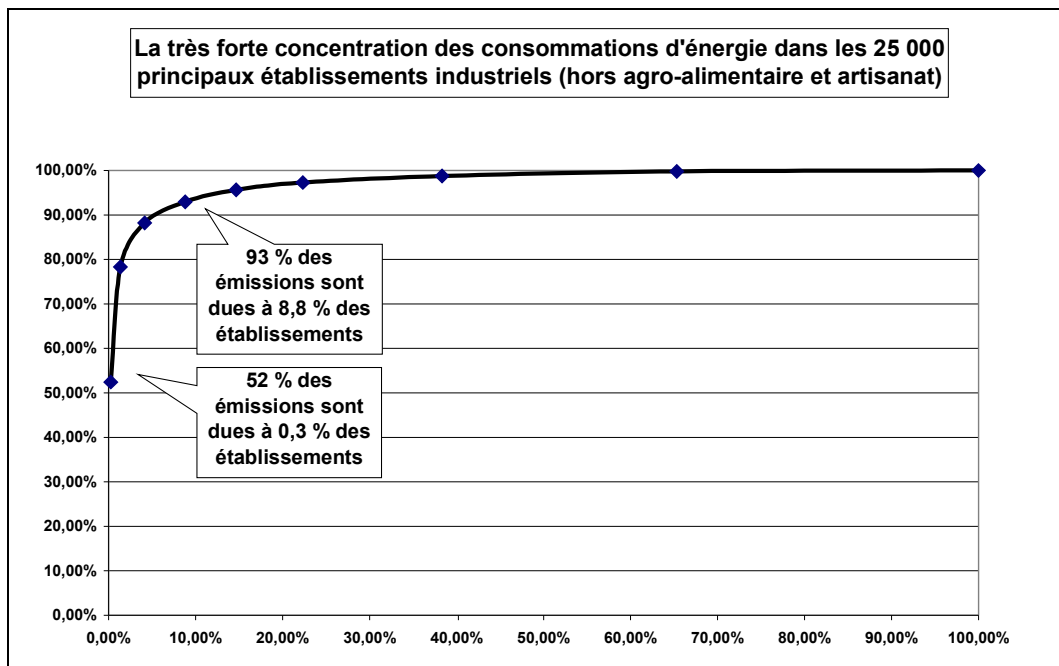


Figure 2. Répartition des consommations dans l'industrie.

On conçoit que les « *engagement volontaires* » de la dizaine de constructeurs européens d'automobiles ou des gestionnaires de quelques milliers de sites industriels français soient des procédures pouvant être opérantes.

Par contre, le secteur du bâtiment comporte une vingtaine de millions de « maîtres d'ouvrages » différents et 296 000 entreprises. La transposition des procédures d'engagement volontaire est donc très difficile²⁵.

1.3. UNE DEMANDE DISPERSÉE ET HÉTÉROGÈNE.

1.3.1. DIFFÉRENCES ENTRE L'HABITAT ET LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.

Les principales caractéristiques du secteurs de l'habitat sont :

- dans les logements existants, une extrême dispersion des consommateurs de chauffage :
 - 80 % des consommations du parc sont dues à des logements individuels ou à chauffage individuel en immeuble collectif ;
 - 7,4% à des logements sociaux à chauffage collectif ;
 - 12,5 % à des copropriétés à chauffage collectif ;
- dans le logement neuf, une forte dépendance de la demande vis-à-vis de l'offre technique.

²⁵ La seule procédure importante connue dans le secteur du bâtiment a été celle concernant la construction en bois, qui ne semble pas avoir obtenu de grands résultats au bout d'une petite dizaine d'années.

Les principales caractéristiques des bâtiments tertiaires résultent de leur hétérogénéité :

- le tertiaire public représente plus de la moitié de l'ensemble du tertiaire :
 - o il se compose de grandes catégories qui ont des fortes différences de fonctionnement énergétique : bureaux (administrations, mairies, justice, etc.), santé, éducation, grands établissements de recherche, équipements sportifs et de loisirs (piscines, gymnases, salles), habitat communautaire, armées, transports (gares et aéroports), éclairage public, etc. ;
 - o leur gestion relève de l'État pour une faible part et surtout des collectivités locales ou de leurs émanations ; environ 5 000 entités (22 régions, 100 départements, 4 500 communes formant les unités urbaines de plus de 5 000 habitants²⁶) regroupent la gestion d'environ 70 % de la demande d'énergie ;
- le tertiaire privé est formé de catégories moins nombreuses, bureaux privés, commerces, hôtellerie-restauration, mais qui se caractérisent par une très grande dispersion des tailles d'établissements et un grand nombre de gestionnaires.

La dispersion des consommations par maître d'ouvrage a une amplitude très peu étendue dans le logement (sauf l'exception de très grands ensembles locatifs). Par contre, l'éventail dans le domaine du tertiaire privé ou public est très vaste entre le petit commerce ou le petit café et les grands maîtres d'ouvrage publics²⁷.

La production d'eau chaude sanitaire est pratiquement toujours individuelle dans l'habitat.
La consommation d'électricité spécifique est toujours individualisée par logement.

1.3.2. SPÉCIFICITÉS TECHNIQUES .

Le « secteur économique du bâtiment » cumule les facteurs de dispersion qui rendent difficile la mise en place d'une politique énergétique :

- diversité des « *modes de consommation de l'énergie* » : chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson, électricité spécifique ;
- extrême pérennité des bâtiments existants imposant le contact direct avec leurs possesseurs ;
- existence de « *métiers techniques* » totalement séparés (isolation, huisseries, vitrage, chauffage, électricité, etc.) ;
- intervention de « *métiers de conception* », architectes, bureaux d'études, bureaux de contrôle, dont on verra qu'elle ne concerne réellement que 40 % environ de la construction neuve, et une part marginale de la rénovation (gros immeubles) ;
- extrême dispersion des entreprises dans les deux secteurs de la rénovation et de l'entretien d'une part, et de la construction de logements individuels ; seule la construction de gros bâtiments (logements collectifs et gros bâtiments tertiaires) échappe à cette dispersion ;
- faiblesse - pour ne pas dire absence - d'une tradition de normalisation dans le secteur²⁸ ;

²⁶ Les hôpitaux constituent le principal cas d'établissements publics autonomes qui échappent à la gestion directe par les collectivités locales.

²⁷ La Ville-département de Paris, les collèges de départements très peuplés, ou les lycées de la région Ile-de-France. La connaissance des modalités précises de décision ne semble pas avoir fait l'objet d'études, notamment dans le « *Groupe d'étude des marchés publics Développement Durable Énergies Renouvelables* ».

²⁸ Les seules règles énergétique existantes concernent les bâtiments neufs (depuis 1973), l'étiquetage des produits

- grande dispersion des responsabilités administratives au niveau même de l'État ; cette dispersion se traduit plutôt par une absence de dialogue que par des conflits de compétence²⁹. (ce qui n'est pas le cas, par exemple, pour l'automobile, les transports, ou les industries en tant que consommatrices) ;
- très forte intervention des autorités locales sur ce secteur (réseaux de chaleur, règlements d'urbanisme, ressources forestières, tertiaire public, logement social), à peu près inconnue dans les autres domaines de consommation de l'énergie.

1.3.3. INFLUENCE DES DONNÉES EXTÉRIEURES.

La comparaison internationale permet de mesurer l'influence des facteurs extérieurs.

La donnée climatique est fondamentale : en Espagne ou en Italie, les besoins de chauffage sont de l'ordre du cinquième de ceux connus en Allemagne, Suisse, et dans les pays nordiques. La France offre à cet égard un modèle européen en réduction, les besoins pouvant aller de 1 à 4.

On représente traditionnellement en France la donnée climatique par les « *degrés-jours unifiés* » (DJU) qui permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver. Pour chaque 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (DJU) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, 18°C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour. C'est donc une estimation de la différence entre la température intérieure de référence - hors apports naturels et intérieurs - et la température extérieure médiane de la journée. Habituellement, les DJU sont pris sur la période de chauffe de 232 jours allant du 1er octobre au 20 mai³⁰.

Le tableau ci-dessous indique les DJU pour quelques départements et quelques lieux dans certains d'entre eux. Ils varient :

- de 1 267 à Nice à 2 827 à Strasbourg, avec 2 158 DJU à Paris,
- de 1 070 à Menton à plus de 4 500 dans une station d'altitude,
- dans le même département des Alpes-Maritimes, les DJU peuvent aller de 1 070 à Menton à 3 428 à Saint Étienne de Tinée, séparés de 60 km seulement.

Tableau 1. Les Degrés-jours unifiés moyens sur longue période.

	Département	observatoire	DJU
33	Gironde	Bordeaux-Mérignac	2 037
75	Paris	Paris-Montsouris	2 158

électroménagers, le rendement minimum des chaudières au gaz et au fioul (ce n'est que depuis 2004 que cette règle est devenue réellement discriminante).

²⁹ On peut constater que le Protocole du PREBAT de 2006 ne concerne pas le ministère de l'agriculture, alors que le secteur du bâtiment consomme déjà plus de 80 % de l'énergie de biomasse, laquelle représente près de 15 % de la consommation pour le chauffage.

³⁰ Les DJU sont essentiellement utilisés pour comparer les consommation d'un bâtiment d'une année sur l'autre, notamment pour calculer les sommes dues dans les contrats de chauffage.

29	Finistère	Brest-Guipavas	2 180
35	Ille-et-Vilaine	Rennes	2 292
72	Sarthe	Le Mans	2 428
14	Calvados	Caen	2 451
69	Rhône	Lyon-Bron	2 499
51	Marne	Reims	2 665
59	Nord	Lille-Lesquin	2 693
67	Bas Rhin	Strasbourg-Entzheim	2 827
13	Bouches-du-Rhône	Marseille-Marignane	1 790
06	Alpes-Maritimes	St-Etienne de Thinée Auron	3 428
		Nice Côte d'Azur	1 267
		Monaco	1 112
		Menton	1 070
05	Hautes-Alpes	Gap-ville	2 789
		Le Monétier-Sestrières	4 475
74	Haute-Savoie	Annecy	2 756
		Annemasse	3 006
		Vallorcine	3 869

Les autres pays européens qui utilisent les DJU ne les calculent pas de façon identique, mais on peut indiquer les estimations suivantes :

- Stockholm, 4 000 DJU,
- Berlin, 4 000 DJU,
- Rome, moins de 1 000 DJU.

C'est une des raisons de la complexité des normes énergétiques françaises pour les bâtiments neufs qui distinguent trois zones climatiques, et ont répondu à cette variabilité par une « *norme performancielle* » globalisant l'objectif de consommation à atteindre, alors que les pays nordiques, plus homogènes, sont passés par des « *normes de composants* » définissant la qualité minimum exigible des fenêtres, huisseries, vitrages, appareils de chauffage, etc.

Le « *rapport coût efficacité* » des composants et matériels utilisés dans les pays à climat froid a de tout temps été double du *rapport* connu en climat moyen français pour un bâtiment identique (du fait de cette consommation double).

Ce qui explique la grande différence des « *solutions techniques* » élaborées depuis une trentaine d'années en France ou dans « *l'Europe froide* »³¹. Cette différence s'étend aussi à leur mise en œuvre, notamment à un recours beaucoup plus systématique à des maîtres d'œuvre pour appliquer les solutions plus chères de l'Europe du Nord dans les logements individuels et les rénovations³².

La transposition systématique des techniques nordiques sur toute la France peut même se révéler d'une grande absurdité économique si on l'impose aux bâtiments situés dans les zones les moins froides de l'Hexagone.

La « destination du bâtiment » est tout aussi fondamentale que le climat. La principale

³¹ L'utilisation de la « double fenêtre », ou les techniques « *lourdes* » de construction des murs (au lieu de celle du mur en parpaings ou briques creuses), montre d'ailleurs que ces différences remontent plus loin que 1973.

³² Cette différence banalement logique a jusqu'ici été perçue essentiellement comme un fait culturel : « *les Allemands aiment leur maison, etc.* ».

ligne de clivage sépare les logements et la majorité des bâtiments tertiaires où *l'intermittence* – « *ne pas chauffer quand cela n'est pas nécessaire* » – permet de diviser la consommation à isolation égale par un facteur allant de 1,5 à 2.

Ajoutons enfin que la température d'utilisation du bâtiment varie fortement, basse pour les gymnases ou les grandes surfaces commerciales, elle peut atteindre 23° dans les services hospitaliers ou même 26° dans les piscines. Ce qui n'est évidemment pas sans influence sur le « ratio coût efficacité » des isolations.

« *L'offre d'énergies* » est, elle aussi, extrêmement différente d'un bout à l'autre de l'Europe. La Suisse ou la Suède possèdent une production abondante d'électricité hydraulique, et la France d'électricité nucléaire, à des coûts d'obtention pratiquement indépendants du marché international de l'énergie³³. Les prix de vente relatifs des diverses énergies à l'intérieur du même pays diffèrent donc d'un pays à l'autre, ce qui entraîne l'application de solutions techniques différentes.

Le cas le plus frappant est celui de l'ensemble « *bâtiment sur-isolé plus chauffage électrique direct (à convecteurs)* », très favorisé en cas de disponibilité d'électricité moins chère que dans d'autres pays, qui fut développé en France grâce à une politique de labels spécifiques (sur lesquels on reviendra)³⁴. Ce modèle est actuellement celui de 70 % des logements neufs construits, et peut-être plus encore en matière de bureaux.

« *Le prix de l'électricité* » a conditionné fortement sur le long terme les offres en matière d'électricité spécifique. La France, où l'électricité est une des moins chères d'Europe, utilise forcément des matériels moins performants que ses voisins à électricité chère. Les pratiques nationale de la distribution, auxquelles on attribue généralement ces différences, sont probablement le résultat de ce différentiel économique – plutôt qu'une cause indépendante.

La concentration dans quelques multinationales européennes de la production des principaux composants de l'efficacité énergétique en matière de chauffage (appareils de chauffage, huisseries, vitrages, isolation) fait que l'offre de matériels adaptés aux zones chaudes est diffusée partout sur le marché ouvert européen par les mêmes industriels.

1.4. DIFFICULTÉS DE L'INFORMATION.

« *L'information* » est une des clés des choix en économie libérale. Elle est particulièrement fondamentale dans les secteurs diffus de la rénovation et de l'électricité spécifique, où chaque opération est d'un coût très réduit (contrairement à l'achat d'un logement).

Elle est grandement facilitée sous les climats tranchés, car l'offre y est sélectionnée automatiquement : on imagine mal les Italiens (qui consomment peu) acheter des matériels allemands très chers mais économes, et les Allemands acheter des matériels simples pour climat plus chaud.

Par contre, du fait de sa position intermédiaire, l'information sur les matériels est

³³ Ce qui ne veut pas dire que les fluctuations du prix international de l'énergie sont sans effets sur les prix de vente de l'électricité dans ces pays.

³⁴ Nous nous référons explicitement ici à la grande diffusion du chauffage électrique en France et à des politiques de labels français type PROMOTELEC. Ce label, encore actif en 2003, a pratiquement disparu en 2005, du fait de l'instauration des normes énergétiques 2000 et de la suppression concomitante de la prime EDF qui lui était attachée.

particulièrement difficile en France. Tous les matériels y sont présents, ou presque.

L'information regroupe des modalités complexes :

la publicité,

l'information ouverte (étiquetage par les pouvoirs publics, comparaison par les associations de consommateurs),

le « conseil » absent – on l'a vu – dans la rénovation (ou plutôt, fourni par les distributeurs actuellement, il s'apparente à de la publicité),

« l'imitation » (diffusion de retours d'expérience entre consommateurs de bouche à oreille au niveau local).

Le « phénomène d'imitation » est très ambigu. En effet, les contre-performances dues à l'utilisation de matériels inadaptés se font connaître très rapidement : la lecture de sites Internet sur les pompes à chaleur est particulièrement édifiante à ce sujet³⁵. Mais, le phénomène est plus général et touche l'éclairage « à basse consommation » par exemple. Dans ce cas, l'information par imitation peut discréditer toute une filière dès lors que le marché offre des matériels inadaptés.

L'imposition de normes minimales (ou d'un étiquetage européen) constituerait, d'une certaine façon, la meilleure des informations car certifiée par la puissance publique. Bien que l'étiquetage soit utilisé avec un succès certain dans le domaine de l'électroménager, il totalement absent de la plupart des autres secteurs de l'électricité spécifique.

Surtout, les normes ne concernent pas les autres matériels de maîtrise de la consommation de chauffage en France. Or, on constate que certains pays (Allemagne, Grande-Bretagne, pays du Nord) ont mis en place des « exigences minimales pour certains composants » compatibles avec la libre circulation des produits en Europe, et ceci souvent depuis longtemps (Allemagne).

1.5. À LA RECHERCHE D'UNE SOLUTION UNIVERSELLE POUR LE CHAUFFAGE ?

Le débat actuel a tendance à se focaliser sur des « solutions techniques universelles ». C'est particulièrement typique en ce qui concerne le chauffage des logements existants.

On peut citer la Proposition du « Collectif d'industriels “Isolons la Terre contre le CO₂” »

« Arriver à ramener à 50 kWh/m²/an la consommation des bâtiments [existants] n'est pas une alternative à autre chose. C'est une obligation que nous avons. La question n'est donc pas de savoir si cela nous fait plaisir d'agir en ce sens. Elle est plutôt de savoir comment on va s'y prendre pour y parvenir. Et cette étude nous montre que des voies raisonnablement simples existent pour cela. [...] »

Il semble que la solution la plus intéressante, la plus simple à mettre en œuvre, la plus simple à contrôler, la moins chère à réaliser et probablement la plus efficace soit celle de “la solution technique unique” par laquelle on mettrait en œuvre les mêmes dispositions techniques de rénovation dans tous les logements, sans distinction de zone, d'énergies, ou de type de bâtiment.³⁶ »

³⁵ Le phénomène est d'ailleurs bien connu à propos des pompes à chaleur de fabrication nordique prônées (et subventionnées) qui furent installées durant la crise de l'énergie de 1973-1986.

³⁶ Bâtiments « 50 kWh/m²/an ». Étude prospective des moyens techniques à mettre en œuvre, Collectif d'industriels “Isolons la Terre contre le CO₂” – ENERTECH, 2007, 126 pages. Citation de la Conclusion page 76. Cette association qui regroupe des industriels de l'isolation (Saint Gobain notamment) et des bureaux d'ingénierie énergétique, est une des plus actives dans le débat actuel.

Une telle vision, résolument anti-libérale, serait aussi, si on la prenait au pied de la lettre, totalement anti-économique. Passe encore de vouloir traiter le bâtiment de la Côte d'Azur à l'identique de celui des zones les plus froides de France, mais il est évidemment absurde d'affirmer mettre sur le même pied d'efficacité économique deux pavillons utilisant des énergies à coût très différent, en utilisant la même solution.

De plus, elle évacue totalement l'utilisation des énergies de substitution à la fois non émettrices de CO₂ et issues d'une production autochtone, donc favorable aux objectifs de balance des paiements et de lutte contre le chômage. Le fait que l'utilisation individuelle de la biomasse (chauffage au bois) et les réseaux de chaleur à énergies renouvelables (déchets, biomasse, géothermie, cogénération) occupent environ 15 % du marché actuellement démontre suffisamment leur intérêt économique, environnemental et social, à une époque où l'énergie était peu chère, et donc *a fortiori* aujourd'hui.

Enfin, elle laisse de côté la question de l'électricité spécifique, sans parler de la production d'eau chaude sanitaire ou de la cuisine.

2. LES OBJECTIFS ; POSITIONS ADOPTÉES DANS LE RAPPORT.

Reconnaître que la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments offre actuellement des champs plus faciles à exploiter que dans l'industrie ou les transports, c'est reconnaître que ses objectifs sont encore loin d'être complètement définis.

Nous proposons de retenir les catégories classiques suivantes pour définir les objectifs :

- le bilan coût efficacité économique de chaque opération,
- les émissions de carbone fossile (effet de serre),
- le critère d'indépendance énergétique,
- les effets sur l'emploi,
- un critère d'équité lorsque l'on impose une mesure coûteuse pour l'utilisateur,
- d'autres externalités : confort, occupation du sol (urbanisme, sols agricoles), pollutions locales, contraintes diverses.

La pluralité des critères devrait être traitée par l'attribution d'une valeur économique à chaque externalité : valeur de la tonne de CO₂, valeur du risque lié à la dépendance énergétique, gain lié à une augmentation de l'emploi, valeur des inéquités susceptibles d'être compensées par des subventions, valeur des diverses autres externalités.

2.1. COMPRENDRE L'OBJECTIF « DIVISER PAR 4 LES ÉMISSIONS-DE CO₂ » ?

La « *division par 4* » a fait florès depuis que le Gouvernement a repris cette formule, d'ailleurs ancienne³⁷.

Mais, cet objectif paraît souvent mal compris, pris sous la forme du slogan simplifié de la « *division par 4 des émissions de CO₂* »³⁸.

³⁷ Dans un livre paru en 1992, nous même proposons une « *division par 3 des consommations unitaires* », in *Énergies nouvelles pour l'automobile*, éditions Paradigme.

En effet, ce type de slogan a pu être compris par le passé en termes de consommation unitaire, de consommation d'énergie, d'émissions de CO₂, etc.

³⁸ Nous n'entrons pas dans la discussion des *Rapports officiels* les plus récents sur le sujet, notamment le

Rappelons qu'il faut entendre que :

- l'objectif est de ramener les émissions de CO₂ à un niveau inférieur à celui de 1990 ;
 - o ce qui demande que les pays avancés diminuent leurs émissions unitaires ;
 - o pour que la consommation de biens puisse s'y développer (par exemple en augmentant les surfaces habitables) ;
 - o et pour que les pays émergents puissent disposer d'une réserve d'émission de CO₂ suffisant à leur développement ;
- cela exige que les pays avancés divisent par plus de 4 leurs « *émissions unitaires* » pour leurs diverses actions : par exemple par km de déplacement automobile, par m² moyen de bâtiment chauffé, par unité de produit industriel ;
- ce qui ne veut pas dire diviser par 4 les consommations d'énergie. L'utilisation d'énergies exemptes de CO₂ peut permettre de moins diminuer la consommation.

Ainsi, le chauffage électrique ou à énergie renouvelable exempt de CO₂ satisfait à l'objectif. *A contrario*, remplacer un ballon électrique par un chauffe-eau solaire ne répond pas à l'objectif.

2.2 LES BILANS « COÛT EFFICACITÉ » ÉCONOMIQUE.

Faire des bilans économiques « coût efficacité » pose de multiples problèmes assez spécifiques dans le domaine des bâtiments et de leurs équipements.

La question se pose le plus généralement en termes de « *supplément d'investissement* » face à un « *gain différentiel* » escompté. En effet, le « *matériel de base* » est déjà obligatoire ; c'est évident dans la construction neuve, et c'est le cas général dans la rénovation où il faut généralement remplacer un composant existant (chaudière, huisseries, vitrage, réfection de paroi)³⁹.

Une première difficulté est d'adopter un consensus sur le calcul de la rentabilité du point de vue de l'utilisateur. Il existe des critères de rentabilité des investissements publics, reposant sur un « taux d'actualisation » censé représenter un optimum collectif.

Il est notoire que l'acheteur moyen minimise fortement les gains ultérieurs par rapport aux critères de rentabilité publique, ce qui conduirait à des taux d'actualisation plus élevés.

L'estimation sur le long terme de la valeur de l'énergie, qui conditionne la valeur des gains, constitue une seconde difficulté. Ses fluctuations à court terme ont été fortes depuis 1973, et un accord sur une valeur future est difficile.

Toutefois, le secteur des bâtiments et de leurs équipements apparaît comme très clivé de ce point de vue entre le court terme (5 à 20 ans) et le long terme :

- l'isolation des bâtiments (parois et vitrages) ou les réseaux de chaleur, où l'amortissement de l'investissement représente le tiers du coût final, relèvent du long terme ; ce sont les principaux cas où l'incertitude sur la valeur de l'énergie constitue un problème ;
- dans un chauffage à eau chaude, le réseau de radiateurs a une durée de vie longue.

Rapport de Boissieu, que l'expérience du passé ne peut qu'engager à considérer comme provisoires.

³⁹ Les équipements purement destinés à économiser l'énergie sont ici extrêmement rares : « *recupérations de chaleur* » à investissement coûteux et « *programmeurs et régulations d'ensemble* » peu coûteux et rapidement amortis. Les régulations par pièce sont surtout destinées à assurer le confort d'une température stable.

Mais, son coût très important fait que le choix privilégié très majoritairement actuellement l'électricité à effet Joule en raison de son très faible investissement ; le calcul de rentabilité se fait donc à très court terme⁴⁰ ;

- l'appareil de production de chaleur (chaudière, pompe à chaleur) a une durée de vie plus limitée (15 à 20 ans) ;
- les autres équipements durent de quelques mois à quelques années (éclairage, audiovisuel) à 20 ans pour l'électroménager de production de froid.

En résumé, il paraît facile d'aboutir à un consensus sur le prix de l'énergie à une dizaine d'années d'échéance, qui couvre la très grande partie du domaine des bâtiments et de leurs équipements.

L'information fournie à l'acheteur devrait être le pilier fondamental du choix économique.

Or, les obligations dans ce domaine sont extrêmement rares :

- diagnostic d'économies d'énergie lors des ventes et locations de logements, récemment mis en place ;
- étiquetage de certains appareils électroménagers (froid) et de l'éclairage.

Le reste du temps, l'information fournie par les industriels (et/ou distributeurs) est extrêmement médiocre et peut se révéler mensongère car non vérifiée⁴¹.

Pire, l'information fournie aux « *installateurs* » est presque aussi insuffisante. L'exemple des chaudières murales au gaz, dont les notices pour les installateurs ne permettent pas le calcul de la consommation totale sur un cycle annuel est caractéristique.

L'interdépendance des améliorations pose des problèmes difficiles dans le cas du chauffage (ce qui n'est pas vrai pour les équipements électriques).

Ainsi, lorsqu'on isole un logement, la consommation d'énergie peut-être divisée par deux ; en conséquence le gain dû à l'utilisation d'une source de chauffage plus performante, une pompe à chaleur remplaçant un chauffage électrique à effet Joule par exemple, est lui-même divisé par deux, alors que le coût de ce dernier équipement dépend très peu de la puissance. Un autre exemple est l'utilisation de récupérateurs sur air extrait, dont l'intérêt peut être divisé par un facteur de 1,5 à 2 dans les bâtiments tertiaires, s'il existe une possibilité d'intermittence non encore exploitée.

2.3. LE COÛT D'ÉVITEMENT DES ÉMISSIONS DE CARBONE FOSSILE : « POSITIF » OU NÉGATIF ?

La constatation du fait que le « *coût d'évitement de l'émission d'une tonne de CO₂* » varie dans des proportions extrêmement importantes pose un véritable problème vis-à-vis d'une « politique de masse » de diminution de ces émissions. Déjà très sensible dans le domaine de la production d'énergie, avec la production d'électricité éolienne ou de biocarburants, cette variation du coût d'évitement de la tonne de CO₂ est encore plus étendue dans le domaine des bâtiments et de leurs équipements.

La formulation même de « *coût d'évitement des émissions de carbone fossile* » est un non-

⁴⁰ Une réglementation récente impose la présence d'une cheminée « en attente » dans les immeubles collectifs neufs chauffés à l'électricité. Dans les logements individuels, l'utilisation de chaudières à ventouse est toujours possible.

⁴¹ La certification des produits se fait sous la responsabilité de l'industriel et n'est pas contrôlée par un organisme indépendant ou officiel. On examinera un cas très éclairant, celui des « *isolants minces* » au Chapitre 6, 6.

sens sémantique puisqu'un coût est toujours positif, ce qui n'est pas le cas dans les bâtiments.

En effet, nous allons voir qu'il existe dans le domaine des bâtiments de nombreuses mesures qui remboursent l'investissement en quelques mois ou quelques années. On ne peut donc pas parler dans ce cas de « *coût d'évitement* »⁴².

Le concept de « *double dividende* », qu'on a pu utiliser dans certains cas n'est pas non plus très approprié ici (on ne peut en aucun cas le rapporter à la tonne de CO₂).

Le fait que les certificats d'émission dans le domaine industriel – qui font l'objet d'un marché, sinon mature, du moins non négligeable –, accordent en février 2007 une valeur de 1 € à la tonne de CO₂ évitée, ne laisse pas d'être particulièrement troublant.⁴³

Comment concilier cette faible valeur avec le fait que certaines aides publiques (actuelles, réelles et non marginales) conduisent à des valeurs de la tonne de CO₂ évitée 100 fois plus élevées (sinon 500 fois). Si la collectivité était une entreprise, le « directeur des achats » qui accepterait d'acheter une fourniture 100 fois plus cher que le prix du marché ne resterait pas longtemps à son poste.

On propose donc – pour bien marquer qu'il existe de nombreuses actions rentables dans les bâtiments – de parler systématiquement d' « *actions à coût négatif* ».

2.4. LA « RENTABILITÉ DIFFÉRENTIELLE ».

La quasi totalité des comptes rendus sur les opérations d'économie d'énergie très poussée sur des bâtiment existants fournissent des éléments de coût et de gains totaux englobant des actions à rentabilité très différente. Des exemples typiques font état de temps de retour globaux de l'ordre de 15 ans.

Cette façon de présenter un « *bilan coût-efficacité* » est trompeuse. Elle conduit à faire une moyenne entre des actions à temps de retour très faible (quelques mois) et des actions à temps de retour très élevé.

Toute évaluation scientifique d'un bilan coût-efficacité doit présenter les « *coûts et gains différentiels* » entre des variantes successives, en commençant par les travaux les plus rentables, chaque variante supplémentaire ajoutant à la précédente des travaux de moins en moins efficaces. On calcule ainsi les « *rentabilités différentielles* » des divers travaux possibles⁴⁴.

Un exemple très simple est celui de l'intermittence dans un bâtiment d'enseignement consommant 10 000 € par an de chauffage par une simple programmation du chauffage par horloge avec thermostat de minimum coûte 100 €. Elle divise par deux la consommation, soit

⁴² Certains membres du Groupe de travail ont proposé de se référer à un « coût moyen d'évitement d'une tonne de CO₂ » qui serait un coût moyen (pour l'économie française) et qui pourrait d'ailleurs servir de base à une taxe. Le concept d'une telle « moyenne » sur l'ensemble des mesures possibles dépend tellement de choix « politiques » (privilégier les transports par exemple) qu'il nous semble inopérant.

⁴³ Cette valeur remarquablement faible est due aux trop grandes allocations gratuites initiales. L'opinion de certains membres du Groupe de travail est qu'un système efficace est loin d'être mis en place. Il propose la référence du niveau des permis d'émission internationaux qui se situe vers 10 \$/tonne de CO₂ évitée.

⁴⁴ Le processus doit parfois étudier plusieurs combinaisons pour arriver à un optimum des combinaisons de travaux.

un gain de 5 000 €.

On envisage en complément un changement des fenêtres peu étanches à vitre simple pour 30 000 €, ce qui est susceptible de diviser par deux les pertes de chaleur, soit un gain supplémentaire de 2 500 €. Le gain total sera de 7 500 €.

La rentabilité de l'ensemble des deux actions est de 7 500 € pour 30 100 € d'investissement, soit un temps de retour « global » de 4 ans.

En fait la rentabilité différentielle des fenêtres n'est que de 2 500€ pour 30 000 € d'investissement, soit un temps de retour « différentiel » de 12 ans.

Cette problématique devrait présider à toutes les études d'évaluation des travaux d'économie d'énergie poussée, pour détecter les actions non rentables à l'intérieur d'un ensemble d'actions apparemment rentable.

2.5. EXISTENCE D'ACTIONS À COÛT TRÈS ÉLEVÉ DANS LE DOMAINE DES BÂTIMENTS.

Il s'agit essentiellement ici des chauffe-eau solaires et pompes à chaleur. Le fait économique incontournable qu'il faille actuellement subventionner lourdement ce type d'équipements montre qu'ils nécessitent un coût d'évitement d'émission de carbone fossile extrêmement élevé⁴⁵.

Dans le cas de chauffe-eau électriques antérieurs ne consommant pas de carbone fossile, on peut même parler de coût infini, puisqu'il n'y a aucun gain d'émission⁴⁶.

Pourtant, l'installation de chauffe-eau solaires est la seule mesure actuellement favorisée dans le domaine de la production d'eau chaude sanitaire.

Signalons enfin que le domaine des chauffe-eau solaires est lui-même très hétérogène, certains créneaux étant rentables (ou presque) comme la production d'ECS d'été (piscine, campings), ou dans des zones tropicales (départements d'outre-mer) où, de plus, l'électricité, principale énergie utilisée, est à la fois beaucoup plus chère qu'en métropole et, aussi, entièrement produite à partir de combustible fossile. Ces deux créneaux ne semblent toutefois pas bénéficier d'incitations plus favorables que les chauffe-eau solaires de logements en France métropolitaine.

C'est pourquoi on traitera ces équipements dans un chapitre spécial.

2.6. LES « ACTIONS À COÛT NÉGATIF ».

Les actions « à-coût négatif » (ou « auto-rentables » très rapidement) sont particulièrement nombreuses dans le domaine des bâtiments et de leurs équipements.

Sous ce vocable nous regroupons tous les investissements (et surcoûts d'investissement) remboursés par les gains de l'utilisateur en 10 ans (ou sur une fraction de la durée de vie de

⁴⁵ On commence tout juste à évaluer ce type d'actions à coût très élevé qui existent dans les transports (carburants de biomasse) ou la production d'énergie (éoliennes, cogénération sous obligation d'achat). Voir un *Rapport* exemplaire : MM. Langlois-Berthelot, Biren, Revial, Dumas, *Rapport sur les installations de cogénération sous obligation d'achat*, Inspection générale des Finances et Conseil général des Mines, janvier 2007, *op. cit.*

⁴⁶ La production d'électricité française est pratiquement exempte d'utilisation de combustibles fossiles, surtout si on se rapporte à une utilisation hors pointe de consommation comme la production d'ECS.

l'équipement si celle-ci est plus courte). Dans ces cas, le surcoût consenti pour éviter des émissions de carbone fossile est « négatif » lorsque le temps de retour est plus faible.

Le niveau extrêmement bas des « *droits d'émission de CO₂* » dans l'industrie semble traduire l'existence d'actions « *auto-rentables* » dans ce secteur en plus des effets de l'attribution initiale de permis trop libérale⁴⁷.

Il est important ici de souligner que ce type d'action, qui ne nécessitent aucun changement de comportement individuel, ni la perte d'une satisfaction immatérielle, est infiniment plus rare dans le domaine des transports⁴⁸ que dans le domaine des bâtiments.

Il est tout aussi important de rappeler que l'intérêt pour l'acheteur de ces actions préexistait à la prise de conscience de l'importance de l'effet de serre. Et que, néanmoins, elles n'ont pas été réalisées. C'est-à-dire qu'il est peu vraisemblable que l'appel à la motivation « effet de serre » soit mieux entendu que celui en faveur des « économies d'énergie ».

Diverses raisons sociologiques sont à l'origine de la non-exécution des actions à coût négatif :

- la communication générale sur la lutte contre le changement climatique met systématiquement l'accent sur les changements de comportement individuel, imposant l'idée que tout gain doit avoir une contrepartie pénalisante ;
- la routine intellectuelle de la plupart des acheteurs leur fait privilégier systématiquement le coût à l'achat, sans imaginer qu'ils pourraient faire un gain sur le fonctionnement⁴⁹. Cette routine des acheteurs fait le lit de la « *désinformation* » sur l'efficacité des produits ;
- la « *politique de gamme* » conduit le fabricant à réserver l'amélioration énergétique à ses produits de haut de gamme, alors que ce meilleur dispositif énergétique devrait être étendu aux produits moins luxueux : le cas typique est celui des huisseries, les moins chères étant généralement couplées avec des « *doubles vitrages sans isolation renforcée* » ;
- à l'inverse, un prix plus élevé de l'appareil ne garantit pas qu'ils soit muni du dispositif énergétique le plus performant : le cas typique est celui des frigidaires, où le prix dépend surtout de l'aspect extérieur (design, chromage, laquage) et de l'aménagement intérieur ;
- les contraintes de la distribution vont jusqu'à obliger des distributeurs dépendants d'un producteur à proposer de mauvais appareils contre lesquels celui-ci combat par ailleurs. Le cas typique est celui du distributeur Point P proposant des isolants contre lesquels sa maison mère Saint-Gobain mène des actions judiciaires pour publicité mensongère ;
- la très mauvaise qualité de certains équipements qui se réclament pourtant des

⁴⁷ Après quelques années de fonctionnement ayant permis de réaliser des « économies de CO₂ » désormais offertes sur le marché des droits, le niveau était de l'ordre de 1 € par tonne de CO₂ en février 2007. La principale raison paraît néanmoins être l'attribution de droits à polluer plus importants que les émissions réelles antérieures.

⁴⁸ Dans l'achat d'une automobile, il est très facile de diminuer sa consommation en prenant la version la moins motorisée d'un modèle donné. Le gain est de l'ordre de 20 à 30 %, alors que le prix est plus bas. On est typiquement devant une « action à coût négatif » - on pourrait même dire doublement négatif. Par contre, elle implique la perte de satisfactions immatérielles (meilleure accélération), de statut social, ou de renoncement à certains équipements réservés aux modèles les plus luxueux mais aussi les plus motorisés.

⁴⁹ Une piste imaginable est la mise en place d'une sensibilisation à cette question à l'école sous une formulation purement économique. Cette sensibilisation serait forcément longue si l'on considère le renouvellement des générations, mais dont on peut imaginer qu'elle diffuse des jeunes générations vers les plus anciennes.

économies d'énergie ; l'exemple typique est celui de certaines « lampes à basse consommation » d'importation dont la durée de vie réelle est parfois dix fois plus faible que celle qui est annoncée.

3. LES AUTRES CRITÈRES.

3.1. LE CRITÈRE D'INDÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE ET L'INTERDÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE EUROPÉENNE

Le domaine du bâtiment et de ses équipements est ressenti comme beaucoup plus à l'abri du marché international de l'énergie que d'autres :

- les énergies du chauffage sont diversifiées, contrairement à celle des transports (routiers, maritimes et aériens) qui reposent uniquement sur le pétrole. Pourtant, plus de 60 % de l'énergie utilisée pour le chauffage (fioul, gaz, GPL) est importée ;
- l'électricité française comporte une part très faible de production thermique (10 %).

Ce qui explique le peu d'effort actuellement consacrés à la substitution d'énergie dans ce domaine, comparé aux programmes existants pour les biocarburants ou la production d'électricité.

L'étude des possibilités de substitution montre que le chauffage des bâtiments offre une bien meilleure utilisation des ressources de biomasse que la production d'électricité ou de biocarburants, sous les deux critères des quantités ramenées aux surfaces de sol disponibles et du coût de production.

De plus, en ce qui concerne l'électricité, les kWh « *rendus disponibles* » par la réalisation d'économies d'électricité spécifique ne se distinguent en rien des kWh « *produits* » par une éolienne ou une centrale thermique au bois⁵⁰.

Ajoutons que les pays voisins de la France produisent leur électricité avec un recours beaucoup plus important aux combustibles fossiles, et que la vente d'électricité économisée en France à ces pays diminuerait les émissions planétaires globales.

Les économies d'énergie dans les bâtiments ont une valeur identique en ce qui concerne le CO₂ à celle des productions d'électricité et de carburants à partir d'énergie renouvelables⁵¹.

3.2. LES EFFETS POSITIFS SUR L'EMPLOI : RÉALITÉS ET PERCEPTIONS.

La perception des effets positifs sur l'emploi est double. La réalité, en nombre d'emplois et en activité économique, est en retrait par rapport à des positions irrationnelles, qui privilégient le « *high-tech* » ou les « *good jobs*⁵² ». Aussi, la perception du problème de l'emploi se différencie-t-elle essentiellement selon que les actions résultent d'investissement de type industriel ou, au contraire, de l'exercice, année après année, d'une industrie de main-d'œuvre.

⁵⁰ À bien y regarder, les kWh « produits » par économie d'énergie ont un caractère moins aléatoire que les kWh des éoliennes, et produisent moins de nuisances que celles-ci ou les centrales au bois.

⁵¹ Les membres du Groupe de travail ont souligné le caractère fondamental de cette conclusion qui est niée par de nombreuses études.

⁵² Américanisme pour les emplois autres que ceux de main d'œuvre.

La grande différence entre le domaine des bâtiments et le reste des activités économiques est qu'il est le seul (avec les transports en commun) à proposer des actions à forte composante de main-d'œuvre comme les isolations et le chauffage par des réseaux de chaleur. Or, ces actions à base de main-d'œuvre sont généralement dépréciées pour leur manque apparent de modernité.

La mise en place d'isolations ou de vitrages performants représente plus de la moitié du coût du produit installé. Ce sont pourtant des produits d'une haute technicité, mais, du fait de l'utilisation de cette main-d'œuvre apparemment peu qualifiée – et de la faculté d'être mis en œuvre par le « *bricolage* » individuel –, ils apparaissent généralement comme beaucoup moins modernes que la fabrication en usine (des éoliennes par exemple)

Les réseaux de chaleur utilisant de la main d'œuvre pour la collecte des énergies renouvelables, déchets et biomasse, reposent, eux-aussi, sur une technologie très sophistiquée.

Les différences peuvent être encore plus subtiles : il serait plus moderne de cultiver des biocarburants que de cultiver de la biomasse pour le chauffage (bois, paille, etc.).

Ces préventions sont très sensibles dans la Presse généraliste qui privilégie systématiquement chauffe-eau solaires, éoliennes, photovoltaïque pompes à chaleur, etc. Par contre, elle n'a pratiquement jamais un mot pour les vitrages à isolation renforcée, les isolations performantes ou les réseaux de chaleur.

Il conviendrait de mener une réflexion spécifique sur les aspects sociologiques des différences de traitement entre les améliorations liées aux métiers du bâtiment et du chauffage et celles relevant de techniques supposées plus modernes.

3.3. LE PROBLÈME DE L'ÉQUITÉ.

Le logement est un des principaux postes de dépenses des ménages. Les aides publiques au logement, sous la forme de l'habitat social ou d'aides diverses (aux personnes ou à la pierre) touchent 30 % de la population. Augmenter leurs dépenses sans contrepartie demande une certaine circonspection.

Or, on voit apparaître des propositions visant à faire supporter à certaines catégories de citoyens des dépenses pour économiser l'énergie de chauffage des logements dépassant largement le seuil de rentabilité économique de leur point de vue d'individu.

C'est la cas du processus de durcissement continu des normes du logement neuf, qui entrera bientôt dans une zone où les surcoûts ne seront plus compensés par des gains supplémentaires (même en y incluant une future – et hypothétique – « *taxe sur les émissions de CO₂* »⁵³ »

Mais, c'est surtout le cas des propositions d'obligation de réisolation très poussée des logements existants. Leurs propriétaires devront supporter la perte de la valeur résiduelle des équipements existants (fenêtres, chaudières). De plus, le coût de l'isolation des parois sur un bâtiment existant est beaucoup plus élevé que sur un bâtiment neuf, du fait des autres réfections entraînées (peintures, électricité, réseau de radiateurs). Vouloir atteindre des

⁵³ Les acheteurs de logements neufs doivent financer les dispositions énergétique résultant des normes. On peut raisonnablement souhaiter que ces normes ne leur imposent pas des surcoûts non rentables de plus en plus élevés. Toutefois, il conviendrait d'examiner à quel moment ce type de surcoût apparaîtra dans un processus de durcissement continu des normes, tel qu'on l'envisage actuellement.

isolations analogues à celles des bâtiments neufs suppose donc des dépenses beaucoup plus élevées à résultat énergétique égal.

De telles obligations imposent à ceux qui y seront soumis une lourde dépense à finalité collective, analogue à un impôt spécifique comme les droits de mutation.

Il n'y a évidemment rien de choquant à imposer aux individus des investissements ni désirés ni rentables (pour eux) afin d'atteindre un objectif collectif. Un bon exemple fut l'imposition du pot catalytique à tous les véhicules neufs à partir de 1993, pour diminuer les pollutions atmosphériques locales, alors que le marché seul n'y avait pas suffi⁵⁴.

Par contre, il convient de s'interroger, dans le cas des logements sur l'équité du processus d'imposition d'obligations techniques envisagé plus haut.

En effet, les propositions actuelles feraient porter cette lourde dépense uniquement sur les acheteurs de logements anciens, qui représentent une minorité des citoyens. Les propriétaires occupants qui ne changeraient pas de résidence seraient totalement déchargés de cet investissement à caractère public. Les propriétaires bailleurs, dont on déplore la diminution, seraient encore plus découragés d'investir dans l'existant⁵⁵.

Certains membres du Groupe ont rappelé qu'une «*taxe sur les émissions de CO₂*» ne présenterait pas les effets de distorsion que nous avons indiqués brièvement ci-dessus, et établirait une incitation plus générale aux économies d'énergie.⁵⁶

3.4. LES AUTRES EXTERNALITÉS.

On rencontrera plus loin un certain nombre de questions pouvant se ranger dans cette dernière catégorie de critères. Signalons en ici quelques-unes pour illustrer notre propos.

La diminution de la surface utile d'un logement existant par une isolation intérieure est de 6 à 8 %⁵⁷. La valeur de cette externalité (ici un «*surcoût caché*»), sur la base de 1 500 €/m², est de plus de 10 000 €, ce qui est loin d'être négligeable par rapport au coût des travaux envisagés (typiquement 20 000 €).

Les chaufferies de réseaux de chaleur font l'objet d'une réprobation au motif de nuisances supposée surtout lorsqu'elles utilisent des ordures ménagères ou de la biomasse engendrant des trafic de camions importants. Cela a conduit à repousser les usines incinération des ordures ménagères loin des villes, ce qui interdit la valorisation de la chaleur produite ; l'électricité très

⁵⁴ Notons ici que les constructeurs – Renault notamment – proposaient pourtant dans les années précédentes des modèles à pot catalytique pour chaque type de véhicule, que pratiquement personne n'acheta tant que le pot catalytique ne fut pas obligatoire.

⁵⁵ Le fait que l'investissement d'économies d'énergie dépasse son seuil de rentabilité interdirait évidemment aux propriétaires de récupérer ses dépenses en forme de le supplément de loyer (si tant est qu'ils puissent même récupérer la partie rentable).

Le développement de la location par des ménages bailleurs est très lié aux incitations fiscales de type Loi Périssol, Besson, de Robien, etc.

⁵⁶ La question d'une «*taxe sur les émissions de CO₂*» est actuellement en panne en Europe. Sa formulation par rapport aux «*émissions de CO₂*», qui pose la question de la non-taxation de l'électricité nucléaire, est la principale raison de ce blocage. Or, nous avons vu que – dans le domaine des bâtiments au moins – il y a une parfaite équivalence entre les actions quelle que soit l'énergie utilisée.

⁵⁷ Pour un pavillon de 100 m² de plain-pied (10 x 10 m), l'épaisseur d'isolation de 16 centimètres (préconisée par «*Isolons la terre*») correspond à 6 m² au sol (un peu plus en cas de forme moins compacte).

subventionnée éventuellement produite laisse inutilisées de grandes quantité de chaleur.

Signalons les externalités positives liées à l'exploitation de forêts ou terres en friche : entretien de ces zones (incendies) et conservation des paysages⁵⁸.

4. LES UNITÉS DE MESURES.

Quelle meilleure façon de conclure cette introduction sur la complexité du domaine des bâtiments et de leurs équipements que de revenir sur la question – que nous n'avons fait qu'esquisser – des « *unités de mesure* » utilisées dans le domaine ?

Officiellement, l'unité d'énergie française est le *Joule* (et le *Watt* pour la puissance). En fait, le kWh est l'unité d'énergie (légale elle-aussi) presque uniquement utilisé⁵⁹.

La mise en place d'une comptabilité générale de l'énergie relève de « *l'addition des carottes et des navets* » formellement interdite à tout scientifique depuis l'école primaire⁶⁰.

Néanmoins, la production de statistiques énergétiques mondiales a amené à définir une méthode internationale convertissant tous les types d'énergie en « *tonne équivalent pétrole* » (tep)⁶¹, que la France applique depuis 2002, après avoir modifié sa propre méthode.

Sa principale caractéristique « technique » est qu'elle définit deux coefficients différents pour l'électricité :

- un coefficient d'équivalence en « *énergie primaire* » de 0,2606 tep/MWh (méthode de « *l'équivalent primaire à la production* »),
- un coefficient d'équivalence en « *énergie (finale) à la consommation* » de 0,086 tep/MWh (méthode du « *contenu énergétique à la consommation* »).

Comme on le voit, le coefficient « tep/MWh » de l'électricité en énergie primaire est le triple de son coefficient en énergie finale. On trouve évidemment dans les bilans officiels comme *Les chiffres clés de l'énergie*, les deux types de comptabilisation⁶².

En pratique, la représentation en énergie primaire est plus proche des prix réels des énergies à la consommation. Ainsi, le kWh d'électricité délivré aux ménages et petit tertiaire pour des usages calorifiques (chauffage et eau chaude sanitaire) vaut 2 à 2,5 fois celui de la quantité « utile » de gaz naturel nécessaire pour fournir la même chaleur⁶³.

⁵⁸ A contrario, l'exploitation des forêts fait souvent l'objet de récriminations des visiteurs urbains qui ont tendance à les considérer comme un patrimoine commun pour les loisirs.

⁵⁹ Par exemple dans le très officiel *Les chiffres clés de l'énergie*, op. cit. La « *thermie* » et la « *calorie* » officiellement abandonnées le 1/1/1978 en France, furent d'usage courant jusque dans les années 1990 (*Les chiffres clés de l'Énergie* mentionne encore l'usage de la calorie dans son édition de 2004...).

⁶⁰ La « *comptabilité énergétique* » est un casse-tête pour spécialistes, avec des notions enchevêtrées et fortement modifiées périodiquement : énergie « *primaire* », « *finale* » ou « *utile* », équivalences en tep, rendements théoriques (parfois très éloignés des rendements réels), etc. Pour calculer les autres « *consommations en énergie primaire* » que l'électricité, il faut en gros augmenter les consommations d'énergie finale de 10 % environ, pour tenir compte des « *consommations de la branche énergie* » (raffinage, pertes en ligne, distribution).

Par ailleurs la biomasse (bois de chauffage) est comptabilisée avec un rendement théorique environ deux fois supérieur au rendement moyen réel, d'où une forte surévaluation de la consommation « *utile* » de cette énergie.

⁶¹ Les équivalences en tep ont été définies par l'Agence Internationale de l'Énergie dans le cadre de l'OCDE et la Commission européenne. Voir *Les chiffres Clés de l'énergie*, Annexes.

⁶² On précise rarement s'il s'agit de tep d'énergie primaire ou finale, laissant au contexte le soin d'éclairer le type de comptabilisation utilisé. Ainsi, in *Les chiffres clés*, édition 2004, pages 138 et 177.

⁶³ Cette valeur fluctue en fonction des variations rapides des coûts de l'énergie fossile. En 2003, le prix moyen

Dans l'optique qui est la nôtre, la « *comptabilité en tep* » ne sert donc pas à grand chose. Il s'agit de faire des économies d'énergie ou des substitutions dans des domaines précis, et les trois seules réalités sont les quantités d'énergie en kWh, les dépenses en euros et les émissions de carbone fossile⁶⁴.

TTC (taxes municipales comprises) du kWh électrique « utile » délivré était de 0,12 €/kWh et le prix du kWh « utile » au gaz de 0,055 € TTC (sur la base du tarif de 0,046 €/kWh/PCS).

⁶⁴ Il nous arrivera très occasionnellement de nous référer à des statistiques en tep sur tel ou tel usage précis, notamment pour indiquer les évolutions récentes de certaines consommations lorsque la seule « série » facilement accessible dans les statistiques officielles est donnée en tep.

Chapitre 2.

L'ÉNERGIE DANS LES LOGEMENTS EXISTANTS.

La complexité globale examinée précédemment se répète au niveau inférieur, lorsque l'on examine les demandes (au pluriel) dans chacun des domaines, logements, tertiaires privé et public, électricité spécifique, eau chaude sanitaire.

La diversité des techniques est relativement limitée (hors de certains type de tertiaire) mais les « acheteurs » – ou pour employer un terme du bâtiment les « maîtres d'ouvrage » – sont pris dans un réseau de contraintes qu'il convient d'exposer avec un certain détail. Nous commencerons par le logement.

1. LE LEURRE DES « CONSOMMATIONS MOYENNES ».

La littérature des grands rapports sur l'énergie fait grand cas des « *indices d'efficacité énergétique* » en « *kWh par m² et par an* ». On compare notamment la moyenne pour les bâtiments français à un parangon d'efficacité énergétique illustré par la formule des « *maisons à 50 kWh par m² et par an* ».

Or, la réalité climatique rend les choses bien plus complexes. Nous avons vu que les degrés-jours peuvent varier de 1 à 4 sur la France et parfois dans le même département. En d'autres termes, une maison neuve quatre fois moins isolée obtiendra la même consommation à Vence qu'à Thorenc, deux localités des Alpes-Maritimes séparées de moins de 30 km à vol d'oiseau.

La simplification de formules telles que celle de la « *maison à 50 kWh par m² et par an* » ou la comparaison des « *kWh par m² et par an* » entre le parc de logement des années avant 1950, de 1950 à 1970, etc. cache la complexité des faits climatiques, comme elle cache les faits industriels (dans les années d'après guerre, on faisait moins de pavillons que de collectifs, etc.). Ces ratios simplistes ont sous-tendu deux discours :

- celui des économies d'énergie (organismes publics, ADEME, etc.) en opposant les parcs anciens (ratio élevé) au parcs les plus récents,
- et le discours des « *labels* » sur lequel nous reviendrons.

Pour notre part, nous n'utiliserons pas ici de tels ratios d'efficacité énergétique, dont la simplicité est trompeuse en termes de connaissance. Nous allons essayer de présenter les consommations d'énergie des logements dans leur complexité.

2. LE PARC DE LOGEMENTS EXISTANTS.

2.1. TYPOLOGIE DES LOGEMENTS.

Le parc des logements en métropole est composé des catégories suivantes⁶⁵ :

Tableau 2. Parcs de logements (hors DOM) en 2004

En milliers	Maisons individuelles	Logements collectifs	Total
Propriétaires occupants	11 566	2 872	1 4438
Bailleurs individuels	1 946	4 180	6 126
HLM	548	3 106	3 654
Autres bailleurs sociaux	237	865	1 102
Autres bailleurs	24	211	235
Sous total résidences principales	14 321	11 234	25 555
<i>Résidences secondaire</i>			3 017
<i>Logements vacants</i>			1 853
<i>Total</i>			30 425

Le parc de résidences principales est passé de 23 935 000 à 25 555 000 entre 1999 et 2004, soit un accroissement moyen sur 5 ans de 324 000 logements par an, ou un taux de 1,3 % par an. Les années 1999-2004 (et 2005) ont vu un niveau de construction un peu plus élevé que les 5 années précédentes (308 000 par an sur 1994-1999).

Durant la même période 1999-2004 le nombre de logements neufs a été pratiquement identique : la destruction de logements anciens est minime⁶⁶.

Mais, un critère plus pertinent pour la consommation d'énergie serait celui de l'évolution du stock des surfaces chauffées. Nous n'avons pas trouvé de série de données précises sur ce sujet. La construction neuve sur 1999-2004 a produit des logements d'une surface moyenne de 110 m². Pour une prospective des logements (voir plus loin), on se basera sur une stabilité des surfaces des logements produits chaque année.

On précisera cette typologie ci-après, selon divers critères liés à l'énergie.

2.2. COMMENT SE FONT LES TRAVAUX DANS LES LOGEMENTS EXISTANTS ? RÉHABILITATION, RÉNOVATION OU RÉNOVATION DIFFUSE ?

Pour *Le Compte du logement*, il n'existe qu'un ensemble global de « travaux d'amélioration et de gros entretien », distinct de l'entretien courant⁶⁷.

⁶⁵ Nous adoptons ici les valeurs du *Compte du Logement en 2004*, pages 294-297. La série des chiffres 1985-2003 a été recalée dans *Le Compte du Logement en 2004* pour des raisons de cohérence avec diverses enquêtes.

Les valeurs adoptées par *Les Chiffres clés de l'énergie* sont légèrement différentes. On les a utilisées pour répartir les logements collectifs entre le chauffages individuels et les chauffages collectifs.

⁶⁶ *Le Compte du logement* (tome 2 page 65) donnent une production d'équivalent-logements (supérieure au nombre de logements neufs réels) de 317 000 par an sur 1999-2004. Le fait qu'elle soit inférieure à l'accroissement indique que les deux méthodes posent des problèmes de compatibilité des définitions.

⁶⁷ *Le Compte du logement en 2004*, page 83, en donnent la définition suivante :

« Les travaux d'entretien-amélioration. Les travaux d'amélioration et de gros entretien recouvrent une

Pour le fisc, il peut y avoir une distinction – d’application très arbitraire – selon l’importance des travaux considérés comme déductibles ou non par un propriétaire bailleur, et selon le type de maître d’ouvrage⁶⁸.

Il n’y a pas en France de réglementation énergétique sur les bâtiments existants.

La réglementation européenne sur le sujet est embryonnaire, et n’impose des obligations que « *lorsque des bâtiments d’une superficie utile totale supérieure à 1 000 m² font l’objet de travaux de rénovation important* », article 6 de la *Directive sur la performance énergétique des bâtiments* ⁶⁹ de 2002 [36]. Il est évident que cette obligation a un champ d’application marginal dans le logement.

L’application de concepts vagues comme celui de « *réhabilitation* » ou de « *rénovation* » au domaine énergétique doit se faire de façon très prudente.

Le terme de « *réhabilitation* » est utilisé par la profession du Bâtiment comme synonyme de « *travaux sur un bâtiment existant* », y compris ce qui pourrait être du « *gros entretien* », par opposition à la construction de bâtiments neufs. Par contre, l’usage plus courant est de réserver ce terme à la réalisation d’un ensemble de travaux lourds, comprenant des actions importantes sur le gros œuvre.

Ce flou sémantique est cause que l’on se représente mal la réalité des travaux effectués. Ajoutons que les usages varient au gré des subtilités fiscales ou selon qu’il s’agit de logements ou de tertiaire.

Bien que ces termes n’aient pas de définitions précises en langage ordinaire, et que l’un ou l’autre des deux premiers soit utilisé dans le sens le plus général, nous proposons ici les « catégories » suivantes que nous emploierons dans la suite du Rapport :

- la « *réhabilitation* » qui suppose des travaux extrêmement lourds, notamment de gros œuvre, sur l’ensemble d’un immeuble, généralement collectif, et dont l’application au secteur du logement est généralement peu pertinente, hors de grandes opérations menées par des bailleurs sociaux ou HLM ;
- la « *rénovation* », qui pourrait consister à la remise en état d’un logement individuel ou situé dans un immeuble collectif, sans intervention majeure sur le gros œuvre ; on verra que la remise en état d’un logement d’occasion par son acquéreur (entrant dans cette catégorie) représente un tiers des travaux actuellement, mais on ne sait pas jusqu’à quel point vont les travaux ;
- la « *rénovation diffuse* » constitué de toutes les interventions partielles étalée dans le temps : changement de chaudière, changement de fenêtres ou d’huisseries, interventions limitées sur les toitures, réfections des façades, etc. ; ce qui caractérise cette modalité est l’étalement dans le temps des interventions ;

gamme très diverse de prestations (réfection de toitures, ravalement, installation d’un système de chauffage...). Ils sont classés en investissement dans la mesure où ils accroissent la valeur du logement existant ou prolongent sa durée de vie. Ils se distinguent en cela des travaux d’entretien courant (petites réparations sans intervention majeure sur les structures du bâtiment) qui sont retracés dans le compte du logement comme consommation finale des occupants ou comme consommation intermédiaire des producteurs. »

⁶⁸ Pour un ménage bailleur de logement une « *amélioration* » trop complète peut être considérée par le fisc comme un « *investissement* » et sa déduction des revenus fonciers pour l’IRPP être refusée.

Pour les personnes morales bailleurs de logements, ainsi que pour le tertiaire privé, l’amortissement peut être refusé ou les règles d’amortissement peuvent varier selon l’importance des travaux.

⁶⁹ *Directive 2002/91/CE du parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments*, [36].

- les travaux « *de gros entretien* » sont difficiles à définir⁷⁰. L'entretien des installations consommant de l'énergie est surtout important dans le cas des chaufferies. Il se distinguent parfois mal des travaux de rénovation diffuse ;
- les travaux « d'entretien courant ».

On conçoit que les « *catégories* » ci-dessus, aux définitions un peu floues, ne permettent pas des statistiques très précises. Notamment sur les parts respectives entre « *l'entretien courant* » et les « *travaux d'amélioration et de gros entretien* »⁷¹. Mais, ces catégories sont indispensables à notre propos.

Un autre problème complique la connaissance des travaux : l'existence de deux très importants secteurs parallèles au secteur marchand :

- des « *travaux pour compte propre* » (en fait, du « *bricolage* » au sens vulgaire), seul l'achat des produits et matériels nécessaires rentrant dans la comptabilité nationale,
- du « *travail au noir* ».

Une estimation issue d'un document de l'ANAH évalue ces deux secteurs à 19 767 millions € contre 32 667 millions € pour les entreprises et artisans⁷².

Soit un total de 52,4 milliards € de travaux d'entretien-amélioration.

On ne saurait trop souligner l'importance des travaux pour compte propre ou au noir, qui représentent 37 % du total des travaux. Il est vraisemblable que cette proportion serait encore plus élevée si on ne considérait que les travaux ayant une relation avec l'énergie.

3. CONNAÎTRE LES TRAVAUX DANS LES LOGEMENTS EXISTANTS.

3.1. LES UTILISATEURS DES LOGEMENTS EXISTANTS.

On ne dispose pas d'éléments détaillés sur la répartition entre les trois types d'intervention ainsi définis. Mais, les donneurs d'ordre du secteur global de la Réhabilitation des logements, entendu dans le sens le plus général de « *travaux sur un bâtiment existant* » sont assez bien connus. Le tableau et la figure ci-dessous illustrent leur répartition en volumes⁷³.

⁷⁰ Il est réalisé par des entreprises notamment pour des appareils (ascenseurs, chaufferies, ventilation, climatisation, éclairage) dans des logements collectifs. Dans le cas du logement individuel ou de l'appartement à chauffage individuel, cette notion a peu de sens (sauf pour les chaudières).

⁷¹ Ce flou existe dans toutes les comptabilités industrielles : « *maintenance courante* » « *jouvence* » « *retrofitting* » ; on trouve ça dans l'informatique et dans le nucléaire. Mais, on vit avec...

⁷² Nous n'avons pas de détails sur cette estimation, notamment la part des fournitures et la façon d'évaluer le coût de la main d'œuvre dans le travail pour compte propre.

⁷³ Source ANAH. La répartition entre les propriétaires occupants et les propriétaires acquéreurs d'un logement ancien vient de *Réhabilitation, un marché sûr pour les entreprises*, Le Moniteur, n°4969, 19 février 1999 [8].

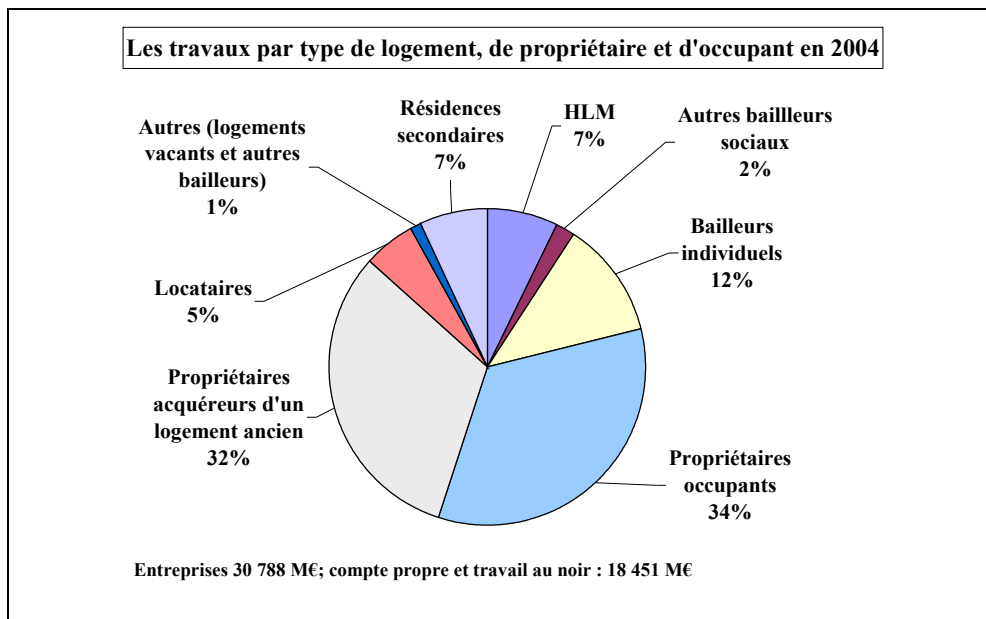


Figure 3. Ensemble des travaux sur les logements existants par type de décideurs.

Tableau 3. Travaux d'entretien-amélioration et entretien courant en millions € en 2004.

HLM	3 836	7 %
Autres bailleurs sociaux	948	2 %
Bailleurs individuels	6 301	12 %
Propriétaires occupants	17 449	34 %
Propriétaires acquéreurs d'un logement ancien	16 921	32 %
Locataires	2 804	5 %
Autres (logements vacants et autres bailleurs)	561	1 %
Résidences secondaires	3 614	7 %
Total *	52 434	100 %

* Le total de 52 434 millions € diffère de celui de la décomposition des travaux indiquée sur la figure précédente (49 239 Mds € au total) qui provient d'une source différente.

On constate que l'ensemble des « décideurs individuels » représentent 90 % du total : propriétaires occupants (34 %) ou acquéreur de logement ancien (32 %), propriétaires de résidence secondaires (7 %), bailleurs individuels (12 %), locataires (5 %).

3.2. LES TRAVAUX AYANT UN EFFET SUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE.

La connaissance des travaux ayant un effet sur la consommation d'énergie dans l'ensemble que nous venons d'examiner est difficile à trouver dans les études disponibles. Cela paraît

pourtant être une statistique de toute première importance.

Son évaluation semble presque relever d'un tabou...

Or, nous allons voir qu'il y a des raisons objectives à cette méconnaissance. Ce qui ne veut pas dire qu'on ne pourrait pas beaucoup l'améliorer sans dépense excessive. C'est ce que nous allons tenter d'exposer.

La première raison est évidemment l'importance des secteurs des travaux pour compte propre et « au noir ». Mais, on a vu qu'il existe des évaluations de leur importance.

La seule source est l'enquête annuelle de l'ADEME-SOFRES sur les « *travaux ayant une influence sur la consommation d'énergie des ménages*⁷⁴ ». Citons la nature de cette enquête par questionnaires postaux d'après le rapport 2005⁷⁵.

« Une première enquête s'est déroulée auprès de 10 000 ménages appartenant à METASCOPE, le Panel consommateurs de TNS Sofres [...] »

[Une] seconde enquête s'est déroulée auprès des ménages ayant déclaré, lors de la phase précédente, avoir réalisé pendant l'année 2005 des travaux dans leur logement afin de réduire leur consommation d'énergie ou d'améliorer leur confort (chauffage/eau chaude, isolation, ventilation, ...). [...]

L'extrapolation des résultats de cette enquête est réalisable par l'application d'un coefficient égal à : $\frac{23\,807\,000 \text{ Ménages ordinaires français (Source INSEE)}}{10\,000 \text{ Ménages METASCOPE}} = 2\,381$ »

En 2005, le taux de ménages ayant déclaré avoir fait des travaux était de 11,1 % des participants au panel.

Or, on ne trouve pas dans le *Rapport* l'évaluation globale du montant des travaux ayant des effets sur l'énergie, malgré l'indication que « *l'extrapolation est réalisable* », dont on notera la prudence conditionnelle. C'est que cette extrapolation pose de nombreux problèmes dans la méthode adoptée.

Une première question saute aux yeux, la différence entre les 23 807 000 « *ménages ordinaires français* » (en 2005) de l'enquête ADEME-SOFRES ci-dessus et les 25 555 000 « *résidences principales* » du *Compte du logement* (en 2004 ; compter 300 000 de plus en 2005, soit plus de 25,8 millions de résidences principales).

Une deuxième difficulté de l'interprétation de cette enquête, liée à sa nature de « *panel consommateur* ». Ce type de panel multifonctions sert à enquêter sur n'importe quel type de consommation⁷⁶. Le *Rapport* donne d'ailleurs des renseignements sur sa composition que nous n'analyserons pas ici. On peut supposer que le champ couvert ne comprend pas assez de ménages pauvres, qui n'achètent pas beaucoup et ne font donc que peu de travaux⁷⁷.

⁷⁴ Nous nous référons ici à sa dernière édition : *Maîtrise de l'énergie – Bilan 2005 – Attitudes et comportements des particuliers*, ADEME, TNS SOFRES. 208 pages.

⁷⁵ *Ibidem*, pages 6 à 10. On y expose en détail les critères de représentativité du panel TNS Sofres et les contrôles effectués sur l'échantillon soumis à la deuxième phase d'enquête. Il semble que les panélistes soient rémunérés.

⁷⁶ Lors des travaux de l'Instance d'évaluation sur *La maîtrise de l'énergie*, en 1995-1997, il était apparu que ce panel sous-représentait les ménages pauvres et les ménages très riches. Il est probable que cela n'a pas changé car ce panel d'enquêtes de consommation reste multifonctions et ne peut guère être modifié.

⁷⁷ L'étude ne fait pas état des redressements nécessaires de l'échantillon des panélistes qu'il faudrait faire si l'on voulait remonter au niveau de l'ensemble des ménages.

Mais, surtout, le défaut principal de cette enquête est d'exclure, pratiquement par construction, les ménages qui viennent d'acquérir un logement ancien⁷⁸.

Or, ceux-ci font 32 % du total de l'ensemble des travaux d'entretien-amélioration, comme on la vu juste précédemment.

On n'a aucune idée de la part consacrée à l'énergie par les 800 000 acquéreurs annuels d'un logement ancien dans des travaux de « *rénovation d'ensemble du logement* » que certains d'entre eux pratiquent et qui représentent 32 % des dépenses totales.

L'enquête ADEME-SOFRES comporte donc des biais importants. On ne tente de mettre en œuvre aucune procédure – même imparfaite – d'élimination de ces biais. Ni même de signaler leur existence et d'explorer leurs caractéristiques, à défaut de réaliser précisément les débiaisages nécessaires.

Pour ces diverses raisons, il est très difficile de tirer de cette enquête une évaluation globale fiable sur l'ensemble des 25 millions de résidences principales.

Lorsqu'on s'intéresse au détail des travaux de l'enquête ADEME-SOFRES, on constate que, bien que l'on dispose des coûts détaillés des travaux, le *Rapport* ne donne que des décomptes « *en nombre de travaux par type d'intervention* »⁷⁹.

Le *Rapport* ne cherche pas à répartir la dépenses « *coût total des travaux par type d'intervention* »⁸⁰. On peut s'interroger sur ce manque, pas plus justifié que l'absence d'indications des biais potentiels.

D'abord, il faut rappeler que l'échantillon de ménages ayant fait des travaux ne compte en 2005 que 1 105 foyers et 1 666 « *travaux* ». Certains groupes ne comptent guère qu'une dizaine de réponses, dès qu'on descend à quelques pour cent du nombre total (il y a ainsi seulement 33 « *isolations par l'extérieur* », 22 « *installation d'une programmation* » ou 3 « *calorifugeage de tuyaux* »). Ce qui est très insuffisant pour avoir des valeurs monétaires un

⁷⁸ Le panel sert à des enquêtes sur d'autres sujets, et est donc constitué de ménages stables. De plus, comment interroger des gens sur leurs dépenses de chauffage s'ils viennent d'acquérir leur logement ?

⁷⁹ La liste des « *travaux* » est la suivante (tome 2, pages 47-48) . Son hétérogénéité exigerait évidemment une évaluation monétaire.

DIMINUTION DES DEPERDITIONS :

Isolation des murs par l'intérieur - Isolation des murs par l'extérieur - Isolation toiture/combles - Isolation du plafond - Isolation d'un plancher - Pose de joints/calfeutrage - Calorifugeage des tuyaux - Changement de fenêtres, baies ou portes avec double vitrage - Changement de fenêtres, baies ou portes sans double vitrage - Pose de double vitrage/survitrage - Changement de volets, pose de volets - Autre diminutions des déperditions

AMELIORATION DE L'INSTALLATION CHAUFFAGE - EAU CHAUDE :

1^{ère} installation de la chaudière - Remplacement de la chaudière avec changement de combustible - Remplacement de la chaudière sans changement de combustible - Changement de combustible sans changement de chaudière - Remplacement du brûleur - Installation d'un foyer fermé - Installation d'un thermostat d'ambiance - Installation d'une programmation - Installation d'un répartiteur de chauffage - Mise en place ou remplacement de radiateurs - Robinets thermostatiques - Mise en place, rénovation ou réparation d'un système de ventilation - Installation d'un chauffe-eau solaire - Installation d'une pompe à chaleur - Travaux sur chaudière / chauffe-eau - Climatisation ou Climatiser réversible - Autre

⁸⁰ Par contre, de très nombreux tableaux croisés donnent les nombre de travaux et/ou les coûts par ménage, par types d'intervention, par zones climatiques, par types d'usager, par types d'agglomération, par profession du chef de ménage, selon le réalisateur (entreprise ou compte propre) et autres « *âge du capitaine* ».

peu fiables⁸¹.

Une hypothèse complémentaire est que certains membres du groupe de gestion de l'enquête représentant telle ou telle branche professionnelle ont toujours trouvé leur activité mieux mise en valeur « *en nombre de travaux* » qu'en « *chiffre d'affaire* » et que les gestionnaires de l'enquête ont fait droit à leur requête.

On est ainsi privé de la connaissance précise des chiffres d'affaire par type d'intervention.⁸²

De la même façon, le *Rapport* fournit une répartition entre les travaux faits par une entreprise (64,4 %) ou réalisés pour compte propre ou au noir (35,6 %)⁸³. Mais, encore une fois, ce n'est pas une évaluation monétaire, mais des nombre de travaux.

En conclusion, on connaît très mal dans le détail la réalité économique des travaux consacrés à la maîtrise de l'énergie.

On va donner – sous toutes réserves – des éléments de chiffre d'affaire tirés de l'enquête.

L'enquête indique que, en 2005, 11,1 % des ménages avaient fait des travaux, pour une dépense moyenne TTC de 3 206 € par ménage. Si on retient les 23,807 millions de ménages (et non 25,5 millions de logements), cela conduirait à un total de 8,5 milliards € de travaux⁸⁴.

Il faudrait y ajouter environ 2 milliards € pour les travaux des ménages ayant acquis un logement ancien mal pris en compte par l'enquête.

Soit un total de dépenses pour des travaux relatifs à la maîtrise de l'énergie de 10,5 milliards € sur le total des 53 milliards € de travaux d'entretien-amélioration.

On peut, à partir des données par type de travaux, reconstituer très approximativement la décomposition suivante, qui ne concerne toutefois que les travaux des logements n'ayant pas changé d'occupants⁸⁵.

Tableau 4. Dépenses de travaux relatifs à l'énergie en 2005 (enquête ADEME-SOFRES).

Isolation des murs par l'extérieur ou l'intérieur, isolation de la toiture, combles et plafonds	13,5 %
Changement des fenêtres, baies ou portes	40,9 %
Changement de volets	9,1 %
Chaudières et brûleurs, installation et remplacement	19,3 %
Autres interventions	17,3 %
Total	100 %

⁸¹ Une façon assez simple d'affiner ce point serait d'élargir l'échantillon en cumulant plusieurs années, compte tenu de la stabilité très forte de la structure d'ensemble.

⁸² Lors des travaux de l'Instance d'évaluation présidée par M. Yves Martin sur *La maîtrise de l'énergie*, en 1995-1997, M. Martin avait demandé et obtenu un décompte des chiffres d'affaire global par type d'intervention, qu'il jugeait être une donnée fondamentale. Mais, pour 2005, on peut constater que cette donnée ne fait toujours pas partie des traitements systématiques de l'enquête...

⁸³ *Maîtrise de l'énergie – Bilan 2005*, tome 2, page 49.

⁸⁴ Ce calcul est le nôtre, car il n'est pas fait dans le *Rapport Maîtrise de l'énergie – Bilan 2005*.

⁸⁵ Le *Rapport* donne des « *coûts moyens d'intervention* » regroupées selon 5 catégories (tome 2, page 28) au lieu des 29 catégories du questionnaire (voir note ci-dessus). On a combiné ces coûts moyens avec les « *pourcentages en nombre de travaux* ». Mais, les définitions étant différentes, le résultat ne peut être qu'approximatif.

On constate la part prépondérante des interventions sur les huisseries, avec 40,9 % des dépenses (il y a en plus des poses de joints non évaluées). On ne distingue malheureusement pas les doubles vitrages simples des doubles vitrages à isolation renforcée.

La pose de volets (9,1 %) est certainement loin d'être toujours intéressante en termes d'économie d'énergie rentables et motivée par celles-ci.

Les remplacements et poses de chaudières et brûleurs représente 19,3 % du total.

La stratification par montant des dépenses par ménage serait un bon critère de distinction entre les « *rénovations diffuses* » et les « *grosses rénovations* ». Malheureusement, on ne donne que la « *valeur moyenne des dépenses par ménage* » sans aucune répartition en classes de montant. On est donc privé de cette donnée importante.

Toutefois, des enquêtes⁸⁶ faites par l'Instance d'évaluation en 1995-1997, avait montré que la rénovation diffuse représente 90 % des dépenses.

L'enquête ADEME-SOFRES donne des résultats très proches d'une année sur l'autre, comme le constate ouvertement la première phrase de son édition 2005 :

« *Plusieurs constantes demeurent :*

- *Une très grande stabilité du niveau des travaux de maîtrise de l'énergie au fil des années.*
- *On observe en effet depuis longtemps cette stabilité, malgré quelques variations ponctuelles⁸⁷.* »

Il ne paraît donc pas vraiment nécessaire de refaire chaque années cette (très) coûteuse enquête.

Il faut améliorer la connaissance. Notre suggestion serait de faire l'enquête ADEME-SOFRES tous les deux ans seulement et que les fonds ainsi dégagés soient utilisés pour d'autres enquêtes permettant de connaître précisément les modalités et les chiffres d'affaires du secteur des travaux de maîtrise de l'énergie.

4. LES ÉNERGIES UTILISÉES DANS LE LOGEMENT.

L'énergie utilisée dans les logements englobe non seulement le chauffage, mais la production d'eau chaude sanitaire (ECS), l'électricité spécifique, la cuisson, une part des services urbains (non représentée ici). La figure et le tableau suivants permettent de replacer les différents usages dans cet ensemble, où nous avons individualisé l'électricité⁸⁸.

Les consommations en TWh, correspondant à la figure ci-dessous, sont les suivantes.

Tableau 5. Répartition de l'énergie consommée dans l'habitat en TWh en 2004.

	Électricité	Autres énergies	Total
Chauffage	45	334	379

⁸⁶ Notamment les enquêtes faites à partir des déclarations fiscales de travaux ouvrant droit à des aides.

⁸⁷ *Enquête ADEME-SOFRES*, page 11.

⁸⁸ *Les chiffres clés de l'énergie*, édition 2004, page 177 et *CEREN données 2004* pour la répartition entre l'électricité et les autres énergies.

Pour la répartition des dépenses (colonnes de droite) : *Le Compte du logement 2004*, tome 2, page 76. Cette répartition surévalue sans doute les dépenses d'électricité (voir tableau 5 ci-après).

ECS	18,5	27,7	46,2
Cuisson	10,6	20,2	30,8
Electricité spécifique	58,1		58,1
Total	132,2	381,9	514,1

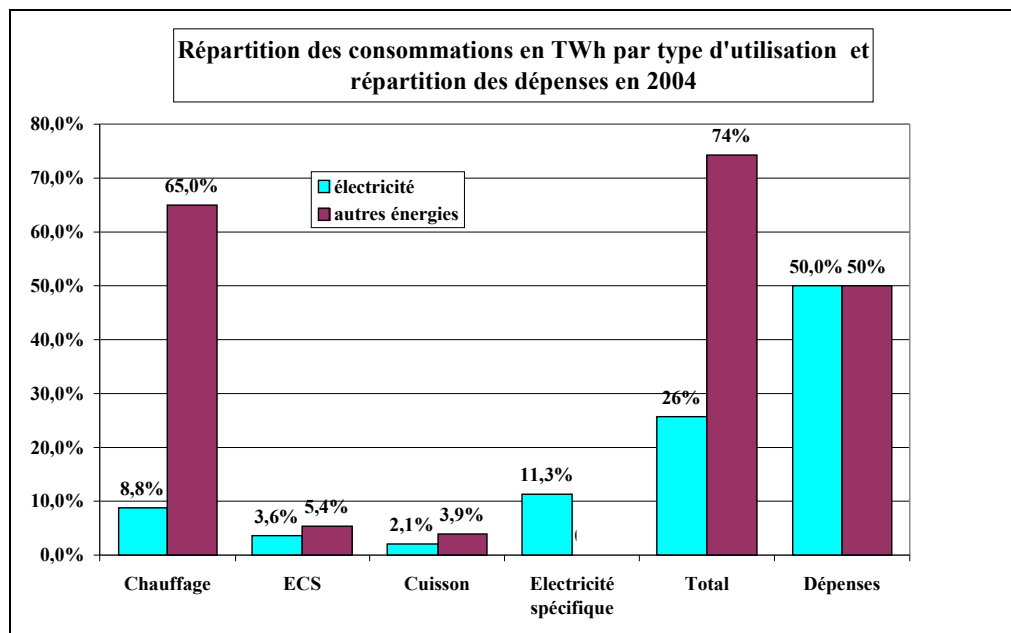


Figure 4. Répartition des consommation des logements par type d'utilisation et répartition de la dépense globale entre l'électricité et les autres énergies .

Les taux de variations récentes de ces divers postes sont les suivants, en consommation entre 1995 et 2002⁸⁹ :

- chauffage : 1 % par an (en cours de ralentissement),
- cuisson : 1 % par an
- ECS : plus de 0,7 % par an,
- électricité spécifique : 3,7 % par an.

Sur la base du tableau 5 ci-dessus et en le traduisant en dépenses d'énergies sur la base de 0,14 €/kWh pour l'électricité et 0,050 €/kWh pour les autres énergies, on obtient les répartitions suivantes pour les dépenses. Cette évaluation un peu brutale est proposée avec réserve, mais a l'intérêt de fixer les ordres de grandeur⁹⁰.

Tableau 6. Répartition des dépenses d'énergie dans l'habitat en milliards €/an.

	Electricité	Autres énergies	Total
Chauffage	6,3	16,7	23,0
ECS	2,6	1,4	4,0
Cuisson	1,5	1,0	2,5
Electricité spécifique	8,1	0,0	8,1
Total	18,5	19,1	37,6

⁸⁹ *Les chiffres clés de l'énergie*, édition 2004, page 177. Les données pour l'ECS (3,8 à 4 Mtep/an en 1995 et 2002, soit) sont peu précises ; son taux de croissance antérieur était plus rapide.

⁹⁰ On trouvera au chapitre 8 une évaluation pour l'ensemble de l'habitat et du tertiaire.

On constate la part très importante de l'électricité dans le total de l'énergie consommée (26 %), et surtout, dans la dépense dont elle représente la moitié. L'électricité spécifique représente ici près de la moitié de la consommation d'électricité ; si on tenait compte de l'électricité utilisée dans les services urbains (éclairage urbain) et fourniture d'eau, sa part augmenterait encore.

L'évolution de la consommation d'électricité dans le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) est extrêmement vive. Le tableau et la figure suivante illustrent cette évolution par rapport à celle des autres usages (industrie, transport, agriculture). Malheureusement, nous n'avons pas trouvé de données séparant les bâtiments résidentiels et tertiaires⁹¹.

Tableau 7. Évolution des consommations d'électricité de 1990 à 2003 (TWh/an).

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	Part de l'augmentation 1995-2003
Résidentiel Tertiaire	182,3	212,5	243,7	247,5	256,3	261,1	74,8 %
Autres usages	125,8	135,7	151,7	153,3	152,6	152,1	25,2 %
Total	308,1	348,2	395,4	400,8	408,9	413,2	100 %

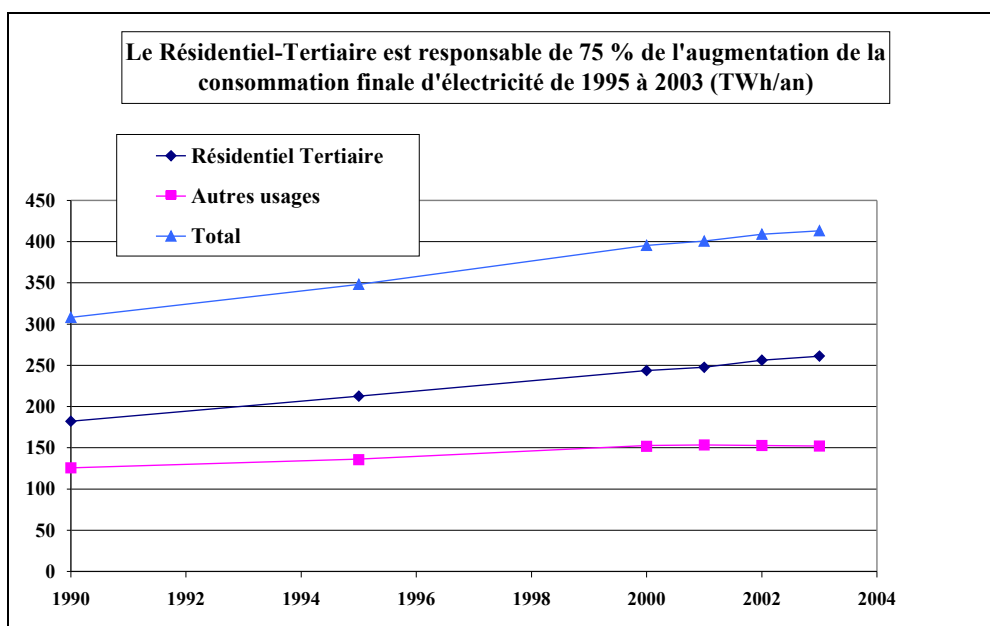


Figure 5. Évolution des consommations d'électricité de 1990 à 2003..

La croissance de la consommation d'électricité dans le secteur du bâtiment est un phénomène dont les conséquences n'ont pas encore été analysées.

Une recommandation serait de faire réaliser une étude détaillée des variations récentes de ce secteur, par types de bâtiment et par types d'utilisation de l'électricité.

Le détail des énergies utilisées en chauffage montre une grande variété⁹².

⁹¹ Les chiffres clés de l'énergie, édition 2004, page 140.

⁹² Les chiffres clés de l'énergie, édition 2004, page 178 pour les chauffages centraux. Le Compte du logement pour les résidences principales sans chauffage central. Valeurs en 2002.

Tableau 8. Répartition des résidences principales par type de chauffage.

Type de chauffage (chauffage central sauf ligne 1)	Résidences principales (milliers)
Pas de chauffage central (non CC)	1 700
Autres types de chauffage central (autres CC)	38
Charbon, bois en immeuble collectif	41
Produits pétroliers	4 536
GPL	694
Gaz	9 360
Électricité	6 570
Chauffage urbain	1 022
Bois en maisons individuelles	262

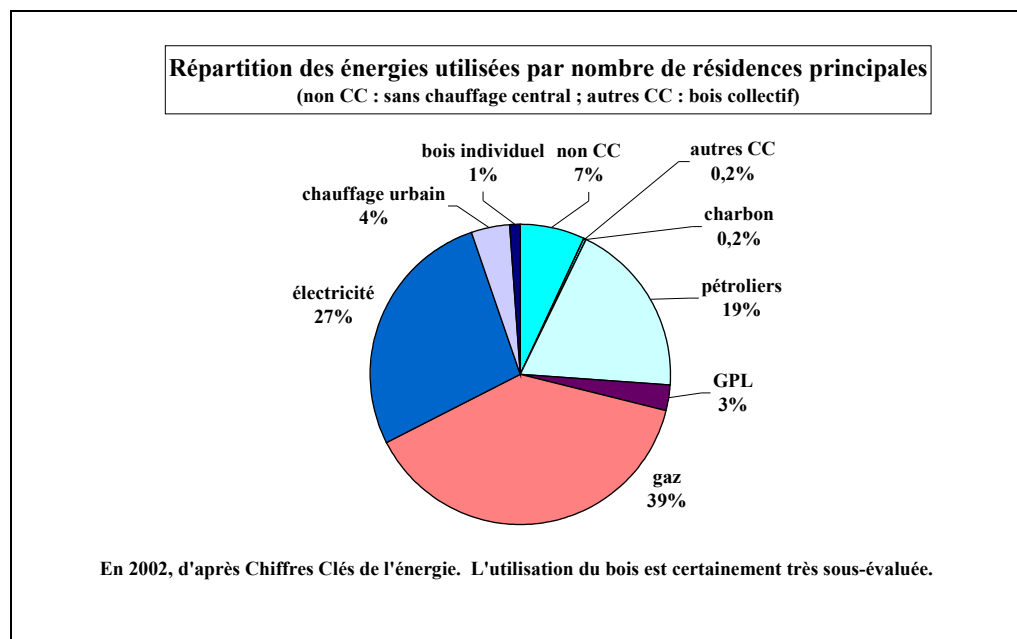


Figure 6. Répartition des consommations de chauffage des logements par types d'énergies.

Les divers types de logement utilisent des énergies relativement différentes. Notamment, le logement social (composé surtout d'immeubles collectifs) est particulièrement dépendant du gaz naturel, et les ménages bailleurs louent des logements qui utilisent le plus l'électricité. Les maisons individuelles, possédées à 90 % par des ménages occupants ou bailleurs, sont le secteur qui utilise le plus le fioul (du fait de leur dispersion dans des zones non desservies en gaz naturel).

Bien qu'il soit très difficile de proposer une prospective à peu près fiable des prix de l'énergie de chauffage, on peut cependant dégager les éléments suivants :

- le coût de production de l'électricité (française) est indépendant de la conjoncture énergétique mondiale (la variation du prix de vente est une autre question) ;
- les réseaux de chaleur (avec une grande proportion d'ordures ménagères ou de géothermie) et une part importante de frais fixes dus au réseau (le tiers vers 2000), ont aussi un coût de production assez indépendant de la conjoncture ;
- les prix du gaz et des produits pétroliers (fioul, GPL) sont soumis à un marché international très fluctuant.

Ces différences prospectives devraient entraîner des politiques spécifiques à chacun de ces secteurs. Or, il semble qu'il y ait peu de réflexions sur le sujet⁹³.

La figure suivante illustre ces différences⁹⁴.

⁹³ *Le Compte du logement en 2004* s'interroge longuement, mais pour la première fois, sur ce sujet.

⁹⁴ *Le Compte du logement en 2004*, tome 2, page 76.

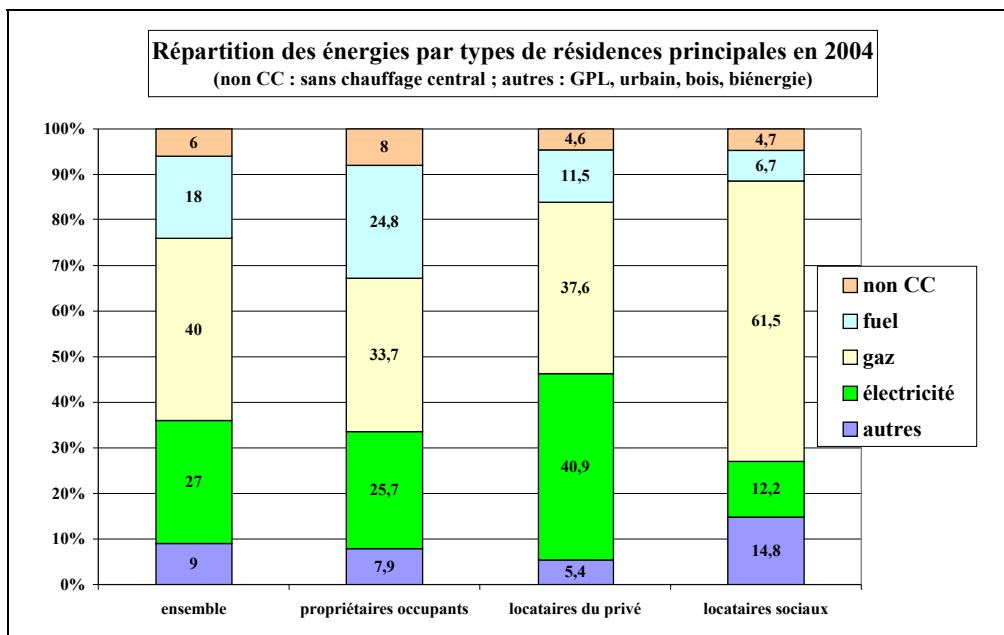


Figure 7. Énergies de chauffage utilisées dans les logements des par type de propriétaire et d'occupant.

5. LA MAÎTRISE D'OUVRAGE DANS LES LOGEMENTS EXISTANTS.

Un critère extrêmement important, dès lors qu'il s'agit de travaux d'amélioration du logement, est de savoir qui paie les travaux et qui en profite. Cette question présente deux aspects distincts :

- la possibilité ou non d'individualiser la consommation en immeuble collectif,
- la séparation éventuelle entre le « propriétaire payeur » et le locataire qui profite des gains.

Lorsque le chauffage est collectif, les propriétaires occupants (ou locataires⁹⁵) sont très généralement soumis à un régime forfaitaire de répartition des charges de chauffage.

Les travaux qu'ils effectueraient spontanément pour économiser l'énergie ne se traduiraient pas par une diminution de leurs charges de chauffage, fixées *ne varietur* par le règlement de copropriété (ou un règlement intérieur pour les immeubles entièrement loués)⁹⁶.

Un texte réglementaire des débuts de la crise de l'énergie prévoyait la pose de « *compteurs d'énergie* » dans les immeubles à chauffage collectif.

On a vite dû constater leur coût très élevé – sauf rarissimes exceptions – et les défaillances des techniques proposées.

Une autre problématique – insoluble – est apparue d'emblée, celle dite du « *vol de chaleur* » : un logement chauffé à une température plus basse que ses voisins peut pratiquement ne rien « consommer » au niveau du compteur, tout en consommant effectivement de l'énergie au frais de l'immeuble (copropriété ou immeuble loué en totalité)⁹⁷.

⁹⁵ Sauf cas très rares de locations charges comprises, les charges de chauffage sont récupérées sur le locataire.

⁹⁶ Les auteurs de tels travaux ne profitent des gains qu'au prorata de leurs millièmes dans la Copropriété.

⁹⁷ Le « *vol de chaleur* » existe évidemment aussi dans le cas de chauffages individuels en immeuble collectif. Mais il s'agit dans ce cas d'une problématique « privée » puisqu'il existe un comptage d'énergie pour chaque

La technique ne permet donc jamais l'application de comptages de chaleur et ce texte fut abrogé (après que sa date d'application ait été repoussée plusieurs fois). Il paraît impossible qu'une solution technique de cette problématique soit jamais trouvée à un coût raisonnable.

Les travaux effectués dans des logements à chauffage collectif en immeuble collectif ne permettent en pratique jamais de faire profiter de ses gains un copropriétaire (ou son locataire) pour des travaux sur un appartement unique. Seules les opérations globales résultant d'une décision de la copropriété, dans le respect de la répartition des charges, permettent aux payeurs de profiter des gains réalisés.

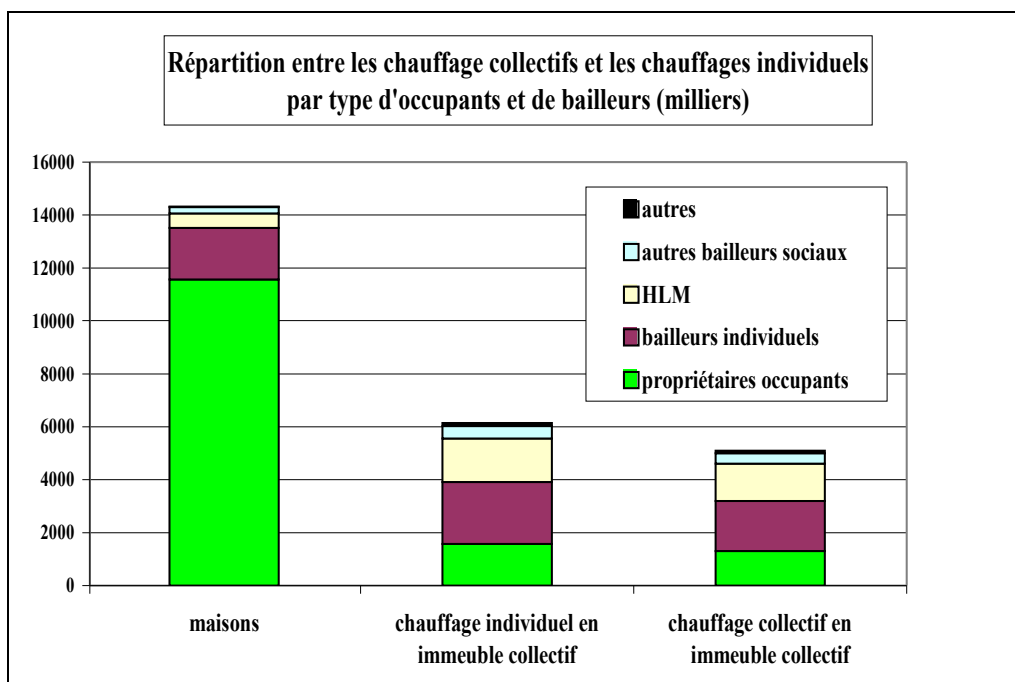


Figure 8. Répartition entre les chauffages individuels en maison individuelle, les chauffages individuels en immeuble collectif et les chauffages collectifs par type d'occupants ou bailleurs.

On a vu ci-dessus que les locataires du secteur privé (et éventuellement des HLM ou d'autres bailleurs publics), qui occupent 50 % des logements n'effectuent que 5 % des travaux. On peut logiquement penser que leur part dans les travaux liés à l'énergie est encore plus basse⁹⁸.

La récupération par le propriétaire, sous forme d'une augmentation « spécifique » du loyer, de travaux d'économies d'énergie est pratiquement impossible sous le régime des baux actuels, sauf accord contractuel entre les parties (qui reste exceptionnel).

appartement ; elle n'est pas liée à une répartition du règlement de copropriété. Les « isolations entre logements » n'étaient jamais rentables ; d'ailleurs cette voie n'a jamais été retenue dans les normes concernant les logements neufs. Le durcissement des normes de l'enveloppe rend encore plus inintéressante l'isolation entre appartements.

⁹⁸ Les travaux exécutés par les locataires sont le plus souvent des travaux de peinture et aménagement intérieurs. Le clos et le couvert (toiture et son isolation), les fenêtres et le chauffage, ne sont pas des travaux locatifs.

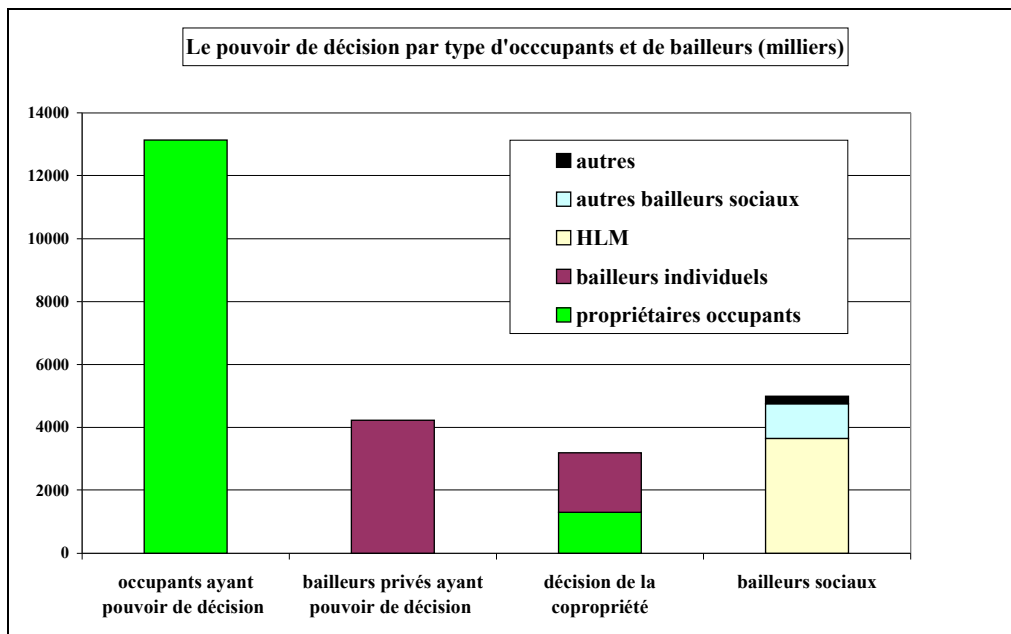


Figure 9. Répartition par type de propriétaires selon le pouvoir de décision.

6. VERS UN NOUVEAU SYSTÈME DE CONNAISSANCE ?

En conclusion, on peut souligner les quelques point suivants.

Le système de connaissance actuel est mal adapté aux nouveaux problèmes qui sont apparus depuis le début – il y a plus de 30 ans – des crises de l'énergie.

Notamment, il mélange toutes les catégories de construction sans précision de date. Il intègre chaque année les bâtiments de l'année précédente, qui sont évidemment d'un tout autre type que la plupart des bâtiments existants⁹⁹.

Pourtant les moyens qui sont consacrés au système de connaissance sont loin d'être négligeables à l'ADEME (voir notre critique de l'enquête SOFRES-ADEME¹⁰⁰), au ministère chargé du logement, à l'Observatoire de l'énergie, et aux organismes publics comme l'ANAH. Une remise à plat du système de connaissance – et de ses budgets – paraît indispensable.

Les trois questions principales sont évidemment :

- la maîtrise des consommations de chauffage du parc ancien,
- la croissance de la consommation d'électricité spécifique, qui représente 75 % de l'augmentation totale de la consommation d'électricité (le chauffage des bâtiments, l'industrie, l'agriculture et les transports se partageant les 25 % restant) ;
- la croissance de la consommation d'eau chaude sanitaire.

La maîtrise des consommations du parc ancien a été très négligée au profit des

⁹⁹ Cette pratique permet évidemment d'afficher une baisse continue des « indices d'efficacité énergétique » globaux.

¹⁰⁰ L'enquête ADEME-SOFRES présente des biais très importants et non maîtrisés . Elle donne des résultats très proches d'une année sur l'autre, ce qui est un gaspillage de temps et d'argent. Elle pose des problème de cohérence avec les recensements des logements du *Compte du logement*. Etc.

Ce qui ne veut pas dire qu'elle est sans intérêt : c'est la seule qui existe, il faut bien s'en servir !

améliorations des réglementations de la construction neuve jusqu'à une date récente¹⁰¹. C'est ainsi, on va le voir au Chapitre 6, qu'aucune réglementation n'a été imposée aux composants (huisseries des fenêtres, vitrages, isolants) utilisés dans la rénovation des bâtiments existants.

Pour l'électricité spécifique, les normes qui existent (pour les appareils électro-ménagers notamment) sont extrêmement loin, ici encore, de couvrir tout le champ. On traitera cette question au Chapitre 8.

La préparation d'eau chaude sanitaire est un domaine encore moins connu que les deux précédents (on tâchera de préciser. Les actions passées s'y résument pratiquement à la promotion du chauffe-eau solaire. On traitera la préparation d'eau chaude sanitaire au Chapitre 7.

Mais, avant de traiter ces questions, nous consacrerons respectivement les Chapitres 3, 4 et 5 aux « *Logements neufs* », à « *L'évolution et le prospective du chauffage* » et à la présentation des « *Professions du bâtiment* ».

¹⁰¹ Cette affirmation paraît paradoxale si on ne pense qu'aux slogans du type « *Chasse au Gaspi* ». Mais, si l'on examine la réalité des investissements (passés et actuels) elle est plus compréhensible.

Chapitre 3

LES LOGEMENTS NEUFS.

1. LA « PRODUCTION » DE LOGEMENTS NEUFS.

1.1. « DEMANDE DE LOGEMENT » ET « ACTIVITÉ IMMOBILIÈRE ».

Les termes de « demande de logements » ou « besoins de logements » sont les plus communément utilisés. Une expression comme « *il manque 500 000 logements par an* » - sous-entendus « *logements neufs en France* » – fait partie du langage le plus courant. Or, cette question est le lieu d'un ensemble d'ambiguïtés qui cachent des réalités très concrètes.

Cette demande (ou ce besoin) est le résultat d'un ensemble complexes de phénomènes : accroissement de population de 350 000 personnes par an sur 1999-2004¹⁰², ce qui correspond à environ de 100 000 nouveaux « *foyers* » par an, besoins des mal logés, des sans domicile fixes¹⁰³, décohabitation, vieillissement de la population, demandes de surfaces supplémentaires par des ménages déjà dotés de logements plus spacieux que la moyenne, etc.

Le nombre des logements construits sur les quinze années 1990-2004 a été en moyenne de 298 000 par an¹⁰⁴ avec extrêmement peu de destructions. Une certaine accélération semble se dessiner récemment (384 000 logements construits en 2005) et pour le proche avenir, mais les prévisions à long terme restent difficiles.

Le besoin en « *surfaces de logements neufs* » pourraient être un indicateur plus pertinent, mais il pose aussi des problèmes. En effet, la surface unitaire (106 m² en moyenne en 2005) dépend du type de logement, les maisons individuelles étant plus grande surface que les logements collectifs, à l'intérieur desquels les logements sociaux sont plus petits que la moyenne. La surface totale dépend donc beaucoup du type d'urbanisation.

Si on ajoute que les consommations de chauffage à surface bâtie égale sont plus faibles dans le logement collectif que dans le logement individuel, on introduit un dernier élément d'incertitude.

Les réflexions sur le développement durable semblent privilégier les logements collectifs moins consommateurs de surface construites. La tendance serait donc globalement à la baisse de la surface unitaire du logement neuf, accompagnée d'une baisse légèrement plus forte de la consommation unitaire.

¹⁰² Il faudrait tenir compte du décalage entre les naissances, responsables de la plus grande partie de cet accroissement, et la formation de « foyers » à l'âge adulte.

¹⁰³ Les définitions de ceux-ci et l'estimation de leur nombre sont très variables. Une valeur maximum souvent proposée est de 200 000 personnes.

¹⁰⁴ D'après *Le Compte du Logement, op. cit.*, années 2004 et 1998.

Par ailleurs, il n'existe pas « *une* demande nationale » mais une multiplicité de « *demandes locales* ». La région Île-de-France se distingue par sa plus forte demande ramenée à sa population.

Les communes en sont des acteurs fondamentaux par leur politique urbanistique, foncière et de logement social (position vis-à-vis des 20 % de logements sociaux imposés par la loi SRU). Elles interviennent aussi par leur fiscalité. Certaines entités locales supérieures à la commune (Régions, Départements, Autorités de transport notamment) ont aussi un rôle éminent dans l'étalement urbain¹⁰⁵.

Un autre terme celui de « *marché du logement* » est tout aussi utilisé que celui de « *demande* » : il cache une réalité bien plus complexe que celle d'un *marché*.

C'est pourquoi le *Compte du logement* regroupe à juste titre « *la construction de logements neufs* » et « *l'acquisition de logements d'occasion* » dans un même ensemble : « *l'activité immobilière* »¹⁰⁶. Il ne parle donc pas de « *marché du logement* ».

En réalité on a affaire à un marché global complexe de « *changements de résidences principales* » (et secondaires).

De plus, on est très loin de ce qu'on appelle un « *marché* » en économie libérale.

Les interventions de la Collectivité sont nombreuses et variées : production directe de logements à travers des organismes publics, interventions dans la financement des acquisitions (épargne, emprunts, aides à l'investissement, déductions pour les acquisitions de logements à louer), « *aides personnelles* » (13,9 milliards € en 2004) bénéficiant essentiellement aux locataires (elles couvrent ainsi le cinquième des dépenses courantes des locataires HLM), fiscalité spécifique sur les ventes de logements anciens (droits de mutation, plus-values immobilières), etc. Signalons enfin l'existence de l'ANAH, qui collecte une taxe fiscale sur les bailleurs pour améliorer l'habitat.

Le « *marché du neuf* » est traité très différemment de celui de l'achat d'un logement existant (fiscalité, possibilités d'emprunt), ce qui sépare encore ces deux types de marchés.

Ce système d'intervention très complexe mériterait d'être analysé sous l'angle spécifique des possibilités d'intervention sur les consommations d'énergie par une certaine redistribution des ressources actuelles.

Or, les modalités de « *l'activité immobilière* » sont loin d'être neutres vis-à-vis de la consommation d'énergie.

Nous verrons que la consommation énergétique dans les logements neufs dépend essentiellement de facteurs « techniques » : normes d'isolation et choix d'énergie de chauffage, choix des matériels consommant de l'électricité spécifique.

Les bâtiments anciens, par contre, sont susceptibles d'améliorations qui font intervenir des éléments totalement différents.

L'étalement urbain, préoccupant en matière de transports, passait pour l'être moins en matière d'énergie dans les bâtiments. Toutefois, un tissu urbain plus dense a pour corollaire des surfaces bâties moins importantes, un contrôle plus aisé des réalisations que pour les maisons individuelles, etc. Ce sujet semble avoir peu été exploré jusqu'ici.

Enfin, une intervention très directe des collectivités locales dans le domaine énergétique des bâtiments se fait par les réseaux de chaleur, sur lesquels nous reviendrons.

¹⁰⁵ Il suffit de parcourir les franges extérieures de la Région Île-de-France où les logements neufs poussent comme des champignons pour mesurer les dégâts des différentiels d'imposition.

¹⁰⁶ Voir *Le Compte du logement en 2004*, notamment tome 1, pages 79 e. s. et tome 2, pages 63 e. s.

En conclusion, nous nous exprimerons plutôt en « *demande de surface bâtie* » et non en « *demande de logements* ». On verra plus loin que le phénomène de fond est l'accroissement de la consommation individuelle de surface – et de très loin – bien avant l'accroissement de la population. Certains facteurs de cet accroissement, liés à des pesanteurs sociales d'une part, et à des rigidités administratives et politiques, d'autre part, devraient faire l'objet d'une réflexion dans l'optique de la maîtrise de l'énergie.

1.2. LE MARCHÉ ACTUEL DE LA CONSTRUCTION NEUVE.

Il ne s'agit ici que de fixer les ordres de grandeur à partir des données récentes du marché :

- le marché des logements neufs a été de 300 000 unités par an environ sur la période récente, avec des fluctuations ;
- et il y a environ 800 000 ventes de logements d'occasion par an.

Pour présenter ici brièvement la construction de logements dans l'optique qui est la nôtre, nous avons retenu deux aspects :

- la répartition des surfaces construites entre logement individuel et collectif,
- la nature du « maître d'ouvrage » initial croisé avec le type d'utilisateur.

La figure ci-dessous illustre la répartition des surfaces construites selon qu'il s'agit d'habitat individuel ou collectif.

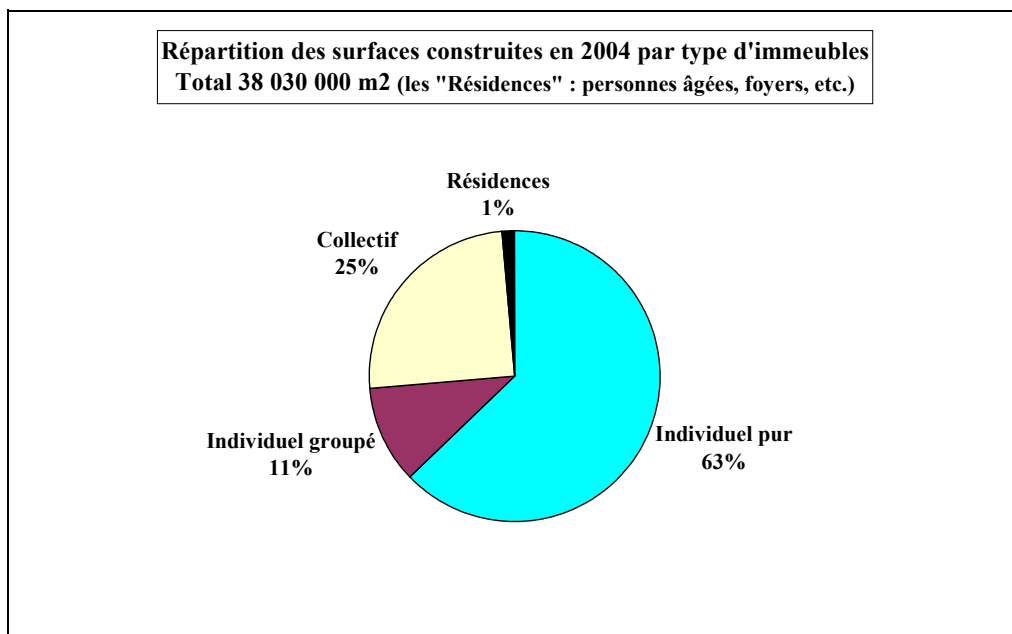


Figure 10. Répartition par type d'immeuble des 38,030 millions de m² construits en 2004.

Les logements individuels représentent les trois quarts du total des surfaces construites¹⁰⁷. Ils doivent représenter un peu plus en termes d'énergie pour diverses raisons : l'habitat individuel est généralement plus consommateur au m² bâti, et surtout sa réalisation est moins surveillée.

¹⁰⁷ *Le Compte du logement en 2004*, tome 2, page 69. Il s'agit d'équivalent surface, par type de projet.

Il est donc intéressant de connaître le « *maître d'ouvrage initial* » de la construction. Le tableau et la figure ci-dessous répartissent les logements entre ceux achetés à un promoteur et ceux réalisés à l'initiative de l'acheteur, et selon le type d'acheteur¹⁰⁸.

Tableau 9. Répartition par « maître d'ouvrage initial » des acquisition de logements neufs en millions € en 2004 (non compris frais et droits de mutation).

	A l'initiative de l'acquéreur	Achat à un Promoteur	Total
Propriétaires occupants	32 225	8 177	40 402
Ménages bailleurs	1 368	7 300	8 668
HLM	3 078		3 078
Autres bailleurs sociaux	813		813
Autres bailleurs personnes morales	1 896	560	2 456
Résidences secondaires	2 124	768	2 892
Total bailleurs	7 155	7 860	15 015
Total	39 380	16 037	55 417

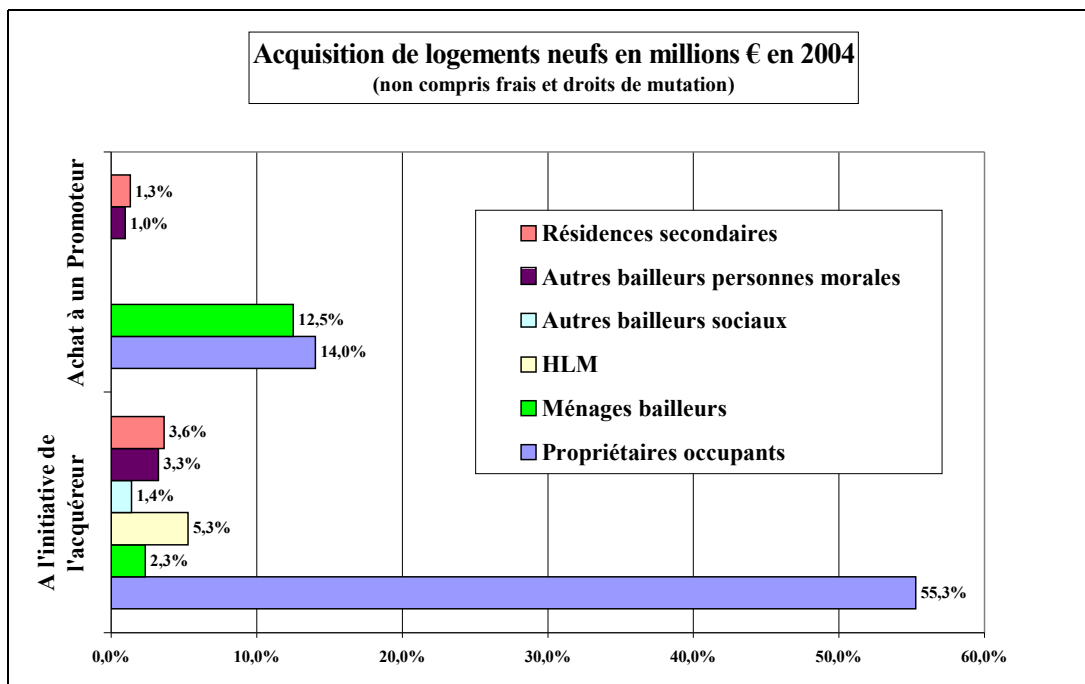


Figure 11. Répartition selon le type d'acheteur des logements achetés à un promoteur ou réalisés à l'initiative de l'acheteur en 2004 (en valeur hors frais et droits).

Le tableau et la figure font apparaître les déterminants fondamentaux suivants.

Les ménages réalisent près de 90 % des investissements : 69,3 % en tant qu'occupants, 14,9 % en tant que bailleurs, 5 % en tant qu'acheteurs de résidences secondaires¹⁰⁹.

¹⁰⁸ Faute de données en surfaces, on présente les investissements en €. In *Le Compte du logement en 2004*, tome 1 page 194.

¹⁰⁹ Ce n'est qu'approximatif : les résidences secondaires peuvent être construites pour une personne morale, et les « autres bailleurs personnes morales » peuvent être des sociétés civiles qui recouvrent en fait des ménages.

La réalisation par un « *maître d'ouvrage professionnel* » ne recouvre que 38,7 % des investissements, dont 9,9 % pour les HLM, autre bailleur social ou autre bailleur personne morale et 28,8 % pour les promoteurs ayant vendu leurs réalisations.

61,3 % des investissements – en quasi totalité des logements individuels – ont été réalisés à l'initiative des « *maîtres d'ouvrage occasionnels* » que sont les ménages.

Les promoteurs ayant vendu leurs réalisations sont en petit nombre, 550 d'entre eux regroupant la quasi totalité des logements construits (dont une partie en individuel groupé). L'intervention d'un architecte maître d'œuvre y est de règle. On peut donc présumer d'un bon respect des réglementations thermiques.

La répartition des maisons individuelles construites serait la suivante selon des données de l'Union des Constructeurs de Maisons Individuelles (UNCMI)¹¹⁰ :

- UNCMI : 50 % ; ses 3 800 adhérents sont de taille très diverses : 200 entreprises construisent plus de 100 maisons dont 6 plus de 1 000, la plus importante en produisant 9 000 ;
- maîtrise d'ouvrage assurée par des promoteurs immobiliers (secteur dit des « *logements individuels groupés* ») : 20 % ;
- avec un « *maître d'œuvre* », architecte ou agréé : 6 % ;
- avec un « *coordonnateur* » : 7 % ;
- construites par un artisan, sur un permis déposé par le maître d'ouvrage : 15 %.

Cette récente concentration du secteur des maisons individuelles, dont environ 80 % est produit par des entreprises de l'UNCMI, des promoteurs ou sous le contrôle d'un maître d'œuvre professionnel devrait limiter les craintes anciennes sur l'insuffisante qualité de ces constructions.

En effet, une des affirmations régulièrement exposées lors des auditions était le manque de contrôle des réalisations de maisons individuelles. Son faible niveau et ses effets négatifs en termes de surconsommation d'énergie avaient été établis dans le passé, mais la situation semble avoir changé, et nous n'avons pas trouvé d'éléments chiffrés récents à ce sujet¹¹¹.

Seuls, des éléments qualitatifs récents ont été exposés dans le *Rapport « Évaluation de la mise en œuvre de la réglementation thermique 2000 »* du Conseil général des Ponts et chaussées¹¹², qui s'exprime en des termes très pessimistes :

« La plupart des interlocuteurs rencontrés insistent sur l'insuffisance quantitative des contrôles, tant les contrôles de réception par le maître d'ouvrage que les contrôles réglementaires.

Les représentants des entreprises et artisans ont rappelé qu'ils ne voyaient pas d'un mauvais œil les contrôles de l'administration, car ceux-ci contribuaient à la lutte contre une concurrence déloyale, pratiquant des prix trop bas. Beaucoup insistent aussi sur le fait qu'il est plus facile de contrôler une "réglementation de moyens" ».

¹¹⁰ Renseignements fournis verbalement par M. Duperré de l'UNCMI.

¹¹¹ Le très faible niveau du contrôle – et ses effets négatifs – avaient été clairement établi pour les années 1990 dans *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation* de M. Yves Martin publié en 1998.

¹¹² Philippe Aussourd, Marc Prévôt, Raphaël Slama, *Évaluation de la mise en œuvre de la réglementation thermique 2000* 20 novembre 2006. C'est nous qui soulignons. À voir sur le site http://www2.equipement.gouv.fr/rapports/themes_rapports/habitat/004475-01.pdf

Celle-ci est bien adaptée aux petits projets, qui sont les plus fréquents. L'approche ingénierie que privilégie notre réglementation correspond mieux aux gros projets. Mais il n'existe pas d'essais qui démontrent que la réglementation a été appliquée, comme c'est le cas pour l'acoustique. »

Les organismes promoteurs de « labels » (voir ci-dessous en 3.2) font valoir que les maisons labellisées seraient mieux contrôlées. Mais, contrairement à d'autres pays, comme l'Allemagne par exemple, il ne semble pas réellement y avoir de contrôles *a posteriori* effectués par ces organisations

2. LE CHOIX DE L'ÉNERGIE.

Nous n'avons pas présenté d'éléments de « prospective des prix de l'énergie », sujet qui dépassait largement le seul domaine des bâtiments et les moyens du Groupe de travail.

Le choix de l'énergie dans le logement neuf est actuellement – selon les professionnels du chauffage à eau chaude – de plus de 60 % en faveur de l'électricité à effet Joule. Le gaz vient ensuite, et le fioul ou le GPL concernent essentiellement les constructions non desservies par le gaz ou bien exigeant des travaux coûteux pour modifier les alimentations électriques publiques en place¹¹³.

Il faut noter que cette situation n'est pas partagée par les pays européens plus froids que la France, où l'électricité est généralement nettement plus coûteuse.

La situation actuelle résulte des conditions du marché du logement neuf, notamment du logement individuel, et non d'une politique délibérée.

Le coût d'un chauffage à effet Joule (y compris le surcoût du renforcement de l'alimentation électrique déjà obligatoire) est de l'ordre de 120 € par radiateur, tandis que le chauffage à eau chaude (radiateurs, chaudière, raccordement au réseau de gaz ou cuve à fioul compris) dépasse 1 500 € par radiateur. Ces investissements sont pratiquement indépendants de la puissance nécessaire et de la consommation dans les maisons individuelles.

L'énergie électrique était nettement plus chère que les autres avant 2000. Mais, on conçoit que les consommations de plus en plus faibles – en valeur absolue – des logements neufs et donc les faibles différences sur le coût de l'énergie consommée aient donné un avantage compétitif à l'électricité.

Dans le logement collectif, il est vrai que le coût par logement pour l'installation d'un chauffage collectif y est un peu moindre que dans les logements individuel.

Mais d'autres éléments interviennent.

Pour le secteur de la promotion immobilière, l'électricité permet de diminuer le prix du logement, beaucoup d'acheteurs étant sensibles à cet avantage immédiat sans trop se préoccuper de l'avenir. Par ailleurs, cela évite aussi les contestations sur les défauts de l'équilibrage du chauffage entre les appartements, toujours difficile à réaliser parfaitement.

Les bailleurs sociaux et les réalisateurs d'immeubles majoritairement destinés à des

¹¹³ Un système de péréquation existe pour l'accès à l'électricité dans les zones rurales, avec toutefois des distinctions byzantines à l'appréciation plus ou moins arbitraire d'organismes locaux.

bailleurs individuels (type location Périssol, Besson, de Robien, Borloo, etc.) sont extrêmement sensibles à la simplification de la facturation des charges lorsque le chauffage est individuel. On a d'ailleurs assisté à un mouvement important de remplacement du chauffage collectif par des chauffages au gaz individuels dans le secteur social existant, grâce à la diffusion de la technique des chaudières individuelles à ventouse dans le courant des années 1990.

Les augmentations récentes – depuis 2000 – du prix des autres énergies par rapport à celui de l'électricité ne peuvent que renforcer une tendance ancienne basée sur le simple calcul économique. La répartition entre énergies dans le neuf va donc certainement encore évoluer.

Le secteur du logement neuf est évidemment beaucoup plus réactif à ces variations que le logement existant où la pesanteur des investissements déjà réalisés (et amortis) se fait sentir, sans parler des habitudes.

La figure ci-dessous illustre les variations différentielles récentes des prix de l'énergie de chauffage depuis 2000, après une longue période de stabilité consécutive à la fin de la crise de l'énergie en 1986¹¹⁴.

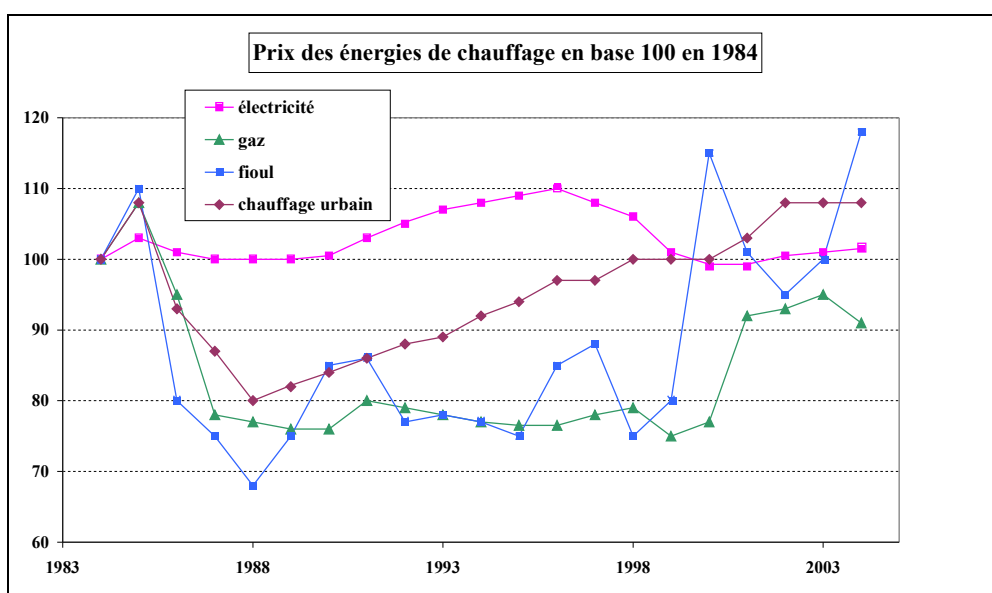


Figure 12. Évolution des prix des énergies de chauffage (base 100 en 1984).

À notre connaissance, il n'existe pas de réflexion prospective récente sur les conséquences et la durabilité du choix prioritaire actuel en faveur de l'électricité dans les logements neufs. Une dimension à explorer sera la façon différente dont ce choix affecte les logements selon leur type de propriétaires

Il conviendrait donc de s'interroger rapidement sur les conséquences du choix prioritaire en faveur du chauffage à effet Joule sur le secteur du logement neuf.

Ce devrait être, à notre sens, une question prioritaire, car elle engage de nombreuses autres questions, notamment en termes de production de gaz à effet de serre, dans le contexte français

¹¹⁴ *Le Compte du logement 2004*, tome 2, page 78.

d'une électricité produite avec très peu de combustibles fossiles.

La réglementation thermique 2005 a imposé des normes d'isolation plus dures pour les bâtiments chauffés à l'électricité, dans le but affiché de décourager son usage. Il est trop tôt pour en connaître les effets, mais on peut douter fortement de l'efficacité de cette disposition.

3. LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES LOGEMENTS NEUFS.

La consommation d'énergie de chauffage des logements neufs est déterminée par une « *réglementation thermique* » complexe qui a évolué régulièrement, les trois dernières étapes datant de 1989, 2000 et 2005.

Il est prévu de faire désormais évoluer la « *réglementation thermique* » tous les 5 ans.

Nous n'entrerons pas dans la constitution complexe de ce « *système réglementaire* » qui doit en partie sa complexité à la variété climatique française et à une tradition de refus de la « *normalisation des composants* » du bâtiment pourtant pratiquée en Allemagne et dans les pays nordiques, au profit d'une appréciation globale, dite « *performancielle* » des déperditions du bâtiment¹¹⁵.

Nous voulons ici souligner que cette réglementation est strictement incompréhensible par les « *maîtres d'ouvrage occasionnels* » de maisons individuelles qui constituent 71 % de la demande. Il n'existe pas non plus de « *métier de contrôleur* » spécialiste de ce sujet.

3.2 LES LABELS.

Dans le passé, des « *labels* » signalaient les réalisations les meilleures. Ils offraient une alternative au manque de contrôle, un tiers s'engageant sur les résultats de consommation, au delà de la norme et de son interprétation¹¹⁶.

Le principal label était PROMOTELEC pour les logements utilisant l'électricité, beaucoup plus coûteuse au kWh consommé que les autres énergies. Ce label est pratiquement en sommeil depuis la réglementation thermique 2000. Ceci d'autant plus que EDF a supprimé les « *primes* » qu'elle accordait à ces logements.

Il en est allé de même pour les labels HPE « *Haute Performance Energétique* » et THPE « *Très Haute Performance Energétique* », qui ne concernaient plus que moins de 1 000 logements par an sur les années 2003-2005.¹¹⁷

Le label « *Haute Qualité Environnementale* », aux ambitions plus larges que l'économie d'énergie, ne concernait jusqu'en 2006 que le tertiaire. Son extension est prévue au logement individuel et collectif¹¹⁸.

¹¹⁵ Nous conseillons vivement au lecteur non professionnel la lecture de la dite « *réglementation thermique* » pour en apprécier toute la complexité.

¹¹⁶ Cet engagement résultait de normes plus contraignantes, et non d'un « *contrôle effectif* » que les délivreurs de « *labels* » n'étaient nullement organisés pour réaliser *a posteriori*.

¹¹⁷ Voir à propos de la quasi disparition des labels, *Évaluation de la mise en œuvre de la réglementation thermique 2000*, 20 novembre 2006, Philippe Aussourd, Marc Prévôt, Raphaël Slama, Conseil général des Ponts et chaussées, *op. cit.*

¹¹⁸ Voir *HQE® Mode d'emploi*, Association HQE, 14 mars 2006, page 16. Ces labels seraient délivrés par le

Les niveaux d'isolation imposés actuellement à toutes les constructions pourraient rendre les labels moins intéressants pour l'avenir.

On voit actuellement fleurir les communications sur des labels étrangers qui se réclament tous du développement durable¹¹⁹.

En fait ces labels étrangers s'apparentent aux labels français dont on vient de voir qu'ils ont pratiquement disparu en quelques années depuis la parution de la réglementation thermique 2000, encore durcie en 2005. En France, une association Effnergie, se propose de mettre en œuvre des labels du même genre dont, très rapidement, un label TTHPE « *Très Très Haute Performance Energétique* »

Ces propositions se confrontent dans le cadre de l'ISO sur les principes généraux du « *bâtiment durable* », « *green building* » ou « *sustainable building* ». Des réunions internationales ont lieu depuis 1998 (la dernière tenue à Tokyo en septembre 2005).

Cette dynamique internationale entraîne une surenchère communicative et médiatique internationale. Une des raisons en est certainement l'existence de luttes internes à chacun des pays, car les labels sont une source de revenus non négligeable.

Le champ de cette communication est très vaste, allant des plus banales émissions de télévision aux contacts internes à EUROCASE (Association européenne des Académies des Technologies). D'où une surestimation très probable de l'importance de cette question.

En effet, la réalisation de bâtiments extrêmement économes en énergie n'est en rien une nouveauté.

Lors de leur audition, quelques architectes pratiquant ce type de réalisation depuis la première crise de l'énergie¹²⁰, en ont exposé les principes : forme massive du bâtiment (avec étages pour les maisons individuelles), très forte isolation, espaces moins chauffés au nord, captage du soleil d'hiver par des ouvertures au sud-sud-ouest, confort d'été assuré par l'occultation de ces mêmes ouvertures en été (claustras, « casquettes », voire systèmes mécaniques), bon contrôle de la ventilation, avec récupération, et qui doit aussi être suffisante pour assurer le confort d'été. Une question reste posée, celle de la bonne exécution du concept. Le peu de réalisations passées – lié au climat tempéré de la France – fait qu'on peut douter de l'existence d'un nombre important d'entreprises capables d'exécuter correctement des réalisations de type allemand, scandinave ou suisse.

Quelques progrès technologiques récents importants, notamment en matière de vitrages, rendent apparemment moins nécessaires des pratiques anciennement à la mode dans ce type de réalisations comme les vitrages à isolation dynamique¹²¹, l'isolation dynamique en général, le stockage de chaleur jour-nuit.

Le très faible niveau des besoins de chauffage, limités aux périodes des froids les plus vifs, permet une grande liberté dans le choix des moyens de chauffage, la mode étant aux Pompes à

CEQUAMI pour les maisons individuelles et l'association QUALITEL pour le logement collectif.

¹¹⁹ La présentation comme des « *nouveautés* » de ce type de bâtiments ne repose guère que sur des noms supposés devenir labels, (on dirait plutôt des « *marques* ») : *Minergie*, *PassivHaus*, « *Bâtiments à énergie positive* », *green building*, etc.

¹²⁰ Avant 1986 et à leurs moments perdus dans les années 1987-2005, la mode n'y étant plus aux économies d'énergie.

¹²¹ Dans ce système l'air de ventilation est extrait entre deux vitres.

chaleur et autres puits canadiens. En fait, les critères de choix s'éloignent le plus souvent de la recherche d'un optimum « coût / efficacité » dans le choix de l'appareil de chauffage¹²².

Pour les acheteurs ordinaires éloignés de ce mouvement de mode, le chauffage électrique à effet Joule est le « *choix évident* » depuis le durcissement de la réglementation en 2000-2005, comme nous l'ont dit les représentants de l'Union Nationale des Constructeurs de Maisons Individuelles.

L'abaissement régulier des consommations de chauffage des nouvelles constructions est donc *a priori* bien engagé, sous réserve d'une exécution conforme aux normes¹²³.

Mais, cela pose la question du « *contrôle* » de l'exécution des « *labels* », qui était facile quand le niveau réglementaire de consommation était élevé, mais qui l'est devenu beaucoup moins par rapport à un bâtiment réglementaire correctement réalisé. En conclusion, le Groupe de travail estime que les labels ne peuvent plus être fondés sur un « *concept* », mais sur une « *garantie d'exécution* ».

Il paraîtrait bon de repenser les politiques de labels et de contrôles de la réglementation thermique rendus obsolètes par les réglementations thermiques 2000 et 2005.

4. CONCLUSION : JUSQUE OÙ ALLER DANS L'ISOLATION ?

Une question reste en suspens : à quel niveau d'isolation et de contrôle de la ventilation le « rapport surcoût / surinvestissement » deviendra-t-il défavorable pour l'acheteur ?

La même question se pose d'un point de vue collectif, par rapport aux économies d'énergie et de protection environnementale réalisables dans d'autres domaines.

Ces questions sont évidemment indissociables :

- d'hypothèses sur les évolutions à long terme – un bâtiment est construit pour longtemps – des prix de l'énergie et de la valeur affectée à la non émission de CO₂ ;
- d'une comparaison avec les autres moyens d'économiser l'énergie dans le bâtiment :
 - o gain d'efficacité du moyen de chauffage (chaudière, pompe à chaleur),
 - o autres consommations : électricité spécifique, ECS, utilisation de biomasse et énergies renouvelables,
- des politiques énergétiques suivies dans les autres secteurs, transport, industrie, production d'énergie.

Le groupe a dû constater que l'énoncé même de cette problématique éveillait un certain étonnement¹²⁴.

Pourtant, on peut sans aucune restriction affirmer que le durcissement continu de la réglementation thermique ne peut que rapprocher du moment où celui-ci deviendra contre-productif économiquement. La question mériterait donc d'être dégrossie dès maintenant.

Par ailleurs, l'excellence de l'isolation pose maintenant un problème nouveau, celui de

¹²² C'est généralement la position sociale et économique très favorisée des acquéreurs de ce type qui les incite à des choix « de prestige » (écologique) ayant peu à voir avec l'optimum économique. Dans une prévision raisonnable des prix de l'énergie le choix le plus efficace est celui de l'électricité à effet Joule.

¹²³ M. Dalicieux de EDF a signalé une étude inquiétante du CEREN sur les résultats réels de la RT 2000 comparée à la RT 1989.

¹²⁴ Il ne semble pas exister de travaux officiels sur ces questions en France. Quelques études étrangères ont déjà abordé le sujet.

l'évacuation des apports internes durant la période la plus chaude de l'année et donc celui de la climatisation (fort consommatrice d'énergie...) ¹²⁵.

En ce qui concerne la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les consommations d'électricité spécifique, il n'existe encore aucune réglementation dans le domaine du logement ¹²⁶. La situation à cet égard est donc très proche – pour ne pas dire identique – de celle qui prévaut dans le logement existant.

Pourtant les appareils équipant les logements neufs doivent très souvent être acquis à cette occasion ¹²⁷ : ce serait un « *lieu privilégié* » pour une information utile.

Un label « équipements électriques performants » serait certainement bien plus utile à l'acheteur que des labels sur la consommation de chauffage.

¹²⁵ La réglementation thermique actuelle est pauvre sur le sujet. Des réflexions sur cette question ont été engagées, notamment au PREBAT.

¹²⁶ Des obligations existent en matière d'éclairage seulement pour les bureaux neufs.

¹²⁷ Nous n'avons pas trouvé d'éléments statistiques à ce sujet.

Chapitre 4.

ÉVOLUTION PASSÉE ET PROSPECTIVE DU CHAUFFAGE DES LOGEMENTS.

1. ÉVOLUTION DE 1975 À 2040.

L'évolution du chauffage des logements, une fois corrigées des variations climatiques qui peuvent être importantes, montre une croissance très faible depuis 1975, malgré une hausse considérable des surfaces bâties

La figure ci-après présente : la croissance de la population, la croissance de la surface de plancher par habitant et de la surface totale, ainsi que la consommation d'énergie. Depuis 1995, la croissance de la consommation a encore ralenti, avec une augmentation moyenne de 0,3 % par an. Il est manifeste que l'on est actuellement proche d'un maximum dans le processus d'évolution actuel.

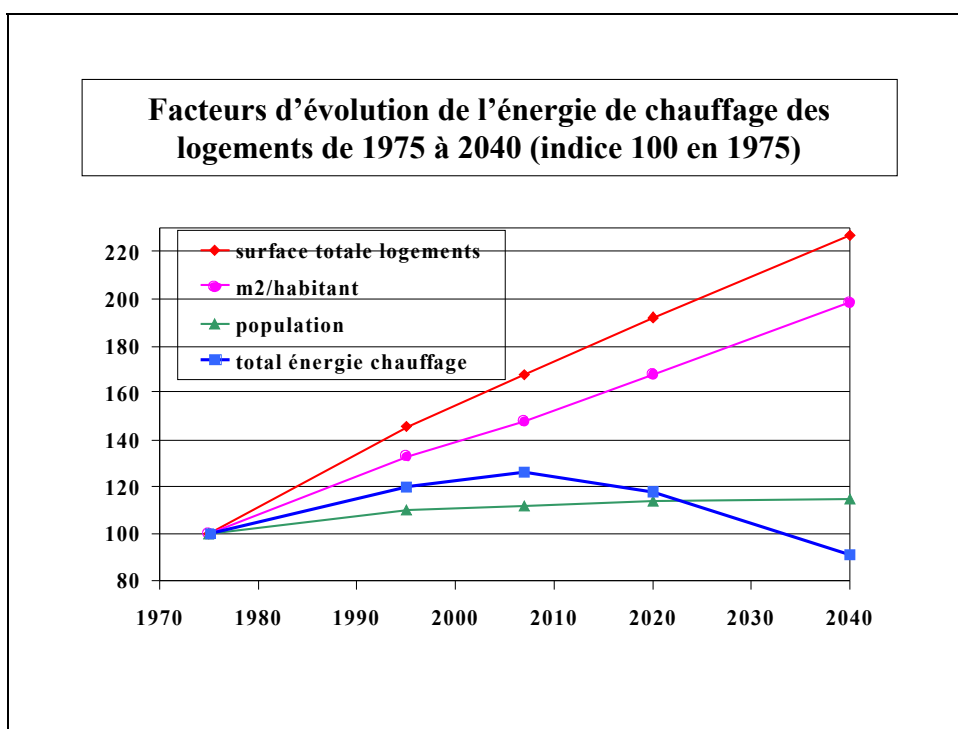


Figure 13. Évolution et prospective simplifiée des logements.

Il convient toutefois d'expliciter les évolutions du passé et du futur proche¹²⁸.

Les trois figures suivantes illustrent l'évolution des consommations selon deux horizons déjà connus, 1995 et 2007 et un premier horizon prospectif, 2040¹²⁹.

L'évolution des surfaces bâties est représenté en abscisse, et celle des consommations unitaires en ordonnées.

La principale donnée prospective nécessaire sur les logements eux-mêmes est la croissance des surfaces de plancher. Or, on verra que les bâtiments neufs sont déjà très bien isolés, aussi le résultat final en consommation à un horizon encore proche comme 2040 est-il très peu sensible à cette donnée. On a retenu 920 millions de m² construits de 2008 à 2040.

Le taux de destruction des bâtiments anciens est la seconde donnée prospective nécessaire.

On peut estimer à 1 million de tep/an l'énergie consommée initialement par les bâtiments existants en 1975 ou construits avant 1995, et détruits entre 1975 et 2007, soit un taux moyen annuel de 0,95 %¹³⁰.

Mais ce taux de destruction est actuellement encore plus faible, moins de 1,5 millions de m² par an, soit 0,08 % des surfaces et des consommations¹³¹.

Pour les 33 ans séparant 2008 de 2040, nous proposons un taux de destruction double du taux récent, soit 0,17 % par an, pour une destruction correspondant à 1,5 Mtep/an sur les 28,3 Mtep/an consommées en 2007 par les logements construits avant 1995¹³².

Le principal facteur d'évolution depuis les débuts de la crise de l'énergie a donc été la réalisation de travaux d'économies d'énergie, peut-être en partie compensée dans les débuts par la poursuite d'un mouvement antérieur d'augmentation des températures pratiquées.

La situation en 2040 prise en compte dans la figure 16 correspond à :

- une consommation résiduelle des bâtiments existants en 2007 de 15 Mtep/an due :
 - o à la destruction de bâtiments d'avant 1995 ayant consommé 1,5 Mtep/an,

¹²⁸ Diverses questions ont été soulevées au Groupe de travail, mais qui sortaient du cadre donné..

La question de la « bonne » répartition sociale de la croissance des surfaces bâties a été posée. Mais, d'un point de vue purement énergétique, elle reste de peu d'importance.

L'autre principal problème – toujours d'un point de vue purement énergétique – est la répartition française du marché qui privilégie les « logement individuel » plus consommateur (en surface, chauffage et transports) par rapport aux « logement collectif ». Des actions sur ce sujet sont certainement très possibles : on a vu que l'acheteur est relativement impuissant face à l'offre.

¹²⁹ Il s'agit d'une simple représentation, dont la cohérence est assurée par la répartition des consommations ou trois étapes de 1975, 1995 et 2007.

¹³⁰ La consommation initiale de ces bâtiments était de 25 Mtep/an avant 1975 plus 8 Mtep/an pour ceux construits entre 1995 et 2007.

¹³¹ Sur les 10 dernières années, on a détruit environ 25 000 logements par an sur un parc de l'ordre de 25 000 000 (de résidences principales). Comme ceux-ci étaient d'une surface moyenne de 80 % de la moyenne du parc, le rythme de destruction récent était environ de 0,8 pour mille des surfaces. On retiendra ce même ratio en termes de consommation. Les raisons de ce rythme de destruction très faible sont à chercher dans l'extrême rigidité due à la grande diffusion en France du régime de la copropriété, dans le type de construction « en dur » des logements individuels, dans la jeunesse relative du parc de logements sociaux (sur 4 millions en 2000, 1,6 millions datent d'après 1975) et dans la politique de « rénovation systématique » de ceux-ci suivie depuis 1980 (2 millions de logements rénovés de 1980 à 2000).

¹³² La consommation de ces logements en 2008 est de 20,8 plus 7,7 Mtep/an. L'hypothèse faite est certainement optimiste.

- à une diminution de 12,4 Mtep/an de la consommation des bâtiments anciens conservés,
- la construction de 820 000 m² de surfaces de 2008 à 2040, avec des normes énergétiques de plus en plus strictes, consommant en 2040 5 Mtep/an.,
- soit une consommation totale en 2040 de 22,7 Mtep/an.

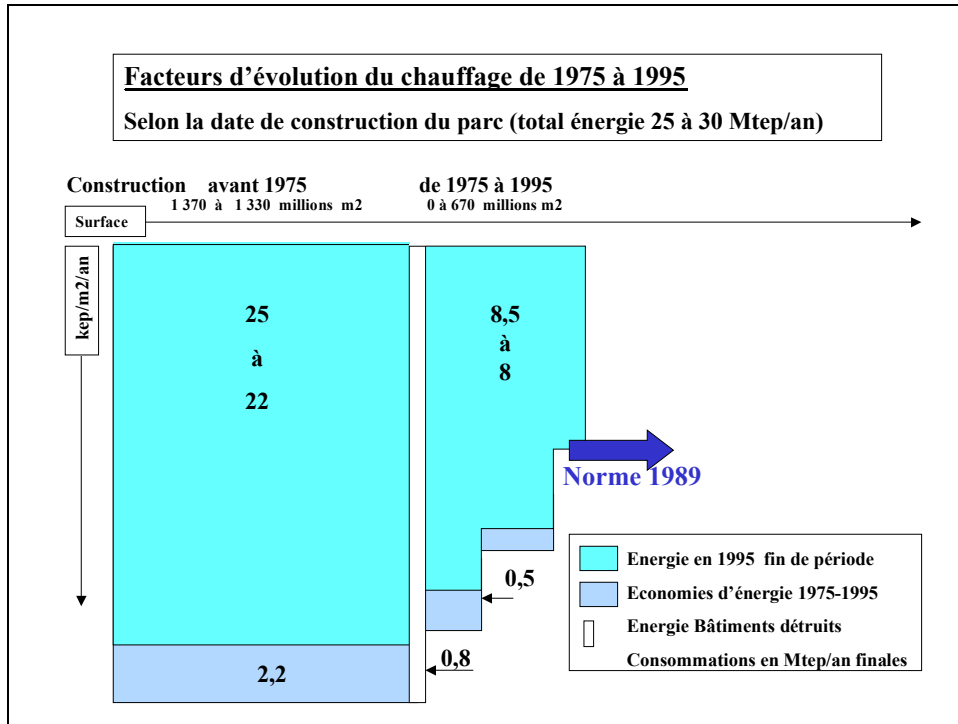


Figure 14. Évolution de la consommation des logements de 1975 à 1995.

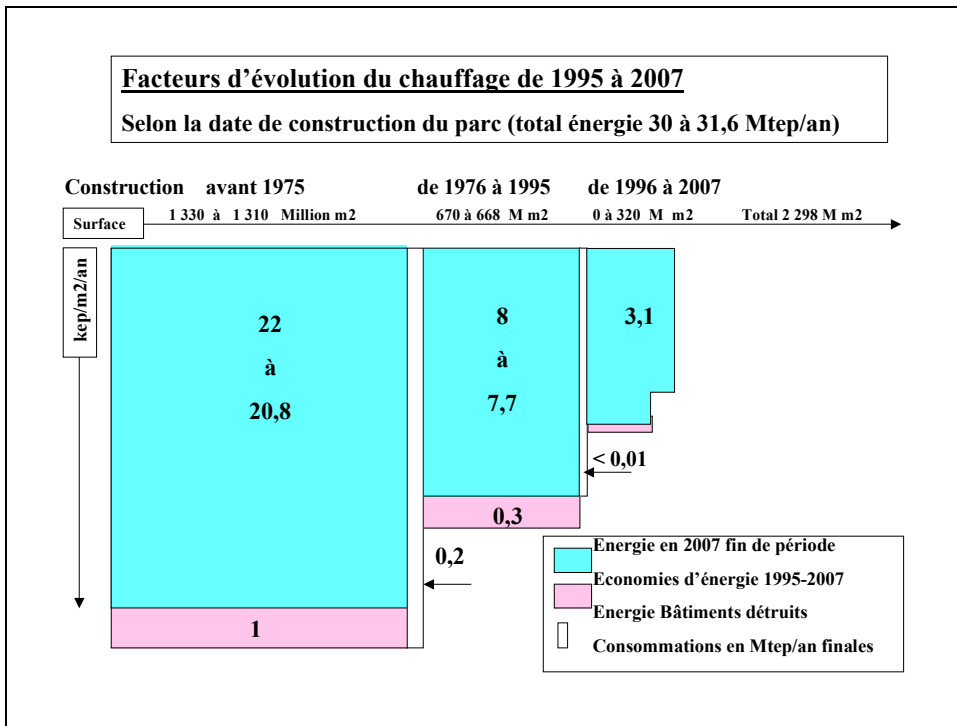


Figure 15. Évolution de la consommation des logements de 1996 à 2007.

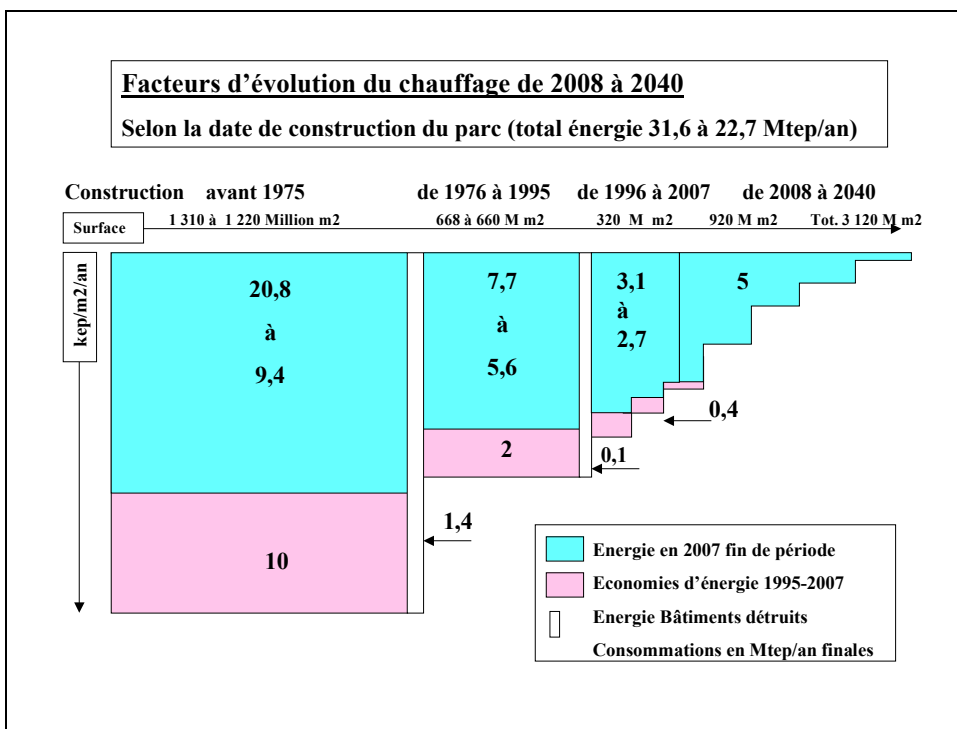


Figure 16. Évolution de la consommation des logements de 2008 à 2040.

2. DEUX SCÉNARIOS JUSQU'EN 2080.

Rappelons ici les éléments indiqués au début du Chapitre 3 :

- construction en moyenne de 298 000 logements par an sur 1990-2004,
- construction de 384 000 logements en 2005,
- surface de 106 m² en moyenne par logement en 2005,
- le rythme des prochaines années à venir devrait rester supérieur à 350 000 logements par an, voire 400 000.

Pour des horizons plus lointains, nous avons admis une croissance des surfaces de l'ordre de 30 millions de mètres carrés par an en moyenne jusque vers 2040¹³³. La comparaison avec des pays comme les États-Unis ou certains pays européens montre que la France est actuellement encore sous-équipée en termes de surfaces de logements.

Les deux scénarios prospectifs jusqu'en 2080 ci-dessous sont identiques en ce qui concerne les évolutions des surfaces construites. Ils sont basés sur les hypothèses suivantes :

- construction de 920 millions de m² de surfaces de 2008 à 2040,
- construction de 25 millions de m² par an au delà, jusqu'en 2080.

On verra que la « *sensibilité* » des résultats en termes de consommation est très faible ; en d'autres termes, les surfaces construites pourraient être plus ou moins importantes sans modifier sensiblement les consommations en 2080.

Les scénarios ne décrivent que l'évolution des consommations.

On ne les a pas traduits en termes d'émission de CO₂, car il aurait fallu faire des hypothèses sur l'évolution des types d'énergie, qui sont beaucoup plus ouverts que ceux sur l'évolution des consommations. Mais, on reviendra sur cette question fondamentale.

Scénario 1 : utilisation obligatoire de bons composants en rénovation diffuse.

Le « Scénario 1 » ci-dessous correspond à :

- une rapide et forte évolution des normes des bâtiments neufs aboutissant à une consommation quasi nulle pour les bâtiments construits dans les années 2035-2040 ;
- une politique d'économie d'énergie de chauffage très peu coûteuse basée sur la rénovation diffuse.

Techniquement, l'hypothèse sur l'évolution des consommations d'énergie des logements anciens correspond à l'utilisation systématique des « bons composants » actuellement sur le marché : vitrages à isolation renforcée et bonnes huisseries, diminution modérée de la ventilation sans création de ventilation mécanique contrôlée, isolations d'une partie des parois opaques lors de réfection, utilisation de bonnes chaudières¹³⁴.

Ce qui conduit à une division par deux de la consommation initiale pour les bâtiments d'avant 1995, basée sur une politique de composants donnant les gains suivants :

- remplacement des fenêtres avec des doubles vitrages à isolation renforcée au minimum : gain de 66 %,

¹³³ Il s'agit d'un rythme moyen sur le moyen terme, ce qui n'exclut évidemment pas que le rythme soit plus élevé dans des périodes de rattrapage.

Une hypothèse retenue est que la politique de densification urbaine prévue a conduit à une augmentation de la part des logements collectifs et à une diminution de la surface moyenne par logement.

¹³⁴ On verra plus loin que, sauf pour les chaudières, le marché actuel propose toujours des composants bien plus médiocres, notamment en matière de vitrages et d'isolants.

- gain de 40 % sur la ventilation, qui resterait faite pièce par pièce, et qui est due uniquement à l'emploi de bonnes huisseries (sans VMC) ;
- gain moyen de 20 % sur les parois opaques,
- utilisation des chaudières performantes actuelles en remplacement des chaudières anciennes (dont la durée de vie, sauf exception, est de l'ordre de 15-20 ans, notamment pour le gaz).

Le tableau ci-dessous résume les gains d'énergie possible sur la base d'une maison individuelle ancienne dont les pertes thermiques se répartissent en 3 tiers entre les ouvrants, la ventilation et les parois opaques.

Tableau 10. Les effets de l'utilisation de bons composants en rénovation diffuse.

Consommations	Initiales base 1000	Coefficient après diminution	Finales base 1000
huisseries vitrages	333	0,25	83,25
Ventilation	333	0,60	199,80
parois opaques	333	0,80	266,40
total déperditions	1000		549,45
rendement chaudière		0,90	494,51

On a compté une diminution de 25 % seulement sur les bâtiments mieux isolés construits de 1976 à 1995 et de 10 % sur ceux construits de 1996 à 2007.

Il est certainement facile d'obtenir ces résultats sur cette période de 32 ans entre 2008 et 2040, compte tenu des deux éléments suivants :

- on vend environ 800 000 logements d'occasion par an, dont 700 000 dans la catégorie des logements d'avant 1995 qui compte 22 millions de logements environ ;
- le « surcoût » des bons composants est toujours remboursé en quelques années par rapport à de mauvais composants ; il n'y a donc pas d'effort demandé à l'acheteur ;
- les huisseries d'origine (avant 1975) auront plus de 65 ans en 2040 ; seules quelques huisseries datant de 1975 à 2008 devraient être remplacées alors qu'elles sont encore en bon état ;
- toutes les chaudières seront remplacées en 32 ans (dont beaucoup 2 fois), quelle que soit leur date de mise en place.

Comme on l'a souligné, un tel scénario ne demande pratiquement aucun « investissement non rentable » par rapport au rythme normal de la rénovation diffuse des logements.

Le tableau ci-dessous donne l'évolution des consommations, qui est représentée dans la figure 17.

Tableau 11. Scénario 1. Évolution des consommations de chauffage.

	1975	1995	2007	2040	2060	2080	Décomposition en 2080
bâtiments avant 1975	25	22	20,8	9,4	8,8	8,6	15,9
bâtiments 1975-1995		8	7,7	5,6	5,3	5	
bâtiments 1996-2007			3,1	2,7	2,5	2,3	

bâtiments 2008-2040				5	4,5	4,2	
bâtiments 2041-2060					1,5	1,5	6,2
bâtiments 2061-2080						0,5	
Total	25	30	31,6	22,7	22,6	22,1	22,1

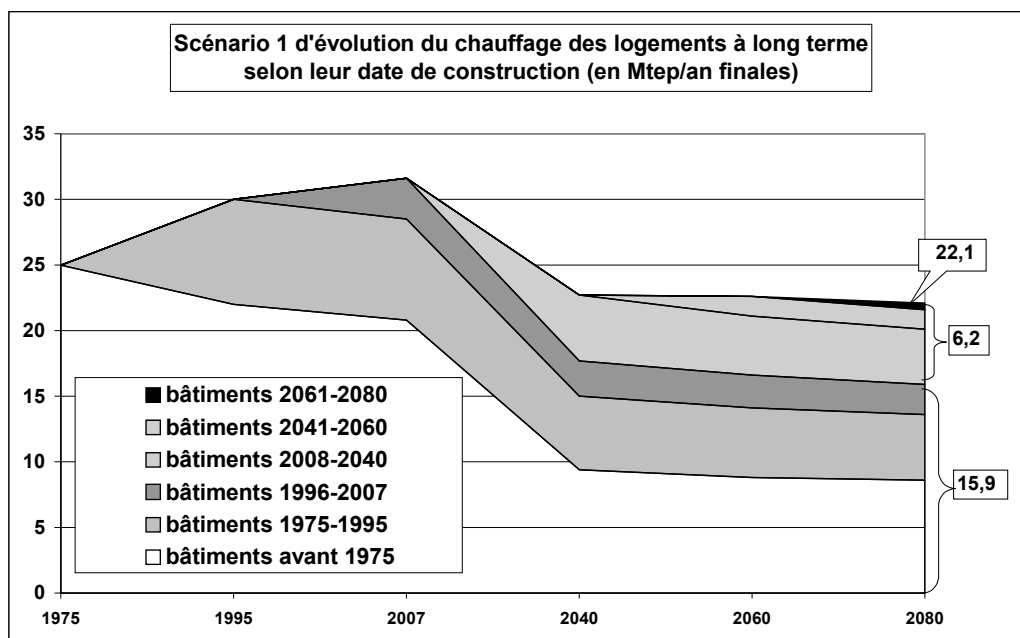


Figure 17. Scénario 1 - Évolution de la consommation des logements de 1975 à 2080.

Notons ici que ce premier scénario est compatible avec le suivant et ce qu'il peut être complété par des mesures plus lourdes à n'importe quel moment.

Scénario 2 : isolation très poussée des logements existants.

Ce type de scénario est préconisé par des associations comme « Isolons la Terre ». Il s'agit en pratique d'amener tous les bâtiments anciens à une consommation de 50 kWh par m² et par an.

Ce scénario est beaucoup plus coûteux que le précédent, tant en travaux qu'en « *perte de surface construite* » du fait d'isolations internes consommatrices d'espaces.

Lui aussi repose sur l'utilisation systématique des « bons composants » actuellement sur le marché : vitrages à isolation renforcée et bonnes huisseries, utilisation de bonnes chaudières

Les principales différences par rapport au scénario précédent sont :

- l'utilisation systématique de « triples vitrages avec argon » qui n'amènent qu'un gain supplémentaire minime pour un surcoût probablement élevé ;
- une isolation très poussée de toutes les parois opaques, avec environ 20 cm d'isolant (au lieu d'une isolation partielle) ;
- une diminution très importante des pertes par la ventilation au moyen de récupération sur des ventilations mécaniques contrôlées par pompe à chaleur sur l'air extrait ou

par des « récupérateurs en façade »¹³⁵.

Un tel processus diffère du cadre des rénovations habituelles pour plusieurs raisons : les divers travaux doivent être coordonnés et entraînent donc la rénovation d'éléments en bon état, qui n'auraient pas été rénovés avant longtemps ;

- le coût global annoncé en France pour ces travaux pour un logement de 100 m² est typiquement de l'ordre de 20 000 €¹³⁶ ;
- le surcoût par rapport à une rénovation diffuse du type précédent est de l'ordre de 10 000 € ;
- elle entraîne une perte de surface utile de l'ordre de 5 % de la surface du logement¹³⁷, à moins de pouvoir utiliser une isolation par l'extérieur : c'est notamment le cas en zone dense, dans la plupart des copropriétés et en cas de saturation des droits à construire dans les zones pavillonnaires. On peut chiffrer cette perte à 10 000 € (5 m² sur un logement de 100 m² valant 200 000 €).

Des études étrangères, allemandes notamment, font état de coûts beaucoup plus élevés, soit 77 000 € pour une maison individuelles de 120 m² et pour un objectif analogue aux 50 kWh/m² requis. Il conviendrait d'examiner ces études qui s'opposent aux éléments proposés en France¹³⁸.

En admettant que ces surcoûts soient limités à 10 000 €/logement, ils correspondent à un investissement global de 200 milliards € pour 20 millions de logements anciens.

Il est utile de rappeler ici que les « travaux d'entretien-amélioration » (hors entretien courant) sont évalués à 52 milliards € HT par an en 2005¹³⁹. La part représentée par les travaux ayant un effet sur l'énergie doit être comprise entre 6 et 8 milliards €/an¹⁴⁰.

Le tableau ci-dessous donne l'évolution des consommations, qui est représentée dans la figure suivante.

Tableau 12. Scénario 2. Évolution des consommations de chauffage.

	1975	1995	2007	2040	2060	2080	Décomposition en 2080
bâtiments avant 1975	25	22	20,6	8,6	5	5	9,5
bâtiments 1975-1995	0	8	7,7	4	3	3	
bâtiments 1996-2007	0	0	3,1	2	1,5	1,5	
bâtiments 2008-2040	0	0	0	5	4,5	4,2	6,2
bâtiments 2041-2060	0	0	0	0	1,5	1,5	
bâtiments 2061-2080	0	0	0	0	0	0,5	
Total	25	30	31,4	19,6	15,5	15,7	15,7

¹³⁵ Ces derniers dispositifs sont liés aussi au confort d'été, difficile à assurer dans ces bâtiments très isolés.

¹³⁶ Les chiffrages proposés par les documents disponibles ne sont pas étayés sur des cas bien documentés. Il est possible aussi que ces valeurs correspondent à la réhabilitation d'immeubles collectifs et non des maisons individuelles qui constituent la grande majorité du parc.

¹³⁷ Et d'une part de la hauteur sous plafond dans le cas de VMC type bureau.

¹³⁸ Voir, par exemple sur http://www.co2-handel.de/article306_6828.html

¹³⁹ On trouve des chiffres plus élevés, qui ajoutent à ce montant une estimation des travaux pour compte propre et du travail au noir.

¹⁴⁰ Ces chiffres sont très conjecturels. Nous n'avons pas trouvé d'évaluation de ce marché.

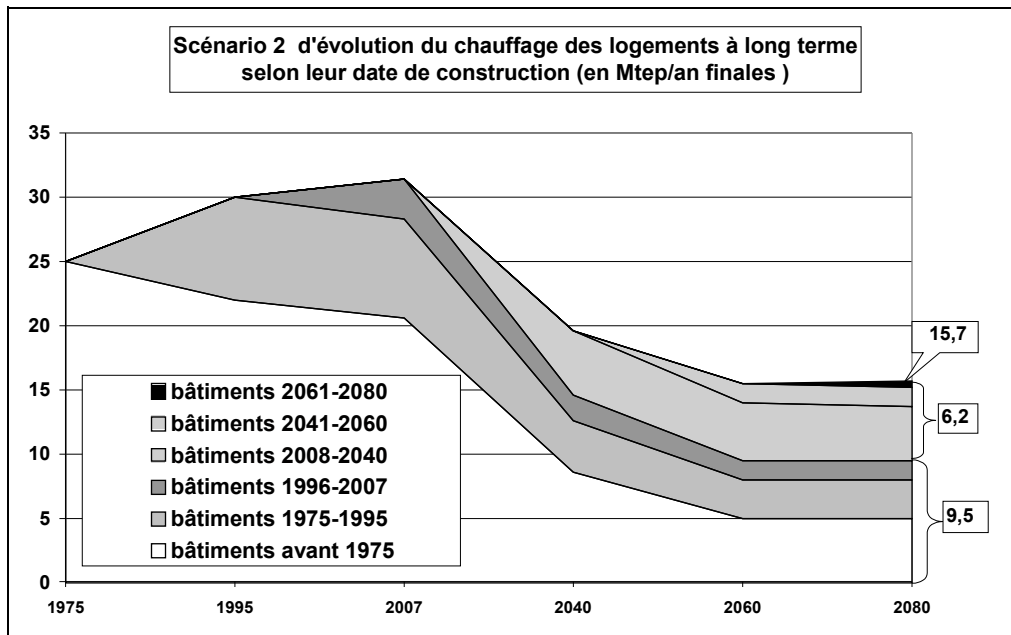


Figure 18. Scénario 2 - Évolution de la consommation des logements de 1975 à 2080.

La différence de consommation à un horizon de 2040 est de 3,1 Mtep/an et à l'horizon 2080 de 6,4 Mtep/an.

Si l'on retient une valeur de 0,6 milliard € pour 1 million de tep/an, le gain dû à cet investissement de 200 milliards € est donc de l'ordre de 4 milliards €/an. On semble être dans des temps de retour extrêmement élevés.

On doit conclure, non à un rejet d'une telle proposition, mais à l'exigence d'un examen beaucoup plus poussé et argumenté que ce qui ressort des documents disponibles actuellement.

Il devrait notamment permettre d'en évaluer le « coût différentiel » par rapport à une solution de base constituée par la politique de « rénovation » au rythme normal avec de « bons composants ».

Plusieurs membres experts consultés et membres du Groupe¹⁴¹ ont insisté sur le coût de la tonne de CO₂ évité dans ce second « scénario d'isolation très poussée des logements existants ». Certains ont avancé le chiffre d'un surcroît d'investissement de plus de 4 milliards d'euros par an. Ce qui conduirait à des coûts du CO₂ évité plusieurs fois supérieurs à 200 €/tonne de CO₂, niveau marginal où pourrait se situer la réalisation des « scénarios du facteur 4 »¹⁴².

3. LA PROSPECTIVE DU CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE : UNE SOLUTION NATURELLE AUX ÉMISSIONS DE CO₂ ?

Les variations récentes des prix de l'énergie ont renforcé la compétitivité de l'électricité

¹⁴¹ Notamment Henri Prévôt, Paul Cazeau (et le rédacteur du *Rapport*).

¹⁴² Nous n'entrons pas dans les éléments de ces calculs. Il paraît donc indispensable de vérifier la cohérence d'un tel scénario pour le logement avec ce qu'indiquent les scénarios de long terme sur la réalisation du facteur 4.

pour le chauffage (voir la figure 12 ci-dessus).

Par le passé, l'usage du chauffage électrique était plutôt réservé aux logements bien isolés, notamment ceux bénéficiant d'un label (type PROMOTELEC) jusqu'en 2000. En 2004, il équipait 70 % des logements neufs¹⁴³. Ce qui fait que la part des logements en chauffage électrique est passée de 11 % du parc total en 1984 à 27 % en 2004.

On constate d'ailleurs que les 6,750 millions de résidences principales à chauffage électrique consomment 45 TWh/an, alors que les 16,800 millions d'autres (pondérées) consomment 334 TWh/an¹⁴⁴. Ce qui fait que la consommation de chauffage par logement est de l'ordre de :

- 20 000 kWh/an pour les énergies autres que l'électricité,
- 7 000 kWh/an pour le chauffage électrique.

On touche ici du doigt la grande différence d'isolation des deux groupes de logements, même s'il est probable que les résidences principales à chauffage électrique ont des surfaces plus réduites que la moyenne et sont plus concentrées dans les zones les moins froides du pays. Ce point mérite d'être souligné, car il est, en général, passé sous silence.

Rappelons aussi que les 6 570 000 logements chauffés par l'électricité en 2002 se répartissent en 57 % de maisons individuelles et 43 % de logements en immeuble collectif, soit à peu près la proportion moyenne.

Si l'on répartit les divers types de logements actuels (avec une pondération convenable¹⁴⁵) selon leurs émissions de CO₂, on obtient les équivalences du tableau suivant.

Tableau 13. Répartition des résidences principales par rapport à l'émission de CO₂.

	Équivalents de résidences principales (milliers)	En %
Sans émission de CO ₂ : électricité, bois, énergies renouvelables en chauffage urbain	8 170	35 %
Émettant du CO ₂	15 200	65 %
Total	23 370	100 %

La consommation « finale » en 2007 est de 31,6 Mtep/an, dont seulement 65 % émet du CO₂ soit 20,54 Mtep/an.

Dans le scénario 1, la consommation des bâtiments existants en 2007 diminue à 15,9 Mtep/an.

Sans supposer que l'électricité a gagné des parts de ce marché, il n'y aura donc plus que

¹⁴³ Selon le GFCC (Groupement des Fabricants de matériels de Chauffage Central par l'eau chaude et de production d'eau chaude sanitaire).

¹⁴⁴ Voir les tableaux 3 et 5 ci-dessus. On a pondéré les logements sans chauffage central, plus petits, par un coefficient de 0,5.

Ce ne sont évidemment que des valeurs très globales, car cela ne tient pas compte des résidences secondaires ni des différences de surface des logements à chauffage électrique ou non.

¹⁴⁵ On a adopté les pondérations suivantes : 0,5 pour les logements sans chauffage central (très petits), 0,9 pour le gaz, 1 pour les produits pétroliers et le GPL, 0,6 pour le chauffage urbain utilisant 40 % d'énergie renouvelable et 0 pour le bois renouvelable. Mtep/an.

65 % de 15,9 Mtep/an, soit 10,34 Mtep/an d'énergies fossiles.

Si l'on suppose un développement modéré de la part de marché de l'électricité, notamment grâce à l'usage de pompes à chaleur, la part des énergies fossiles pourrait tomber à 8 Mtep/an.

Pour les logements construits après 2007, on a estimé la consommation en 2080 à 6,2 Mtep/an, dont 30 % (selon le ratio en 2004) utilisera des énergies fossiles, soit 1,86 Mtep/an.

En résumé, sans aucune substitution par des énergies renouvelables dans le parc existant, le scénario 1 amène à utiliser :

- 22,1 Mtep/an en 2080 d'énergies de tout genre, dont :
 - o dans le cas d'une stabilité des parts de marché actuelles des énergies :
 $10,34 + 1,86 = 12,20$ Mtep/an d'énergie fossile en 2080,
 - o dans le cas d'une croissance de la part de marché de l'électricité :
 $8 + 1,86 = 9,86$ Mtep/an d'énergie fossile en 2080,
- contre 20,54 Mtep/an d'énergies fossiles actuellement.

Une « division par 2 » des émissions actuelles de CO₂ est réalisable dans le scénario 1, sans appel à des énergies renouvelables.

Le scénario 2 conduit à utiliser :

- 15,7 Mtep/an en 2080,
- dont 8 Mtep/an d'énergies fossiles¹⁴⁶,
- contre 20,54 Mtep/an d'énergies fossiles actuellement.

Une position « maximaliste », visant une « division par 4 » des émissions de CO₂ au niveau de 5 Mtep/an d'énergie fossile demanderait :

que l'on réalise l'un ou l'autre du « scénario 1 avec augmentation de la part d'électricité » ou du scénario 2 ;

complétés une politique de « substitution par des énergies renouvelables » pour environ 3 Mtep/an d'énergie n'émettant pas de CO₂.

On voit donc qu'il existe une grande variété – et c'est bien là la conclusion essentielle – de solutions possibles :

- l'utilisation de bons composants dans une rénovation diffuse de l'existant avec un peu plus d'électricité et d'un durcissement de la réglementation thermique des logements neufs permet d'atteindre mieux qu'une « division par 2 » des émissions de CO₂ ;
- si l'on désire une « division par 4 », on peut recourir à plusieurs voies :
exigences plus grandes pour certains types de bâtiments rénovés,
 - o augmentation de la part de chauffage électrique dans l'existant rénové, soit par simple effet Joule, soit par une meilleure utilisation de l'électricité au moyen de pompes à chaleur;
 - o utilisation d'énergies renouvelables, déchets, biomasse, géothermie, chaleur nucléaire en réseau de chaleur, etc. ;
 - o combinaisons de ces divers moyens.

Nous reviendrons plus loin sur les éléments de comparaisons techniques et économiques entre les modes de chauffage électrique : à effet Joule, à chaudière électrique ou à pompe à

¹⁴⁶ Soit $(0,65 \times 9,5) + 1,86 = 8,04$ Mtep/an.

chaleur, qui ont été bouleversés par l'évolution des réglementations thermiques en 2000 et 2005.

4. LA PROSPECTIVE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE.

L'eau chaude sanitaire (ECS) représente actuellement dans les logements 46 TWh/an d'énergie finale dont 14 TWh/an d'électricité.

Soit en moyenne 1 850 kWh par an et par logement.

Le taux d'augmentation de la consommation d'ECS est probablement de l'ordre de 1 % par an en volume d'eau. Quelques éléments de comparaison internationale montrent que certains pays consomment beaucoup plus que la France. On ne peut guère penser que l'augmentation de consommation en volume va s'infléchir prochainement.

La consommation d'énergie pour préparer l'ECS augmente à un rythme de l'ordre de 0,7 à 1 % par an.

Contrairement au chauffage où le durcissement de la réglementation thermique fait que le taux d'augmentation annuelle de la consommation totale baisse continuellement malgré la croissance des surfaces bâties, jusqu'à s'annuler très prochainement, la consommation d'énergie pour l'ECS ne fait que croître. Les dispositions de la RT 1989 sur l'ECS n'ont eu aucune efficacité, et les RT 2000 et 2005 ne proposent que peu de chose en plus.

Ajoutons enfin que, malgré son importance, la consommation d'ECS est particulièrement mal connue : répartition par types d'énergie, types d'appareil, type d'utilisateur, évolutions.

Il est donc difficile de faire une autre prospective que l'extrapolation à court terme des tendances actuelles en matière de consommation en volume d'ECS.

Pour l'aspect énergétique, toute prospective devient encore plus problématique.

Nous reviendrons donc plus loin sur les éléments de prospective que peut apporter l'examen des techniques actuelles ou futures.

Chapitre 5

UNE PROFESSION TRÈS ÉMIETTÉE.

1. LES ENTREPRISES DU BÂTIMENT.

On se propose de présenter les grandes caractéristiques des entreprises du bâtiment, dans l'optique de la réalisation des économies d'énergie¹⁴⁷.

La figure ci-dessous illustre la répartition des entreprises par catégorie de taille avec leur chiffre d'affaires sur un total de 115,3 milliards €¹⁴⁸.

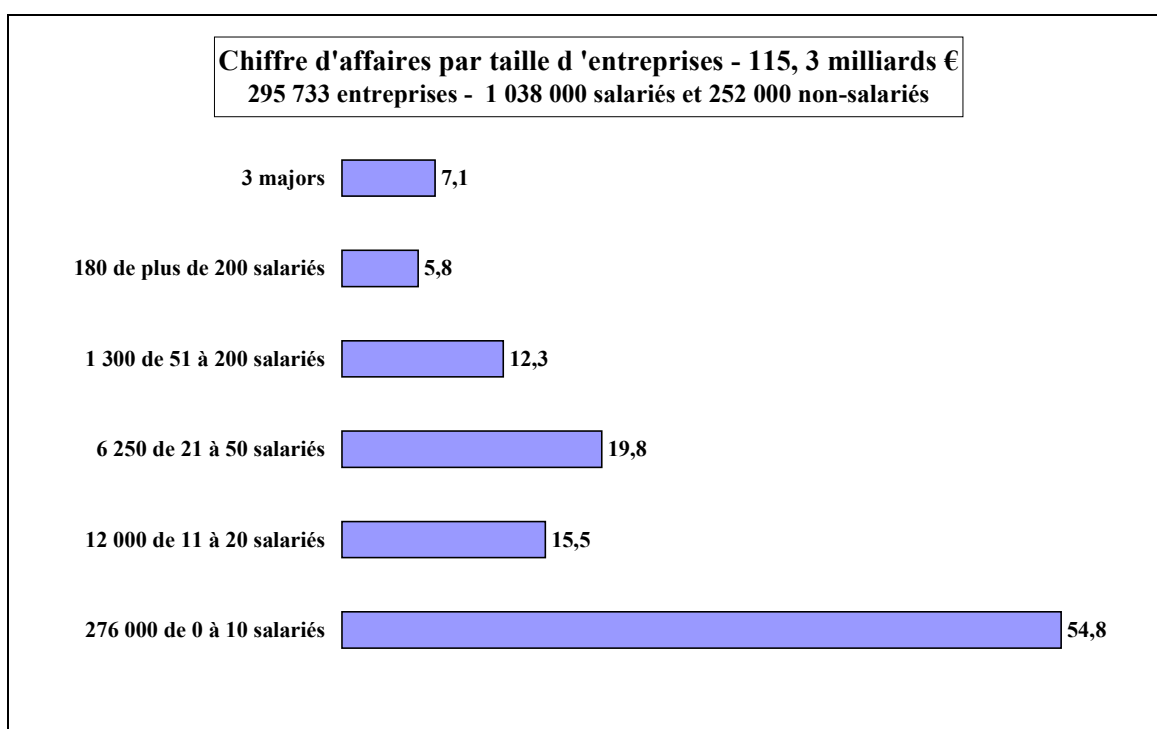


Figure 19. Chiffre d'affaire par taille d'entreprises.

* Les 180 entreprises de plus de 200 salariés ne comprennent pas les 3 « majors ».

** 17,7 milliards € sur 115 font l'objet d'une sous-traitance.

¹⁴⁷ On pourra consulter Jacques Dupaigne, Georges Debiesse, Philippe Aussourd, *Mobilisation des professionnels pour les économies d'énergie et la lutte contre l'effet de serre dans le secteur du bâtiment. Rapport préliminaire*, Conseil général des Ponts et Chaussées, janvier 2007.

http://www2.equipement.gouv.fr/rapports/themes_rapports/batiment/004852-01_Rapportpreliminaire.pdf

¹⁴⁸ *Grands agrégats économiques de la construction 2005*, Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, Secrétariat général, DAEI.

L'industrie bâtiment est donc extrêmement dispersé, avec presque 300 000 entreprises ¹⁴⁹

L'entreprise moyenne compte 4,49 employés par entreprise, soit 1 328 000 employés dont 1 076 000 salariés et 252 000 non salariés, pour 295 733 entreprises en 2005.

On est loin de la concentration des constructeurs d'automobiles et de l'industrie en général.

Les chiffres d'affaire ci-dessus ne comprennent pas les travaux « *pour compte propre* » ou « *au noir* ». Pour le logement seul, l'ANAH les estime à 19,6 milliards €.

La figure ci-dessous illustre la répartition des chiffres d'affaire en fonction des type d'ouvrage. Nous n'avons pas d'éléments de répartition sur les « *travaux pour compte propre* ou « *au noir* » dans le domaine du logement.

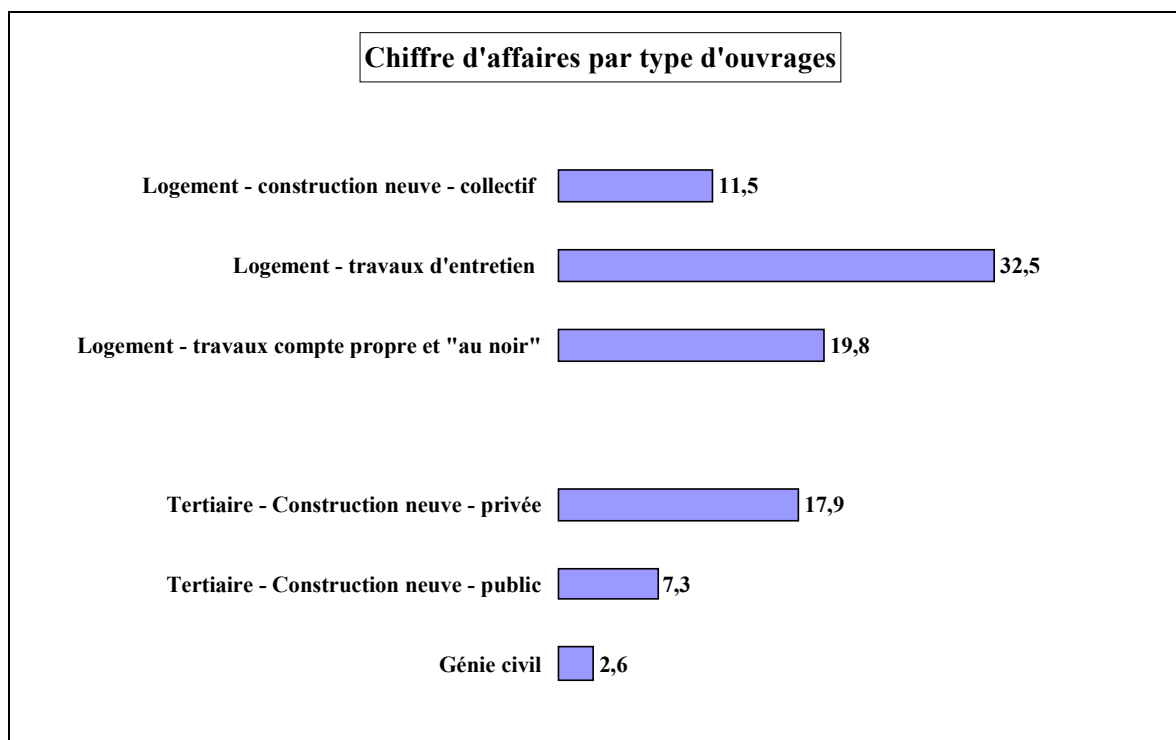


Figure 20. Chiffre d'affaire par type d'ouvrage.

* Le travail pour compte propre existe certainement dans le tertiaire, mais nous n'avons pas trouvé d'éléments à ce sujet.

Ces multiples entreprises sont affiliées à des organisations professionnelles très diverses.

2. LES « TRAVAUX POUR COMPTE PROPRE » ET « LE TRAVAIL AU NOIR ».

Une proposition s'impose : il serait extrêmement important d'accumuler de la connaissance sur le secteur des travaux pour compte propre (et « au noir »), car, au vu des chiffres ci-dessus, il représente près de 40 % des travaux d'entretien-amélioration¹⁵⁰.

Ce secteur est caractérisé par l'utilisation de matériels et composants achetés dans des

¹⁴⁹ À côté du chiffre officiel (voir note précédente), certaines estimations vont jusqu'à 330 000 entreprises.

¹⁵⁰ Bien qu'on n'ait pas de données, on peut supposer que la construction de logements neufs par du travail pour compte propre ou « au noir » ne concerne qu'une petite partie de cet ensemble.

réseaux de « distributeurs » spécialisés ou dans le grand commerce.

On verra que ces distributeurs pratiquent des politiques commerciales très spécifiques, très différentes d'un optimum pour leur clientèle poussée à acheter des matériels de bas de gamme. En effet, il importe pour eux de couvrir toute la gamme offerte par la concurrence.

Nous essaierons plus loin d'analyser les moyens possibles pour mettre un terme à cette situation. Il est évident que ce n'est guère par des actions directes auprès des réalisateurs de ces travaux qu'il convient d'agir, mais auprès des distributeurs.

3. ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES ET « MÉTIERS ».

On conclura ce très bref chapitre en insistant sur le fait que les entreprises du bâtiment ne forment pas un ensemble homogène. Outre leur grande dispersion en terme de taille d'entreprises, elles sont extrêmement spécialisées par « métiers ».

Dans le domaine qui nous occupe, l'énergie, les entreprises intéressées se répartissent en quatre grands blocs :

- les « chauffagistes » spécialisés dans le chauffage à eau chaude,
- les « électriciens » qui réalisent les chauffages électriques en outre de l'électricité générale du logement,
- les professionnels de l'isolation, souvent des entreprises de gros-œuvre, de maçonnerie ou de couverture, parfois des artisans « *plaquistes* » très spécialisés,
- les « *serruriers métalliers* », professionnels de la pose des huisseries et fenêtres.

Les « *entreprises générales de construction* » sont le plus souvent des entités qui ont un métier de base et sous-traitent les prestations ne relevant pas de ce métier de base (le plus souvent le gros-œuvre). Pour les petites entreprises, le type en est les constructeurs de maisons individuelles à la demande qui couvrent 15 % du marché de logement individuel.

Il existe des « *entreprises générales spécialisées dans le second œuvre* », souvent avec la peinture comme métier de base. En effet, la réfection des peintures d'un logement entier est souvent l'occasion de refaire l'électricité, les fenêtres, ou l'isolation.

Le type le plus intégré en est celui des spécialistes des travaux de rénovation à réaliser très rapidement dans certains domaines du tertiaire, comme ceux du commerce, de la restauration ou de l'hôtellerie, où les délais de fermeture se traduisent par des pertes de chiffres d'affaire importants pour le maître d'ouvrage. Une telle pratique est évidemment beaucoup plus onéreuse que l'appel à des corps de métier intervenant chacun de leur côté.

Enfin, nous ferons remarquer que cette structure professionnelle très segmentée est en parfait accord avec les pratiques ordinaires de la rénovation diffuse, qui font que les maîtres d'ouvrage passent commande à des périodes très différentes pour la rénovation de tel ou tel élément de leur logement.

Les groupements professionnels correspondant à ces divers métiers sont généralement très séparés, même s'ils font partie de grandes fédérations, elles-mêmes spécialisées selon la taille des entreprises.

Les possibilités de ces groupements professionnels de mener réellement à bien des

« engagements » qui leur seraient demandés ne semblent pas en accord avec les structures très émietées actuelles.

La transposition de politiques d'engagements professionnels menées avec une dizaine de constructeurs automobiles et quelques milliers de sites industriels très consommateurs avec 295 000 entreprises de bâtiment paraît des plus problématique.

4. DES OFFRES GLOBALES DE TRAVAUX DE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE ?

4.1. OFFRE NOUVELLE OU AMÉNAGEMENT DE L'OFFRE EXISTANTE ?

Une voie évoquée à plusieurs reprises est que les entreprises puissent proposer des « *offres globales de travaux de maîtrise de l'énergie* ». Par offre globale, il faut entendre la réalisation d'une rénovation coordonnée portant sur l'ensemble des éléments du bâtiment liés à l'énergie.

On notera que l'idée n'est pas neuve et a été agitée et mise en œuvre lors de la crise de l'énergie de 1973-1986, sans résultat réel¹⁵¹.

Les grands bailleurs institutionnels et les maîtres d'ouvrage des grands bâtiments tertiaires font des rénovations coordonnées avec des maîtres d'œuvre qui sont censés assurer ce côté global¹⁵².

Ces « offres globales de travaux de maîtrise de l'énergie » s'adresserait donc essentiellement aux propriétaires occupants et bailleurs individuels et aux petits bâtiments tertiaires.

Les « *entreprises générales spécialisées dans le second œuvre* », que nous avons signalées ci-dessus, couvrent déjà le créneau de la rénovation coordonnée. Pour les petits bâtiments tertiaires, il existe des entreprises générales encore plus spécifiques, « *spécialistes des travaux rapides* », comme nous l'avons vu aussi.

Il semble que cela passerait par une formation des personnels de ces entreprises existantes.

4.2. UNE DEMANDE ACTUELLE RÉDUITE.

Actuellement, la rénovation coordonnée est essentiellement le fait des acheteurs de logements anciens qui couvrent 32 % du total des travaux faits par une entreprise (voir figure 3 et tableau 2) et de propriétaires bailleurs rénovant un logement avant location¹⁵³.

On dispose de peu d'éléments pour chiffrer la part des acheteurs de logements anciens dans les travaux de maîtrise de l'énergie, mais elle doit être nettement inférieure à 25 %.

¹⁵¹ Cette tentative de mettre sur pied des « offres globales » sous l'égide de la direction de la construction du ministère de l'Équipement a été faite à la fin des années 1970. Elle n'a finalement concerné que quelques rénovations, dans le secteur HLM notamment.

¹⁵² Ce qui ne semble pas si évident si on se réfère à la pratique d'entreprises comme SIDREM (voir note dans le chapitre 10, 3.2.2.).

¹⁵³ La part des travaux coordonnés dans l'ensemble des travaux des bailleurs sociaux (9 %) et des propriétaires bailleurs (12 %) est malheureusement inconnue. Nous n'avons même pas d'hypothèse à proposer.

C'est donc pour cette catégorie des acheteurs de logements anciens (et un peu dans celle de bailleurs individuels) que pourrait se développer valablement une « offre globale de travaux de maîtrise de l'énergie ».

Quant au logement social, il a développé dès la crise de 1973-1986 ses propres moyens d'étude des incidences énergétiques pour les rénovations coordonnées, qui firent l'objet des grands programmes PALULOS à cette époque¹⁵⁴. Il dispose donc d'une connaissance déjà bien établie dans ce domaine et il est peu probable qu'il soit touché par cette nouvelle offre.

Le domaine des travaux faits par les ménages occupant leur logement depuis longtemps est sans doute majoritaire. Il nous est connu par l'enquête ADEME-SOFRES que nous avons analysé au chapitre 2.

Le domaine est probablement très restreint :

- un tiers des travaux sont faits en compte propre et continueront à échapper aux entreprises ;
- chaque ménage qui a fait des travaux déclare avoir fait 1,6 travaux unitaire en moyenne dans l'année (en fait, moins de 30 % ménages font plus de 1 travail).

Les travaux actuellement faits une entreprise restent en fait de très modestes¹⁵⁵ :

- le montant total moyen est de 3 500 € par ménage,
- seuls 13,6 % des ménages ont dépensé plus de 6 000 €

On peut en conclure que – sauf changement radical de la demande – toutes les rénovations diffuses resteront en dehors des « offres globales de travaux de maîtrise de l'énergie ».

Un « accord volontaire » entre les fédérations d'entreprises et le ministère est envisagé pour promouvoir des « offres globales de travaux de maîtrise de l'énergie ».

On peut toutefois rester prudent sur l'efficacité d'un tel dispositif, quand on sait :

- que cela a été tenté et a échoué dans le passé,
- qu'il existe déjà des « entreprises générales de second œuvre » dont c'est en fait le métier, même si elles ne sont pas forcément bien formées aux économies d'énergie ;
- que probablement 70 à 80 % des travaux lui échapperont car faits dans le cadre de la rénovation diffuse au coup par coup.

En conclusion, le développement d'une « offre globale de travaux de maîtrise de l'énergie » ne devrait pas changer significativement la nature des travaux actuels.

Même s'il est très souhaitable d'améliorer les connaissances des professionnels des entreprises générales, rien ne garantit que cela changera les conditions de la concurrence.

La réglementation des composants reste la voie de loin la plus sûre, car elle ne nécessite pas la collaboration active d'entreprises et distributeurs de matériels éparpillés

¹⁵⁴ *La réhabilitation de l'habitat social, rapport d'évaluation*, Instance d'évaluation présidée par M. René Rossi, Conseil général des Ponts et chaussées, Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, Commissariat général du Plan, 1993, édition La Documentation française.

¹⁵⁵ Éléments tirés de l'enquête ADEME-SOFRES, tome 2, page 51.

5 CONCLUSION : LE MAÎTRE D'OUVRAGE APPARAÎT DÉARMÉ.

Les notions classiques de « *maître d'ouvrage* » (le « propriétaire » en gros) et de « *maître d'œuvre* » (l'architecte ou un entrepreneur général) sont mal adaptées aux travaux concernant :

- les petits bâtiments neufs (logements individuels) parce que le *maître d'ouvrage* est généralement incompetent (sauf s'il construit en série pour vendre) : c'est pourquoi on impose des normes au neuf ;
- la rénovation, parce que le *maître d'ouvrage* doit s'en remettre à un fournisseur s'il fait du « *travail pour son propre compte* », ou ne peut maîtriser seul l'intervention de plusieurs corps d'état, et que la faible importance des opérations prohibe l'appel à un conseil coûteux.

En fait, dans la rénovation (au sens large) il convient d'insister sur l'identification du « *donneur d'ordre réel* », celui qui va faire basculer sur un choix ou un autre. Il ne possède généralement qu'une compétence réduite à son propre métier (fournisseur de tel composant, exerçant tel métier, etc.). On a voulu créer sous le nom d' « *offre globale de travaux* » une alternative à cette difficulté, mais il est probable que cela ne concernera qu'une part très faible du marché.

Une conclusion se dessine déjà : les propriétaires n'ont pas les moyens d'avoir une politique énergétique, et sont désarmés devant les fournisseurs. Ces derniers ne peuvent réagir qu'aux normes...

C'est ce que nous allons examiner maintenant sous l'aspect technique.

Chapitre 6.

LES TECHNIQUES POUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS.

Nous consacrerons le présent chapitre à l'examen des techniques de maîtrise de l'énergie de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments existants.

On traitera dans un premier temps les domaines techniques classiques : chaudières, huisseries et vitrages, isolation des parois, ventilation.

Deux autres chapitres traiteront, l'un de la production d'eau chaude sanitaire et des techniques un peu particulières comme les pompes à chaleur (chauffage et production d'eau chaude sanitaire) et les chauffe-eau solaires, et l'autre des substitutions par des énergies moins productrices de gaz à effet de serre.

1. LES « ACTIONS À COÛT NÉGATIF » DANS LES BÂTIMENTS EXISTANTS.

Avant de considérer des actions nouvelles, il convient de faire le point sur l'adéquation des marchés des techniques actuelles aux objectifs poursuivis. Ces marchés :

- représentent environ 10 milliards € de travaux par an, soit 20 % du total des travaux d'entretien-amélioration ;
- dont environ 20 % réalisés lors de l'achat d'un logement ancien ;
- sur les 80 % faits par des ménages en place, la presque totalité (90 %) est faite sous forme de « *renovation naturelle diffuse* » ;
- environ un tiers du total est effectué « *pour compte propre* » ou sous forme de « *travail au noir* ».

Malgré le libéralisme technique presque total de ce domaine en France, ces marchés sont très déterminés par d'autres motifs que la maîtrise de l'énergie :
par la nécessité des opérations liées à l'obsolescence des équipements en place, notamment en matière de chaudières, eau chaude sanitaire, huisseries et volets,
par la recherche d'autres objectifs, notamment des améliorations de confort (diminutions du bruit lié aux vitrages et huisseries) ou des réaménagements d'espace (isolation de combles),
par les conséquences d'autres travaux, notamment dans les logements rénovés lors de leur acquisition.

La conséquence fondamentale de cette motivation multiple est que la recherche d'un « *équilibre investissement / gains d'énergie* » est loin d'être assurée.

L'utilisation des « *meilleures technologies disponibles* » dont le surcoût d'investissement est remboursé rapidement (moins de 5 ans), que nous qualifierons d' « *actions à coût négatif* » par rapport aux technologies effectivement utilisées n'est malheureusement pas assurée.

La problématique n'est donc pas de « déclencher » ces opérations, mais de faire en sorte qu'on utilise la « meilleure technologie disponible », parmi les diverses technologies présentes sur le marché, lors des rénovations obligatoires.

Il faut surtout s'intéresser à la rénovation diffuse.

En effet, le « *renouvellement anticipé* » n'est plus la question principale actuellement.

Or, l'habitude s'est prise lors de la crise de 1973 d'estimer des coûts par « *gisement de remplacement* » de matériels ou composants anciens en bon état.

Mais, ces gisements n'existent plus. En 2007, il n'y a plus aucune mauvaise chaudière datant d'avant 1973. Les vitres remplacées depuis 1973 sont pour la plupart en « *double vitrage simple* » et représenteraient environ 40 % du total des vitrages. Plus de la moitié des HLM ont fait l'objet de rénovation avec économies d'énergie.

Présenter des coûts de MWh évité ou de tonne de CO₂ évitée par remplacement de matériels en bon état, comme le font toujours la plupart des textes ne correspond plus à la situation actuelle¹⁵⁶.

Les opérations de renouvellement anticipé sont donc, sauf exception, devenues très peu intéressantes.

On constate qu'un nombre très réduit de groupes industriels dominants, 3 à 5, couvrent 75 à 80 % de chaque marché partiel de fourniture des composants ou matériels. Il est de leur intérêt évident de fournir les « *meilleures technologies disponibles* », car cela augmente leur chiffre d'affaires et leurs bénéfices.

Mais, les grands industriels ne sont jamais en contact direct avec les acheteurs. Ceux-ci s'adressent à un double réseau, les entreprises de bâtiment (ou « *installateurs* ») et les « *distributeurs* » de matériels qui fournissent le secteur du travail pour compte propre ou au noir (et aussi les entreprises et l'artisanat).

Malheureusement, le libre jeu de la concurrence entre les « *distributeurs* » et les « *installateurs* » fait que les « *meilleures technologies disponibles* » ne couvrent qu'une part très insuffisante du marché. Les groupes industriels dominants sont alors obligés de fournir des technologies dépassées.

Le manque d'information des ménages acheteurs fait qu'ils méconnaissent très souvent leur propre intérêt.

Cette distorsion vis-à-vis de l'intérêt individuel des acheteurs et de l'intérêt général (maîtriser la consommation d'énergie et l'effet de serre) va être l'objet précis de ce chapitre.

2. LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE À EFFET JOULE.

¹⁵⁶ Cela reste très fréquent dans les brochures et études officielles (ADEME, Ministère de l'Équipement).

Même le très intéressant article *Les besoins énergétiques des bâtiments*, de Marie-Hélène Laurent et Nelly Recrosio, in *Futuribles*, février 2007, donne dans ce travers.

On traitera brièvement des appareils électrique à effet Joule, très peu coûteux en solution de base, et dont le rendement est pratiquement identique quel qu'en soit le type.

Des appareils à stockage permettent d'utiliser des tarifs jour-nuit EDF un peu moins onéreux, mais au prix d'un investissement beaucoup plus élevé¹⁵⁷.

La seule différence connue en termes de consommation est l'utilisation d'appareils à rayonnement à haute température, qui donnent une sensation de confort thermique identique pour une température d'ambiance plus basse. Les types de base de ce chauffage sont les appareils rayonnants à tube en quartz, très peu onéreux et de mise au point ancienne ; ils sont peu utilisés malgré des indications excellentes comme les salles de bains où les corps nus sont encore plus sensibles à la « *température de rayonnement* » que les corps habillés. Les appareils « *plats* » à rayonnement à basse température (pour des raisons de sécurité), qui sont beaucoup plus onéreux, relèvent surtout d'une recherche de design et d'originalité dans l'architecture d'intérieur¹⁵⁸.

Le fait que les prix des appareils varient de 1 à 50 pour la même puissance montre que ce marché est totalement dominé par des considérations de design et non par un souci d'économie d'énergie¹⁵⁹. Ces aspects esthétiques se doublent d'un discours publicitaire particulièrement imaginaire sur la qualité de la chaleur fournie, évidemment présentée comme meilleure pour les appareils les plus chers : « *air moins sec* » pour les radiateurs à huile !¹⁶⁰.

On a signalé plus haut (Chapitre 4-3) que le développement du chauffage électrique à effet Joule devrait faire l'objet d'une réflexion de fond sur sa durabilité et ses conséquences.

Voir aussi, au Chapitre 7-4 ci-après, des éléments sur l'utilisation de l'électricité dans des pompes à chaleur.

3. LES CHAUDIÈRES.

Le marché des chaudières se répartit selon le tableau ci-dessous¹⁶¹. Il cumule les chaudières installées dans les bâtiments neufs et anciens. On notera que cette répartition a évolué très rapidement ces dernières années.

Tableau 14. Les ventes de chaudières individuelles et collectives en 2005-2006.

	Ventes 2005 *	Variation 2005/2004
--	---------------	------------------------

¹⁵⁷ Les rendements sont identiques à ceux des convecteurs. Les planchers rayonnants et autres planchers à inertie sont inutilisables en rénovation.

¹⁵⁸ Le fait que ce marché ait ses clients – les Ferrari se vendent aussi – ne peut cacher que le gain d'énergie due au rayonnement à sensation de confort égale ne couvre pas les surcoûts sauf pour les appareils les moins chers comme les tubes à quartz, n'en déplaise aux auteurs des études de marketing citées par certains des experts entendus.

¹⁵⁹ Les prix des appareils à rayonnement de 1 500 W vont de 20 € pour du tube à quartz, à 50 € pour des résistances en grilles et à 200 à 1 000 € pour des radiants à plaques. Pour des convecteurs, les coûts peuvent s'étagier entre 50 et 500 €. Ces écarts de prix montrent que les critères de choix sont tout autres que l'efficacité énergétique.

¹⁶⁰ Le lecteur intéressé par la littérature sur les différences imaginaires (et publicitaires) entre les différents types d'appareils pourrait consulter le site du distributeur Leroy-Merlin. Les revues grand public (magazines, jardinage, télévision) regorgent de publicités de ce type.

¹⁶¹ Brochure du GFCC, *Le marché des équipements de chauffage à eau chaude en 2005, Bilan provisoire*, janvier 2006. On a complété par quelques éléments pour 2006 fournis par le GFCC.

Chaudières individuelles gaz murales + sol < 70 kW	610 000 (590 000)	+ 3%
Chaudières individuelles fioul < 70 kW	130 000 (100 000)	-15 à -19%
Dont chaudières à condensation gaz ou fioul	75 000	+ 127 %
Chaudières au bois	16 000 (20 à 25 000)	+ 50 à 60 %
Chaudières collectives gaz ou fioul > 70 kW	14 800 (14 400)	+ 1%
Dont chaudières à condensation	1 450	+ 45 %
Brûleurs à air soufflé gaz et fioul	210 à 215 000	-14%
Chauffe-eau solaires	15 000	+ 87 %
Pompe à chaleur air/eau et géothermales (sauf air/air)	25 000	

* Les chiffres entre parenthèses sont des données provisoires pour 2006.

Comme on le constate, les chaudières individuelles au gaz constituent la plus grande masse.

Les normes exigées pour les chaudières ont été durcies récemment. Elles ont fait disparaître les « *allumages par veilleuse*¹⁶² » pour les chaudières ; ils ne subsistent plus que dans les chauffe-eau et chauffe-bains.

Les « *chaudières étanches* », dites « à ventouse », progressent¹⁶³. En 2005, leur part dans les livraisons totales de chaudières murales gaz et de chaudières individuelles au sol gaz et fioul a été portée à plus de 45%. Les chaudières dites « *basse température* » recouvrent des classes d'appareils à meilleur « *rendement de combustion* ». Les meilleurs appareils étanches relèvent de cette catégorie.

Les chaudières individuelles au gaz « à condensation » étaient pratiquement inexistantes en France (20 000 en 2003, 33 000 en 2004) et ont connu une progression récente très importante. Elles représentaient plus de 30 % du marché aux Pays-Bas en 2000. Leur surcoût semble y être remboursé en moins de cinq ans. Leur gain dépend de la température de fonctionnement des radiateurs, le meilleur cas étant celui d'un chauffage à basse température par le sol. L'équilibre « surcoût / gain » reste donc un cas d'espèce pour chaque bâtiment.

Le développement de la technique récente des chaudières mixtes chauffage-ECS « à *micro-accumulation* », moins consommatrices d'eau, se poursuit (32 % du total des chaudières murales au gaz).

On peut encore regretter :

- l'utilisation résiduelle des veilleuses dans les chauffe-eau et chauffe-bains,

¹⁶² L'allumage à veilleuse représentait encore 10 à 15 % du marché en 2003. L'allumage électronique est remboursé en quelques mois par les gains sur la consommation de la veilleuse qui, malgré sa faible puissance (1 % de la puissance nominale), pouvait consommer à elle seule 15 % du gaz du fait de son fonctionnement permanent.

¹⁶³ Les chaudières « étanches » sont munies d'une « *entrée d'air* » et d'une « *cheminée* » à air pulsé débouchant au même endroit dans une « *ventouse* ». Les gains d'énergie sont essentiellement dus à la suppression de la ventilation de la pièce de chaufferie (c'est moins intéressant si la chaufferie est une pièce spécifique non chauffée). Un gain non négligeable est la suppression du ramonage de la cheminée, en principe obligatoire une fois par an. Signalons que la réglementation française a imposé des contraintes nettement plus sévères que d'autres pays en limitant la longueur des conduits d'extraction (sur quelle base scientifique ?), ce qui a probablement gêné le développement de cette technique en France. Leur surcoût par rapport à une chaudière à cheminée classique est de 100 à 150 € ; il est remboursé par les économies d'énergie et d'entretien (ramonages, entretien des cheminées) dans des délais de 2 à 3 ans.

- l'absence d'une information précise sur les bonnes indications en matière d'emploi des chaudières à ventouse et – encore plus – à condensation¹⁶⁴.

En conclusion, la situation du marché des chaudières paraît s'être considérablement assainie en très peu de temps.

Rappelons ici que les pompes à chaleur seront traitées au chapitre suivant.

4. LES POMPES DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE, DITES « CIRCULATEURS ».

Le principal domaine de recherches qui est apparu lors des auditions concerne les pompes électriques des circuits de chauffage¹⁶⁵. Une estimation fournie par EDF lors d'une des auditions était de 1,4 à 3,2 TWh/an. Pour fixer un ordre de grandeur, cela représente 18 à 35 % de la consommation de l'éclairage des bâtiments. Il s'agit d'un aspect très mal connu du chauffage central, comme en témoigne l'imprécision de cette estimation.

Le marché des pompes est d'environ 800 000 pour les chaudières individuelles (l'entretien de ces chaudières consomme peu de pompes de remplacement durant leur durée de vie). Il faut des pompes supplémentaires pour les ballons d'eau chaude, et lorsque le montage du circuit est complexe (avec vanne trois voies). Pour les pompes destinées au collectif, deux tiers sont vendues aux fabricants de chaudières et un tiers aux installateurs.

La pompe de chaudière individuelle typique de 65 watts (pour une chaudière murale individuelle au gaz) fonctionne en permanence, alors que la chaudière fonctionne généralement « en marche-arrêt » avec une modulation de puissance.

Elle consomme donc sur l'année (8 766 h) 570 kWh d'une valeur de 60 € au tarif domestique¹⁶⁶. Sur cette consommation 40 % concerne la période d'arrêt d'été, soit environ 25 €.

Ses possibilités de réglage sont généralement sommaires : il existe deux ou trois vitesses. Évidemment, les chaudières sont livrées avec la pompe réglée en débit maximum, et les installateurs laissent presque toujours dans cette position. Livrer la pompe en débit minimum imposerait aux installateurs une action pour augmenter le débit et les obligerait à réfléchir au bon réglage.

La pompe doit être arrêtée l'été, ce qui doit être fait « à la main » par l'utilisateur, qui l'ignore souvent ou l'oublie encore plus souvent. Dans quasiment toutes les chaudières « mixtes » au fioul préparant aussi de l'ECS, et dans beaucoup de montages de chaudières au gaz avec ballon, la pompe ne peut pas être arrêtée l'été. Pourtant elle n'a besoin de marcher que lorsqu'on tire de l'ECS pour une préparation instantanée, ou que la chaudière recharge le ballon s'il y en a un.

L'arrêt automatique de ces pompes l'été, par programmation (horloge) ou par thermostat

¹⁶⁴ Le calcul de la consommation totale, déjà difficile lorsqu'il s'agit de comparer une chaudière à cheminée à une chaudière à ventouse, devient totalement impossible pour une chaudière à condensation, dont le fonctionnement effectif dépend de la constitution du réseau de chauffage. Nous avons vérifié qu'aucun logiciel ne permet ce type de comparaison. Le seul logiciel de l'ADEME, que nous avons consulté dans un de ses « Espaces Info-Énergie » est très général et ne distingue même pas les chaudières à ventouse de celles à cheminée.

¹⁶⁵ On emploie parfois le terme ancien de « circulateur » (qui accélérerait la circulation par thermo-siphon).

¹⁶⁶ À comparer aux 7 000 kWh/an de chauffage électrique d'un logement moyen.

extérieur, ainsi que le contrôle du fonctionnement dans le cas de chaudières mixtes au fioul ou à montage permettrait des gains considérables.

Il existe plusieurs voies technologiques pour diminuer les consommations des pompes :

- l'asservissement de la pompe aux besoins de chauffage,
- l'utilisation de pompes moins consommatrices d'électricité,
- les « *pompes décentralisées* ».

Il existe déjà des pompes fonctionnant « *en marche-arrêt* » en même temps que la chaudière. Ceci est souvent le cas lors de régulation de chaudières avec thermostat d'ambiance. De plus, on assiste à un intérêt croissant pour le « *pilotage* » des 3 vitesses de la pompe par la chaudière (vitesse moyenne en mode chauffage, vitesse maximum en mode sanitaire). La consommation est alors au moins divisée par deux. Le surcoût est probablement de quelques € et serait donc très rapidement amorti.

Il existe aussi des prototypes de « *pompes à basse consommation* » utilisant des moteurs électriques à haut rendement. Leur coût prévisionnel en grande série serait de l'ordre de 80 €, alors qu'une pompe ordinaire actuelle est livrée au fabricant de chaudière à 25 ou 30 €.

Or le gain potentiel est de l'ordre de 10 à 20 € par an. Ce qui rembourserait le surcoût en deux ans et demi ou 5 ans au plus.

Les « *pompes décentralisées* » alimentent chacune un radiateur. Elles remplacent la pompe centrale tout en jouant le rôle des robinets thermostatiques. La puissance consommée serait de l'ordre de un Watt. Elles ne fonctionneraient donc que de façon intermittente. La consommation de pompage serait donc extrêmement réduite. Des prototypes développés par Willointec nous ont été présentés.

On ne connaît pas encore les prix de production en série, mais on peut indiquer que les robinets thermostatiques non posés valent de 10 à 30 €. Une étude est à faire sur le coût d'ensemble du « système chaudière- radiateurs- pompes »

Il y a là de très intéressantes voies d'action « à coût négatif », profitant au client comme à la collectivité. L'étude plus poussée de ces directions de recherche-développement paraît urgente.

Une politique publique vis-à-vis des pompes des circuits de chauffage est à étudier et mettre en œuvre d'urgence.

5. LES HUISSERIES ET VITRAGES.

Des répartitions types des déperditions avec des valeurs « *au pour cent près* » ont été proposées par certains experts¹⁶⁷. On s'en tiendra à la vieille image des « *trois tiers : ouvertures, parois opaques et ventilation* ».

Les vitrages et huisseries représentent environ 30 % des déperditions de chaleur des bâtiments anciens et contribuent aux pertes par ventilation (environ 30 % des déperditions).

¹⁶⁷ Une moyenne sur le parc actuel (incluant des bâtiments construits ou rénovés depuis 1973) a peu de sens, car c'est le parc le plus médiocre (surtout individuel) qui nous intéresse ici. La vieille « règle des trois tiers » correspond justement à ce type de logements individuels.

Leur durée de vie est de 60 à 150 ans.

Des progrès technologiques très importants ont été réalisés sur les vitrages avec les « vitrages à isolation renforcée » et sur les huisseries, avec les huisseries en PVC et métalliques à coupure thermique. On va examiner comment se présente la situation actuelle.

5.1. LES HUISSERIES.

Le PVC, qui représente plus de 70 % du marché, offre une très bonne isolation. Le bois a des caractéristiques presque aussi bonnes. Les huisseries médiocres du point de vue énergétiques, en aluminium notamment, sont pratiquement bannies du neuf par la réglementation thermique 2005 et ne sont pratiquement pas employées en rénovation.

La situation s'est donc beaucoup améliorée depuis les années 1995.

5.2. LES VITRAGES.

En 2004, les surfaces de vitrages fournies étaient de 15 millions de m².

La répartition entre le neuf et l'ancien est mal connue, mais on peut estimer que 6 millions de m² sont utilisés pour le neuf et 9 millions de m² pour la rénovation.

L'enquête ADEME-SOFRES montre que les travaux sur les fenêtres représentent :

- 29 % du nombre de travaux de maîtrise de l'énergie,
- 40 % des dépenses correspondantes,
- que leur répartition en nombre de travaux est la suivante :
 - o pose de double vitrage, 1 %,
 - o changement de fenêtre avec double vitrage, 26 %,
 - o changement de fenêtre avec simple vitrage, 2 %.

Le problème est qu'il y a plusieurs qualités de double vitrage très différentes vis-à-vis de la consommation d'énergie.

Le « double vitrage ordinaire » se caractérise par un coefficient de transmission¹⁶⁸ de 2,9 W/°/m².

Le « double vitrage à isolation renforcée » est constitué d'un double vitrage classique, avec une couche réfléchissant les infrarouges située sur une des parois intérieures du double vitrage. Cette couche, d'épaisseur extrêmement faible, ne change pratiquement pas la répartition des longueurs d'onde visibles et absorbe moins de 2 % de la lumière visible. Le confort d'été est aussi amélioré (le rayonnement infrarouge va alors de l'extérieur vers l'intérieur). Son coefficient de transmission est de 1,2 W/°/m².

On peut encore améliorer l'isolation en remplaçant l'air entre les vitrages par de l'argon. Le coefficient de transmission tombe à 1 ou 0,8 W/°/m².

¹⁶⁸ Il mesure la transmission de chaleur en Watts par degré de différence entre l'intérieur et l'extérieur et par m². Les coefficients donnés sont valables pour un vitrage en position verticale avec un certain recul par rapport à un mur en face.

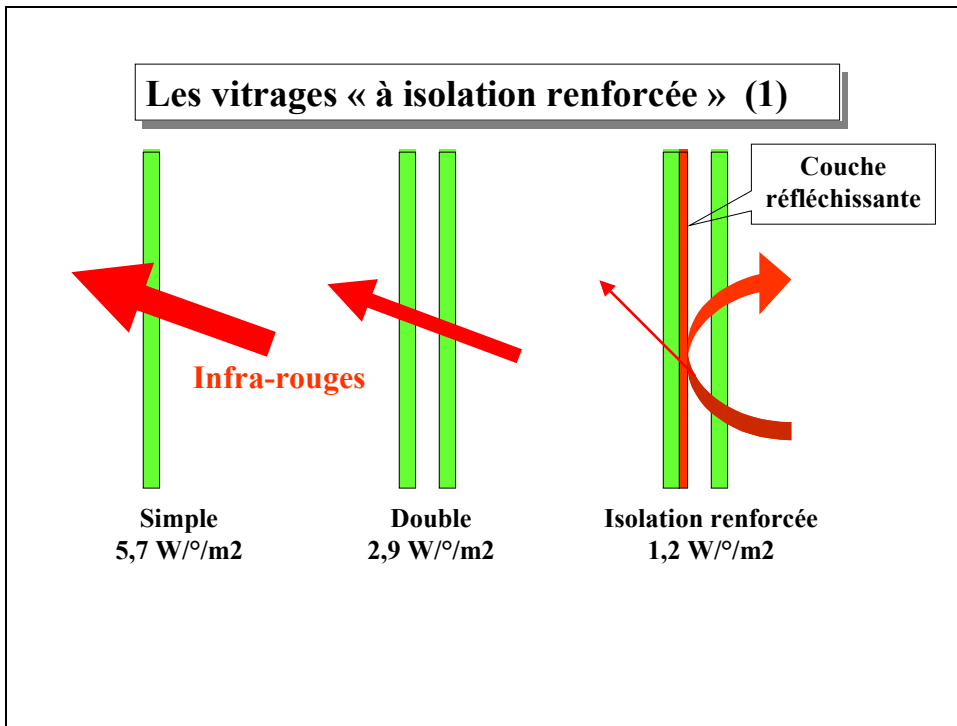


Figure 21. Les « vitrages à isolation renforcée » donnent un gain de 1,7 W/°/m2 sur les « doubles vitrages » et de 4,5 W /°/m2 par rapport aux vitrages simples.

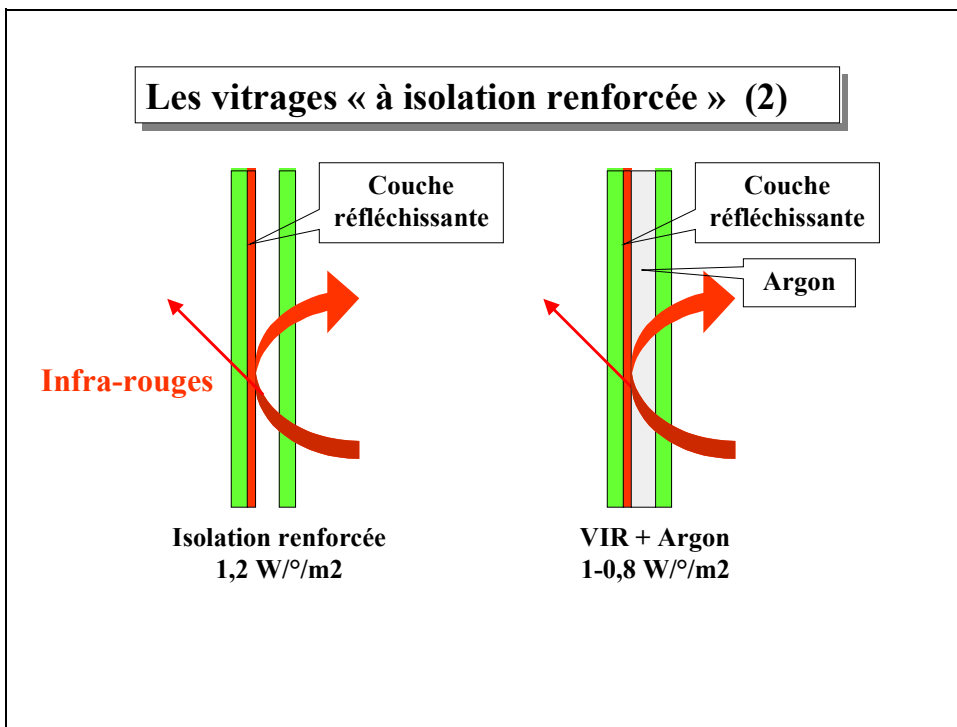


Figure 22. Les « vitrages à isolation renforcée avec argon » ne font qu'un gain supplémentaire de 0,4 W/°/m2.

Enfin, il existe des vitrages encore plus sophistiqués, type triples vitrages qui ne sont pas aux catalogues des grands distributeurs¹⁶⁹.

Le « *double vitrage à isolation renforcée* » est apparu dans les années 1980. Il s'est diffusé dans certains pays, comme l'Allemagne où il occupe près de 100 % du marché des vitrages en 2004, contre 50 % en France, où la réglementation thermique de 1989 n'est jamais arrivée à l'imposer dans les bâtiments neufs (comme elle le prévoyait).

La figure ci-dessous montre l'évolution de sa part de marché en Allemagne et en Grande-Bretagne où la réglementation de ce composant a été plus tardive¹⁷⁰.

Il s'agit de la totalité des marchés du neuf et de la rénovation.

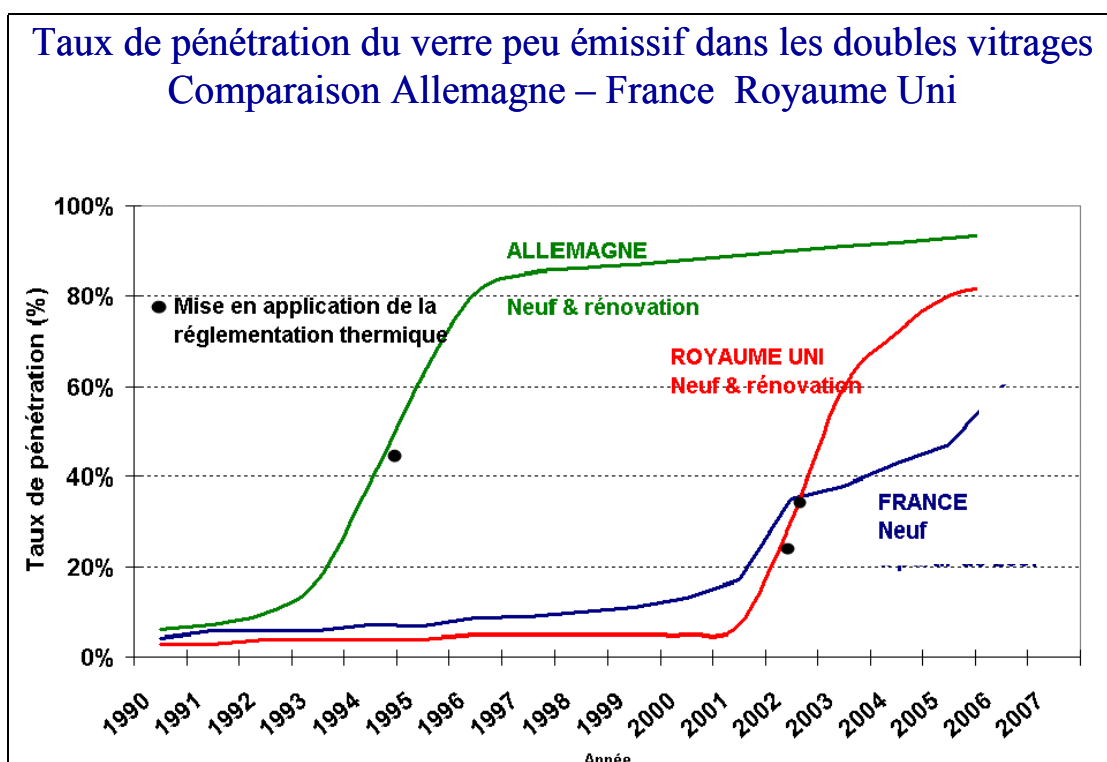


Figure 23. Pénétration des « vitrages à isolation renforcée » en Allemagne, Grande-Bretagne et France.

On remarque sur cette figure que ce sont des réglementations thermiques qui ont déclenché en Allemagne et Grande-Bretagne la croissance brutale de la part de marché du « *double vitrage à isolation renforcée* », laquelle s'est poursuivie jusque près de 100 % en 2 ou 3 ans.

Au contraire, la réglementation thermique française de 2000 n'a eu qu'un effet limité au neuf : on constate que la pente de la croissance se brise, contrairement aux autres. C'est que les réglementations allemandes et britanniques concernaient le neuf et l'existant, alors que la

¹⁶⁹ Ces vitrages encore plus isolants sont notamment des « *triples vitrages à isolation renforcée avec argon* ». Ces produits ont un surcoût par rapport au « *double vitrage à isolation renforcée avec argon* » qui n'est jamais rentable pour l'utilisateur. Les fabricants ne les vendent donc pas encore. Néanmoins, ils essaient de les promouvoir, notamment à travers des opérations de lobbying d'associations.

Des recherches ont lieu sur des vitrages doubles ou triples avec vide d'air.

¹⁷⁰ Source, *Communication des Vitrages Saint-Gobain* lors de l'audition du 21 septembre 2006.

réglementation thermique française de 2000 (et 2005) ne concernent que le neuf.

Il est intéressant de commenter ces différences d'évolution des marchés entre les trois pays.

La réglementation thermique française de 1989 imposait une « *performance globale du bâtiment* » qui permettait de compenser les effets de l'utilisation de certains mauvais composants par d'autres. On constate qu'elle n'a pratiquement eu aucun effet sur l'utilisation du « *double vitrage à isolation renforcée* » dans le neuf (ni dans l'ancien évidemment).

Le durcissement de la « *performance globale du bâtiment* » dans la réglementation 2000 a pratiquement imposé le « *double vitrage à isolation renforcée* » dans le neuf¹⁷¹, ce qui explique que sa part de marché ait atteint 40 % vers 2005. Par contre, pour l'ancien, c'était l'« *effet d'entraînement du neuf sur l'ancien* » qui était supposé assurer la diffusion des vitrages peu émissifs. Il n'en a rien été. Notons que la réglementation 2005, toujours « *performancielle* », a quand même dû systématiser le vitrages à isolation renforcée dans le neuf par l'imposition d'une « *norme garde-fou* » minimale qui n'existait pas en 2000.

Pour expliquer cette stagnation dans le domaine de la rénovation en France, il faut examiner le phénomène « *sur le terrain* », c'est à dire auprès de la grande distribution de ces produits.

Les grands distributeurs de fenêtres ont des politiques extrêmement différentes.

Certains généralistes (CONFORAMA en Région Ile-de-France) ne proposent que du double vitrage simple.

Une autre grande chaîne généraliste (LEROY-MERLIN) propose du « *double vitrage à isolation renforcée* » avec ou sans argon.

Un distributeur spécialisé dans les huisseries et la menuiserie comme Lapeyre¹⁷², qui est lié à Saint-Gobain :

- propose encore des vitrages simples (ANTEA) ;
- propose du « *double vitrage simple* » en solution de base (ISOPRIX) ;
- ne propose pas les « *doubles vitrages à isolation renforcée* » ;
- promeut les « *doubles vitrages à isolation renforcée avec argon* » à un prix élevé en haut de gamme (CLASSIC).

Il est difficile de comparer les prix, car aucun des trois distributeurs ci-dessus ne vend les trois types de vitrages, simple, avec isolation renforcée sans argon, ou avec argon.

D'autre part, plus l'isolation du vitrage est poussée, plus la qualité de l'huisserie est censée augmenter (au sens du design, de la « *robustesse* », etc.)

À titre indicatif, pour une fenêtre en PVC de 120 cm x 105 cm, correspondant à environ 1 m² de vitrage, on a les prix suivants¹⁷³ :

¹⁷¹ Ceci grâce à un premier *garde fou* sur la fenêtre (huisserie plus vitrage) qui était – sans l'avouer – une « *norme de composant* ».

¹⁷² Nous prions le lecteur de ne voir ici aucune attaque contre l'un ou l'autre de ces distributeurs en particulier.

¹⁷³ Catalogue Lapeyre, 2^{ème} édition 2006, Catalogue en ligne www.leroymerlin.fr

Double vitrage simple	Lapeyre Isoprix	123 €
Double vitrage isolation renforcée	Leroy-Merlin Tradition	118 €
Double vitrage isolation renforcée avec argon	Lapeyre Classic	185 €
Double vitrage isolation renforcée avec argon	Leroy-Merlin (sans dénomination)	194 €

On constate fort peu de différence de prix entre le double vitrage simple et à isolation renforcée, ce que nos interlocuteurs nous ont confirmé lors de l'audition sur l'isolation.

Pour l'argon, il nous est plus difficile d'être affirmatif. Lors de l'audition concernant l'isolation, nos interlocuteurs nous ont affirmé que la forte différence de prix était surtout due à une meilleure qualité des huisseries car ils pratiquent tous une « *politique commerciale d'options* » analogue à celle qu'on trouve dans le domaine de l'automobile¹⁷⁴.

Le tableau ci-dessous donne pour les quatre catégories des fenêtres à « *vitrage simple* », « *doubles vitrages ordinaires* », « *doubles vitrages à isolation renforcée* », « *doubles vitrages à isolation renforcée avec argon* » :

- les déperditions en W/°/an,
- les consommations en kWh/an pour 1 m², pour un climat moyen à 2 500 « *degrés jour moyens*¹⁷⁵ »,
- la valeur en €/an de ces consommation sur la base d'un kWh utile type gaz naturel à 0,05 €/kWh,
- le coût actualisé à 4 % sur 100 ans (durée de vie d'une fenêtre) soit 24,5 fois le gain annuel ; en d'autres termes, on a une limite de « *temps de retour* » de 25 ans qui correspond assez bien aux décisions des particuliers ;
- le gain différentiel annuel par rapport à du « *vitrage simple* »,
- le prix de la fenêtre seule,
- le prix de la fenêtre posée,
- la colonne suivante donne le gain supplémentaire de chaque variante par rapport à la précédente pour les deux solutions « *vitrages à isolation renforcée* », « *vitrages à isolation renforcée avec argon* ».

Notons ici que les prix comprennent aussi les différences de qualité de l' huisserie, qui n'apparaissent pas avec évidence sur le Catalogue. On a toutefois supposé que les différences de déperditions entre deux huisseries PVC sont négligeables¹⁷⁶.

	Déperditions	Énergie	Dépense annuelle	Dépense actualisée	Gain annuel différentiel	Gain actualisé différentiel	Fenêtre seule	Avec pose	Investiss. différentiel
	W/°/m ²	kWh/an	€/an	€	€/an	€	€	€	€
Simple	5,7	314	15,73	385					
Double	2,7	149	7,45	182	8,28	203	123	273	
Isolation renforcée	1,2	66	3,31	81	4,14	100	130	280	7
Avec argon	0,8	44	2,21	54	1,10	27	185	335	55

Les conclusions qu'on peut tirer de ce tableau sont les suivantes.

¹⁷⁴ La « *politique d'options* » consiste à ne vendre un accessoire donné qu'avec un groupe d'accessoires dit « *option* ». Si le client désire cet accessoire précis, il est obligé d'acheter un modèle plus cher muni d'autres accessoires qu'il ne désire pas. Dans le cas des fenêtres, on ne vend le vitrage à isolation renforcée qu'avec une huisserie plus luxueuse et plus chère.

¹⁷⁵ Les « *degrés jour* » (on dit aussi « *degrés jour unifiés* ») sont le cumul des différences entre les températures moyenne de chaque jour et une température de base, généralement 18°C, sur une période « *de chauffage* » de 232 jours entre le 1^{er} octobre et le 20 mai. Les « *degrés jour moyens* » sont la moyenne sur une longue période ;

¹⁷⁶ Ce qui ne serait évidemment pas le cas entre des huisseries PVC, Bois, Aluminium, etc.

1 Le remplacement d'une fenêtre à vitrage simple même en très bon état (capable de durer encore 100 ans) par une fenêtre à « double vitrage à isolation renforcée » est rentable à long terme : le gain actualisé sur 100 ans est de 304 € pour une dépense de l'ordre de 273 €.

Il s'y ajoute les gains sur le renouvellement d'air généralement trop fort avec une fenêtre ancienne. On bénéficie de gains de confort : diminution de « l'effet de paroi froide » et du bruit notamment.

Si la fenêtre à vitrage simple demande de l'entretien, **l'anticipation** de son renouvellement donne un gain encore plus positif.

2 L'utilisation du « double vitrage simple » au lieu du « double vitrage à isolation renforcée » n'est jamais justifiée. En effet, le gain actualisé supplémentaire est de 4,14 €/an, soit une valeur actualisée de 100 €, pour un surcoût de 7 € seulement. Le surcoût est donc récupéré par l'acheteur en moins de 2 ans.

3 L'utilisation de la fenêtre à « double vitrage avec argon » par rapport à la fenêtre à « double vitrage à isolation renforcée » ne procure qu'un gain actualisé supplémentaire de 27 € pour un surcoût de 55 €. En fait ce surcoût de 55 € est pour partie lié à l'augmentation de la qualité de l'huissierie.

En conclusion, il faut interdire en France *de facto* le « double vitrage simple ».

Il faut obtenir de la grande distribution qu'elle propose des « double vitrage avec argon » sur des huisseries du début de gamme et pas seulement sur le haut de gamme.

Nous allons voir ci après que des textes réglementaires ont été pris à cet effet au début de 2007. La question de leur application effective se pose maintenant.

Il faut aussi favoriser vigoureusement le remplacement immédiat de tous les vitrages simples - à la limite de la rentabilité – par des mesures d'aides fiscales par exemple.

6. L'ISOLATION DES PAROIS OPAQUES.

6.1. LES DIVERS TYPES D'ISOLATION.

L'isolation des parois opaques représente 25 % du nombre des travaux et seulement 13,5 % des dépenses selon l'enquête ADEME-SOFRES.

Les isolations des murs par l'intérieur sont minoritaires (avec 9 % des travaux pour l'isolation par l'intérieur et 2 % pour l'isolation par l'extérieur) par rapport à celle des parois horizontales (toiture, combles, plafonds) avec 14 % des travaux.

Mais surtout, une évaluation monétaire donne 821 € par opération pour les isolations de murs par l'intérieur et 1 476 € pour les toitures, combles et plafonds. Bien qu'on n'ait pas de donnée précise, nous avons estimé (sans doute par excès) les isolations par l'extérieur à 3 000 € chaque.

On est très en dessous de la moyenne des prix des travaux (2 530 €)

On peut donc estimer que le chiffre d'affaire global se répartit en moins de 40 % pour les murs et plus de 60 % pour les parois horizontales.

L'isolation des parois en général est le domaine d'élection du travail pour compte propre

(ou au noir). Elle représente 49 % (en nombre) des travaux pour compte propre et seulement 14 % des travaux effectués par une entreprise¹⁷⁷.

D'un point de vue technique, l'isolation des parois opaques se présente d'une façon infiniment plus complexe que le changement d'huissières et de vitrages.

D'abord, il convient de distinguer trois catégories de parois : toit ou terrasse, murs extérieurs et « pertes par le sol » (ou le sous-sol) importantes dans les maisons individuelles.

La mise en œuvre d'une isolation offre différentes variantes dans chacun des trois cas :

- pour le toit (8 à 10 % des travaux ADEME-SOFRES) : isolation en plafond, ou en plancher du comble, ou en sous-face du toit ou de la terrasse ; isolation extérieure des terrasses, réfection de toiture avec isolation intégrée (bacs aciers) ;
- pour les murs périmétriques :
 - o isolation par l'intérieur (9 % des travaux ADEME-SOFRES) qui consomme de l'espace et laisse des ponts thermiques ; elle représente 2 % des travaux ;
 - o isolation par l'extérieur (2 % des travaux ADEME-SOFRES) plus efficace (elle traite aussi les ponts thermiques), ne consommant pas d'espace intérieur, mais plus chère et très peu développée en France contrairement aux pays froids ;
- pour le sol (2 à 4 % des travaux ADEME-SOFRES) : isolation en sous face dans un sous-sol non chauffé ou un vide sanitaire très accessible ; isolation périmétrique dans le sol.

Les techniques sont très diverses.

L'isolation extérieure des terrasses, l'isolation dans le sol ou l'isolation des murs par l'extérieur utilisent chacune des matériaux très spécifiques (étanches, résistants à l'eau, au soleil, etc.), avec des techniques de pose spécifiques elles-aussi.

L'isolation intérieure des murs, plafonds, combles, etc., utilise des matériaux extrêmement variés en plaques ou en rouleaux : plaques (polystyrène ou polyuréthane), laines de verre ou roche (éventuellement en panneaux agglomérés), matériaux à connotation « écologique » (liège, chanvre, plume de canard, paille, laine de mouton...), et isolants minces réfléchissants. Une épaisseur classique et optimale pour des isolants pour murs type polystyrène est de 10 cm, et 15 à 20 cm de laine de verre ou roche pour les combles et toits.

Les critères commerciaux sont assez complexes, incluant notamment les problèmes d'aspect et de tenue de l'aspect dans le temps (facilité de mise en peinture, fissurations).

Pour les isolants « épais », l'efficacité ne dépend pas que de l'épaisseur, mais aussi du « *coefficient de conductivité thermique* »¹⁷⁸.

¹⁷⁷ Éléments de ces trois paragraphes tirés de l'enquête ADEME-SOFRES.

La répartition entre les entreprises et le compte propre est respectivement de 6 % et 22 % pour l'isolation des murs (extérieur + intérieur) et de 8 % et 27 % pour les isolations de toiture/combles/plafond/plancher.

¹⁷⁸ La conduction, ou « *coefficient de conductivité thermique* », est exprimée en W/m.degré Kelvin et représente la quantité d'énergie traversant un m² de paroi, par mètre d'épaisseur du matériau et pour une différence de 1 degré K entre les deux faces, pendant l'unité de temps.

Elle est dénommée λ (lambda) en valeur normalisée. Elle est conventionnellement mesurée pour une température moyenne du matériau de 10 degré C. La conductivité thermique λ est une caractéristique constante et propre à chaque matériau.

En termes d'isolation, un niveau de référence est celui de « *l'air sec immobile* », $\lambda = 0,025$. Les laines minérales se situent entre $\lambda = 0,03$ et $0,04$, de même que le polystyrène expansé. Le polystyrène extrudé descend vers $0,28$. Le polyuréthane se situe autour de $0,025$.

La résistance thermique R dépend du λ et de l'épaisseur du matériau selon la formule : $R = e / \lambda$

Les valeurs optimales dans les conditions économiques actuelles se situent entre 10 et 20 cm, selon la nature initiale de la paroi.

Le « *coefficient de conductivité thermique* » varie de façon significative pour des produits dont le matériau – et donc le « nom » – est identique, mais dont la recherche a permis d’améliorer les performances. Ce qui n’est pas sans poser des problèmes d’information des acheteurs.

Le cas du polystyrène expansé, illustré par la figure ci-dessous, est très typique des évolutions récentes pour un même produit¹⁷⁹.

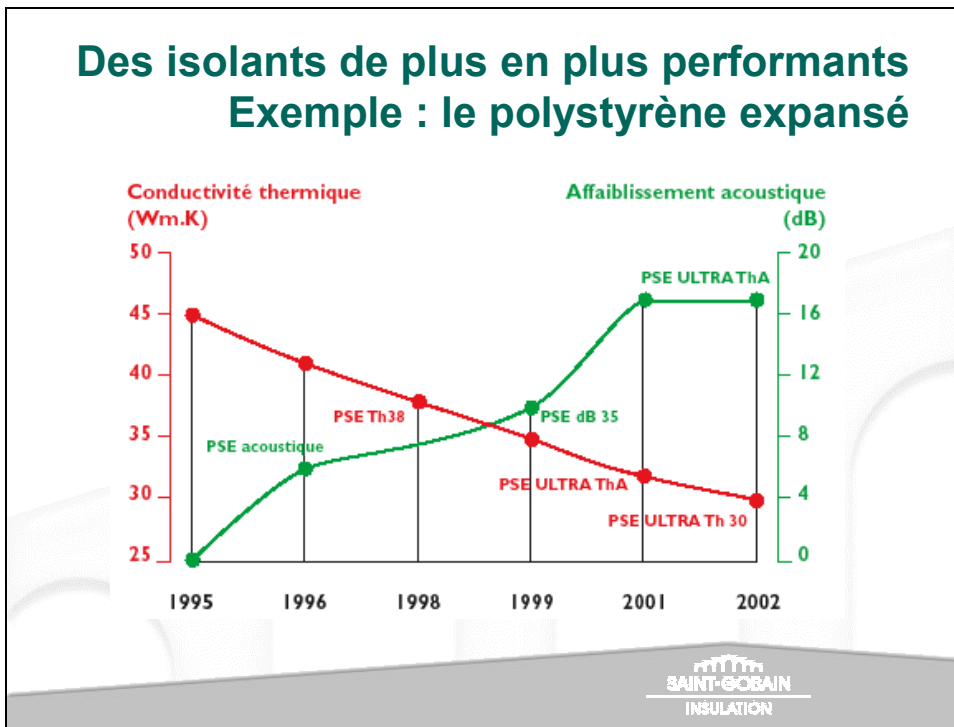


Figure 24. Les évolutions récentes des performances du polystyrène expansé.

6.2. LES PRODUITS MINCES RÉFLÉCHISSANTS ET L'INFORMATION DES ACHETEURS.

Mais, le véritable problème est la question du volume consommé par l'isolation intérieure pose des problèmes aux acheteurs. Elle se présente un peu différemment selon le cas :

- pour les murs, cela se traduit par une perte de surface utile de 6 à 8 %;
- pour les combles aménagés, la perte de hauteur sous plafond est parfois très importante.

Un autre problème, plus sensible dans le cas des combles, est l'irrégularité de la surface

R = résistance thermique exprimée en $m^2.K/W$; e = épaisseur du matériau en mètre ; λ = conduction en $W/m.K$

Par exemple, pour atteindre une même résistance thermique $R = 5$, il faut :

- 16 cm de laine minérale à λ égal 0,032 : $0,16/0,032 = 5$
- ou 175 cm de granit à $\lambda = 3,5$: $1,75/3,5 = 5$

¹⁷⁹ Source : Communication de Saint-Gobain Insulation.

existante, qui conduit à rechercher des isolants « *souples* » et/ou de faible épaisseur.

La recherche d'une faible épaisseur est très sensible dans les isolations de murs. Ainsi, le coût de panneaux isolants avec parement en plâtre pour murs est-il de l'ordre de 5 à 10 €/ m² pour des épaisseurs faibles (moins de 5 cm) et des résistances thermiques de 0,5 à 1. Pour des résistances de 2 à 3, il faut compter 15 à 20 €/ m². La différence est remboursée rapidement par les gains d'énergie. Pourtant, on utilise trop souvent des épaisseurs trop faibles.

C'est aussi ce qui explique le succès des isolations minces et souples dites « produits minces réfléchissants » (PMR)¹⁸⁰. Ceux-ci ne sont pas simplement plus minces, mais comportent des films réfléchissants censés agir différemment des isolants classiques.

Ceux-ci coûtent typiquement 5 à 12 €/ m² en rouleaux pour combles (et sont d'un coût de transport plus faible). Il sont toutefois moins proposés pour les murs.

Les isolants classiques pour combles ont des résistances de 2 à 5 selon l'épaisseur pour des prix analogues à ceux des isolants réfléchissants, soit 4 à 8 €/ m². Les prix sont donc très comparables. La vraie question est donc la perte de volume sous plafond.

Les produits minces réfléchissants occupent donc une forte part du marché de la rénovation, alors qu'ils sont absents de la construction neuve.

La figure ci-dessous, tirée du catalogue en ligne www.leroymerlin.fr en février 2007 est très typique de ce type d'information. Elle était en ligne en février 2008 – en « promotion » – malgré les textes réglementaires pris en mars et avril 2007 (voir page 90 ci-après).




		<p>Rouleau d'isolant mince THERMOACTIF 15. Long. 10 m x larg. 1.56 m, épaisseur : 25 mm. Pour l'isolation des combles à aménager</p> <p>Les plus Equivalent à 240 mm de laine minérale</p> <p>Caractéristiques détaillées</p> <p>Composant essentiel du produit : ouate, film thermo-réfecteur, mousse polyéthylène</p> <p>Isolant phonique : non</p> <p>Limite les bruits d'impact : non</p> <p>Norme ACERMI : non</p> <p>Poids (en kg) : 6.3</p> <p>Réaction au feu de l'isolant : E</p>
	<p>Réf. : 65770684 Prix indicatif : 156,00 EUR 10,00 EUR/m²</p> <p>Produit non vendu en ligne. Pour voir le magasin le plus proche de chez vous : > Cliquer ici.</p>	

Figure 25. Un descriptif publicitaire typique d'isolant mince réfléchissant.

On y notera que ce produit de « 25 mm d'épaisseur » est présenté comme « Equivalent à 240 mm de laine minérale » (c'est nous qui soulignons)¹⁸¹.

¹⁸⁰ L'utilisation d'isolant classique en films souples de faible épaisseur (1 à 2 cm) est une variante.

¹⁸¹ Nous avons recueilli chez des vendeurs de matériaux quelques brochures d'information disponibles pour le public sur ces types de produits. Elles n'indiquent pas d'éléments techniques développés.

Le groupe, pas plus que son rapporteur, n'ont eu l'occasion de se livrer à des expertises techniques sur le sujet. Il ne peuvent qu'exposer les thèses en présence.

Selon certaines personnes entendues, il y aurait lieu de penser que les produits minces réfléchissants sont beaucoup moins efficaces que les isolants classiques.

Or, il n'existe aucune « *méthode officielle* » de mesure permettant de comparer l'efficacité des divers types d'isolants. Les fabricants d'isolants minces réfléchissants récusent donc les méthodes classiques de mesure basés sur la conduction thermique et affichent des équivalences basées sur d'autres méthodes scientifiques.

Il n'existe pas de normes, mais une « *certification ACERMI* » complétant éventuellement le « *marquage européen*¹⁸² » qui ne comporte aucune donnée sur l'efficacité de l'isolation.

La comparaison des performances des isolants classiques et des produits minces réfléchissants a fait l'objet de nombreuses publications dans de nombreux pays¹⁸³.

¹⁸² Certains pays européens du sud semblent délivrer des « *marquages européens* » sans états d'âme pour les produits isolants qui ne sont pratiquement jamais destinés à être proposés sur leurs marchés nationaux.

¹⁸³ Une liste d'études nous a été communiquée. Nous en avons examiné certaines. Mentionnons qu'il nous a été signalé que quelques unes faisaient l'objet de contestations juridiques.

France :

- Cahier du CSTB N°3330 avril 2001: propriétés des produits dits « *isolants minces réfléchissants* »
- SNEST, Syndicat national des écrans de sous-toiture – mai 2004 – note aux membres du SNET « *les isolants minces réfléchissants* »
- CSTB : commission chargée de formuler les avis techniques – Note d'information N°1 du Groupe spécialisé N°20 du 24 juin 2004
- CNRS (laboratoire de Poitiers) : « Mesure de l'efficacité énergétique de complexes thermiques réfléchissants servant à l'isolation thermique dans le bâtiment. » - Conférence IBPSA France, du 2 – 3 novembre 2006 à Saint Pierre de La Réunion
- CSTB – communiqué de presse du 18 décembre 2006 : « *Évaluation technique des produits d'isolation réfléchissants* »
- Article de *Que Choisir* – janvier 2007
- Agence Qualité Construction Communiqué de la C2P N°62 – Juillet 2005

Belgique :

- CSTC, Centre scientifique et technique de la construction (Belgique) : rapport N°9 – 2006 : « *performances thermiques initiales de produits minces réfléchissants* »
- Communiqué de presse de Test Achat (Belgique) – décembre 2006 : « Test Achats dénonce les allégations fantaisistes autour de la commercialisation de ces produits et dépose plainte auprès des instances compétentes. »

Royaume-Uni :

- Rapport d'essais du NPL (Royaume Uni) : "Measurement of the thermal resistance of an air cavity insulated with ACTIS TRIISO SUPER 9" Reference: PP31/E04060280 - 13 août 2004
- Rapport du BRE, building research establishment (Royaume-Uni) : « The thermal performance of multi-foil insulation » – Juillet 2005
- LABC Local authority building control : technical guidance note – août 2006 – « Use of multi-foil insulation products »

Autres pays Européens :

- Tests du Ministère de la construction Erhvervs-ogByggesstyrelsen (Danemark) – mai 2005 – condamnation d'un distributeur de PMR à afficher les performances réelles du produit
- BRI (Pologne) : « Comparison of calculations and tests for a reflective insulation ; contribution of BRI Warsaw to CEN/TC 89 AHG Reflective Insulation -
- Jugement du tribunal de Karlsruhe (Allemagne) du 18.12.1998 condamnant un fabricant de PMR à afficher un R de 0,89 (cf. étiquette du produit en Allemagne)

L'ADEME paraît tout à fait claire dans ses brochures sur les « *très faibles performances thermiques* » des produits minces¹⁸⁴.

On pourrait donc s'étonner que l'on puisse continuer à affirmer que « *25 mm de tel isolant mince équivalent à 240 mm de laine de verre* », comme dans la publicité ci-dessus sans que quiconque soit capable de trancher le débat.

C'est que la France se distingue sur ce sujet des pays froids, en ce sens que son administration de la concurrence et des prix s'en tient à l'absence de norme européenne, et se refuse à juger de ce type de publicité¹⁸⁵.

Au contraire, l'Allemagne, ou la Grande-Bretagne plus récemment, semblent avoir pris position sur le sujet des « *produits minces réfléchissants* ».

Des mesures *in situ* des consommations de plusieurs maisons individuelles anciennes identiques réisolées avec divers types d'isolant devraient permettre d'établir des comparaisons entre les divers types d'isolants de façon compréhensible et indiscutable pour tous.

Il existe un certain nombre de recherches sur des produits plus isolants :

- les « *aérogels* » qui viseraient des coefficient λ entre 0,010 et 0,015,
- des « *panneaux à vide d'air* » qui pourraient atteindre un λ de 0,005.

Ces produits relèvent d'une rupture technologique, sont encore loin d'être commercialisés (5 ou 10 ans ?) et leurs coûts sont inconnus (ils dépendront du marché réel selon les prix obtenus par effet de série).

Ils paraissent de toute façon inadaptés au domaine de la rénovation.

En conclusion, on peut souligner les points suivants.

Le domaine de l'isolation a souffert d'un très grave déficit d'information en France.

Tous les distributeurs, même les filiales des producteurs d'isolants classiques, ont jusqu'ici été obligés par la concurrence de distribuer des produits minces classiques très peu isolants (1 à 2 cm) ou des produits minces réfléchissants¹⁸⁶.

Nous allons voir ci après que des textes réglementaires ont été pris, au début de 2007, pour exiger des performances minimales des isolations en cas de travaux dans l'existant. La question de leur application effective se pose maintenant.

7. LA VENTILATION.

EOTA European organisation for technical approvals

- CUAP Common Understanding of Assessment Procedure for a European Technical Approval according to Article 9.2 of the Construction Products Directive : "Reflective products with a heat-radiation reflective foil/facing intended to be used in thermal insulation systems of building envelop (wall, ceiling, floor, and roof) – Février 2007 - ETA request No. 12.01/12

¹⁸⁴ Par exemple, la brochure *L'isolation thermique*, 2006, encadré page 11. Voir aussi dans cette brochure la description des certifications ACERMI, page 8-9.

¹⁸⁵ Malgré de nombreuses réclamations.

¹⁸⁶ Voir par exemple les produits distribués par Point P, filiale de Saint-Gobain.

Lorsqu'on remplace les huisseries, on réduit généralement les débits d'air, ce qui constitue une importante économie d'énergie.

Mais, si la ventilation est trop diminuée, des désordres peuvent apparaître, notamment avec des condensations ; on parle même de « problèmes de santé ». Certains préconisent de poser systématiquement des ventilations mécaniques contrôlées (VMC)¹⁸⁷. On devrait pourtant pouvoir obtenir les normes de renouvellement d'air avec des moyens plus simples.

Notre position serait très proche de celle de M. Chemillier ancien président du CSTB et président de la Mission interministérielle de l'effet de serre¹⁸⁸. Il rappelait les obstacles pratiques à la mise en œuvre de VMC dans les bâtiments existants (sauf en cas de « réhabilitation » complète) : nécessité d'un « diagnostic » général sur les problèmes réels. impossibilité de « standardiser » les matériels, intervention de plusieurs corps de métiers, etc. Il est certain que ces contraintes se traduisent par des coûts élevés, et un gain minime tant du point de vue énergétique que de confort et de santé.

Enfin, lorsqu'on considère la difficulté persistante à généraliser des actions simples, comme l'utilisation de bonnes chaudières, de bons vitrages, de bonnes lampes, on ne peut que rester perplexe devant la « prétention » des promoteurs de la VMC dans l'ancien...

On imagine mal comment les usagers de logements anciens se convertiraient à la VMC. Et comment on pourrait leur appliquer une contrainte réglementaire qu'on se refuse à mettre en place pour des actions autrement plus rentables, sauf à démontrer que les objectifs de santé sont massifs dans le passage de la ventilation naturelle à la VMC, ce qui semble loin d'être le cas.

Or, il existe une disposition classique et peu coûteuse consistant à pratiquer des ouvertures dans les huisseries¹⁸⁹. Elle diminue sans doute les gains sur la ventilation, mais a l'avantage d'être pratiquement gratuite.

8. L'ARRÊTÉ DU 3 MAI 2007 ET SON APPLICATION.

8.1. LE DÉCRET DU 19 MARS 2007 ET L'ARRÊTÉ D'APPLICATION DU 3 MAI 2007.

Les travaux du *Groupe de travail* étaient pratiquement achevés, lorsqu'un événement inattendu¹⁹⁰ est intervenu : la parution du « Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007 relatif aux

¹⁸⁷ Comme le collectif « *Isolons la Terre* », par exemple.

¹⁸⁸ La diversité des logements anciens exige que toute action s'appuie sur une approche statistique. Les « désordres » allégués, pour exister, sont probablement beaucoup plus rares qu'on ne l'imagine. M. Chemillier notait la mauvaise application de la réglementation dans le neuf, et manifestait son opposition à une réglementation concernant l'ancien. « *Cette réglementation concerne actuellement les bâtiments neufs (habitat et tertiaire) car il n'est pas dans la tradition de lui donner des effets rétroactifs, sauf dans des circonstances où il existe un risque fort pour la santé comme ce fut le cas pour l'amiante.* »

¹⁸⁹ Ce type d'huisserie existe, mais n'est pas systématiquement proposé. Il y a notamment un système EDF breveté très peu onéreux.

¹⁹⁰ Lors de la réunion du *Groupe de travail* avec les représentants des Administrations, le 26 octobre 2006, ces derniers avaient fait allusion à la réglementation en cours d'élaboration, mais ils ne désiraient pas communiquer le projet de cette réglementation au *Groupe*.

La réglementation des composants pour la rénovation (art. R. 131-28 ; voir ci-après) – qui était évidemment en cours de préparation – n'avait donc pas été intégrée, même sous forme provisoire, dans le projet de *Rapport* du

études de faisabilité des approvisionnements en énergie, aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique »¹⁹¹, complété par un *Arrêté* d'application du 3 mai 2007.

Ce *Décret* modifie le *Code de la construction* en y ajoutant plusieurs éléments :

- les articles R. 111-22 à 111-22-2 qui concernent les bâtiments neufs¹⁹² ;
- les articles R. 131-25, 131-26 et 131-27 qui concernent les rénovations importantes portant sur les bâtiments de plus de 1000 m² hors œuvres ;
- l'article R. 131-28 qui portent sur les travaux exécutés sur des bâtiments de plus petite taille ;
- les articles R. 131-29 et 131-30 qui portent sur la climatisation ;
- l'article R. 134-4-1 qui impose l'affichage du diagnostic de performance énergétique dans les bâtiments publics de plus de 1000 m² hors œuvres.

La rénovation des grands bâtiments de plus de 1000 m² représentant une part infime de cette activité, nous ne nous intéresserons qu'à l'exécution de l'article R. 131-28. Celui ci est ainsi rédigé :

« *Article R. 131-28. Sauf dans le cas des travaux visés à l'article R. 131-26¹⁹³, les caractéristiques thermiques et les performances énergétiques des équipements, installations, ouvrages ou systèmes doivent être conformes aux prescriptions fixées par un arrêté du ministre chargé de la construction et de l'énergie, lorsqu'ils sont mis en place, installés ou remplacés.*

Les dispositions du présent article s'appliquent :

- *aux éléments constitutifs de l'enveloppe des bâtiments ;*
- *aux systèmes de chauffage ;*
- *aux systèmes de production d'eau chaude sanitaire ;*
- *aux systèmes de refroidissement ;*
- *aux équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable ;*
- *aux systèmes de ventilation ;*
- *aux systèmes d'éclairage des locaux.*

Les dispositions de l'article R. 131-28 s'appliquent aux travaux pour lesquels la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, ou, à défaut, la date d'acquisition des équipements, systèmes et ouvrages, est postérieure au 31 octobre 2007. »

Ce *Décret* constitue enfin la base d'une « *politique des composants utilisés dans la rénovation* » telle que nous l'avons examinée d'un point de vue technique dans le présent chapitre.

L'article R. 131-28 a fait l'objet d'un « *Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants* »¹⁹⁴.

4 avril 2007. Du fait des délais retenus, le *Groupe de travail* n'a donc pas pu consacrer une nouvelle réunion au texte même du *Décret* du de 19 mars 2007 et de l'*Arrêté* du 3 mai 2007.

¹⁹¹ *JO* n°68 du 21 mars 2007, page 5 146 e. s.

¹⁹² Ces articles imposent de réaliser une « *étude des approvisionnements énergétiques* » préalablement au dépôt du permis de construire.

¹⁹³ Il s'agit des grosses rénovations des bâtiments de plus de 1 000 m².

¹⁹⁴ *JO* du 17 mai 2007.

Vu l'état d'avancement du Groupe de travail, il n'a pas été possible de procéder à la mise en place d'une nouvelle séance de travail avec les Administrations au sujet de ces textes.

Très brièvement, l'*Arrêté* impose des normes minimales d'isolation à un certain nombre de composants utilisés dans les travaux de rénovation diffuse¹⁹⁵.

Pour les parois opaques (articles 2 à 7) :

- l'*Arrêté* concerne tous les travaux¹⁹⁶ exécutés sur des éléments de parois des locaux chauffés, donnant sur l'extérieur, dont la surface est supérieure à 0,5 m² ;
- toutes les parois sont concernées : murs, toitures, planchers bas ;
- « *lorsque des travaux d'installation de remplacement de l'isolation thermique sont entreprises sur des parois* », il impose d'obtenir une résistance thermique minimale (exprimée en m².K/W) variant pour les différentes catégories de parois ;

Pour les parois vitrées (article 8 à 16) :

- l'*Arrêté* concerne les « *fenêtres, portes-fenêtres et façades-rideaux, qui font l'objet de travaux d'installation ou de remplacement* » ;
- les exceptions sont plus nombreuses : petites fenêtres de surface inférieure à 0,5 m², verrières, vérandas, vitrines de type spécial, portes d'entrée entièrement vitrées et donnant accès à des locaux recevant du public, vitraux, remplacement de vitres pour cause de vandalisme, etc. ;
- il impose des résistances thermiques minimales variant selon le type de fenêtres ; l'article 10 donne des « *exemples types* » à défaut de valeurs connues des performances thermiques.

En pratique, ces dispositions reviennent à imposer l'usage des vitrages à isolation renforcée et, secondairement, à éliminer les huisseries peu isolantes actuellement commercialisées (mais c'était déjà un problème relativement marginal).

Pour le chauffage (article 17 à 29) :

- l'*Arrêté* concerne toutes les installations de puissance égale ou supérieure à 20 kW ;
- il impose des normes minimales de rendement ;
- il impose le calorifugeage des réseaux de distribution de chaleur et de froid ;
- il impose de recalculer le dimensionnement des radiateurs remplacés ; ceux-ci doivent être muni de robinets thermostatiques ; plus diverses dispositions concernant le chauffage électrique ;
- il définit des coefficients de performance (COP) minimaux pour les pompes à chaleur.

Notons que les pompes de circulations ne sont pas prises en compte dans l'*Arrêté*, alors que nous avons mis en évidence ci-dessus la très grande importance de leur consommation globale et leurs très rentables possibilités de gains d'énergie¹⁹⁷.

¹⁹⁵ Lors de la réunion du 26 octobre 2006, les représentants des Administrations semblaient toujours considérer que l'imposition de normes minimales de composants pour les fenêtres et les isolations n'était pas compatible avec la liberté de circulation des marchandises dans le cadre européen.

Rappelons ici, comme l'indiquent les textes visés par l'*Arrêté*, que ces dispositions techniques résultent de diverses directives européennes, dont la plus récente est la directive 2002/91/CE du 16 décembre 2002 ; la question de la légalité de normes de composants pour la rénovation semble donc avoir été tranchée il y a plus de cinq ans (comme en témoignait, d'ailleurs, leur existence en Allemagne ou en Angleterre).

¹⁹⁶ La seule exception concerne « *les toitures prévues pour la circulation des véhicules* ».

¹⁹⁷ L'article 24 se contente d'imposer que les pompes de circulation installées ou remplacées soient « *munies*

Les appareils de production d'eau chaude sanitaire doivent respecter des normes de pertes maximales¹⁹⁸ (articles 30 et 31).

Les installations de refroidissement (articles 32 à 35) installées ou remplacées doivent présenter des rendements énergétiques minimaux, et les pièces non orientées au Nord doivent recevoir une protection solaire.

Les auxiliaires des ventilations installées ou remplacées doivent avoir des consommations maximum exprimée en Wh/m³ (article 36 à 38).

L'éclairage des locaux autres que ceux destinés à l'habitation et dont la surface est supérieure à 100 m² font l'objet de réglementation lors de leur remplacement ou de leur installation.

Enfin, les énergies renouvelables font l'objet des articles 41 à 45 (il traitent, en fait, les chaudières et poêles à bois uniquement).

8.2. LES QUESTIONS EN SUSPENS.

À la date de la publication du présent *Rapport*, il est évidemment trop tôt pour en évaluer les effets de cette nouvelle réglementation.

Elle constitue une avancée fondamentale, en ce qu'elle introduit dans la réglementation française la notion de normes de composants appliqués à la rénovation des bâtiments, pour les parois opaques et les parois vitrées.

Pour les chaudières, nous avons vu que les avancées techniques récentes avait pratiquement réglé les problèmes antérieurs.

On peut toutefois faire les quelques réflexions suivantes.

L'importante question des pompes de circulation n'est pas traitée.

Il n'y a rien qui concerne la consommation d'électricité spécifique, à l'exception de la limitation de la consommation des ventilateurs de renouvellement d'air et de prescriptions sur l'éclairage des bâtiments non destinés à l'habitation.

Une réflexion sur les compléments à apporter à la réglementation, notamment sur les pompes de circulation et les appareils de production d'eau chaude devrait être entamée.

La question de la bonne mise en application de ces textes reste ouverte.

À la date de rédaction finale du présent *Rapport*, les obligations étant édictées pour le 31 octobre 2007, n'avaient encore à être prises en compte par les professionnels.

De fait, quelques rapides visites effectuées au début du mois d'août 2007 dans les grandes surfaces de distribution des matériaux pour le bâtiment montraient que rien n'avait changé par

d'un dispositif permettant leur arrêt ». Ce qui constitue une lapalissade, toute les pompes intégrées dans une chaudière pouvant déjà être arrêtées, et les autres pouvant l'être au moins au niveau de leur disjoncteur électrique.

¹⁹⁸ Ces dispositions font référence à des normes NF-EN ou EN existantes.

rapport à la situation décrite ci-dessus en ce qui concerne les isolants et les parois vitrées. Les professionnels n'avaient donc pas décidé d'anticiper la date du 31 octobre.

La principale question nous semble résider dans le contrôle effectif de l'application de l'alinéa 3 de l'article 4 du *Décret* qui précise que :

« Les dispositions de l'article R. 131-28 s'appliquent aux travaux pour lesquels la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, ou, à défaut, la date d'acquisition des équipements, systèmes et ouvrages, est postérieure au 31 octobre 2007. »

Le membre de phrase souligné semble bien préciser que « l'acquisition des équipements, systèmes et ouvrages » par les particuliers pour effectuer des travaux pour compte propre (ou pour du travail au noir) relève aussi de cet article – et pas seulement les travaux réalisés par des entreprises (seuls à donner lieu à un devis ou une passation de marché).

Il est utile de rappeler ici que 40 % au moins des travaux de rénovation diffuse sont réalisés par les particuliers pour compte propre (ou avec une aide au noir).

Il faudra évaluer le respect de cette réglementation dans un ou deux ans, sur la base des propositions commerciales des distributeurs de produits.
--

Une bonne implication de l' <i>Administration de la Concurrence</i> semble fondamentale pour contrôler le respect des nouvelles prescriptions au niveau des distributeurs, car un contrôle direct des réalisations des particuliers paraît peu réalisable.
--

Du fait de divers délais de publication, nous avons pu constater en janvier 2008 que certains matériaux ne répondant pas aux exigences des réglementations étaient « *en promotion* » chez certains distributeurs, ce qui pourrait laisser augurer d'une décision de ceux-ci de limiter la commercialisation de ces produits¹⁹⁹.

¹⁹⁹ Alinéa ajouté en janvier 2008.

Chapitre 7

EAU CHAUDE SANITAIRE, CHAUFFE-EAU SOLAIRES, POMPES À CHALEUR

1. LA CONSOMMATION D'EAU CHAUDE SANITAIRE.

La consommation d'énergie pour la préparation d'ECS dans l'habitat est de 46 TWh/an en énergie finale (soit 4 millions tep/an). En moyenne, elle est de 1 850 kWh par logement en énergie finale. Elle augmente à un rythme mal connu compris entre 0,5 et 1 % par an. Elle a fait l'objet de très peu de travaux d'études économiques et de recherches jusqu'ici.

Techniquement, les systèmes de préparation d'ECS sont extrêmement variés. Leur consommation en énergie finale varie du simple au sextuple. Le coût de cette énergie varie du simple au triple. Le coût de l'appareil de production va de zéro à 5 000 €.

Le choix entre « *l'instantané* » et « *l'accumulation* » se fonde sur des arguments de « *confort* » souvent irrationnels, ou datant d'une période révolue (la « *micro-accumulation* » des chaudières mixtes récentes a diminué les restes d'inconfort des chaudières mixtes à gaz).

Les pertes d'un ballon accumulateur varient beaucoup selon l'isolation de celui-ci, et sa position dans le logement : dans un garage, les pertes ne sont pas récupérées, alors qu'elles contribuent aux « apports internes » l'hiver s'il est placé dans une pièce chauffée.

Le choix de l'énergie de chauffage intervient fortement dans le choix de l'énergie pour la préparation de l'ECS. Depuis que l'électricité prend dans le logement neuf une part grandissante – et maintenant très majoritaire – celle-ci s'impose pour l'ECS.

On a donc une situation très contrastée entre le domaine du neuf, assez simple et celui de l'existant, plus complexe et plus contraint par la situation antérieure.

1.1. LA PRÉPARATION D'ECS : CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE ET COÛTS.

Le tableau ci-dessous est tiré du « manuel de thermique européen », *Le Recknagel*²⁰⁰, faute

²⁰⁰ *Le Recknagel, manuel pratique du génie climatique*, PYC édition, 2^{ème} édition, tableau 352-5.

Les consommations indiquées correspondent à l'état de la technique d'alors.

Le tableau comprenait une estimation des investissements, très obsolète, que nous n'avons pas reproduite.

d'une étude *ad hoc* récente. Nous le reproduisons ici, bien qu'il soit très dépassé, car il constitue le modèle de comparaison dont il faudrait absolument disposer.

Tableau 15. Consommation d'énergie et coût correspondant de différents systèmes de production d'eau chaude sanitaire pour pavillon d'après *Le Recknagel* (avant 2000).

Système de production d'eau chaude sanitaire	Rendement annuel	Prix de l'énergie	Consommation totale d'énergie		Coût de l'énergie
			MWh/an	Qté/an	
	en %	F/kWh			F/an
Chaudière double service à fioul à accumulateur	45	0,25	6,67	572 kg/an	1 670
Chaudière double service à fioul à système instantané	60	0,25	5,00	428 kg/an	1 250
Chaudière pressurisée à gaz double service à accumulateur	45	0,20	6,67	750 m ³ /an	1 340
Chaudière pressurisée à gaz double service à système instantané	60	0,20	5,00	562 m ³ /an	1 000
Chauffe-eau électrique à accumulation en heures creuses	70	0,42	4,29	4 290 kWh/an	1 780
Chauffe-eau électrique instantanées	95	0,70	3,15	3 150 kWh/an	2 200
Chauffe-eau à accumulation à gaz naturel	50	0,20	6,00	675 m ³ /an	1 200
Chauffe-eau à accumulation à fioul	50	0,25	6,00	515 kg/an	1 500
Chauffe-eau instantané à gaz avec veilleuse	60	0,20	5,00	562 m ³ /an	1 000
Chauffe-eau instantané à gaz sans veilleuse	80	0,20	3,75	422 m ³ /an	750
Chauffe-eau thermodynamique ²⁰¹	150	0,70	2,00	2 000 kWh/an	1 400
Chaudière atmosphérique à gaz à double service	70	0,20	4,28	481 m ³ /an	860
Capteur solaire avec 30 % d'électricité d'appoint	150	0,70	1,00	1 000 kWh/an	700
Réseau de chaleur, système à accumulation	85	0,26	3,53	3 530 kWh/an	920
Réseau de chaleur, système instantané	95	0,26	3,16	3 160 kWh/an	820

Consommation d'ECS : 200 l/jour à 45°C=73 m³/an, soit 3 000 kWh/an d'énergie utile. Prix du pétrole vers 20 \$/baril.

Nous n'avons pas converti les prix d'énergie en €, mais leur échelonnement a peu varié.

Les différences de « *rendement annuel* » entre chaudières tenaient surtout à l'impact de la période d'été, très différents sur une chaudière au fioul ou à veilleuse

Certains des matériels sont très peu diffusés en 2007, mais les consommations restent valables.

²⁰¹ Cet appareil fonctionnant sur le principe de la pompe à chaleur fut prôné dans les années 1980. Il était en particulier « primé » dans la *Réglementation thermique des bâtiments neufs de 1989*. Ce fut un échec total que le coût de l'ECS produite explique.

La situation a certainement beaucoup évolué :

- les chaudières modernes au gaz doivent avoir un rendement annuel bien meilleur que celles envisagées dans ce tableau ;
- les ballons électriques sont certainement mieux isolés²⁰² ;
- les chaudières au fioul ont fait moins de progrès et continuent à offrir des rendements relativement médiocres, car la chaudière doit se maintenir en température durant l'été ce qui cause des pertes difficiles à réduire.

Il est indispensable de disposer d'un modèle de comparaison des matériels actuels de préparation d'eau chaude sanitaire.

Il faut que celui-ci soit suffisamment clair pour servir à l'information des acheteurs²⁰³.

Aux prix de l'énergie de 2007, le coût de l'énergie consommée varie de 275 €/an pour un chauffe-eau électrique à accumulation de jour, à 125 €/an pour une chaudière à gaz atmosphérique mixte et 85 €/an pour un chauffe-eau solaire.

1.2. GAINS DE CONSOMMATION D'ECS ET GAINS D'ÉNERGIE LIÉS.

Le premier moyen d'action porte sur les comportements. Des campagnes télévisées récentes enseignent qu'il faut fermer le robinet quand on se brosse les dents ou quand on utilise l'eau chaude sur l'évier, prendre des douches plutôt que des bains, arrêter la douche quand on se savonne, etc.

Quelques « *bonnes techniques* » permettent d'aider à ces changements de comportement, notamment par des robinetteries adaptées : brise-jet, bouton poussoir temporisé, robinet à ouverture électronique, robinet « à levier à ressort » manœuvré au pied ou au genou²⁰⁴, micro-accumulation limitant la baisse de température de l'eau de douche lorsqu'on l'interrompt temporairement, etc.

L'utilisation de toutes ces techniques paraît actuellement limitée dans les maisons neuves « de série », où elles devraient pourtant trouver leur place d'élection. Dans l'ancien, elles ne peuvent guère se diffuser qu'à l'occasion du changement des robinets, le plus souvent fait dans l'urgence et sans réflexion.

Par ailleurs, il paraît difficile d'emprunter une voie autoritaire de normalisation des produits de robinetterie, comme certains pays l'ont fait pour les chaudières, les vitrages et les isolations.

1.3. LES RÉSEAUX DE CHALEUR ET LA FOURNITURE D'ECS.

Nous commenterons ici les deux dernières lignes du tableau ci-dessus. Les réseaux de chaleur y étaient crédités d'un des coûts d'énergie les plus bas sur l'ensemble des solutions

²⁰² Le coût du ballon est assez faible par rapport à celui de sa pose. On peut donc utiliser des appareils à isolation performante sans trop augmenter le prix de l'appareil posé.

²⁰³ Une des raisons de cette absence de données comparatives doit être reliée à la promotion du chauffe-eau solaire, qu'elle ferait apparaître comme bien plus coûteux.

²⁰⁴ Ces techniques anciennes ont trouvé un certain champ d'application dans le tertiaire, notamment les locaux publics (cafés, restaurants, etc.).

examinées. Leur champ d'application est limité (en France du moins) aux zones d'habitat collectif relativement dense.

La fourniture d'ECS est évidemment couplée avec celle du chauffage. De plus, le choix n'est pas vraiment libre dans la plupart des cas, car il s'agit d'immeubles collectifs, où le copropriétaire (ou le locataire) n'a pas le choix.

L'intérêt pour l'acheteur est en fait très variable selon le réseau de chaleur²⁰⁵. En effet, le prix de l'énergie d'un réseau de chaleur varie de 1 à 3 en fonction de circonstances que nous examinerons plus loin : comportement de la municipalité concédante envers les abonnés au réseau, et part d'énergie de récupération de l'incinération des ordures ménagères.

D'un point de vue collectif, la fourniture d'ECS par un réseau de chaleur utilisant de l'énergie renouvelable – notamment les ordures ménagères – est très intéressante en termes de CO₂ évité. En effet, la part d'ECS fournie l'été (40 à 50 % du total) provient de l'incinération obligatoire des ordures ménagères et est donc exempte de CO₂.

On reviendra dans un autre chapitre sur les réseaux de chaleur et leur problématique d'ensemble.

2. LES COÛTS ACTUELS ET LES CHOIX DANS LE NEUF ET L'EXISTANT.

Dans le neuf, la prépondérance actuelle du chauffage électrique entraîne celle de l'électricité pour la préparation d'ECS ; l'accumulation est pratiquement la norme²⁰⁶.

Le deuxième choix dans le neuf est le gaz, qui offre plus de liberté entre la chaudière mixte et l'accumulation.

L'utilisation du fioul est marginale.

Le problème majeur pour apprécier une prospective de la préparation de l'ECS est donc celui de l'avenir du chauffage électrique.

Dans l'existant, le choix est plus ouvert globalement, mais peut être beaucoup plus contraint lorsqu'on considère chaque cas particulier. S'il est le plus souvent possible de passer à l'électricité, le coût de l'opération peut doubler si cela entraîne une réfection du branchement, surtout en logement individuel.

Ajoutons que les durées de vie de ces systèmes varient du simple au double : de 15 ans pour la chaudière mixte au gaz à 30 ans au moins pour un ballon électrique de bonne qualité.

Les investissements sont bien plus variables que les consommations ; le coût du système de préparation d'ECS est :

- de « zéro € », dans le cas d'une chaudière murale mixte au gaz à préparation instantanée²⁰⁷,

²⁰⁵ Les valeurs du tableau du *Recknagel* se réfèrent à des réseaux à bas tarifs (plus communs en Allemagne qu'en France).

²⁰⁶ Il peut toutefois y avoir du gaz pour la cuisson, ce qui ouvre plus de possibilités.

²⁰⁷ Il s'agit évidemment ici de la différence entre le prix d'une chaudière pour chauffage seul et du même modèle en chaudière mixte (sans augmentation de puissance). En effet, un grand distributeur comme Leroy-Merlin ne propose plus de chaudière murale sans préparation d'eau chaude instantanée sur 31 produits de 9 marques.

- au moins 500 € pour un accumulateur incorporé à une chaudière pressurisée ou atmosphérique à gaz ou au fioul,
- environ de 1 000 € pour un ballon électrique à accumulation de 150 litres (un peu plus pour l'accumulation en heures creuses de 200 à 300 litres),
- plus de 5 000 € pour un chauffe-eau solaire²⁰⁸.

On conçoit bien que le très large éventail actuel du coût de l'énergie consommée et du coût de l'investissement – aggravé par des arguments commerciaux plus ou moins spécieux sur le confort – n'a pas œuvré pour la rationalité économique du secteur de la production d'ECS.

Les éléments d'information disponibles – dans les Espaces Info-Énergie de l'ADEME, par exemple – sont particulièrement maigres sur les moyens classiques.

On peut risquer quelques comparaisons très sommaires correspondant à quelques matériels actuels, pour une consommation d'énergie utile de 2 000 kWh/an²⁰⁹.

Tableau 16. Consommation d'énergie et coût de la préparation d'ECS.

	Energie facturée	Coût unitaire	Coût énergie	Investissement	
	kWh/an	€/kWh	€/an	€	durée vie
Chaudière gaz mixte atmosphérique murale	2 750	0,046	125	0	15 ans
Chaudière gaz (ou fioul) à accumulation	3 000	0,046	140 (170)	500	15 ans
Électricité accumulation (pertes récupérées en hiver)	2 300	0,12	275	1 000	30 ans
Chauffe-eau solaire	700	0,12	85	5 000	15 ans ?

* La gaz est facturé en kWh/PCS.

On voit que la chaudière à gaz mixte est de loin la moins chère, tant en consommation qu'en investissement.

Le surcoût du chauffe-eau solaire est loin d'être amorti par rapport à l'électricité avec accumulation au tarif jour et, évidemment, par rapport à la chaudière mixte au gaz.

3. LES CHAUFFE-EAU SOLAIRES ET LE COÛT DU CO₂ ÉVITÉ.

²⁰⁸ La brochure *Le chauffe-eau solaire individuel* de l'ADEME de 2006 indique une fourchette de prix pour l'appareil posé de 3 800 à 5 800 € TTC, pour 3 à 5 m² de capteur, ballon de 200 à 300 litres). La valeur basse paraît des plus optimiste. Nous avons relevé des prix (en neuf) de plus de 6 900 € TTC...

Un prix de matériel seul : 3 390 € chez Leroy-Merlin pour un « *Kit de chauffe-eau solaire à installer (1 ballon 200 litres, 2 capteurs solaires (2 x 1.96 m²), 1 échangeur, résistance électrique, kit hydraulique complet, vase d'expansion, station de contrôle complète, accessoires de connexions et set complet de montage du capteur sur le toit)* ». On doit pouvoir trouver moins cher, mais le prix doit être augmenté du coût de l'installation.

²⁰⁹ Le prix de l'énergie est le coût marginal sans abonnement. Pour le chauffe-eau solaire, les 700 kWh/an correspondent aux consommations pour la pompe du fluide caloporteur et le chauffage électrique d'appoint des jours sans soleil.

On a vu qu'il existe une politique française de promotion des chauffe-eau solaires²¹⁰. Elle comporte actuellement de très fortes subventions, de 50 % environ, dont on escompte la diminution à terme²¹¹.

Le développement qui va suivre n'a d'autres ambitions que de faire un état des lieux actuel du domaine complexe du chauffe-eau solaire et de préciser ses conditions actuelles de rentabilité du point de vue de l'acheteur. On esquissera aussi les éléments du coût du CO₂ évité.

3.1. LES CHAUFFE-EAU SOLAIRES « À PLAT ».

Rappelons que les chauffe-eau solaires sont rentables depuis longtemps sur certains créneaux comme la production d'ECS d'été (piscine, campings), ou dans des zones tropicales (départements d'outre-mer) où, de plus, la production d'électricité, principale énergie utilisée pour l'eau chaude sanitaire, est à la fois beaucoup plus chère qu'en métropole et, aussi, entièrement faite à partir de combustible fossile. Ces chauffe-eau utilisent, on va le voir, des « *capteurs simplifiés* » ; de nombreuses installations avec de tels capteurs simplifiés ont été réalisées au début des années 1980 sur les piscines et campings et donnaient de bons résultats économiques²¹².

Mais, cette rentabilité ne procède pas simplement de la puissance supérieure du rayonnement solaire, mais de différences technologiques très importantes. En pratique, ce type de chauffe-eau solaire est très simplifié par rapport aux chauffe-eau classiques pour les bâtiments²¹³.

Dans une zone tempérée, éventuellement soumise à des périodes de gel, un chauffe-eau doit comporter six éléments :

- un « *bâti* » destiné à incliner le chauffe-eau perpendiculairement à l'inclinaison moyenne du soleil le soleil (la latitude en gros),
- un « *vitrage avant* » pour créer un effet de serre et limiter les pertes par convection sur la face avant,
- une « *isolation arrière* » pour limite les pertes par la face arrière,
- un « *capteur* » dans lequel circule le fluide récupérant l'énergie solaire,
- un dispositif « *anti-gel* »,
- un ensemble d'échangeur, pompes, ballons, apport de compléments d'énergie, et

²¹⁰ Elle est définie dans la loi POPE de 2005. Nous n'avons pas de statistiques sur les effets récents de cette politique. Voir la Brochure ADEME 2006, sur *Le chauffe-eau solaire individuel*.

²¹¹ Lors de la présentation du projet de *Rapport* et de l'état des travaux sur les « *économie et substitutions d'énergie dans les bâtiments* » à la « *Commission énergie et changement climatique* » de l'Académie du 13 juin 2007, le représentant du « *Groupe de travail sur le solaire* » de l'Académie a déploré « *le manque de qualification des distributeurs et des installateurs qui met en évidence le besoin d'une labellisation* ». Il a rappelé que les actions prévues sur 5 ans comportaient une formation améliorée des professionnels, une labellisation, une facilitation des procédures administratives encore lourdes, et qu'on en attend une baisse des coûts. Par ailleurs, il envisage que les prochaines réglementations énergétiques des bâtiments neufs contribuent à la diffusion du solaire. On attend une « *baisse de 30 % du coût* » qui permettrait, dans un avenir à préciser, « *d'alléger la contribution publique à ce développement* ». Voir le *Compte rendu de la réunion du 13 juin 2007*.

²¹² Leur développement, comme celui des chauffe-eau solaires classiques a ensuite été freiné par la baisse des prix de l'énergie.

²¹³ Ils semblent se développer d'ailleurs dans l'Europe du Sud actuellement.

régulation²¹⁴.

Lorsque le soleil est très haut sur l'horizon, comme dans une zone tropicale, ou si le chauffe-eau est utilisé uniquement l'été sous une latitude moyenne, le dispositif est très simplifié. Il comporte deux éléments seulement :

- le « *capteur* » dans lequel circule le fluide récupérant l'énergie solaire peut être posé « à plat » sur la surface (toit, sol) qui recevrait le « *bâti* » dans une zone tempérée ; l'isolation arrière est assurée naturellement par ladite surface, d'autant plus facilement que la température extérieure est plus élevée dans les zones considérées ;
- l'ensemble d'échangeur, pompes, ballons, apport de compléments d'énergie, et régulation²¹⁵.

Il paraît dommage que ce type de chauffe-eau solaire ne bénéficie pas d'incitations beaucoup plus favorables que les chauffe-eau solaires de logements parisiens²¹⁶.

3.2. LES CHAUFFE-EAU SOLAIRES POUR ZONE TEMPÉRÉE OU FROIDE.

Il va de soi que le calcul du « *coût du CO₂ évité* » par un chauffe-eau solaire par rapport à un ballon électrique n'a aucun sens dans le contexte français de production de l'électricité²¹⁷. On ne peut, dans ce cas, que proposer un « bilan économique ».

Le bilan pour une maison neuve²¹⁸ par rapport à un ballon à accumulation est le suivant :

- investissement : 5 000 € moins le coût du ballon 1 000 €,
- surcoût d'investissement : 4 000 €,
- gain annuel : 190 €/an,
- valeur actualisée sur 20 ans à 4 % : $190 \times 11,118 = 2\ 100$ €,
- surcoût global en valeur actuelle : $4\ 000 - 2\ 100 = 1\ 900$ €.

Le surcoût global pour l'utilisateur est donc de la moitié de son investissement.

La seule comparaison pertinente en termes de CO₂ évité est à faire avec les gains d'énergie en électricité spécifique, dont on verra ci-dessous qu'il en existe de très nombreux « à coût négatif ».

Par rapport à une chaudière mixte atmosphérique au gaz, on peut donner les éléments suivants pour une durée de vie du chauffe-eau de 15 ans :

- investissement : 5 000 €,
- gain annuel : 40 €/an,
- valeur actualisée sur 15 ans à 4 % : $40 \times 11,118 = 450$ €,
- surcoût d'investissement : 5 000 €,
- surcoût global en valeur actuelle : $5\ 000 - 450 = 4\ 550$ €,

²¹⁴ Cet ensemble et le dispositif anti-gel pourrait être simplifié par l'utilisation de caloducs, dont certains prototypes existent. Le coût pourrait être abaissé.

²¹⁵ Les pertes en face avant sont plus fortes, mais sont limitées par une température d'air plus élevée qui permet de se passer d'isolation. Le dispositif « anti-gel » est inutile.

²¹⁶ Il est vrai qu'ils sont peu coûteux et, donc, ne disposent pas des moyens de l'active propagande des entreprises fabricant des chauffe-eau pour zones tempérées.

²¹⁷ Même si l'on admet que l'électricité française comporte une part notable d'usage de combustibles fossiles pour les pointes, cela n'obère pratiquement pas la production d'ECS, étalée sur toute l'année.

²¹⁸ Ou pour le remplacement d'un ballon électrique usagé.

- gain de CO₂ annuel : 0,5 tonne/an,
- gain de CO₂ actualisé sur 20 ans à 4 %: 5,5 tonne,
- coût à la tonne de CO₂ évitée : 820 €/tonne.

Le coût à la tonne de CO₂ évitée par un chauffe-eau solaire est donc de :

- 820 €/tonne de CO₂ pour une chaudière mixte atmosphérique au gaz,
- 500 €/tonne de CO₂ pour une chaudière au fioul moderne.

Le chauffe-eau solaire de zone tempérée se situe généralement dans une plage de très hauts coûts du CO₂ évité.

On ne peut guère envisager d'amélioration substantielle de l'équilibre économique du chauffe-eau solaire pour les raisons suivantes :

- le gain en fonctionnement est faible et ne peut donc pas beaucoup varier ;
- le coût du matériel lui-même est peu susceptible de baisser ;
- la pose est complexe, avec l'intégration du capteur dans le toit, etc.

4. LES POMPES À CHALEUR.

4.1. DIVERSITÉ DES TECHNIQUES ET DES COÛTS.

Les pompes à chaleur (PAC) avaient fait l'objet d'une politique d'encouragement lors de la crise de l'énergie de 1973-1986. Elles avaient fait l'objet de beaucoup de déboires et de critiques, puis, la baisse des prix de l'énergie agissant, leur marché s'était fort rétréci. Ces critiques ne semblent pas taries²¹⁹.

Une offre nouvelle s'est mise en place récemment. Le marché européen (hors *split system*) serait passé de 20 000 en 1995 à 140 000 en 2004²²⁰. Cela se traduit par un foisonnement de produits, beaucoup utilisant les mêmes composants (compresseur) et ne différant que par l'étiquette²²¹.

Rappelons qu'une PAC fonctionne comme un réfrigérateur qui prélève de la chaleur dans une zone froide (son intérieur) et la transfère à l'extérieur.

La PAC de chauffage prélève donc de la chaleur à l'extérieur du bâtiment (où il fait plus froid) et la transporte à l'intérieur. Toutefois, pour distribuer la chaleur à l'intérieur du bâtiment, il faut transférer la chaleur du fluide frigorigène de la PAC soit à de l'air pulsé, soit à un réseau à eau chaude de radiateurs ou de planchers chauffants.

Elle peut aussi transférer de la chaleur pour fournir de l'eau chaude sanitaire, dont la température d'utilisation est modérée (45°C).

²¹⁹ Le marché français avait plafonné à 50 000 unités en 1982 pour retomber à un millier par an entre 1987 et 1997.

La lecture des très nombreux forums Internet sur les PAC montre que les questions sont nombreuses.

²²⁰ Voir une étude récente financée par l'ADEME et le ministère de l'Équipement (DGUHC), *Pompes à chaleur et habitat, Prospective des consommations d'énergie et des émissions de CO₂ dans l'habitat : les gisements offerts par les pompes à chaleur*, et publiée dans les Cahiers du CLIP, n°18, 49 pages, janvier 2007.

²²¹ Un distributeur généraliste comme Leroy-Merlin n'a pas moins de 8 modèles (sol/eau, marque CLIMASOL, dont 4 réversibles) à son catalogue

Certaines PAC dites « *réversibles* » peuvent fonctionner en climatiseur l'été.

On peut donc avoir six types de PAC selon le mode de chauffage intérieur (air pulsé ou eau chaude) et l'origine extérieure de la chaleur (air, sol ou eau). On dénomme les PAC en indiquant l'origine d'abord et le mode de chauffage ensuite : par exemple « *PAC air/eau* ».

En pratique, seuls quatre types de PAC sont répandus.

La chaleur est prélevée soit sur l'air extérieur (« *PAC air/eau* ») soit sur un réseau de capteurs enterrés (« *PAC sol/eau* ») ou sur une nappe d'eau libre ou souterraine (« *PAC eau/eau* »).

Les « *PAC air/air* » prélèvent la chaleur sur l'air extérieur et la distribuent dans le bâtiment grâce à un chauffage à air pulsé.

Les « *PAC air/air* » très courantes aux États-Unis et en Asie (Japon), notamment avec les « *PAC air/air réversibles* » qui sont en fait des « *climatiseurs* » qu'on peut utiliser en chauffage l'hiver. On installe le plus souvent un appareil par pièce²²², mais dans des immeubles plus importants, il existe un chauffage général à air pulsé.

Le problème des PAC air/air est que, lorsque la température extérieure est inférieure à zéro degré, la PAC ne chauffe plus que par les résistances à effet Joule qui y sont incorporées. Même si la consommation n'est pas très forte (peu de jours de gelée), il faut installer la puissance électrique nécessaire pour chauffer par effet Joule. Dans la tarification actuelle de EDF, cela conduit à un abonnement triple de celui nécessaire à la PAC²²³.

En France actuellement, et contrairement aux États-Unis, le chauffage à air pulsé, n'est utilisé que dans les immeubles de bureaux climatisés, et est pratiquement inconnu dans le logement²²⁴.

Signalons une utilisation particulière des « *PAC air/air* » en échangeur entre l'air extrait et l'air neuf. C'est un classique dans de grandes ventilations d'immeubles tertiaire, dans les piscines, etc. Les matériels adaptés à des appartements à chauffage individuel ou à des maisons individuelles ne semblent pas commercialisés²²⁵.

Il n'est pas exclu que les PAC à chauffage à air pulsé (quelle que soit la source de chaleur extérieure) apportent des solutions intéressantes à l'avenir, notamment dans les immeubles tertiaires neufs. Mais, pour l'habitat, cela semble moins probable compte tenu des préventions françaises contre le chauffage à air chaud.

Revenons aux PAC de chauffage à eau chaude utilisées dans l'habitat. On doit distinguer soigneusement deux catégories selon la température du réseau de chauffage à eau chaude : les « *PAC à basse température* » qui existent depuis longtemps ; et les « *PAC à haute température* » de mise au point relativement récente.

²²² L'exemple typique en est la chambre des petits hôtels ou motels aux États-Unis.

²²³ Il semble être apparu sur le marché (selon M. Dalicieux de EDF) des appareils (japonais notamment) qui fonctionnent à de très basses températures extérieures et limitent donc le surcoût d'abonnement.

²²⁴ Pourtant, dans les logements construits dans l'immédiat après guerre, le chauffage à air chaud a été assez à la mode, et il subsiste des immeubles de cette époque. Mais, on lui reprochait d'être bruyant et inconfortable.

L'auteur du *Rapport* précise qu'il dispose lui-même d'un chauffage à air pulsé installé vers 1995.

²²⁵ Récemment, la société Aldès a développé le système « *Températion* » basé sur ce principe, mais adapté à d'autres fins.

Les « PAC à basse température » exigent que le réseau de chauffage à eau chaude du logement fonctionne avec de l'eau ne dépassant pas 40 à 50°C. Typiquement, on les utilise avec des planchers chauffants, des radiateurs très surdimensionnés ou des ventilo-convecteurs (accusés d'être bruyants). Ce type de montage est représenté sur les figures ci-dessous.

Les « PAC à haute température » montent entre 60 et 75°C et peuvent donc s'accommoder d'un réseau de radiateurs pas trop sous-dimensionné. Il ne s'agit pas de R&D mais d'une offre présente sur le marché, quoique récente²²⁶.

On voit, au terme de ce très bref exposé, que les PAC sont un domaine complexe et très diversifié.

La performance des PAC est caractérisée par le COP (« Coefficient Of Performance ») qui est le rapport entre la chaleur fournie et l'énergie électrique consommée. Pour une PAC air/eau, le COP saisonnier²²⁷ est compris entre 2,5 et 3 (3 kWh de chaleur pour 1 kWh électrique consommé), pour une PAC eau/eau, le COP saisonnier est compris entre 3 et 3,5.

Le nombre de kWh d'électricité nécessaire (pour le chauffage et l'ECS) est donc divisé par 2,5 à 3 ou 3,5 par rapport à la chaleur électrique fournie par effet Joule, ou la « chaleur utile » sortant d'une chaudière. C'est tout l'intérêt d'une PAC.

Cette énorme diversité de produits ne fait l'objet d'aucune normalisation « coût-efficacité » officielle²²⁸ – comme le lecteur s'en doute – et d'une information à peine basique des pouvoirs publics (les guides existants sont issus de EDF, Que choisir, du Costic, etc.).

4.2. LES SCÉNARIOS D'UTILISATION DES PAC.

Il existe dans la littérature des scénarios d'utilisation des PAC (par exemple le Cahier du CLIP n°18, *Pompes à chaleur et habitat*, déjà cité).

Les hypothèses économiques et techniques de ces scénarios ne sont guère robustes :

- les COP sont supposés évoluer de 2,5 actuellement, jusqu'à 4 en maison individuelle et 4,5 en habitat collectif en 2030 ;
- les prix des PAC installées sont supposés baisser fortement (quoique aucune hypothèse chiffrée ne soit proposée) ;
- les prix d'énergies ne sont pas clairement fixés, et notamment celui de l'énergie électrique ;
- on suppose notamment que l'origine des quantités d'électricité supplémentaires sera essentiellement fossile, excluant une extension de la production d'énergie nucléaire en Europe et les conséquences d'une évolution de la consommation d'électricité spécifique, qui offre de bonnes perspectives de « diminution de consommation à coût

²²⁶ Citons quelques matériels étrangers distribués en France (avec leur distributeur) : les produits allemands Waterkotte (Mondial Géothermie), Stiebel Eltron (Stiebel Eltron) et Dimplex (Warmtec), et les produits suisses Satag (Viessmann).

²²⁷ Le COP saisonnier est la moyenne du COP en fonctionnement normal. Le COP instantané mesuré pour un fonctionnement à une puissance de référence élevé diffère du COP saisonnier mesuré sur une saison de chauffe type. qui est généralement plus bas, compte tenu de la puissance fixe de auxiliaires (pompe, ventilateur).

²²⁸ Par contre il existe plus de 20 « normes techniques » sur la fabrication, le calcul des performances, l'installation, la sécurité, etc. On peut s'interroger sur la non implication des pouvoirs publics, très analogue à celle que nous avons rencontrée pour les « isolants minces ».

négalif» (voir ci-après).

Il nous a paru utile de présenter quelques éléments de référence chiffrés sur l'état actuel de la question. On va donc examiner quelques possibilités d'application dans les maisons individuelles neuves ou existantes avec des PAC fonctionnant au mieux (PAC sol/eau et eau/eau), c'est à dire avec un COP saisonnier de 3, performance qui n'est pas toujours atteinte actuellement²²⁹.

Le coût réel d'une PAC installée est difficile à évaluer sur le marché anarchique actuel. La PAC elle-même est de l'ordre de 6 000 € pour 13 kW électriques (35 kW de chauffage en pointe). Il faut y ajouter le ballon d'ECS, et les accessoires, plus les capteurs dans le sol, les pompes, etc. Il faut souvent modifier l'alimentation EDF²³⁰. La pose peut être complexe. Les règlements sanitaires empêchent de faire fonctionner les pompages d'eau en circuit fermé (il est interdit de remettre dans un puit de l'eau prélevée dans un premier puit).

On retiendra un coût actuel de 12 000 € posé (sans compter la valeur du local de chaufferie).

Pour une maison individuelle neuve, bien isolée, les besoins d'énergie devront se situer en énergie finale aux environs de :

- chauffage, 6 000 kWh/an utiles²³¹,
- ECS, 2 000 kWh/an,
- total, 8 000 kWh/an,
- coût, 1 000 €/an.

Par rapport à un chauffage électrique à effet Joule, le gain en énergie obtenu passant par une PAC de COP=3 serait donc des 2/3 environ. Le gain en abonnement diffèrera selon le type de PAC : pour les PAC air/eau et air/air, le gain sera nul. Pour les PAC eau/ eau ou sol/eau le gain d'abonnement sera de l'ordre de la moitié.

On aura dans le meilleur des cas un gain équivalent à la valeur de 5 000 kWh/an (à 0,12 €/kWh), soit 600 €/an, abonnement compris.

L'installation d'un chauffage à PAC à eau chaude coûte environ 20 000 € :

- pour une PAC eau/eau installée, ballon d'ECS compris, 12 000 € (pour une PAC sol/eau avec la pose des capteurs dans le sol) ;
- réseau de chauffage central à eau chaude par le sol ou 8 radiateurs installés, 8 000 €,
- local pour pompe à chaleur, pour mémoire (NOTA : les acheteurs de maisons neuves sont particulièrement sensibles à la surface perdue).

Une installation de chauffage à effet Joule revient à 2 000 € environ :

- un ballon d'ECS, soit 1 000 €,
- les convecteurs, 8 pour 8 pièces, soit 1 000 €.

Il faut donc amortir un surcoût de 18 000 € avec un gain maximum de 600 €/an.

Soit un temps de retour : 30 ans.

Ce n'est évidemment pas un investissement intéressant pour l'acheteur. De plus, la durée

²²⁹ Le cas des PAC air/air est plus compliqué à analyser actuellement.

²³⁰ On trouve sur les forums Internet de nombreuses récriminations vis-à-vis de disjonction du compteur pour cause de surcharge. Une gestion soignée des délestages internes à la maison pourrait remédier à ce type de problème dans bien de cas.

²³¹ Sur le parc existant, la consommation est de 7 000 kWh par an en moyenne entre les maisons individuelles et logements collectifs. On a majoré la valeur pour une maison future qui sera mieux isolée, pour tenir compte d'une surface plus grande pour une maison individuelle.

de vie des PAC modernes est mal connue (au contraire des déboires des anciennes PAC des années 1980). Se pose aussi le problème de la maintenance, inexistant pour un chauffage à effet Joule.

La PAC air/air pour une maison neuve est beaucoup plus rentable. En effet c'est une solution beaucoup moins onéreuse, puisqu'elle évite l'installation du réseau de chauffage central à eau chaude (8 000 €).

Le chauffage par air chaud est mal accepté dans les logements en France – on l'a vu –, et sa diffusion suppose un changement des habitudes du marché²³².

Pour une maison ancienne, déjà dotée d'un chauffage central basse température, où il faut remplacer une chaudière à gaz mixte, la situation est plus favorable :

- PAC : 12 000 € (il n'y a pas à créer le réseau de chauffage central qui préexiste) ;
- moins chaudière gaz à renouveler : 2 000 €,
- surcoût d'investissement : 10 000 €,
- consommation avec une chaudière moderne gaz (ECS comprise), 27 500 kWh/PCS/an de gaz facturés (0,046 €/kWh/PCS), pour 20 000 kWh utiles/an,
- coût annuel gaz : 1 265 €/an ;
- consommation future en électricité d'une PAC dans le meilleur des cas, 7 000 kWh/an,
- coût annuel électricité PAC : 840 €/an ;
- gain annuel : 1 265 – 840 = 425 €/an ;
- valeur actualisée sur 20 ans à 4 % : 425 x 11,118 = 4 700 €,
- surcoût en valeur actuelle : 10 000 – 4 700 = 5 300 €,
- gain de CO₂ annuel : 5 tonnes/an,
- gain de CO₂ actualisé sur 20 ans à 4 % : 55 tonnes,
- coût de la tonne de CO₂ évitée : 95 €/tonne CO₂.

Dans le cas du fioul, le bilan peut être amélioré : le combustible est plus cher que le gaz, la chaudière à remplacer est plus onéreuse, et parfois la cuve à fioul doit aussi être remplacée. le coût à la tonne de CO₂ évitée peut baisser à 50 €/tonne CO₂.

Du point de vue de l'acheteur, l'équilibre économique est défavorable, car le surcoût consenti n'est pas remboursé par les économies d'énergie. Mais, il est bien plus intéressant que pour le chauffe-eau solaire.

D'un point de vue collectif le coût à la tonne de CO₂ évitée varie entre 95 €/tonne CO₂ (pour une maison pas trop consommatrice) et 50 €/tonne CO₂. (pour une maison individuelle plus importante et plus consommatrice, chauffée au fioul).

Les PAC à haute température, apparues sur le marché vers 2000, permettraient d'attaquer le domaine du chauffage central à radiateurs non surdimensionnés. Le prix final de l'installation ne sera guère différent, même si le prix de l'appareil lui-même est un peu plus élevé, car l'installation et les accessoires sont identiques.

Du point de vue de l'acheteur, l'équilibre économique serait à peu près identique à celui d'une PAC basse température de prix analogue.

²³² Ce type d'habitude est hélas très résistant au changement. Un bon exemple est l'échec de la diffusion des « cuisines à l'américaine » ouvertes sur la salle principale, qui a été tenté dans les années 1970-1980.

La prospective de l'équilibre économique des PAC paraît relativement optimiste, bien plus en tout cas que celle des chauffe-eau solaires.

En effet, pour les PAC sol/eau et eau/eau, dans le cas des maisons existantes :

- le gain en fonctionnement est déjà très important ; on l'a estimé à 4 700 € dans le cas du gaz pour une maison moyenne, soit environ 50 % du surcoût d'investissement (10 000 €) ;
- l'équilibre est déjà meilleur pour une maison plus importante, chauffée au fioul ;
- une hausse du prix du gaz et du fioul interviendrait donc en différentiel,
- de même, toute baisse du prix de la PAC installée interviendrait en différentiel ;
- une baisse non négligeable du coût des travaux de pose, notamment dans le cas le plus fréquent des PAC sol/eau est envisageable, par des améliorations techniques :
 - o modules PAC, ballon, accessoires intégrés dans des armoires prêtes à poser,
 - o mécanisation de la pose des capteurs de sol,
- le surcoût actualisé pourrait devenir faible (voire nul ?), surtout pour les maisons importantes chauffées au fioul.

Les PAC air/air demandent moins de travaux (pas de capteurs sur le sol ou l'eau). Sous réserve d'une amélioration des COP actuels, le gain d'énergie pourrait être proche de celui des PAC sol/eau et eau/eau.

Leur principal inconvénient est de nécessiter un chauffage d'appoint en cas de grand froid, ce qui nécessite un branchement EDF pour une puissance triple de celle de la PAC. Le surcoût pourrait être de l'ordre de 15 % de la facture initiale. On a vu que de nouveaux appareils n'ayant pas cette contrainte semblent apparaître. Ce problème pourrait peut-être aussi se traiter dans les régions où le grand froid est épisodique et peu durable au moyen de dispositifs simples et peu coûteux (du type poêle à fioul).

En conclusion, on peut retenir les points suivants :

L'utilisation des PAC est encore loin des « *opérations à coût négatif* » que nous avons examinées plus haut.

La PAC est toutefois déjà plus intéressante que le chauffe-eau solaire d'un point de vue collectif : le coût de la tonne de CO₂ évitée est 10 à 15 fois plus faible que celui des chauffe-eau solaires.

Le bilan des PAC est susceptible de sérieuses améliorations dans le futur.

Il paraît difficile de faire d'autres recommandations que de procéder à des études de cas.

Ces études de cas devraient permettre :

- de connaître les prix de série futurs – pose comprise – plus exactement que dans l'anarchique marché actuel ;
- de mesurer les consommations réelles, sans s'en tenir à des COP instantanés annoncés ;
- de comparer les consommations entre l'électricité à effet Joule et les PAC :
 - o en équipant d'appareils de mesure des maisons neuves identiques ;
 - o en comparant les consommations avant-après de PAC installées récemment dans des maisons existantes ;
- d'en tirer des bilans économiques plus sérieusement motivés que les affirmations actuellement disponibles.

Chapitre 8

L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE DANS L'HABITAT ET LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.

1. LES CONSOMMATIONS DANS L'HABITAT ET LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.

Les problématiques de l'électricité spécifique sont très semblables dans les deux secteurs de l'habitat et du tertiaire. On les traitera donc dans ce même chapitre.

L'« *électricité spécifique* » est devenue depuis quelques années le second poste de consommation, en énergie finale, comme en énergie primaire, du secteur résidentiel, derrière le chauffage.

Sa croissance a été extrêmement vive :

- le total pour l'habitat et le tertiaire est passé de 43,2 à 151 TWh/an entre 1973 et 1999 ;
- pour l'habitat seul elle a augmenté de 19,7 à 74,6 TWh/an entre 1973 et 1999.

Les consommations d'électricité spécifique font l'objet d'évaluations divergentes. D'après les données du CEREN, on aurait les consommations et dépenses suivantes²³³ :

Tableau 17. Consommations et dépenses d'électricité spécifique dans l'habitat-tertiaire.

	Consommations	Dépenses
	TWh/an	milliards €/an
Habitat	58	7
Bâtiments tertiaires	48	4,8
Total électricité spécifique		11,8
Total électricité dans les bâtiments		24,7
Total énergie bâtiments		50,3

Globalement, l'électricité représente la moitié du total des dépenses pour les bâtiments, et l'électricité spécifique (y compris la climatisation et les services) 25 % du total.

L'importance économique de l'électricité spécifique est donc considérable.

Les études qui lui ont été consacrées sont peu nombreuses et souvent anciennes. On

²³³ Voir les tableaux 4 et 5 ci-dessus pour l'habitat. *Les Chiffres clés de l'énergie* donnent une valeur plus élevée pour la consommation dans les bâtiments tertiaire. Ni le CEREN ni l'Observatoire de l'énergie n'indiquent précisément les périmètres concernés, certainement différents.

manque de données statistiques détaillées (par exemple dans les *Chiffres-clés de l'énergie*).

L'électricité spécifique ne semble pas, d'ailleurs, être une des priorités du PREBAT, qui ne lui consacre pas de « groupe spécifique »

2. L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE DANS L'HABITAT.

Dans l'habitat, la croissance de l'électricité spécifique continue vivement, contrairement à la consommation de chauffage qui tend à plafonner :

- Chauffage : 1 % par an,
- Electricité spécifique : plus de 4 % par an.

En effet, le ralentissement de la croissance des postes de l'électroménager et du froid est remplacée par :

- la croissance vertigineuse des taux d'équipement en appareils multi-média (communication, audio-visuel, informatique) ;
- l'automatisation croissante de nos environnements de vie (capteurs de présence, serrures, volets et portes électriques...).

La croissance du poste « électricité spécifique » est un signe de l'évolution des modes de vie avec une simplification recherchée dans notre vie quotidienne (automatisation) et surtout, la place accrue faite à la communication, donc aux objets qui la permettent, et qui sont tous consommateurs d'électricité. Cet effet est renforcé par le fait que la micro-informatique est l'un des rares exemples d'objets consommateurs d'électricité dont l'efficacité énergétique unitaire a baissé dans le temps (alors qu'elle s'améliore pour pratiquement tous les autres types de consommations énergétiques).

La décomposition du poste « électricité spécifique » dans l'habitat est difficile, car ce type de consommation est parfois indécélable dans un logement (on ne débranche pas son amplificateur d'antenne ou sa VMC)²³⁴.

Le tableau ci-dessous propose une estimation basée sur les sources disponibles (INSEE, GIFAM, CECED, CEREN, ENERDATA, ADEME, ENERTECHN, AIE), ainsi que sur des campagnes de mesure internes à EDF.

Il apparaît que le poste le plus important n'est pas l'éclairage, mais le froid électroménager (18 TWh/an), suivi par les consommations de veilles (10-12 TWh/an) qui sont même supérieures à celles de l'éclairage (9 Twh/an). Cette situation vient :

- du taux élevé d'équipement des ménages en « froid » (> 100 %, plus d'un appareil par foyer) et de l'augmentation de la taille des appareils de froid compensant l'amélioration certaine de leur efficacité unitaire.
- de la surestimation actuelle des consommations d'éclairage domestique (nous avons retenu une consommation sensiblement plus basse que celle communément admise), liée à des biais lors des campagnes de mesure anciennes et à la sous-estimation du taux de pénétration récent des lampes basse consommation.
- de l'importance des « veilles », poste souvent sous-estimé en raison de la difficulté à

²³⁴ Nous suivons ici les estimations qui nous ont été communiquées par Mmes Marie-Hélène Laurent et Nelly Recrosio, du département « *Énergie dans les bâtiments et territoires* » à EDF-R&D, que nous remercions de leur collaboration sur ce sujet.

« tracer » les consommations de veille dans un logement (elles sont partout ! On n’y pense plus), à tel point que pour mesurer les consommations d’électricité spécifique d’un logement, la seule façon de faire est d’arrêter tous les équipements appartenant aux autres postes et de mesurer la consommation résiduelle d’électricité...

En cumulant toutes les sources disponibles, on arrive à reconstituer 90 % de la fourchette haute des estimations de consommations d’électricité spécifique pour le secteur Résidentiel (68,5 TWh/an en énergie finale) :

Tableau 18. Décomposition de l’électricité spécifique dans les résidences principales (France métropolitaine) 2001-2002.

	Nombre d'appareils	Consommation nationale TWh/an	Consommations par logement kWh/an/logement
Eclairage		9	365 (7)
Froid	environ 39 millions	18	700 à 750
Lave-linge	22 millions	5	200
Lave-vaisselle	10 millions	3	220 (1)
Sèche-linge	7,5 millions	2,7	360
Sous-total 1		38,7	1 600 (2)
Audiovisuel (AV)		7,8	310 (3)
Informatique(I)		4,2	170 (3)
<i>Dont veilles (AV +I) (9)</i>		4,3	170 (3)
<i>Autres veilles (hors AV et informatiques) (9)</i>		6,7	270 (3)
<i>Dont total veilles (9)</i>		11	440 (3)
Sous-total 2		18,8	750
Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC)	7,2 millions	2,3	320 (1)
Circulateurs de chaudières individuelles	11 millions (8)	1,4 à 3,2 (6)	60 à 500 (1) (4)
Total général		61,2 à 63	2 470 (5)
Estimations nationales		55 à 68,5	2 200 à 2 750 (5)

Renvois : quand la source n’est pas précisée, il s’agit d’une estimation basée sur les données INSEE, CEREN, ADEME, ENERDATA et sur des mesures internes à EDF :

- (1) pour les foyers équipés.
- (2) en prenant la fourchette haute pour le froid et en appliquant un coefficient pondérateur de 0,4 pour le lave-vaisselle et de 0,3 pour le sèche-linge afin de tenir compte du taux d’équipement de ces appareils qui est faible.
- (3) extrapolé de la campagne Eureco <http://perso.club-internet.fr/sidler> .
- (4) estimation Enertech – campagne Ecodrôme <http://sidler.club.fr/REcod1.PDF> .
- (5) en tenant compte du taux d’équipement en ventilation mécanique et en circulateurs de chaudières.
- (6) basé sur le nombre de chaudières individuelles (11 millions) et la consommation électrique annuelle moyenne des chaudières murales instrumentées dans la campagne Ecodrôme <http://sidler.club.fr/REcod.1PDF> .

- (7) campagne de mesure de l'éclairage dans 100 logements en France. Mars 2004 – Enertech pour ADEME et EDF <http://perso.club-internet.fr/sidler> .
- (8) non compris les pompes de chauffage collectif ni les pompes pour la préparation d'ECS.
- (9) les « *veilles* » sont les consommations des appareils quand ils ne fonctionnent pas ; elles sont surtout dues à des transformateurs restant sous tension et accessoirement à des dispositifs témoins.

On notera l'aspect de bricolage de ces statistiques, qui reprennent, faute de mieux, des sources disparates dont la plupart non officielles.

En conclusion, on ne saurait trop souligner le grave déficit de connaissances statistiques dans le domaine de l'électricité spécifique dans l'habitat.

Pour le tertiaire, la méconnaissance de la situation est encore plus catastrophique...

3. LES TENDANCES ACTUELLES.

Un « *étiquetage européen* » entre A et G, reflétant un classement selon des consommations unitaires est apparu en 1994.

Il est obligatoire pour les réfrigérateurs, congélateurs (et combinés des deux), lave-vaisselle, lave-linge, sèche-linge, lampes, fours électriques et climatiseurs.

Son efficacité a été très variable selon les domaines, de très bonne pour les appareils à froid à pratiquement négligeable en matière d'éclairage.

Des enquêtes sur son efficacité dans le contexte français, après une dizaine d'années d'expérience, seraient certainement très instructives.

Une modernisation des modalités de cette réglementation, conçue il y a plus de 15 ans, pourrait en découler.

La consommation d'énergie à usage domestique depuis quarante ans. Électricité, numéro un dans les foyers, revue « INSEE première », numéro 845, mai 2002.

3.1. L'ÉCLAIRAGE.

Ce poste, de 9 TWh/an actuellement, paraît être à la baisse²³⁵.

La France était très en retard sur d'autres pays (Allemagne et une grande partie de l'Europe) pour l'utilisation de « *lampes à basse consommations* » dites aussi LFC (« *lampes fluo-compactes* ») qui existent depuis le début des années 1980.

Il semble que la situation se soit améliorée, mais le taux de pénétration des lampes à basse consommations reste inférieur à ceux constatés dans d'autres pays européens faisant l'objet d'études, et les taux d'équipement en halogènes basse tension de petite puissance sont en hausse.

Il faut souligner que l'éclairage d'un logement se concentre en termes de consommation sur un petit nombre de foyers les plus utilisés ; 5 foyers en moyenne consomment près de 80 %

²³⁵ *La consommation d'énergie à usage domestique depuis quarante ans. Électricité, numéro un dans les foyers*, revue « INSEE première », numéro 845, mai 2002.

Le Cahier du CLIP n° 7, *L'éclairage en France*, janvier 1997 est totalement dépassé.

de l'électricité d'éclairage.

Les catalogues commerciaux proposent pour une lampe type équivalente à une lampe de 75 W à incandescence, les quatre possibilités suivantes, dont on donne la puissance consommée, la durée de vie et le prix au détail :

- lampe à incandescence (ou halogènes), 1 500 heures, 75 W : 1 €,
- « *lampe basse consommation* », type supermarchés, 6 000 heures, 15 W : 8 €,
- « *lampe basse consommation très longue durée* », sur catalogue²³⁶, 15 000 heures, 15 W : 20 €,
- lampe à LEDs²³⁷, sur catalogue, 50 000 heures, 1,3 W : 26 €.

En pratique, nos divers interlocuteurs ont attiré l'attention sur le manque de contrôle de ces affirmations publicitaires, du même genre que celles rencontrées dans les chapitres précédents :

- le gain réel global obtenu en substituant une source incandescente par une *lampe basse consommation* serait inférieur au coefficient annoncé (75 W passant à 15 W) ;
- de nombreuses *lampes basse consommation* de très basse qualité ont des durées de vie aléatoires, pouvant expirer en quelques centaines d'heures,
- les durées de vie revendiquées sur les notices sont loin d'être assurées par tous les appareils, même de bonne qualité, surtout s'ils sont soumis à de nombreux allumages.

L'« *étiquetage européen* » entre A et G, ne fait que refléter le classement ci-dessus (A et B pour le fluorescent, C à G pour les halogènes et E et G pour les lampes à incandescence classiques).

Mais, il est muet sur les durées de vie et la fiabilité des lampes. Il est donc à peu près totalement inefficace.

Des gains sont encore possibles grâce à une pénétration plus forte des *lampes basse consommation* dans les foyers français ; 5 lampes, judicieusement placées, permettent d'atteindre 80 % du gisement maximal théorique. Un contrôle du marché s'impose.

L'Australie vient de décider l'interdiction des lampes à incandescence d'ici 2012.

A plus long terme, la source lumineuse la plus efficace viendra de la famille des LEDs (ou DEL en français : Diodes Electro-Luminescentes). Mais les LEDs constituant un usage de l'éclairage réellement nouveau, en rupture donc, et son adoption massive par les foyers français sera plus tardive que sa maturité technique, attendue à un horizon de 5-10 ans.

Des dispositifs dits OLEDs « *LEDs Organiques* » émettant de la lumière sur des « *surfaces* » ont été développés. Ils permettront probablement de nouvelles avancées dans le domaine, dans une vingtaine d'années.

En conclusion, on peut s'interroger sur le choix entre dirigisme et marché en matière d'éclairage. La France n'a pas été très directive jusqu'ici, bien qu'elle ait appliqué l'étiquetage

²³⁶ Par exemple, le Catalogue Conrad électronique www.conrad.fr pour les « *lampes basse consommation à très longue durée* » et les LEDs.

²³⁷ Les LEDs (ou DEL en français : « *Diodes Electro-Luminescentes* ») sont apparues dans les années 1980 pour des applications de tout petits « témoins », puis les panneaux d'affichage et sont commercialisées au cours des années 2000 comme moyen d'éclairage. Elles font l'objet d'une R&D très active et leurs performances évoluent rapidement.

européen. D'autres pays comme l'Allemagne ont réussi à éliminer pratiquement tout l'éclairage incandescent. Il est indispensable d'avoir une idée précise des raisons de cette réussite : est-ce une « orientation sociologique du marché », ou bien l'Allemagne a-t-elle pratiqué un « *dirigisme* » dépassant la politique communautaire ? D'autres pays, enfin, comme l'Australie viennent de prendre la décision d'éliminer les lampes incandescentes à courte échéance.

3.2. LE GROS ÉLECTROMÉNAGER.

Le gros électroménager, lave-vaisselle, lave-linge, sèche-linge, représente 10,7 TWh/an, (sans le « froid »). Les utilisations réelles de ces appareils sont mal connues, même si les parcs sont mieux connus.

Ce secteur ne fait pas l'objet d'une politique énergétique publique, comme celui du froid.

Même s'il reste le second poste de consommation en volume, il stagnerait actuellement.

Les quelques études sur leur utilisation²³⁸ montrent que :

- l'équipement des ménages en lave-vaisselle progresse peu, bien qu'il ne couvre pas actuellement la plus grande partie des ménages ;
- les lave-linges sont beaucoup plus répandus (plus de 85 % des ménages) et leur parc ne se développe plus guère ;
- les sèche-linge ne se développent plus beaucoup non plus.

Les performances énergétiques des lave-vaisselle et lave-linge étant assez liées à leur niveau de bruit (l'isolation thermique et phonique allant de pair), leur efficacité énergétique progresse naturellement²³⁹.

Les acheteurs de sèche-linge semblent beaucoup moins sensibles à la qualité énergétique de l'appareil.

En pratique, les gains techniques espérés sur ces équipements sont incrémentaux, et peu de réelles ruptures technologiques sont en vue.

3.3. LE FROID.

Avec 18 TWh/an pour près de 40 millions d'appareils, c'est le premier poste de l'électricité spécifique²⁴⁰. Il semble augmenter toujours rapidement, la saturation apparente de la demande pour les 25 millions de ménages étant relayée par un « *poly-équipement* » grandissant.

Ce domaine a fait l'objet d'une réglementation européenne imposant un étiquetage des

²³⁸ Pour pallier le manque de données statistiques, on peut se reporter aux études sociologiques sur les tâches ménagères de Jean-Claude Kaufmann et du Centre de recherche sur les liens sociaux (CERLIS), Université Paris 5-Sorbonne.

²³⁹ L'ADEME affirme que « *les modèles récents de lave-vaisselle consomment moitié moins d'eau qu'il y a dix ans* », in brochure « *Équipements électriques* », 2006.

²⁴⁰ Voir le Cahier du CLIP n°11, *Le froid domestique*, décembre 1999, seul document un peu détaillé, mais qui date déjà beaucoup.

performances énergétiques, qui allait de A à G. Il semble avoir été très efficace, car il n'y aurait plus actuellement sur le marché que les classes B et A, avec des sous-classes plus performantes A+ et A++. Mais, l'évolution semble bloquée actuellement.

C'est que les meilleures performances énergétiques ne sont plus forcément liées au prix de l'appareil dans ce domaine comme auparavant (ou comme actuellement pour les chaudières ou les huisseries); les réfrigérateurs les plus chers ne sont pas forcément les moins consommateurs.

La grande distribution «*fait la gamme*»; celle-ci et les grandes marques ne semblent pas proposer de signal cohérent dans ce domaine. Il y a probablement là une piste pour relancer les améliorations.

Un autre problème est ce qu'il est convenu d'appeler «*l'effet rebond*»: les gains d'efficacité unitaire réels constatés ces dernières années sont compensés par les taux d'équipement (double équipement fréquent) et la taille unitaire des équipements qui augmentent.

La proposition de nos interlocuteurs de EDF serait de combiner une politique «*d'information*» beaucoup plus poussée que le simple étiquetage actuel avec une «*interdiction progressive*» des modèles les moins performants.

3.4. LES « PRODUITS BRUNS », AUDIOVISUEL ET INFORMATIQUE.

Le poste audiovisuel et informatique domestique explose, ce qui constitue la cause principale de l'augmentation du poste «*électricité spécifique*».

On voit mal comment limiter les taux d'équipement liés à ce poste (décodeurs, écrans géants, son 3D, jeux).

En revanche, des gains sur l'efficacité unitaire sont envisageables. Il est techniquement possible de concevoir les mêmes équipements avec des consommations unitaires bien plus faibles sans impact sur le coût. La variété de l'offre sur ce point le confirme.
Ce n'est donc pas un problème technique, mais réglementaire.

Ce poste est également celui qui génère la majorité des consommations de veille (poste transverse) des logements (6,7 des 11 TWh/an de veilles !), en forte hausse.

Deux exemples de surconsommations

L'alimentation d'un ensemble (ordinateur bureau + moniteur + disque auxiliaire + ordinateur portable) : 28 W permanent, soit 245 kWh/an, dont au moins 220 kWh/an indus, soit 22 €.

L'alimentation d'un décodeur de Télévision Numérique Terrestre TNT (tout récent²⁴¹) de

²⁴¹ Ce modèle CGV Premio DT3 n'est plus commercialisé. Le prix était de 70 €. À noter que la notice ne comporte pas d'indication sur la consommation en veille, ni, bien sûr, d'avertissement sur la nécessité de le mettre en veille.

marque CGV : 28 W et 12 W en veille. On peut le compléter par deux exemples de décodeur TNT de grande marque :

- Philips : 10 W en fonctionnement, 6 W en veille, prix 69 €,
- Thomson : < 10 W en fonctionnement, < 0,3 W en veille, prix 89 €.

Sur la base de 7 766 heures de veille par an (et 1 000 heures de fonctionnement = 3 heures par jour hors vacances), et de 0,1 €/kWh (sans abonnement) la différence de consommation entre les appareils est de :

- Philips : $6 \times 7766 + 10 \times 1000 = 56 \text{ kWh}$; valeur 5,6 €/an,
- Thomson : $0,3 \times 7766 + 10 \times 1000 = 12 \text{ kWh/an}$; valeur 1,2 €/an.

En fait, le surcoût dû au « *bon dispositif de veille* » est probablement négligeable. Mais, même si le surcoût de 20 € du décodeur Thomson était dû à la veille, il serait remboursée en 4 ans par rapport au Philips.

Le second exemple ci-dessus – sur la TNT, produit très moderne – montre que le gaspillage unitaire (4 €/an) paraît faible pour les consommateurs. Mais, multiplié par des dizaines d'appareils de ce type, comme pour l'installation informatique de notre premier exemple, plus divers appareils audiovisuels, on atteint vite la centaine d'Euros par an pour un ménage.

Contrairement au gros électroménager, aucune réglementation européenne n'impose que les équipements d'audiovisuel et d'informatique vendus en France respectent des seuils maxima de consommation en fonctionnement (et en veille). Contrairement à l'éclairage, aucune information n'est obligatoire sur le niveau de consommation des appareils vendus. Un gisement important d'économies (50 % d'après ENERTECH) serait donc accessible via la réglementation française et européenne.

Il est également possible d'annuler les consommations de veille passive en branchant tous les appareils concernés sur des blocs de prises munis d'interrupteurs ou de coupe veille automatiques. Mais il semble que tous les matériels ne soient pas conçus pour être « entièrement coupés » (perte d'information) et que le geste demandé à l'utilisateur soit encore jugé trop contraignant au regard de l'économie engendrée.

La solution réglementaire est donc aujourd'hui la seule piste prometteuse.
Le modèle pourrait en être celui de la réglementation des États-Unis, bien plus avancée que la réglementation européenne.

3.5. LES VEILLES EN GÉNÉRAL.

On vient d'examiner les veilles liées aux produits audiovisuels et informatiques.

Mais, il existe des veilles consommatrices dans les appareils électroménagers déjà cités et beaucoup d'autres (fours, micro-ondes), ou liés au fonctionnement des bâtiments (automatismes).

Dans l'habitat seul, l'ensemble des veilles représente :

- 11 TWh/an sur environ 60 TWh/an d'électricité spécifique de l'habitat,
 - o dont 4,3 TWh/an pour l'audiovisuel et l'informatique,
 - o et 6,7 TWh/an pour les autres veilles,

- soit 18 % de la consommation d'électricité spécifique de l'habitat,
- soit la production de 1,5 tranches nucléaires,
- soit 11 fois la production éolienne et photovoltaïque.

On doit probablement plus que doubler ces chiffres avec les bâtiments tertiaires.

Les « veilles » consommeraient donc la production de 3 tranches nucléaires sur les 59 tranches en service actuellement.

Aucune instance ne semble actuellement travailler sur ce sujet fondamental²⁴².

On pourrait suggérer comme point de départ une mission d'étude approfondie des pratiques de l'Environment Policy Agency des États-Unis.

Cela paraît pourtant être une urgence absolue. Notamment dans le domaine du tertiaire.

3.6. LES VENTILATIONS MÉCANIQUES CONTRÔLÉES (VMC).

Nous avons déjà traité le cas des circulateurs de chauffage central avec celui des chaudières. Le poste VMC se présente de la même façon, avec 2,3 TWh/an pour 7 millions d'appareils.

Le nombre des VMC augmente avec celui des logements neufs de près de 300 000 appareils par an. On n'en installe que peu dans les logements existant, même si, lors de la rénovation des bâtis existants, il est conseillé de s'équiper en VMC afin de contrôler la ventilation du logement qui était jusque là assurée par des fuites naturelles qui ont disparu avec l'amélioration du bâti (ex : changement des fenêtres).

Le taux d'équipement en VMC, et les consommations associées, vont donc augmenter.

Nous n'avons trouvé aucune étude comparative sur les consommations de différents types de VMC sur le marché. Il ne semble pas y avoir de R&D sur le sujet comme pour les circulateurs.

Il est à peu près certain que l'usage de moteurs électriques performants est susceptible de diviser la consommation de ces appareils par un facteur 2 ou 3.

4. LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.

On a vu ci-dessus que la consommation d'électricité spécifique dans les bâtiments tertiaires est proportionnellement que dans les logements. Cela tient d'une part aux moindres besoins de chauffage du tertiaire (à cause de l'intermittence possible dans la plupart du secteurs) et, d'autre part, à l'importance de divers matériels (éclairage, ordinateurs, etc.).

Une partie des éléments d'amélioration concernant l'habitat sont applicables aux bâtiments tertiaires. Par exemple, en ce qui concerne l'éclairage, les veilles, le froid ou les appareils

²⁴² Les éléments indiqués dans le *Rapport* proviennent essentiellement de Mmes Laurent et Recrosio du Département Énergie dans les bâtiments et territoires de EDF-R&D.

Les représentants des administrations et organismes de recherche entendus par le Groupe de travail ne semblaient pas avoir entrepris ni même entendu parler de travaux sur le problème des veilles, quand ils en étaient conscients. On ne peut donc pas indiquer de pistes déjà envisagées.

informatiques.

Mais, il faut être conscient que les bâtiments tertiaires présentent aussi des cas de figure et des matériels très spécifiques. On y reviendra dans le dernier chapitre qui montrera que rien n'est possible si on ne change pas profondément les pratiques de gestion.

Deux autres éléments méritent d'être mentionnés :

- d'une part, l'importance des énergies perdues dans un « bilan climatisation »,
- d'autre part, l'énorme gâchis d'électricité dans le tertiaire

Les fortes consommations d'électricité de la plupart des types de tertiaires se traduisent par des « apports gratuits », sans doute utiles en hiver, mais désastreux l'été, car ils entraînent très souvent des besoins des consommations importantes pour la climatisation.

La gestion de l'énergie dans la plupart des secteurs du tertiaire est le plus souvent marquée par un intense gaspillage, tant dans le secteur public que dans le secteur privé. Les budgétaires et gestionnaires sont très peu motivés pour plusieurs raisons :

- l'énergie est une dépense misérable vis-à-vis des salaires et autres postes, ce qui fait qu'on ne daigne que rarement s'en préoccuper ;
- les « acheteurs des matériels » détestent qu'on s'imisce dans leurs choix ;
- les « utilisateurs des locaux » sont toujours prompts à se plaindre (on chauffe tous les bureaux ou on allume les couloirs pour une personne sur cent qui vient hors des heures normales²⁴³), et les gestionnaires détestent ce genre d'affrontement.

5. CONCLUSION : UNE RÉGLEMENTATION INDISPENSABLE.

L'importance et la croissance du poste « électricité spécifique » sont donc grandes, mais il existe des voies d'amélioration. Elles ne sont cependant pas forcément sur les postes les plus étudiés aujourd'hui :

- les gisements sur le poste éclairage sont moindres que ceux communément admis ;
- les gains escomptés sur le poste « gros électroménager » seront probablement compensés par l'augmentation des taux d'équipement et de la taille de ces équipements ;
- l'équipement audiovisuel et informatique est totalement négligé ;
- le problème général des veilles est encore plus négligé.

Il convient donc d'agir sur les postes « audiovisuel », « informatique », « veilles » et « circulateurs » de chaudières, ventilations mécaniques contrôlées, automatismes de fonctionnement des bâtiments, etc.

Les solutions sont pour l'heure moins d'ordre technique que réglementaire :

- la qualité de l'offre actuelle en éclairage performant ne doit pas se dégrader (cf. les lampes fluo-compactes)
- la qualité de l'offre en matériels audio-visuels et informatique doit être améliorée par l'obligation de respecter des consommations maximales en fonctionnement et veille.

²⁴³ On peut par exemple fournir un radiateur électrique ou un éclairage individuel à ce type d'utilisateur.

Chapitre 9.

LES ÉNERGIES DE SUBSTITUTION DANS LE CHAUFFAGE.

1. UN SECTEUR TRÈS IMPORTANT MAIS PEU DYNAMIQUE.

Les bâtiments sont de loin le premier secteur d'utilisation des énergies renouvelables en France. Ils utilisent environ 7,2 Mtep/an de bois (sur 9,4 Mtep/an de bois) et 1 Mtep/an de déchets urbains renouvelables sur un total de 12,6 Mtep/an en énergie finale²⁴⁴.

Les déchets urbains ne sont pas tous valorisés pour le chauffage – on verra que beaucoup d'usines d'incinération ne produisent que de l'électricité –, et constituent donc un gisement d'énergie non négligeable

Le chiffre concernant le bois²⁴⁵ utilisé actuellement doit être relativisé par le fait que la comptabilité énergétique ne fournit qu'un décompte en énergie finale et que les rendements du secteur du chauffage individuel (de loin le plus important) sont très médiocres actuellement.

La forêt française est loin d'être exploitée rationnellement pour la fourniture de « bois-énergie ». On pourrait, sans problème écologique, ni extension des surfaces doubler les quantités extraites.

Le bois déjà utilisé actuellement pourrait fournir près de deux fois plus d'énergie utile.

De plus, la forêt française pourrait fournir deux fois plus de « bois-énergie ».

L'utilisation de bois-énergie en France pourrait être quadruplée par une utilisation plus complète et avec de meilleurs rendements.

Enfin, il existe d'autres formes de biomasse utilisables pour le chauffage des bâtiments, comme la paille qui fait, par exemple, l'objet d'une utilisation massive dans le chauffage urbain au Danemark.

²⁴⁴ D'après *Les chiffres clés de l'énergie* édition 2004.

Les 16,2 Mtep/an d'énergie renouvelable utilisée en France se décomposent en électricité hydraulique, 4,5 Mtep/an (d'énergie primaire), énergie éolienne ou photovoltaïque, 0,1 Mtep/an, biocarburants, 0,4 Mtep/an et biogaz, 0,2 Mtep/an. In *L'énergie en France, Repères*, édition 2006, page 27. Le site Internet du ministère donne un total de 2,6 Mtep/an pour les déchets valorisés sous forme d'incinération et méthanisation.

²⁴⁵ Voir *Évaluation de l'action de l'ADEME dans le domaine des chaufferies collectives au bois*, Jean-Jacques Becker, Annexe 29 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*.

L'énergie renouvelable est actuellement utilisée essentiellement sous deux formes :

- le chauffage au bois des maisons individuelles et des immeubles,
- à travers les réseaux de chauffage urbain valorisant des déchets urbains et du bois.

Ce secteur est pratiquement stagnant actuellement²⁴⁶, malgré son affichage écologique.

Bien entendu – le lecteur se le rappelle sans doute – les énergies renouvelables utilisées pour la production d'énergie et de biocarburants sont largement subventionnées, tandis que celles qui servent au chauffage des bâtiments ne le sont pratiquement pas²⁴⁷.

Au contraire, on verra que le chauffage urbain fait l'objet de prélèvements sur les factures des usagers par les autorités concédantes (municipalités ou leurs émanations).

On traitera successivement du chauffage individuel au bois, et du chauffage urbain. On peut en effet considérer que ces deux domaines sont assez indépendant, malgré l'utilisation de la biomasse dans le chauffage urbain.

2. LE CHAUFFAGE AU BOIS DES MAISONS INDIVIDUELLES ET AUTRES BÂTIMENTS.

Il s'agit ici du chauffage direct des bâtiments, sans passer par l'intermédiaire d'un réseau de chaleur. En fait, il existe très peu d'immeubles tertiaires ou de logements collectifs ayant leurs propres chaufferies au bois. La quasi-totalité du secteur est composé de maisons individuelles.

Les statistiques du domaine sont particulièrement contradictoires²⁴⁸.

Les chiffres clés de l'énergie estimaient que « 262 000 résidences principales à chauffage central sont chauffées au bois » en 2002, contre 418 000 en 1995²⁴⁹. Or, il n'y a que 1 700 000 résidences principales sans chauffage central – pas toutes chauffées au bois évidemment – ce qui conduit à un nombre de résidences principales chauffées au bois inférieur à 1 million.

Par contre, le site du ministère de l'industrie estimait que « 5,4 millions de résidences principales en maisons individuelles utilisent un appareil de chauffage au bois » en 2002 (plus 0,2 million en immeuble collectif). Soit 20 fois plus que le chiffre précédent de 262 000, et au moins 5 fois plus si on ajoute les résidences sans chauffage central.

Nous laissons le lecteur apprécier tout le baroque et l'incohérence de ces définitions.

Le site du ministère précise que les 5,6 millions d'appareils recensés se répartissent en : « foyers fermés et inserts (45% des 5,6 millions d'appareils utilisés) [...] foyers ouverts (27%), poêles (13%), cuisinières (9%) et chaudières individuelles (6%) ».

²⁴⁶ Sa dernière phase de développement remonte à la crise de l'énergie de 1973-1986.

²⁴⁷ Sauf des aides fiscales pour les chauffe-eau solaire (voir ci-dessus) et certaines chaudières au bois, une TVA à 5,5 % portant sur 0,1 Mtep/an de bois et un petit budget d'aides à l'investissement pour les réseaux de chaleur (voir ci-dessus).

²⁴⁸ Voir le « tableau de bord » du bois énergie sur le site du ministère (consulté en mars 2007). Il est basé sur l'enquête logements de l'INSEE en 2001 www.industrie.gouv.fr/portail/secteurs/index_energie.html. On y trouve des éléments détaillés, mais dont les définitions paraissent bien peu pertinentes (voir le texte ci-dessus).

²⁴⁹ *Les chiffres clés de l'énergie*, édition 2004, page 178.

On aurait installé selon le site du ministère de l'industrie en 2005 :

- 253 400 inserts (y compris « récupérateurs de chaleur et foyers-chaudières »),
- 10 715 cuisinières à bois,
- 127 075 poêles à bois,
- 17 665 chaudières à bois.

Détail piquant, – toujours selon le même site du ministère –, le nombre d'inserts et foyers censés avoir été vendus sur 1985-2001 est de 3 930 000²⁵⁰ (sans compter les appareils existant en 1984), alors que le total recensé en 2001 ne serait que de 2 516 000. Soit une perte (réelle ou fantasmée ?) de plus de 1 500 000 appareils !

Il n'y a – évidemment ! – aucune donnée sur les consommations des divers types de foyers.

La connaissance statistique du secteurs du bois énergie a donc de très grands progrès à faire.

Le bois recycle le carbone atmosphérique et n'émet donc presque pas de CO₂.

Son utilisation comme combustible n'émet donc que le carbone fossile contenu dans les « intrants » utilisés dans la filière de production, de récolte et de transport. On n'utilise pas d'engrais (émetteur de N₂O²⁵¹) et la récolte et le transport représentent 30 à 60 litres de gazole par tep finale livrée, soit moins de 150 kg de CO₂/tep finale. Certains pays utilisent une biomasse plus diversifiée, par exemple de la paille au Danemark.

Le rendement de combustion peut être bon avec des chaudières modernes, malheureusement peu utilisées actuellement en France. Avec un rendement correct, on peut estimer que la diminution des émissions de carbone fossile est de l'ordre de 90 % du contenu en carbone du combustible fossile substitué²⁵² :

- pour le gaz : gain de 2,2 tonne de CO₂ par tep substituée,
- pour le fioul domestique : gain de 2,9 tonne de CO₂ par tep substituée.

L'utilisation du bois de chauffage en France présente plusieurs caractères antinomiques :

- une utilisation industrielle minoritaire de 1,6 Mtep/an, mais assez dynamique²⁵³ ;
- une utilisation majoritaire dans les bâtiments de l'ordre de 7,2 Mtep/an qui évolue très peu (plutôt en légère baisse) :
 - o dont 7 Mtep/an en logement individuel (équivalant à 4 Mtep/an effectives du fait des mauvais rendements des appareils),
 - o et 0,2 Mtep/an en chauffage collectif et tertiaire et chauffage urbain.
- des réserves potentielles d'utilisation supplémentaire de l'ordre de 8 à 12 Mtep/an :
 - o par amélioration des rendements, très médiocres actuellement, des appareils du secteur domestique,

²⁵⁰ D'après la figure des « ventes d'appareils de chauffage » du site. Même remarque pour les poêles : 1 500 000 vendus sur 1985-2001, contre 739 000 recensés en 2001. On semble en pleine désinformation.

²⁵¹ Le N₂O est un très important gaz à effet de serre, produit par la dénitrification des engrais utilisés dans les cultures du type blé, betterave et colza qui forment la base des biocarburants.

La contestation de l'efficacité des biocarburants dans la lutte contre l'effet de serre date de longtemps, mais était peu écoutée. Elle a pris une dimension beaucoup plus médiatique en 2007 à la suite du développement des biocarburants aux Etats-Unis et de la hausse des prix agricoles qui s'est ensuivie.

²⁵² Il existe des cas très minoritaires de substitution au charbon et de chauffage mixte « bois électricité », « bois fioul », etc.

²⁵³ Source : M. Pouet, chef du projet Bois-Energie, ADEME. 1,6 Mtep/an de bois est par ailleurs utilisé dans l'industrie, essentiellement celle du bois (scieries, papeteries) qui recycle ses propres déchets (sciures, chutes). Les perspectives de développement supplémentaire de ce secteur sont faibles.

- par la conquête de nouveaux marchés dans le secteur collectif et les réseaux de chaleur pour le bois non utilisé actuellement.

La production pour les marchés du chauffage industriel est complexe, mêlant des déchets de scierie à une production de bois forestier en vif développement.

La production du bois de chauffage pour les bâtiments fait l'objet d'un système très particulier de « production-consommation », qui comporte, en ordre d'importance décroissante :

- un secteur totalement « *détaxé* » comprenant :
 - une « *auto-consommation* » légale par des propriétaires terriens (ou locataires de terres) produisant et consommant leur propre bois,
 - une auto-production légale des non-propriétaires par des « *affouages* »²⁵⁴,
 - un « *marché noir* », alimenté par les surplus de auto-consommateurs et des affouagistes, et une production parallèle des exploitants forestiers ;
- un « *marché* » pour le chauffage des bâtiments (bois pour feux de cheminée et chauffage d'immeubles), extrêmement minoritaire, de l'ordre de 0,1 Mtep/an²⁵⁵.

Le détail du secteur détaxé est mal connu, les administrations se refusant, par principe, à faire faire des études statistiques et/ou économiques sur les secteurs non marchands. Il existe de rares points de connaissance (ou de « reconnaissance ») par l'administration :

- des prix de commercialisation affichés sur le « *marché noir* »²⁵⁶,
- une estimation du volume global en tep/an.

Le prix du bois-combustible est donc très variable selon le secteur dont il provient :

- l'auto-production, l'affouage et le marché noir sont totalement détaxés (TVA et charges sociales) légalement ou illégalement ;
- le secteur marchand supporte les charges sociales (évidemment !) et une TVA normale sauf pour le logement social et les « *usages domestiques* » (c'est-à-dire d'un logement individuel) où la TVA est réduite à 5,5 %²⁵⁷. Pour les chaufferies d'immeuble et le chauffage urbain, il supporte une TVA normale à 19,6 %..

Le prix sur le « *secteur détaxé* », soit plus de 90 % de l'utilisation actuelle de bois de chauffage dans les bâtiments, est environ la moitié de celui du « *secteur marchand* »²⁵⁸.

Le secteur « *détaxé* » ne peut guère se développer car il impose de pouvoir *auto-produire* personnellement ou par affouage. Le *marché noir* est limité par la confidentialité des réseaux informels de distribution.

²⁵⁴ Les « affouages » sont des coupes de bois dans une forêt communale proposées aux habitants de la commune qui le demandent, à un prix généralement très faible (voire symbolique). L'affouagiste coupe et transporte son bois (ou le fait faire). Il existe 11 000 « communes forestières » en France (sur 36 000), qui disposent de forêts communales.

²⁵⁵ Notons ici que des cas d'« *importation* » de bois de chauffage sont apparus récemment en France en provenance de pays européens à faibles charges sociales.

²⁵⁶ Très pragmatiquement, le ministère de l'Industrie affichait en 2005 le cours moyen de ce « produit illégal » sur son site : <http://www.industrie.gouv.fr/cgi-bin/industrie/frame0.pl?url=/energie/sommaire.htm>

²⁵⁷ Notons ici que des cas d'« *importation* » de bois de chauffage sont apparus récemment en France en provenance de pays européens de l'Est à faibles charges sociales.

²⁵⁸ Pour 100 € de coût de matière et main d'œuvre, il faut ajouter 70 € de charges sociales plus 9 à 30 € de TVA selon qu'elle est à taux réduit ou non.

Le développement du bois-énergie s'est donc fait sur deux domaines séparés par ces logiques fiscales totalement différentes.

Il faut donc entreprendre de développer chacun des deux marchés par une nouvelle organisation fiscale qui ne pourra faire l'économie d'un système de subvention.

Le développement du bois de chauffage était prévu par le *Programme national de lutte contre le changement climatique*, avec un objectif particulièrement modeste de 400 000 tep/an à l'horizon 2010. Les seules actions prévues étaient :

- la promotion d'appareils à meilleurs rendements dans le chauffage individuel,
- une baisse de la TVA à 5,5 % pour les usages collectifs,
- le retour à la TVA à 5,5 % sur les abonnements des réseaux de chaleur (supprimée en 1995),
- le développement du chauffage collectif.

L'amélioration des rendements suppose que l'on diminue la part des inserts, plutôt objets ludiques que moyen de chauffage (rendement de 30 à 40 % pour les meilleurs), au profit de poêles et des chaudières de chauffage central. Or, les inserts, spécialité industrielle française, couvraient la plus grande partie du marché.

Deux labels dits « *Flamme verte* » ont été mis en place récemment avec les organes professionnels, l'un pour les chaudières (avec le GFCC), le second pour les autres appareils (Syndicat des Energies Renouvelables)²⁵⁹.

La promotion des « chaudières », seules à avoir un rendement correct – le label « *Flamme verte* » n'exige pourtant d'elles que 65 % –, part de très bas ; mais les subventions récentes semblent avoir accéléré la croissance de leur marché. On aurait vendu 16 000 chaudières en 2005 et plus de 20 000 en 2006.

En conclusion, il est difficile de proposer d'autres voies que celle des subventions dans ce domaine et d'une réglementation des rendements des appareils.

La matière première existe, puisque les 7 Mtep/an actuellement utilisées pourraient offrir un rendement presque double si l'on utilisait de bons appareils. Soit peut-être un gain de 3 Mtep/an (réelles en équivalence d'énergie finale de gaz ou fioul). Mais, une question se pose : comment inciter les « *auto-producteurs* » à produire plus que leurs besoins et à mobiliser leurs excédents. La facilitation de la commercialisation (en l'exemptant de charges sociales en tout ou partie) paraît être la seule voie ouverte.

Cela pose la question de la mutation nécessaire de l'industrie des « inserts », qui n'entend guère changer profondément pour produire des chaudières ou des poêles. Le fait que cette industrie soit exclusivement française ne facilite pas les décisions indispensables.

L'extension du nombre d'utilisateurs est plus difficile à appréhender. Sans doute devrait-on combiner les subventions à l'achat avec une détaxe totale sur la TVA – ou une subvention au

²⁵⁹ La scission des organismes professionnels entre les fabricants de chaudières (représentées au GFCC avec les autres « *chaudiéristes* ») et les producteurs d'autres matériels (*inserts* notamment) est significative d'une volonté de protéger leur marché de la part de ces derniers.

produit comme pour les biocarburants – pour essayer d'étendre le « *secteur marchand* ».

Les ressources actuelles de la TVA à 5,5 % sont négligeables. Il n'y a pas à craindre de voir le secteur de l'auto-production réclamer une éventuelle subvention, puisqu'il ne paie pas de charges sociales.

L'intérêt de l'usage du bois de chauffage vis-à-vis de la balance des paiements, de l'emploi et de l'entretien des campagnes, pourrait justifier largement un tel système de subvention. Une simulation des effets d'une telle politique paraît une tâche urgente, ne serait-ce que pour justifier le système de subvention à mettre obligatoirement en Place ;.

3. LE CHAUFFAGE URBAIN.

Le « *chauffage urbain* » qui s'adresse essentiellement aux bâtiments se fait au moyen de « *réseaux de chaleur* » dont une très petite partie a vocation à alimenter des industries. Il couvre généralement le chauffage et la préparation d'eau chaude sanitaire.

Une des ses caractéristiques fondamentale est d'être du point de vue juridique une « concession » des municipalités dont il emprunte le sous-sol des voiries.

Il convient donc de le distinguer des « *chaufferies centralisées* » alimentant – à l'intérieur d'un terrain privé – un groupe de bâtiments comme un grand ensemble de logements, un hôpital ou un campus universitaire. Le tertiaire public est ici concerné au premier chef.

On verra que cette distinction est fondamentale à de nombreux points de vue. Notons toutefois que la frontière reste un peu floue.

On trouvera plus loin quelques données sur les installations de chauffage urbain.

3.1. UN DÉVELOPPEMENT INITIAL NON LIÉ AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES.

La France présente un <u>retard très important dans ce domaine</u> . En 2000, elle comptait 5 à 10 fois moins de bâtiments raccordés à population égale que dans d'autres pays européens.

Une des explications de ce retard réside dans le nombre faible des degrés-jours en France : pour un même investissement de création, un réseau de chaleur vendra beaucoup plus de calories dans un pays froid que dans une zone tempérée comme le nôtre.

Mais, quand on se penche sur le détail de l'équipement de la France, on constate d'énormes différences selon les régions qui ne sont en aucun cas liées aux seules différences entre les degrés-jour (voir 3.2.1. ci-après).

Dans le passé, le chauffage urbain (y compris les chaufferies centralisées) présentait l'intérêt de rendre possible l'utilisation de certaines sources d'énergie qui ne peuvent pas être acheminées jusque dans les immeubles. Jusqu'à aujourd'hui, il s'agissait de sources d'énergie bon marché comme le charbon, les « *fiouls lourds* »²⁶⁰, la chaleur de géothermie ou la chaleur fatale des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) ou de processus industriels.

²⁶⁰ Les fiouls lourds, très visqueux, doivent être réchauffés avant emploi. De plus, certaines qualités contenant du soufre nécessitaient un traitement des fumées. Ces dernières sont pratiquement interdites depuis quelque temps en chauffage urbain.

Cette première catégorie offre les coûts pour l'utilisateur les plus bas, malgré une forte dispersion²⁶¹.

Par extension, il avait été considéré que la chaleur produite en même temps qu'une production d'électricité était une énergie fatale, même si le combustible peut être utilisé facilement dans les immeubles, comme le gaz ou le fioul domestique. C'était la « cogénération ». D'où l'existence de réseaux fonctionnant exclusivement avec ces « combustibles nobles ». Ces réseaux sont souvent nettement plus onéreux pour leurs clients que le prix des chauffages centraux classiques.

Enfin, il existait aussi des réseaux utilisant des combustibles nobles sans cogénération. Ils résultaient souvent d'un parti urbanistique qui fut à la mode pour les grands ensembles. Ce sont de loin les plus onéreux pour leurs clients.

La crise de l'énergie de 1973-1986 avait accéléré le développement des réseaux de chaleur, au motif de l'utilisation de combustibles peu chers ou renouvelables (ordures ménagères et géothermie), ainsi que d'un engouement pour la cogénération²⁶².

3.2. LES PROBLÉMATIQUES DU CHAUFFAGE URBAIN.

La situation économique de la cogénération a beaucoup changé : si l'on tient compte des rendements des centrales à gaz d'une part, des performances et des coûts des chaudières à gaz collectives ou individuelles d'autre part, il apparaît que la production séparée de chaleur et d'électricité coûte moins cher que leur production conjointe – *a fortiori* si l'électricité produite séparément est produite à partir d'énergie nucléaire²⁶³. Les émissions de CO₂ sont elles-aussi plus importantes dans ces cogénérations.

Aujourd'hui, le chauffage urbain est plus cher que le chauffage collectif au gaz.

La seule source d'énergie qui permette à la chaleur délivrée par le chauffage urbain de faire jeu égal avec le chauffage collectif au gaz est la chaleur issue des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) ou de processus industriels. Si le réseau est déjà financé, d'autres formes de chaleur sont compétitives : le charbon, la géothermie.

Pourtant, la nécessité de lutter contre les émissions de gaz à effet de serre donne au chauffage urbain un intérêt nouveau en ceci qu'ils permettent d'utiliser massivement de la biomasse, déchets industriels de bois, bois venant de la forêt, déchets de culture ou culture dédiées, soit en combustion directe soit après une méthanisation.

Le fait de ne pas émettre de gaz à effet de serre est un avantage qui a une valeur²⁶⁴.

²⁶¹ Sur l'historique du chauffage urbain, citons *Les réseaux de chaleur, le service chaleur à domicile. Maîtrise de l'énergie et respect de l'environnement*. ADEME, octobre 1991. Le *Rapport Martin* a traité la question avec une annexe très complète *Évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie dans le domaine des réseaux de chaleur*. Sur la géothermie, voir : *La géothermie, une énergie d'avenir*. ADEME et BRGM, 1998.

²⁶² Elle préexistait sous le nom d' « énergie totale » dans certains grands réseaux de chaleur (CPCU à Paris) ou des installations sensibles qui prévoyaient une production autonome d'électricité (centres de calcul).

²⁶³ Voir le *Rapport sur les installations de cogénération sous obligation d'achat*, déjà cité.

²⁶⁴ Un ordre de grandeur raisonnable de cet avantage serait de 50 € par tonne sur la période allant jusqu'à 2004. rappelons que certaines des subventions actuelles sont largement supérieures à cette valeur.

Si l'on tient compte de cet avantage, il apparaît que l'utilisation de ces matières coûte moins cher que la chauffage collectif ou individuel à partir de fioul ou de gaz, même en comptant le coût d'installation d'un réseau et celui d'une chaudière à biomasse, beaucoup plus chère qu'une chaudière à gaz.

La part du bois devrait donc augmenter dans le chauffage urbain.

De même la géothermie trouve une nouvelle compétitivité qui lui permettra de s'étendre si les économies d'effet de serre trouvent une traduction dans le prix de la chaleur.

Nous tâcherons ici d'indiquer un résumé les problématiques :

- données actuelles du chauffage urbain,
- problèmes posés par le système de la concession municipale,
- comment développer les réseaux : densification ou nouveaux réseaux ?
- comment développer le bois-énergie ? Et promouvoir une nouvelle économie de la forêt ?
- énergies non conventionnelles.

Pour une analyse poussée des problématiques et de la batterie de mesures possibles, nous renverrons le lecteur à un *Rapport* récent de Henri Prévôt du Conseil général des mines²⁶⁵.

3.2.1. LE CHAUFFAGE URBAIN ACTUELLEMENT.

Le secteur du chauffage urbain a stagné presque totalement depuis 1990. Cela est dû à la fin des politiques publiques antérieures, ou plutôt à un « retour en arrière », dont la suppression en 1995 du taux réduit de TVA à 5,5 % sur l'abonnement (un tiers des factures généralement), qui existait depuis 1989, fut particulièrement emblématique.

Cette stagnation des ventes de chaleur, très apparente jusqu'en 2000, est dissimulée par le développement récent de la production d'électricité avec obligation de rachat, qui gonfle le nombre de tep utilisées par le chauffage urbain, mais non la quantité de chaleur vendue.

Et, surtout, il existe des conflits non résolus de ce domaine qu'il serait très compliqué de décrire, mais dont on peut juste indiquer ici quelques grandes lignes :

- des préoccupations écologiques nouvelles visant les usines d'incinération des ordures ménagères ont tendu à rejeter celles-ci loin des villes et donc de leurs clients éventuels pour la chaleur produite ;
- la géothermie qui avait connu un bon développement dans les années 1980, a été freinée par les réclamations²⁶⁶ des usagers contre des prix fixés en pleine crise de l'énergie et jugés insupportables après 1986. Le *Rapport* Martin avait pourtant mis en évidence un coût à la tonne de carbone fossile économisée très raisonnable²⁶⁷, bien inférieur à celui de techniques actuellement très aidées, comme les chauffe-eau solaires, éoliennes, biocarburants, etc. ;

²⁶⁵ Voir le rapport de Henri Prévôt, avec la collaboration de Jean Orselli, *Les réseaux de chaleur*, Conseil général des Mines, Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, 29 mars 2006, sur le site www.industrie.gouv.fr/energie/publi/pdf/rapport-prevot.pdf

²⁶⁶ Ces réclamations n'ont jamais obtenu de solution. Les services de l'État responsables (ministère de l'Industrie) n'ont pas voulu intervenir dans ce secteur où les maîtres d'ouvrage sont des municipalités à qui le statu quo profitait généralement.

²⁶⁷ *Évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie dans le domaine des réseaux de chaleur*, Henri Legrand, Conseil général des Mines, Annexe à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan, 1996.

- les ambitions industrielles de GDF ont fortement pesé contre les petits réseaux de chaleur au bois et sur la géothermie (dont GDF est devenu le principal actionnaire par des rachats successifs de réseaux)²⁶⁸ ;
- la relance de la cogénération par le « *rachat obligatoire par EDF à un tarif aidé* » n'a pratiquement pas profité au chauffage urbain. La quasi totalité des réalisations a concerné la cogénération dans l'industrie²⁶⁹ et quelques usines d'incinération des ordures ménagères non reliées à un réseau de chauffage urbain²⁷⁰.

L'ensemble des 400 réseaux recensés par l'administration est très hétérogène²⁷¹ :

- par leur taille : CPCU dessert 450 000 « *équivalents logements*²⁷² » à Paris et sa proche banlieue, puis vient Grenoble (80 000) des nombreux réseaux ne couvrent que quelques centaines d'équivalents logements, voire moins de cent ;
- par les combustibles consommés, allant de 100 % de gaz ou de fioul à 90 % de chaleur d'usine d'incinération des ordures ou à 90 % de biomasse ;
- par leur statut réel, une partie relevant de la catégorie des chaufferies centralisées privées²⁷³,
- par de grandes différences dans leur répartition régionale, qui ne peuvent être justifiées ni par le climat ni par l'urbanisation²⁷⁴.

Le chauffage urbain (et d'îlot) dessert environ un million de résidences principales.

La chaleur vendue se répartissait ainsi en 2002 : habitat 73,4 %, tertiaire 23,4 %, industrie 2,7 % et agriculture 0,5 %.

Les énergies utilisées²⁷⁵, soit environ 3 Mtep/an, ont vu la diminution du fioul (1,3 Mtep/an en 1987 contre 0,3 en 2002) et du charbon (0,7 Mtep/an en 1987 contre 0,3 en 2002) au profit du gaz (0,2 Mtep/an en 1987 contre 1,4 en 2002).

L'utilisation d'ordures ménagères a régressé récemment (0,45 Mtep/an en 1995 à 0,40 actuellement) de même que la géothermie tombée de 0,3 Mtep/an à 0,23 de 1987 à 2002.

L'utilisation de la biomasse est encore marginale ; on brûle des déchets « *industriels de bois* » (DIB) dans de grands réseaux, le bois forestier étant plutôt réservé à des chaufferies spécialisées.

²⁶⁸ La géothermie, par exemple, a perdu 50 % de sa production de 1987 à 2002.

²⁶⁹ Une problématique purement économique explique cette situation. Dans l'industrie, il n'est pas rare que la consommation de chaleur annuelle soit de 5 000 à 7 000 fois la puissance installée. Dans les bâtiments (sauf très rares exceptions), elle n'est que de 1 000 fois la puissance de pointe dans notre climat. La cogénération n'y fonctionne donc généralement que « en base », avec un appoint par chaudière classique pour les pointes. Mais, on n'arrive jamais à dépasser dans l'année 3 000 fois la « puissance thermique récupérable » de la cogénération. Donc, pour une quantité égale de chaleur valorisée, l'investissement est de plus du double dans le secteur du bâtiment que celui dans l'industrie.

²⁷⁰ Le rachat obligatoire de l'électricité ne comporte aucune obligation de pratiquer effectivement de la cogénération.

²⁷¹ Voir les données du Syndicat national du chauffage urbain (SNCU), et de l'Association de promotion des réseaux de chaleur et de froid.

²⁷² Cette unité hybride permet de classer les réseaux desservant du tertiaire comme de l'habitat.

²⁷³ Le cas des hôpitaux, presque tous à chaufferie centralisée, est caractéristique : quelques chaufferies centralisées se revendiquent comme réseaux de chaleur.

²⁷⁴ Dans la zone climatique froide H1, la chaleur vendue en GWh/1 000 habitants varie de 1,1 en Ile-de-France, 0,50 en Alsace, 0,45 en Rhône-Alpes, Lorraine, Bourgogne, à 0,23 dans le Nord-Pas-de-Calais.

²⁷⁵ *L'énergie en France, Repères*, édition 2006, page 30.

Le prix de la chaleur vendue peut varier de 1 à 3 dans la même agglomération²⁷⁶. Ce qui pose un problème majeur pour l'image des réseaux de chauffage urbain.

Enfin, la part de l'abonnement est généralement de l'ordre du tiers de la facture. Elle est liée essentiellement à l'amortissement et aux grosses réparations du réseau, plus très peu de fonctionnement.

3.2.2. LA POSITION DES MUNICIPALITÉS. AIDES OU PRÉLÈVEMENTS SUR LE CHAUFFAGE URBAIN ?

Les réseaux de chauffage urbain sont la plupart du temps concédés par une commune ou son délégué (ou un groupement de communes). Leur positionnement administratif est complexe et sujet à des « *conflits d'intérêt* »²⁷⁷, impliquant municipalités concédantes, clients publics (HLM, bâtiments municipaux, lycées, collèges), exploitants de chauffage et EDF-GDF, organismes de financement public, tutelle partagée entre les ministères de l'Industrie et de l'Équipement-Logement, etc.

Le suivi administratif des réseaux de chaleur est organisé, avec des déclarations annuelles, et la tenue de statistiques par un organisme syndical obligatoire, le Syndicat national du chauffage urbain (SNCU), complété par l'active, mais récente, Association de promotion des réseaux de chaleur et de froid²⁷⁸.

Certaines communes subventionnent le chauffage urbain, notamment en leur vendant au prix coûtant la chaleur issue des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM).

La plupart des communes effectuent des prélèvements importants au détriment des habitants des logements raccordés, qui sont très souvent des logements sociaux.

Ces prélèvements se font d'une façon complexe qui masque le plus souvent leur ampleur :

- tarif préférentiel pour les bâtiments communaux²⁷⁹,
- cession avec de forts bénéfices de la chaleur de l'usine (municipale) d'incinération des ordures ménagères²⁸⁰
- prélèvement de « *taxes d'occupation de la voirie* »,
- prélèvement de « *frais de contrôle* »,
- apport gratuit du réseau à la commune en fin de concession, alors que les investissements ont été totalement financés par les usagers²⁸¹,
- le régime des amortissements des concessions est défavorable par rapport à celui des entreprises normales ; c'est alors l'État qui profite des usagers dans ce cas.

²⁷⁶ Ainsi, dans les Yvelines, à 30 km de distance, le prix le plus bas, à Plaisir, est proche du tarif du gaz alors que celui du réseau de Saint-Germain-en-Laye est proche de celui du chauffage électrique.

²⁷⁷ Ces « conflits d'intérêt » résultent de ce que les municipalités sont à la fois autorités concédantes, clients elles mêmes et tuteurs des clients HLM.

²⁷⁸ Voir les statistiques du SNCU et les documents de l'Association de promotion des réseaux de chaleur et de froid, notamment son très complet *Annuaire* ; son site est www.viaseva.org

²⁷⁹ C'est le cas de la ville de Paris qui profite d'un rabais de 30 % sur le tarif normal de CPCU, équivalent à un prélèvement de plus de 5 % des ventes.

²⁸⁰ On constate, sur des installation similaires, des variation de 1 à 2 du prix de cession.

²⁸¹ Ce poste représente couramment 6 % du total actualisé des recettes dans le cas d'un réseau entièrement créé au début de la concession.

L'ensemble des prélèvements des municipalités sur les utilisateurs du chauffage urbain peut atteindre 15 % à 25 % du montant des factures demandées aux utilisateurs.
Ces prélèvements ne correspondent pratiquement jamais à une contrepartie réelle de la municipalité.

Ces prélèvements ne correspondent pratiquement jamais à une contrepartie réelle de la municipalité.

Une réflexion sur le sujet paraît nécessaire. Les solutions ne manquent pas, depuis l'établissement d'une règle du jeu commune et obligatoire, jusqu'à une libéralisation du système analogue à celle adoptée pour les réseaux de télécommunication à haut débit, qui enlève le pouvoir de concéder aux communes.

La prise de conscience de l'inéquité et du caractère stérilisant de telles pratiques devrait être une priorité absolue pour les municipalités, départements et régions²⁸². La stigmatisation d'un point de vue écologique de celles qui pratiquent des prélèvements devrait se développer.

3.2.3. COMMENT DÉVELOPPER LES RÉSEAUX DE CHAUFFAGE URBAIN ?

Rappelons que le partenariat entre la commune et son exploitant est dissymétrique, car dans la plupart des cas, le concessionnaire n'est pas propriétaire des investissements qu'il fait et qu'il doit remettre gratuitement en fin de concession.

Une autre problématique est que la baisse des consommations d'énergie des bâtiments neufs disqualifie le chauffage urbain qui nécessite un coût de raccordement élevé.

Les grandes opérations de construction neuve, qui devraient être le domaine naturel des extensions, ne se raccordent plus actuellement.

La façon la moins onéreuse est évidemment de raccorder de nouveaux abonnés sur des conduites existants. C'est ce que les réseaux de centre-ville font ou essaient de faire. C'est une lutte perpétuelle avec Gaz de France qui essaie, au contraire, de susciter des débranchements, généralement avec une politique commerciale agressive²⁸³.

L'extension à partir d'un réseau existant offre aussi des possibilités, mais demande des investissements plus élevés.

La difficulté que rencontre le concessionnaire d'un chauffage urbain est qu'il ne peut pas amortir l'investissement de ces extensions – et les avantages commerciaux qu'il devra éventuellement consentir face à son concurrent, le gaz – quand il est proche de la fin de la concession. En effet, la commune récupère gratuitement l'installation (le plus généralement).

Au contraire, Gaz de France bénéficie d'une durée de vie illimitée, lui permettant de se développer sans le frein cyclique de l'approche des fins de concession imposé aux réseaux de chauffage urbain.

Il faudrait donc prévoir une procédure obligatoire de rachat par la commune – en fin de concession – des investissements réalisés qui permette un amortissement équitable.

²⁸² Les nombreuses associations locales d'usagers du chauffage urbain n'ont aucune action nationale.

²⁸³ L'égalité tarifaire devant le service public est souvent mise à mal dans cette compétition, notamment par GDF qui propose diverses aides à l'installation d'une chaufferie.

La création d'un nouveau réseau à partir de rien est pratiquement impossible actuellement, sauf à être subventionnée et à profiter d'une base de fourniture d'énergie à bas prix, comme les ordures ménagères.

Or, les nouvelles usines d'incinération sont le plus souvent rejetées hors de la zone urbaine, et sont lourdement subventionnées pour faire de l'électricité sans vente de chaleur. Une des pistes est de transférer une partie de ces subventions au profit du chauffage urbain.

3.2.4. COMMENT DÉVELOPPER LE BOIS-ÉNERGIE DANS LE CHAUFFAGE URBAIN ?

Le présent développement concerne le chauffage urbain mais aussi les grandes chaufferies centralisées.

On trouvera dans le rapport de Henri Prévôt une série de propositions

Tout le monde s'accorde pour affirmer qu'une ressource forestière inemployée existe, allant de 5 à 15 Mtep/a, selon les sources.

Dans un premier temps, elle pourrait se substituer aux 2,3 à 4 Mtep/an d'énergies fossiles utilisées dans le chauffage urbain et les grandes chaufferies centralisées.

Il est tout aussi évident que cette ressource est assez bien distribuée sur le territoire, donc susceptible de pouvoir être livrée aux réseaux sans transports excessivement longs²⁸⁴.

Le programme du *Programme national de lutte contre le changement climatique* dans le chauffage collectif de 400 000 tep/an, déjà peu ambitieux, a été formalisé par un « *Programme Bois-Énergie 2002-2006*²⁸⁵ » visant à économiser environ 200 000 tep/an en 2006 (plus 100 000 tep/an dans l'industrie), soient 40 000 tep/an. Ce programme est piloté par l'ADEME et relayé par les régions dans le cadre des contrats de plan État-Régions et des subventions européennes.

En fait, on réalise surtout des « chaufferies collectives ». De 250 chaufferies collectives représentant 20 000 tep/an en 2002, on stagnait toujours en 2004 à 250 chaufferies (logement et tertiaire) pour un total de 80 MW et 20 000 tep/an.

La puissance²⁸⁶ moyenne des chaufferies réalisées est très faible, 320 kW, soit 15 logements anciens, ou une piscine, ou un bâtiment tertiaire de 1 500 m². Ce sont donc de très petits équipements municipaux, dans des « communes forestières », plus de petits ensembles.

Quelques unités de vrais « réseaux de chaleur au bois » ou grosses chaufferies collective au bois s'ajoutent chaque année à ces 250 très petites chaufferies ;

Les subventions à l'investissement pour des chaufferies collectives (programmes ADEME) disposent d'un budget très faible, environ 13 millions € par an, à comparer aux 250 millions € par an consacrés à la production de 300 000 tep/an de « biocarburants »²⁸⁷.

²⁸⁴ Rappelons ici que certaines chaufferies importent du bois énergie d'Europe de l'Est.

²⁸⁵ Voir par exemple « *Le Programme Bois-énergie* » in *La lettre de l'ADEME*, n°89, décembre 2002 ou www.ademe.fr www.itbe.org www.industrie.gouv.fr

²⁸⁶ Il s'agit de la puissance de la chaufferie au bois, qui est généralement complétée par une chaufferie d'appoint à combustible classique.

²⁸⁷ Le lobby des céréaliers est autrement plus puissant, plus organisé que celui des propriétaires de forêts.

À ce rythme de 20 000 tep/an, il faudra 400 ans pour utiliser 8 Mtep/an de bois disponibles actuellement !

Un relèvement massif des budgets affectés au bois-énergie est la condition fondamentale du développement du bois-énergie pour le chauffage des bâtiments

3.2.5. PROMOUVOIR LE « BOIS-ÉNERGIE » DANS UNE NOUVELLE ÉCONOMIE DE LA SYLVICULTURE ?

Pendant longtemps, le ministère de l'Agriculture, et notamment l'Office National des Forêts (ONF), se sont inquiétés en priorité d'assurer l'approvisionnement de l'industrie papetière. Celle-ci considérait la concurrence du « bois-énergie » comme une menace en termes de quantité d'approvisionnement et surtout de tension éventuelle sur les prix de vente du bois²⁸⁸. Le lobbying de cette puissante industrie a certainement conditionné la politique passée du bois-énergie.

Une des raisons de l'exploitation incomplète des ressources forestières françaises tient aux trop faibles prix imposés par l'industrie papetière.

Les efforts pour le recyclage des papiers et cartons semble avoir diminué les tensions.

La situation semble donc évoluer, mais il est très difficile de l'apprécier.

La concurrence pour l'accès au bois-énergie concerne de nombreuses parties :

- l'industrie papetière qu'il faut continuer à approvisionner ;
- les industriels, notamment ceux de l'agriculture,
- la production d'électricité,
- les bio-carburants,
- le chauffage urbain et les grosses chaufferies collectives.

Aucun début d'arbitrage – ni même de réflexion d'ensemble – n'existe pour le moment.

La production d'électricité et de bio-carburants est beaucoup moins intéressante que celle de bois-énergie en termes de quantité d'énergie substituée, donc de coût et de gain d'émission de CO₂, selon le Rapport de Henri Prévôt de 2006 déjà cité. Nous renvoyons à ce rapport pour le détail des argumentations²⁸⁹.

Une politique du « bois de chauffage pour les bâtiments » ne pourra être définie qu'à l'intérieur d'une politique globale du « bois-énergie ».

C'est pourquoi il nous faudra nous contenter ici d'une approche prospective très sommaire.

Nous avons rencontré le président de ONF ÉNERGIE, société tout récemment créée par l'Office National des Forêts pour commercialiser du « bois-énergie »²⁹⁰. Leur politique actuelle

²⁸⁸ On nous a indiqué des cas où le niveau de prix proposés en 2004 par l'industrie papetière était de l'ordre de 10 €/stère coupé pris sur place, ce qui correspond, pour une utilisation énergétique, à un prix de fioul de 0,05 €/litre (plus le transport) alors que le fioul était à 0,40 €/litre.

²⁸⁹ Notons que Henri Prévôt est aussi un bon connaisseur de l'économie de la sylviculture.

²⁹⁰ M. Philippe Goupil, en décembre 2006.

semble surtout orientée actuellement vers la fourniture de bois-énergie aux industriels de l'agriculture et de l'agro-alimentaire.

L'Office National des Forêts participe à cette politique, notamment par la mise en place récente d'un réseau de conseillers agissant auprès des 11 000 « communes forestières ».

Avec les municipalités et autres maîtres d'ouvrage publics, le montage de ces contrats semble, pour le moment, très difficile²⁹¹. Les difficultés évoquées sont nombreuses. Il y a des contraintes administratives. Les communes – notamment les 11 000 communes forestières –, mélangent des visées énergétiques (se chauffer moins cher) et d'autres objectifs économiques (entretien des forêts communales, emploi local), à l'affichage d'une posture écologiste. D'où des difficultés à disposer du bois pour le vendre ailleurs que sur la commune.

La mobilisation des ressources de la forêt privée semble poser encore plus de problèmes que celle des forêts publiques. La problématique s'expose facilement, même si les mesures à prendre sont nouvelles : il faut changer les méthodes de commercialisation du bois.

En effet, les actes de commercialisation actuels se font au coup par coup et en fonction d'événements extérieurs (les forêts privées constituent des « épargnes » vendues en cas de besoin) et les ressources actuelles de bois-énergie sont liées aux coupes de bois d'œuvre ou de menuiserie.

Par contre, une économie viable du bois-énergie ne peut se passer de contrats à moyen terme, assurant la pérennité de la fourniture.

Ces contrats permettraient aussi de réorienter la sylviculture vers des productions dédiées au bois-énergie.

Ici encore nous renverrons à Henri Prévôt qui propose une batterie de mesures destinées à établir de nouveaux rapports des propriétaires de forêts aux aides publiques, et à dégager des ressources pour les subventions. Il semble possible de le faire dans le respect des enveloppes de subventions actuelles à condition de les réorienter.

4. LES ÉNERGIES NON CONVENTIONNELLES.

Plusieurs pistes s'offrent pour alimenter les réseaux de chauffage urbain :

- les pompes à chaleur,
- les rejets de centrales nucléaires,
- des centrales nucléaires dédiées,
- la production de froid l'été à partir de la chaleur du réseau,
- le charbon avec stockage du CO₂.

Signalons pour mémoire le transport vers l'agglomération de la chaleur perdue (ou mal valorisée en électricité) des usines d'incinération établies hors des villes, qui utiliseraient des technologies dont nous allons dire un mot ci-dessous.

Les pompes à chaleur à haute température pourraient épuiser les calories restant à la sortie des sous-stations, dont une partie sera d'ailleurs perdue avant son retour à l'usine²⁹². Cela peut

²⁹¹ L'Office National des Forêts a récemment mis en place un réseau de conseillers agissant auprès des 11 000 communes forestières ; on semble ignorer les résultats réels de cette action.

²⁹² Un exemple typique est celui de la chaleur des condensats du réseau CPCU, généralement perdue pour l'utilisateur, alors qu'elle représente 10 % de la chaleur facturée.

permettre d'augmenter la charge d'une antenne du réseau sans refaire l'investissement.

On peut même envisager de produire l'eau chaude sanitaire en été par ce moyen.

La récupération de la chaleur émise par les usines nucléaires de production d'électricité a été étudiée depuis longtemps. Un groupe de travail a fonctionné sur ce thème en France vers 1977-1980²⁹³. Il était envisagé d'alimenter l'agglomération parisienne à partir d'usines nucléaires alors en construction.

Plusieurs installations de récupération sur la chaleur nucléaire existent dans le monde.

En France, on connaît le réseau alimenté par l'usine de Pierrelatte (Drôme) qui produit de l'électricité et qui alimente « *la ferme aux crocodiles* », 42 hectares de serres agricoles, les équipements sportifs de la ville et 2 500 logements.

L'extension de cette filière avec la reprise du développement de la production d'électricité nucléaire est probable.

Le réseau de chaleur alimenté par une pile nucléaire sans cogénération a fait l'objet de rares expériences : il en a existé en Suède et en ex-Union soviétique.

Les avantages par rapport à la filière précédente tiennent à la suppression des contraintes liées à la production d'électricité, notamment celle des températures élevées de fonctionnement, ce qui devrait alléger considérablement les coûts de l'usine nucléaire et renforcer sa sécurité. Le rendement en chaleur « utile » devrait être de plus du double de celui du chauffage électrique actuel par la filière « chaleur nucléaire, production d'électricité, transport, radiateur ou convecteur électrique » (qu'on estime à environ 30%).

Le transport économique de chaleur à longue distance est donc un point crucial pour l'utilisation de la chaleur nucléaire ou de celle des usines d'incinération hors des villes. La vapeur surchauffée est une technique classique. Divers programmes de recherche sur des procédés de transport de chaleur à très faibles pertes sont en cours au CNRS (Programme Carnot).

La production de froid à partir de chaleur par « absorption » chimique est connue depuis longtemps (elle a même précédé le cycle mécanique évaporation-compression-liquéfaction utilisé actuellement). On l'utilise toujours communément en France dans les réfrigérateurs de camping ou de bateaux de plaisance. Au Japon, de grosses unités de production de froid par absorption sont commercialisées depuis longtemps²⁹⁴.

Il est donc techniquement possible d'utiliser de la chaleur fournie par un réseau de chaleur pour la climatisation des bâtiments, qui ne va pas manquer de se développer avec le réchauffement climatique. Cela permettrait d'améliorer l'utilisation en été de certaines énergies renouvelables non stockables (déchets, bois, cogénération).

La capture et le stockage du CO₂ fait l'objet de nombreuses recherches. Elle permettrait de continuer à utiliser des combustibles abondants comme le charbon. Cette technique appliquée à la production d'électricité thermique est considéré par certains comme la seule alternative au développement de l'électricité nucléaire, à côté de ses applications aux grosses unités industrielles.

Mais, elle peut évidemment s'appliquer aussi aux gros réseaux de chaleur.

²⁹³ En témoignent de nombreux articles de l'époque, comme Philippe Aussourd, *Front heat extraction*, in *Nuclear technology*, vol. 38, avril 1978.

²⁹⁴ Durant la crise de l'énergie, certaines piscines publiques se sont dotées de ce type de matériel pour faire de la déshumidification. Une évaluation de leur performances sur 25 ans serait certainement instructive.

Le développement potentiel de ces énergies non conventionnelles est un motif supplémentaire – et non le moindre – pour que la France rattrape son retard dans le domaine du chauffage urbain.

Chapitre 10.

LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.

Les bâtiments tertiaires consomment 42 % de l'énergie utilisée dans l'habitat, pour une dépense de 44 % de celle de l'habitat²⁹⁵

C'est dire l'importance qu'il faudrait leur accorder en ce qui concerne la politique de l'énergie. Or, ce n'est pas le cas ; le domaine des bâtiments tertiaires est beaucoup plus mal connu d'un point de vue énergétique que celui de l'habitat. Il faut dire que le sujet est plus complexe, comme on va le voir.

1. DIVERSITÉ DES CATÉGORIES DE BÂTIMENTS TERTIAIRES.

La meilleure approche de la réalité énergétique de ce que l'on s'obstine à nommer « *tertiaire* » dans la littérature énergétique passe par deux remarques sémantiques :

- il faut éviter toute confusion entre le « *secteur d'activités tertiaires* » (bureaux, banques, commerce, services aux personnes, etc.), et les « *bâtiments tertiaires* » qui recouvrent un domaine bien plus vaste ;
- il est indispensable d'employer le pluriel « *les bâtiments tertiaires* », car ce qui caractérise ce domaine est son hétérogénéité.

C'est pourquoi nous intitulons ce chapitre « *les bâtiments tertiaires* ».

Une dernière spécificité de ce domaine est son clivage entre :

- un secteur public légèrement majoritaire (en consommation),
- et un secteur privé minoritaire²⁹⁶

Les bâtiments tertiaires privés peuvent être classés par usage :

- bureaux privés²⁹⁷,
- commerces,
- services aux personnes (coiffure, agences bancaires, garages, etc.),
- cafés-hôtellerie-restauration.

²⁹⁵ Ils utilisent une part plus importante d'électricité, ce qui augmente proportionnellement leur facture, malgré des tarifs d'électricité plus favorables en moyenne.

²⁹⁶ Cette responsabilité de la collectivité n'est jamais assez soulignée. Son inertie – que nous examinerons plus loin – est probablement une des raisons de l'archaïsme général des professions de l'exploitation du chauffage.

²⁹⁷ La frontière est un peu floue entre les bureaux d'une installation industrielle et ceux d'une activité tertiaire.

Leurs caractéristiques principales sont :

- une utilisation intermittente (sauf dans l'hôtellerie),
- une très grande dispersion des tailles d'établissements, de l'épicerie ou du salon de coiffure aux hypermarchés et grandes tours de bureaux,
- une grande dispersion des maîtres d'ouvrage (et gestionnaires), probablement plus d'un million²⁹⁸.

Les bâtiments tertiaires publics consomment plus de la moitié de l'ensemble des bâtiments tertiaires. On distingue classiquement des catégories plus nombreuses que pour les bâtiments privés :

- bureaux (administrations, mairies, justice, services sociaux, etc.),
- santé, y compris l'hospitalisation dite privée,
- éducation,
- grands établissements de recherche,
- équipements sportifs et de loisirs (piscines, gymnases, salles),
- habitat communautaire,
- armées, avec des types de bâtiments très divers (habitats, bureaux, ateliers, enseignement),
- transports (gares et aéroports),
- éclairage public.

Leur maîtrise d'ouvrage est très concentrée entre l'État pour une faible part et surtout des collectivités locales ou de leurs émanations. Environ 5 000 entités (22 régions, 100 départements, 4 500 communes formant les unités urbaines de plus de 5 000 habitants²⁹⁹) assurent la maîtrise d'ouvrage de bâtiments consommant probablement plus de 80 % de la demande d'énergie.

La gestion est, par contre, souvent très déconcentrée au niveau des chefs d'établissement et de leurs gestionnaires. Cette déconcentration – on le verra – est un des principaux obstacles à la réalisation d'économies d'énergie.

L'énergétique des diverses catégories de bâtiments tertiaires est des plus variée.

Les anciennes réglementations thermiques se subdivisaient ainsi selon sept types distincts de bâtiments (auxquels il fallait ajouter ceux qui étaient proches des logements comme les hôtels).

Alors que l'habitat repose sur un fonctionnement énergétique quasi identique pour tous les logements, (même température de 20-22°C, fonctionnement permanent sauf exception, équipements électriques, cuisine et consommation d'ECS analogues, rares climatisations), les bâtiments tertiaires ont des besoins énergétiques très divers :

- une utilisation intermittente ou non selon les catégories,
- des températures d'usage variant de 13° (gymnase) à 24° (hôpital) ou 26°C (piscine),
- des besoins très variables pour la cuisine ou l'ECS,
- une utilisation de la climatisation dans une part importante du parc.

²⁹⁸ Plus de 500 000 établissements commerciaux, 20 000 hôtels, 200 000 cafés ou restaurants, probablement plus de 100 000 immeubles de bureaux, etc.

²⁹⁹ Nous admettons ici que les hôpitaux sont gérés par les grandes communes.

2. LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES BÂTIMENTS TERTIAIRES.

2.1. LA RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS.

Les bâtiments tertiaires consomment globalement environ la moitié de l'habitat. Mais, la structure des consommations est différente globalement, et surtout dans chaque catégorie de bâtiments.

On peut estimer que les consommations et dépenses d'électricité spécifique sont les suivantes pour l'ensemble des bâtiments tertiaires³⁰⁰.

Tableau 19. Répartition des consommations et dépenses d'énergie dans les bâtiments tertiaires.

	TWh/an		Milliards €/an	
chauffage	15,4	99,7	1,5	5,0
ECS	5,1	14,3	0,5	0,7
Cuisson	6,0	6,9	0,6	0,3
Electricité spécifique	48,0		4,8	
autres	2,6	8,3	0,3	0,4
climatisation	10,9		1,1	
Total	88,1	129,2	8,8	6,5

Une répartition par type de bâtiments tertiaires montre leur grande hétérogénéité.

Tableau 20. Répartition des consommations d'énergie par usage dans les bâtiments tertiaires.

TWh/an (en 2001)	Chauffage	ECS	Cuisson	Electricité spécifique	Climatisation	Total
Commerces	22,2	2,9	1,1	20,5	2,9	49,6
Bureaux, administration	28,5	1,4	0,8	16,3	4,2	49,8
Enseignement	19,9	2,4	1,6	2,3	0,3	24,1
santé, action sociale	14,9	3,7	1,2	5,3	1	22,4
Sports loisirs	9,1	3,8	0,4	2,9	0,8	13,2
Cafés hôtels restaurants	9,8	2,6	5,9	3,3	0,9	19,9
Habitat communautaire	7	2,1	1,3	1,9	0,1	10,3
Gares aéroports	4	0,5	0,2	3,8	0,1	8,1
Eclairage public				5,5		5,5
	115,4	19,4	12,7	61,8	10,3	219,6

Les trois figures suivantes illustrent les répartitions des consommations d'énergie.

³⁰⁰ D'après des données CEREN. Cela ne comprend pas les bâtiments des Armées et des grands établissements de recherche. Voir les tableaux 4 et 5 ci-dessus pour l'habitat. On a retenu 0,10 €/kWh pour l'électricité et 0,050 €/kWh pour les autres énergies.

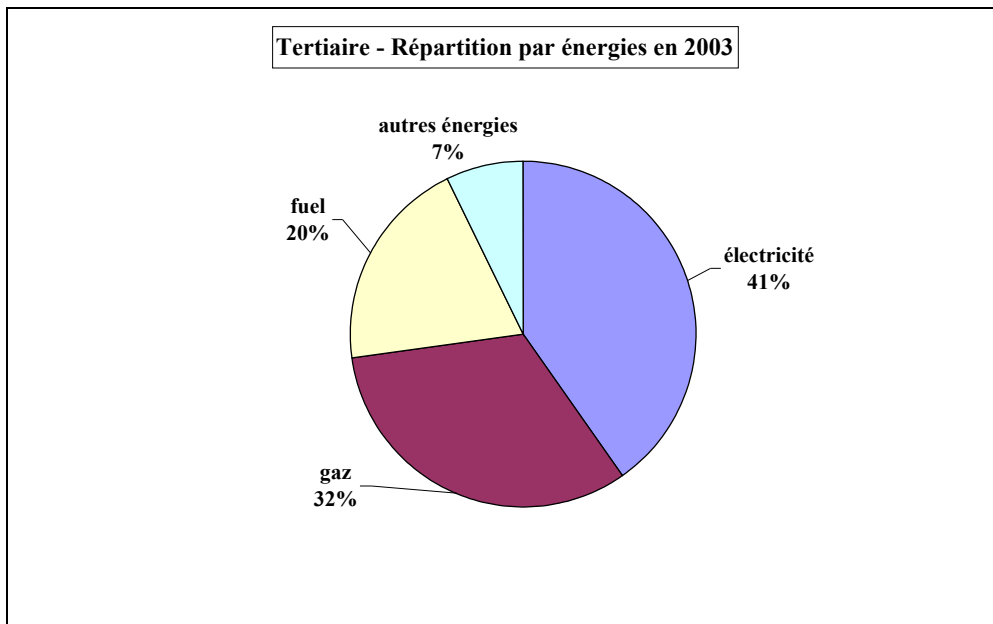


Figure 26. Les consommations par type d'utilisation et d'énergie dans les bâtiments tertiaires.

La comparaison de cette figure avec la figure 4 relative aux consommations de l'habitat montre que les bâtiments tertiaires consomment beaucoup plus d'électricité, 41 % du total, alors que la part de l'électricité dans l'habitat n'est que de 26 %.

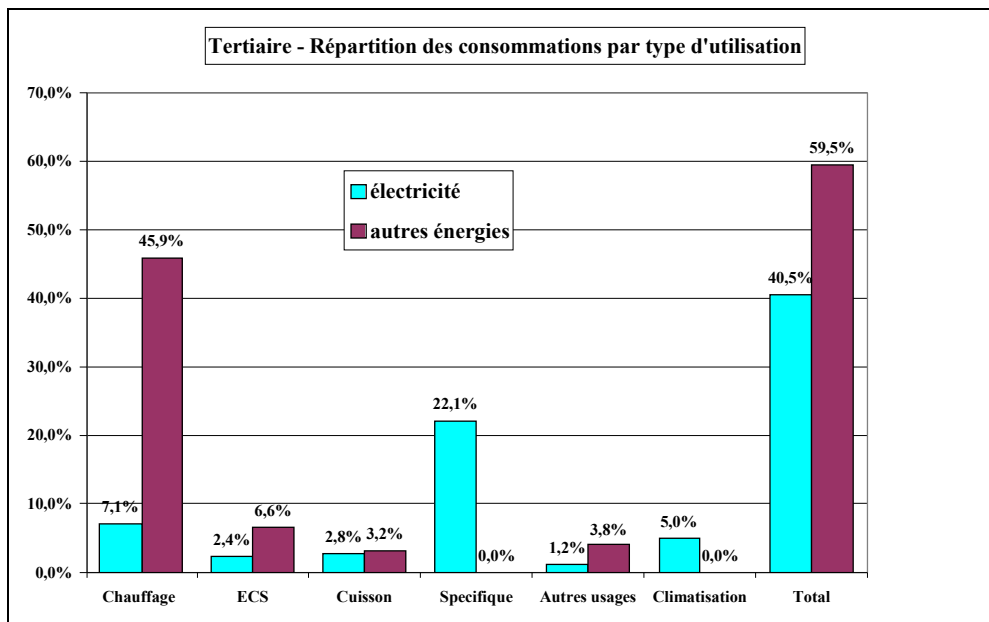


Figure 27. Les consommations par types d'utilisation et d'énergie dans les bâtiments tertiaires.

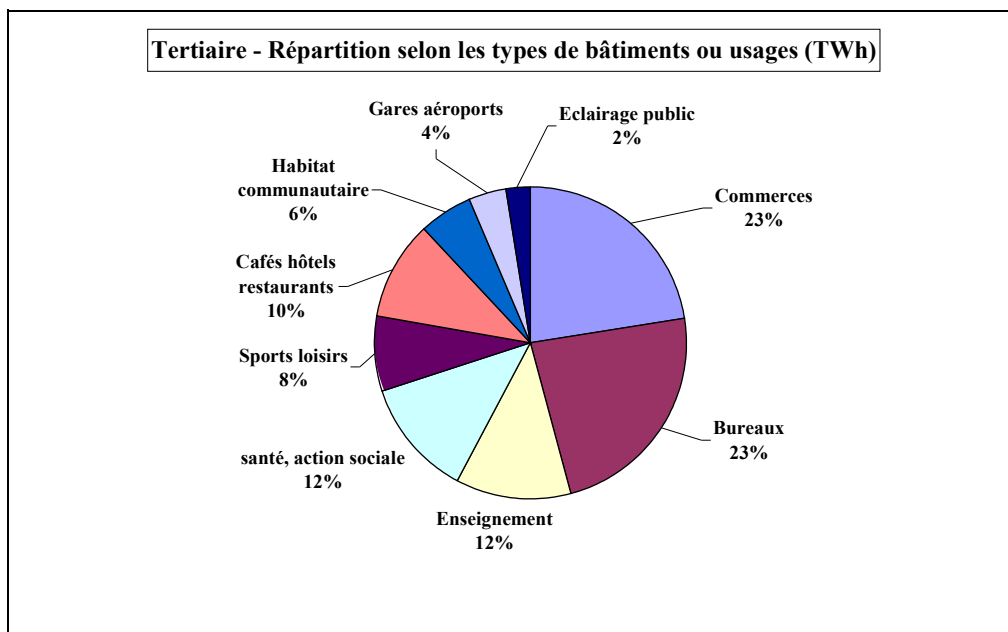


Figure 28. Les consommations par type de bâtiments tertiaire.

À noter que les « bureaux » relèvent ici des deux secteurs privés et publics et que les bâtiments des Armées et grands centres de recherche ne sont pas pris en compte.

2.1. L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LES SECTEURS DU TERTIAIRE.

On nous a fait remarquer qu'il serait aussi très intéressant de présenter ici une esquisse de « l'efficacité énergétique » dans le tertiaire, sous forme de « consommations moyennes en kWh par m² et par an » comme on le fait pour l'habitat. Cela permettrait notamment d'étayer la sévérité des considérations faites à propos de la gestion des établissements.

On se reportera d'abord à la critique de la notion d'efficacité énergétique que nous avons faites à propos de l'habitat au Chapitre 2 1.

Pour le tertiaire, la présentation de « consommations moyennes en kWh par m² et par an » est, à la fois difficile et encore plus complexe que pour l'habitat.

La littérature des grands *Rapports* et des recueils statistiques généraux sur les consommations d'énergie ne comporte pas de tels ratios, contrairement à l'habitat. Les consommations sont connues très approximativement, et les surfaces des bâtiments sont encore plus mal connues³⁰¹. Une enquête plus poussée excéderait évidemment le cadre du présent *Rapport*.

La grande diversité des types de bâtiments tertiaires fait qu'il est très difficile de calculer des consommations moyennes comme pour les logements. Il faudrait donner des moyennes pour chaque catégorie (ou même sous-catégorie), ce qui n'aurait guère d'intérêt dans une étude générale comme celle-ci.

³⁰¹ Les statistiques de surfaces sont difficiles à obtenir ou sont quasi inexistantes. La Cour des comptes a mainte fois souligné le manque de connaissance sur les patrimoines des bâtiments publics (et donc de leurs surfaces).

On notera aussi que nous n'avons pas trouvé de données sur les consommations des Armées et des établissements publics de recherche (voir note sur les tableaux 19 et 20).

Toutefois, les « *diagnostiqueurs* » (conseils en économie d'énergie) disposent de « *ratios* » qui leur permettent d'évaluer la position de tel bâtiment soumis au diagnostic par rapport aux bâtiments ayant le même usage et susceptibles d'être corrigés des effets de l'environnement climatique. Des ouvrages sur ce sujet ont été publiés depuis longtemps, mais, notamment dans le secteur public, les gestionnaires ne semblent pas s'y intéresser³⁰².

3. LA CONSTRUCTION NEUVE.

La construction neuve de bâtiments tertiaires est extrêmement concentrée.

Le secteur privé est dominé par :

- 20 promoteurs (ou promoteurs-constructeurs),
- 50 groupes de distribution du grand commerce,
- 20 groupes d'hôtellerie et de restauration,
- 50 grands groupes institutionnels (banques, assurances, sociétés immobilières d'investissement).

Il existe, bien entendu, des constructions effectuées en dehors de ces grands organismes, mais leur part doit être extrêmement très minoritaire (nous n'avons pas trouvé de données à ce sujet).

Le secteur public compte apparemment un très grand nombre de maîtres d'ouvrage :

- 10 ministères,
- 22 régions métropolitaines,
- 100 départements métropolitains,
- 36 860 communes,
- 10 grandes entreprises publiques,
- 800 organismes HLM,
- 290 Société d'économie mixte (SEM).

Toutefois, 5 000 entités (les ministères de la santé, de l'éducation nationale et des armées, 22 régions, 100 départements, 4 500 communes formant les unités urbaines de plus de 5 000 habitants, 100 à 200 grands organismes HLM et grandes SEM doivent regrouper plus de 80 % des constructions neuves. Ces entités ont une expérience continue comme maître d'ouvrage.

Le respect des réglementations énergétiques devrait y être assuré à l'avenir, quoiqu'il ne semble pas exister d'évaluation récente à cet égard³⁰³.

Notons ici que les hôpitaux et les établissements d'enseignement privés, bien que recensés dans les secteurs publics de la santé et de l'enseignement jouissent d'une large autonomie de gestion et probablement aussi d'une autonomie de décision de l'organisme public maître d'ouvrage lors de la construction. Le suivi du respect des réglementations pourrait donc y être plus problématique.

³⁰² Un très bon exemple est celui des équipements sportifs « industrialisés ». Parmi les centaines de piscines d'un modèle donné existantes, on peut constater de grosses différences de consommation, sans que cela émeuve qui que ce soit à un niveau global.

³⁰³ Les performances énergétiques médiocres des bâtiments publics récents sont dues au retard des normes du tertiaire par rapport à celles de l'habitat, décalage qui a perduré jusqu'à la réglementation de 2000.

4. LES TECHNIQUES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE.

4.1. L'INTERMITTENCE.

Les bâtiments tertiaires sont le domaine d'élection de la programmation du chauffage, car la plupart d'entre eux ne sont pas utilisés la nuit et les week-end, voire fermés durant des vacances (enseignement, gymnases, commerces, etc.). On peut y abaisser la température de chauffage, y diminuer les ventilations forcées, y éteindre l'éclairage, etc.

Dans certains bâtiments tertiaires comme les hôpitaux, les hôtels ou l'hébergement communautaire, on ne peut pas faire d'intermittence, sauf dans quelques parties du bâtiment (salles d'accueil, restauration, etc.).

Le coût des « *programmateurs* » qui réalisent l'intermittence est généralement ridicule par rapport aux gains qu'ils procurent dans ces établissements, même petits.

Une bonne intermittence « préalable » réduit d'un tiers ou de la moitié les gains de toutes les autres mesures comme une isolation, un changement de chaudière et/ou de combustible, un récupérateur sur l'air extrait, une PAC, etc.

L'intermittence est donc la priorité des priorités.

Hélas, dans de nombreux établissements possédant les moyens d'une bonne intermittence, celle-ci n'est pas réalisée par défaut d'information, incurie ou incapacité technique de l'utilisateur, par pertes de vue des consignes établies antérieurement, etc.

4.2. LES RÉNOVATIONS DIFFUSES OU CONCERTÉES.

Toutes les considérations développées au chapitre 6 sur la nécessité d'utiliser les meilleurs matériaux et composants sont évidemment valables ici.

Elles concernent aussi bien les secteurs public que privé.

4.2.1 LES PETITS BÂTIMENTS TERTIAIRES.

Le cas des petits bâtiments « *indépendant* », petits commerces, cafés, restaurants, services aux personnes, petit hébergement collectif privé (maisons de retraite), petits bâtiments communaux (mairie, écoles primaires), se rapproche beaucoup de celui de l'habitat individuel.

On y rencontre les mêmes problèmes, manque d'information, travaux au coup par coup, utilisation de composants et matériels médiocres, absence de réflexion sur l'électricité spécifique, etc.

Les solutions ne peuvent y être que les mêmes, passant par des réglementations des composants et matériels.

Il existe toutefois des cas de « chaîne » de petits bâtiments tertiaires dépendant d'une grande entreprise qui réalise un traitement d'ensemble³⁰⁴.

³⁰⁴ Par exemple, nous avons eu personnellement l'occasion de réaliser des diagnostics sur une cinquantaine

4.2.1. LA RÉNOVATION CONCERTÉE.

Dans les grands bâtiments, la présence d'un maître d'œuvre professionnel (architecte ou coordinateur) devrait faciliter cette prise en compte. En fait, on ne les rencontre que dans les rénovations concertées (voir le cas de la rénovation diffuse ci-après).

Encore faut-il que le maître d'œuvre soit compétent, ce qui n'est pas toujours le cas, l'énergétique spécifique à certains domaines étant peu connue, sauf de bureaux d'études (BET) très spécialisés (gymnases, piscines, hôpitaux, aéroports, etc.). C'est ce qui fait la difficulté du problème : il ne faut pas l'esquiver. Si le « *diagnostiqueur* » résiste à la désinformation, il sera attaqué. De même s'il n'y résiste pas !

Un problème spécifique est que le mode de rémunération des BET et architectes par des honoraires calculés « *au pourcentage des travaux* » est totalement inadapté aux économies d'énergie. Les techniques très rentables le sont parce que l'investissement est faible, ce qui ne peut que diminuer les honoraires du maître d'œuvre et de son BET. Ils sont donc pris dans un conflit d'intérêt et plutôt tentés par les solutions chères.

Pour préciser les choses par un exemple, la pose d'un « *programmeur* » est d'un coût minime, alors que c'est le plus souvent la première chose à faire. Elle ne peut donner lieu qu'à des honoraires dérisoires, ce qui amène généralement le maître d'œuvre à proposer des interventions lourdes et non justifiables économiquement.

L'intervention préalable d'un (**bon**) « *diagnostiqueur* » indépendant rémunéré « *au forfait* » est indispensable ; c'est la seule garantie de l'objectivité du choix des travaux à faire. Or, c'est rarement le cas, le diagnostiqueur et le BET étant confondus la plupart du temps.

La dévolution très générale du diagnostic au futur maître d'œuvre des travaux a empêché que la profession de « *diagnostiqueur indépendant* » soit pleinement développée³⁰⁵.

Encore faut-il aussi que le maître d'ouvrage soit conscient de la rentabilité rapide des légers surcoûts demandés par ces « meilleures techniques ». Or, il est soumis, comme le propriétaire moyen du pavillon moyen à la désinformation ambiante sur les vitrages, les isolants minces, les chauffe-eau solaires et autres PAC inadaptées.

Ce problème est particulièrement sensible dans les rénovations des bâtiments publics, quand des limites budgétaires interviennent pour justifier les choix de matériels médiocres.

4.2.2. LA RÉNOVATION DIFFUSE.

La quasi totalité des chantiers de rénovation diffuse, même importants, échappent à l'obligation de coordination (plus de 2 entreprises sur le chantier) dans les grosses opérations.

Dans la rénovation diffuse, la présence d'un maître d'œuvre est extrêmement rare.

Lorsqu'il faut refaire une chaufferie, ou changer des dizaines de fenêtres (ou des

d'agences de la Banque nancéienne Varin-Bernier, du groupe CIC.

³⁰⁵ L'ADEME est largement à l'origine de cet état de fait pour avoir agréé de très nombreux organismes mélangeant diagnostic et maîtrise d'œuvre des futurs travaux.

centaines); ce sont plutôt des « *gestionnaires* » polyvalents qui passent les commandes. Ceux-ci s'occuperont aussi bien des peintures ou du nettoyage, comme des fournitures de bureau, des espaces verts ou des préposés, etc.). Ceci est d'ailleurs valable dans les grands ensembles de logement social. Nous nous référons ici à des témoignages très affirmatifs sur l'absence ou la rareté extrême d'une maîtrise d'œuvre extérieure dans ces cas³⁰⁶.

À part de l'information – mais sera-t-elle plus efficace que celle dispensée depuis 1974 ? – on ne peut guère envisager que des obligations de diagnostic énergétique comme on vient de l'imposer dans les logements lors des ventes ou locations.

À condition de trouver des diagnostiqueurs compétents³⁰⁷; mais ceci est une autre histoire...

On pourrait envisager des « diagnostics obligatoires » dans les bâtiments tertiaires privés à partir d'un montant minimum de travaux sur les équipements concernant l'énergie.

5. LES BÂTIMENTS TERTIAIRES PUBLICS.

Les bâtiments tertiaires publics souffrent des mêmes problèmes que ceux du secteur privé. Notamment, l'intervention d'un gestionnaire seul – en dehors des rénovations concertées – est pratiquement la règle dans le tertiaire public comme dans le tertiaire privé.

Mais, il s'y ajoute des « *contraintes administratives* », ou plutôt des « *pratiques administratives contraignantes* » comme nous allons le voir.

5.1. LA « NON SÉPARATION » DU FONCTIONNEMENT ET DE L'INVESTISSEMENT.

En effet, dans le secteur public, on rencontre une « *barrière coutumière* » entre les « *gestionnaires* » qui s'occupent du « *fonctionnement* » énergétique quotidien (chauffage, électricité spécifique) et des instances « *budgétaires* » qui commandent les petits travaux et gros travaux.

Nous avons employé le terme de « *barrière coutumière* » pour signifier que le *Code des marchés publics* ne connaît pas cette barrière, qui résulte en fait de pratiques administratives. Celles-ci découlent évidemment d'une organisation inadaptée aux questions énergétiques.

En effet, le *Code des marchés publics* prescrit – en principe – une séparation étanche entre les budgets de fonctionnement et d'investissement. Or, les fournitures liées à l'énergie constituaient une exception depuis longtemps (avec quelques autres cas : les systèmes informatiques par exemple).

³⁰⁶ M. Jolivet, gérant de la société SIDREM (Serrurerie Industrielles de Rénovation et de Maintenance) spécialiste des remplacements de fenêtres et portes, nous a affirmé n'avoir jamais eu affaire qu'à des « *gestionnaires* » d'immeubles au cours de gros travaux de remplacement pour la compagnie d'assurances AXA et ses filiales, la SNI (Société Nationale Immobilière des Armées, de la Gendarmerie, etc.), les ASSEDIC de Paris, de grands syndics comme Foncia, de nombreuses sociétés d'HLM (Romainville, Montreuil, Aubervilliers, OPAC du Val-de-Marne), etc.

³⁰⁷ Le diagnostic énergétique d'un établissement tertiaire est bien plus complexe, difficile et coûteux que le diagnostic très sommaire qui vient d'être imposé aux logements.

La possibilité de transferts entre le « *budget d'investissement* » et le « *budget de fonctionnement* » en matière de fourniture d'énergie (chauffage et électricité) est autorisée depuis 1976 par le *Code des marchés publics*.

5.1.1. LE DÉCRET DU 4 JUIN 1976 SUR L'EXPLOITATION DE CHAUFFAGE.

Le « *Décret du premier ministre n°76-568 du 4 juin 1976*³⁰⁸, approuvant le cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés d'exploitation de chauffage avec petit entretien des installations passés au nom de l'État », (CCTG) texte applicable à tous les marchés publics, prévoyait la possibilité que :

« *Si certaines adaptations des installations sont économiquement justifiées, elles peuvent être proposées et prises en charge par l'entreprise d'exploitation [dans] les contrats "à forfait" de type M. F. et M. T.* ».

Les « *contrats de type M. F. et M. T.* » sont des contrats « *à forfait* » de 8 ou 5 ans respectivement, indexés sur les prix des énergies, le second comportant des « *corrections en fonction des degrés jours annuels* » et le premier non (la période de 8 ans étant censée corriger les variations entre années froides et chaudes).

En pratique, cette possibilité a été appliquée très concrètement, y compris aux fournitures d'électricité, dans un certain nombre de bâtiments. En ce sens, on peut parler de réussite technique.

Mais, ce fut un échec économique, en ce sens que la procédure, pourtant très simple d'application, ne fut que très peu employée.

La raison en a été – selon nous – l'ignorance dans laquelle étaient les « gestionnaires » de cette possibilité, pourtant fondamentale, plutôt qu'une quelconque opposition des « budgétaires » chargés des travaux.

Le Décret de 1976 (modifié) est toujours applicable aujourd'hui³⁰⁹. Mais, il semble que la décentralisation l'ait tellement dévalorisé que son édition sous forme de manuel, la *Brochure n°2008* est épuisée au *Journal Officiel*³¹⁰.

Ce désintérêt a été en quelque sorte institutionnalisé par la mise en sommeil à partir de 1993 du *Groupe permanent d'étude des marchés de Chauffage-Climatisation (GPEM/CC)*, origine du *Décret* de 1976 et de plusieurs autres manuels fondamentaux pour les marchés liés à l'énergie (voir leur liste en *Bibliographie* ; le seul encore disponible est celui qui concerne les « *travaux d'installation de génie climatique* » neuves, brochure 2015).

En 2005, un *Groupe d'étude des marchés "développement durable" (GPEM/DD-ER)*³¹¹ » a été mis en place. Son domaine est plus vaste que l'énergie et concerne tous les « *achats éco-responsables* ». Il a publié un manuel, le « *Guide de l'achat public éco-responsable* ».

³⁰⁸ Décret signé de Jacques Chirac, alors premier ministre. *Journal Officiel* du 30 juin 1976. Ce texte était issu des travaux du *Groupe permanent d'étude des marchés de Chauffage-Climatisation (GPEM/CC)*.

³⁰⁹ Le Décret de 1976 a été modifié par le Décret 87-966 du 26 novembre 1987 et la Circulaire C-83 du 10 février 1983 toujours en vigueur en début 2007.

³¹⁰ Il s'agit de la brochure n°2008, dont la dernière édition, datant de 1991, n'est plus disponible.

³¹¹ ER pour « *énergies renouvelables* ».

L'efficacité énergétique dans les marchés d'exploitation de chauffage et de climatisation »³¹².

Ce document ne donne en aucune façon de types de contrats directement utilisables.

Tout récemment, un *Groupe d'étude des marchés de Chauffage-Climatisation (GEM/CC)*, a été reconstitué dans le cadre de l'*Observatoire économique de l'achat public (OEAP)*. Il a produit une nouvelle version provisoire de la *Brochure n°2008*, sous le titre de « *Guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans gros entretien des matériels et avec obligation de résultat* »³¹³.

Ce *Guide* est très proche du *CCTP des marchés d'exploitation de chauffage* dans sa dernière version de 1991. Son utilité est indéniable pour perpétuer l'ancien *CCTP*. Il reprend notamment pour les marchés de type MF et MT la formule :

« *Si certaines adaptations des installations sont économiquement justifiées, elles peuvent être proposées et prises en charge par le titulaire sous réserve de l'accord de l'acheteur.* »

De plus, il semble nécessaire de tenir compte des évolutions intervenues en 15 ans depuis la dernière révision du *CCTP* de 1991.

5.1.2. LA CIRCULAIRE DU 13 FÉVRIER 1991 SUR LE CRÉDIT-BAIL POUR LES BÂTIMENTS DE L'ÉTAT.

La *Circulaire du ministre du budget et du ministre de l'industrie* du 13 février 1991 avait complété le dispositif classique du *Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés d'exploitation de chauffage* par la possibilité de recourir au « *crédit-bail* » pour financer les travaux d'économie d'énergie.

Sa durée devait être limitée à 10 ans, « *ce qui garantissait la sélection des opérations les plus rentables* » (rappelons que le *CCTG des marchés d'exploitation de chauffage* limitait la durée des contrats à 5 ou 8 ans).

Ici encore, ce fut une réussite technique : le *Rapport Martin* en donne quelques exemples et estime que « *la technique du crédit-bail [avait] globalement fait ses preuves.* »

Mais, ce fut un échec économique comme l'a démontré l'évaluation faite dans le cadre du *Rapport Martin*, car il fut très peu employé³¹⁴.

5.1.3. LE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ.

La fusion budgétaire entre fonctionnement et investissement semble être actuellement prônée dans le cadre plus général des « *partenariats public-privé* » (dit *PPP*)³¹⁵. Leur

³¹² Voir www.territoiresdurables.fr/upload/pagesEdito/fichiers/GPEM_Efficacite_energetique.pdf Fin mars 2007, ce site le présentait encore comme un « *document provisoire* ».

³¹³ Voir sur le site du ministère des finances le texte de ce guide approuvé par la décision n° 2007-17 du 4 mai 2007 du Comité exécutif de l'OEAP) : http://www.finances.gouv.fr/directions_services/daj/guide/gpem/exploitation_chauffage/exploitation_chauffage.pdf

³¹⁴ Voir *La maîtrise de l'énergie dans les bâtiments de l'État : l'utilisation du crédit-bail*, Henri Legrand, Conseil général des Mines, Annexe à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*.

³¹⁵ Voir par exemple les sites du ministère des finances et de l'industrie www.ppp.minefi.gouv.fr ou les manuels

application aux économies d'énergie paraît une voie intéressante, malgré les échecs passés.

Le seul document actuellement disponible est le « *Guide à l'usage des acheteurs publics. Optimisation de la Performance énergétique des bâtiments publics par la mise en œuvre des contrats de partenariat* » édité par la Mission d'appui à la réalisation des contrats de partenariat (MAPPP) ».

Son statut juridique n'est pas clair. Il se présente comme ayant été « réalisé » par une association, Le Gimélec et « soutenu par la MAPPP et l'ADEME ». Il se propose de :

« *décrire en y apportant les textes de référence, la méthodologie à mettre en œuvre pour la mise en place de mesures innovantes d'efficacité énergétique.*³¹⁶ »

Nous n'analyserons pas ce document, qui se réfère à des *Directives européennes*, et semble refléter des positions ambiguës, liées à des textes juridiques contradictoires³¹⁷.

Notamment, le Guide nie l'existence des marchés publics de type MF et MT permettant d'adosser les dépenses d'investissement au budget de fonctionnement, comme l'exprime le passage suivant :

« *En fonction du contenu en termes de travaux et de services, la démarche de performance énergétique se traduira soit par un marché public, soit par un Contrat de Partenariat.*

En cas de recours au marché public, les dépenses d'investissement doivent être financées immédiatement et intégralement par la personne publique en vertu de l'interdiction du paiement différé défini par le code des marchés publics.

*En cas de recours au Contrat de Partenariat, la personne publique choisit de faire financer les investissements dans le cadre d'une opération complexe, avec un remboursement total ou partiel de l'opération assuré par une baisse des factures énergétiques et/ou une revente de ressources énergétiques.*³¹⁸ »

Il y a là une fausse affirmation, susceptible de donner lieu à des recours juridiques³¹⁹.

Ce Guide se présente donc comme l'inverse du « *Guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans gros entretien des matériels et avec obligation de résultat* ». Il ne contient aucun modèle de rédaction de « contrat de partenariat ». La rédaction effective des contrats sera donc problématique...

Ce type de contrat se présente comme un mélange de crédit-bail et de contrat d'exploitation à garantie de résultats, puisque les paiements peuvent dépasser largement les budgets consacrés normalement à l'énergie par la personne publique, comme le Guide l'indique³²⁰ (c'est nous qui soulignons) :

« [...] *le contrat de partenariat au sens de l'ordonnance du 16 juin 2004 vise à promouvoir des pratiques nouvelles dans la poursuite d'un objectif d'intérêt général partagé par tous, l'économie d'énergie primaires notamment par des systèmes de*

édités par l'Institut de la gestion déléguée sur le site de La Documentation française.

http://actu-promo.ladocumentationfrancaise.fr/rubrique.php3?id_rubrique=196?xtor=SEC-580

³¹⁶ Voir le Guide sur l'Optimisation des performances énergétiques, pages 1 et 2.

³¹⁷ La base est l'Ordonnance du 17 juin 2004 sur les contrats de partenariats, *Journal Officiel* du 19 juin.

³¹⁸ Guide sur l'Optimisation des performances énergétiques, page 26. C'est nous qui soulignons.

³¹⁹ Une autre question est de savoir si le recours aux marchés ne prime pas obligatoirement sur ce type de contrat, notamment lorsque la durée sera inférieure aux 8 ans permis par les contrats de type MF.

³²⁰ Guide sur l'Optimisation des performances énergétiques, page 7. C'est nous qui soulignons.

garantie d'économie d'énergie et de remboursement total ou partiel de programmes d'investissement. »

En clair, l'investissement peut dépasser – de combien ? – les gains faits sur l'énergie et demander une dotation budgétaire d'investissement de la part du contractant public.

Les modalités pratiques du « *partenariat public-privé* » dans la gestion des installations énergétiques avec travaux d'économie d'énergie devront être précisées.

En résumé, cette procédure pose de nombreuses questions :

- ne retombera-t-on pas dans les échecs précédents ?
- à quel niveau doit se faire la négociation avec l'entreprise ? celui du gestionnaire ou du maître d'ouvrage ?
- les prescriptions détaillées pour les marchés de type MC et MT reprises par le *Guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage* seront-elles efficaces pour ne pas laisser les gestionnaires à la merci des partenaires privés ? En effet, celui n'est plus obligatoire comme l'ancien CCTP ;
- comment informer les gestionnaires d'entités dispersées – comme les hôpitaux par exemple – et les protéger d'une convention qui leur soit très défavorable ?
- comment empêcher un « écrémage » des économies les plus rentables et la stérilisation des autres possibilités sur une longue période par ce type de contrats ?
- où les gestionnaires trouveront-ils des « *conseils*³²¹ » compétents pour les aider à négocier ce type de contrat ?

5.2. L'ÉTAT MODÈLE ?

Lors de la première guerre du Golfe, une *Circulaire* du 24 janvier 1991 avait réactivé les économies d'énergie dans les bâtiments de l'État.

Les principales dispositions prises étaient les suivantes :

- audit obligatoire pour des puissances dépassant 350 kW,
- limitation des températures à 19°C,
- diffusion accélérée des lampes à basse consommation,
- nomination d'un « *haut fonctionnaire énergie* » dans chaque ministère.

Le *Rapport Martin* a évalué les résultats de la *Circulaire* de 1991³²². Il a, de façon plus précise, porté son investigation sur les politiques suivies par le ministère des Finances et celui de la Justice.

Tout en rappelant que la consommation des bâtiments de l'État est faible (1 % du total), le *Rapport* insiste sur le fait que :

« [Cette politique] a un caractère d'exemplarité car l'État ne peut développer des politiques contraignantes ou incitatives à l'égard des collectivités locales ou du secteur privé s'il n'applique pas à lui-même ses normes et recommandations. »

³²¹ Il n'existe qu'un très petit nombre de conseils compétents, du fait de la faible diffusion des contrats mixtes investissement-fonctionnement du *Décret* du 4 juin 1976 ou de la *Circulaire* du 13 février 1991 sur le crédit-bail.

³²² Toutes les citations sont tirées du *Rapport La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, pages 290-303.

Voir *Évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments de l'État*, Olivier Sichel, Inspection générale des Finances, Annexe 25 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation* de Yves Martin.

Or, son évaluation montre que le dispositif de la *Circulaire* du 24 janvier 1991 fut globalement un échec.

L'audit prévu n'a été que très partiellement réalisé (notamment par les Finances !).

La limitation à 19°C n'a pratiquement été appliquée nulle part ; ainsi, le siège du ministère des finances à Bercy a même été conçu pour « réguler à 21° les bureaux avec une grande précision ».

Les « hauts fonctionnaires énergie » se sont révélés totalement inefficace dans leur ensemble, bien que certains, comme au ministère de la Justice aient obtenus des résultats remarquables³²³.

En fait, « *L'expérience menée au ministère de la Justice apparaît isolée* ». Dans ce cas précis, « *le ministère de la Justice a bénéficié de la mise à disposition de 40 agents du ministère de l'Équipement* », et donc de moyens d'action importants, tandis que le ministère des finances n'a pas daigné se doter d'une équipe d'ingénieurs (ni d'ailleurs d'une équipe étoffée)³²⁴.

La conclusion du *Rapport* Martin – et ce sera aussi la nôtre – était la suivante :

« *L'exemple du ministère de la Justice montre clairement que la maîtrise d'énergie est très dépendante d'une structure d'impulsion permanente* ».
Avec les moyens humains et financiers nécessaires.

³²³ Le *Rapport* avait examiné plus en détail – outre les résultats obtenus dans l'ensemble – ceux des politiques menées au ministère des Finances et de la Justice.

³²⁴ En complément au *Rapport* Martin, nous avons interviewé notre collègue au Conseil général des Ponts et chaussées, l'ingénieur général des Ponts et chaussées Jean-Jacques Bryas, qui fut responsable de cette action au ministère de la Justice qui peut confirmer l'importance des moyens humains et financiers mis en œuvre.

BIBLIOGRAPHIE.

Données statistiques.

Le compte du logement, Rapport à la commission des comptes du logement, série annuelle, ministère de l'équipement (ou du logement), DAEI/DGUHC, édition Economica.

Les chiffres clés de l'énergie, série annuelle, publié par le ministère de l'économie des finances de l'industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, Observatoire de l'énergie.

L'énergie en France, Repères, série annuelle, publié par le ministère de l'économie des finances de l'industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, Observatoire de l'énergie.

Statistiques du syndicat national du chauffage urbain (SNCU), série annuelle, disponible auprès du SNCU.

Grands agrégats économiques de la construction 2005, série annuelle, ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, Secrétariat général, DAEI.

Maîtrise de l'énergie – Bilan 2005 – Attitudes et comportements des particuliers, série annuelle, ADEME, TNS SOFRES. 208 pages.

CEREN, données 2004, non publié.

Les chiffres clés du bâtiment, CD-ROM édité par l'ADEME.

Site du ministère de l'équipement www.equipement.gouv.fr

Site de l'ANAH (Association Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat) et de la FFB (Fédération Française du Bâtiment) <http://www.anah.fr/pdf/obs-tome5.pdf>

Site du Club de l'amélioration de l'habitat, <http://www.cah.asso.fr/>

Site du ministère www.industrie.gouv.fr

Évaluations et historiques de la politique de l'énergie dans les bâtiments.

La réhabilitation de l'habitat social, rapport d'évaluation, Instance d'évaluation présidée par M. René Rossi, Conseil général des Ponts et chaussées, Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, Commissariat général du Plan, 1993, édition La documentation française.

Groupe 1 - Les enseignements à tirer du passé, document provisoire de la *Commission Énergie du Conseil d'analyse stratégique*, non publié, 2006.

Philippe Aussourd, Marc Prévôt, Raphaël Slama, *Évaluation de la mise en œuvre de la réglementation thermique 2000*, 20 novembre 2006.

Maxence Langlois-Berthelot, Jean-Michel Biren, Thomas Revial, Philippe Dumas, *Rapport sur les installations de cogénération sous obligation d'achat*, Inspection générale des Finances et Conseil général des Mines, janvier 2007.

L'évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie et ses annexes.

La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation, Instance d'évaluation présidée par M. Yves Martin, Conseil général des Ponts et chaussées, Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, Commissariat général du Plan, 1998, édition La documentation française.

Évaluation de la réglementation thermique de la construction de logements, Paziaud SA et Cabinet Bernard, Annexe 20 à La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Contrôle par l'État de l'application de la réglementation thermique de la construction d'immeubles d'habitation, François Ulivieri, Conseil général des Ponts et chaussées, Annexe 21 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation* non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Coût et impact de la réduction d'impôt sur le revenu en faveur des économies d'énergie, Vincent Lidsky, Inspection générale des Finances, Annexe 23 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

La réduction fiscale pour travaux dans les logements sur l'impôt sur le revenu, d'après l'analyse des déclarations de revenus de 1993, SCORE, Annexe 24 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation* non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Evaluation de la réglementation thermique de la construction neuve tertiaire, Cabinet TRIBU, Annexe 22 à « *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation* » non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments de l'État, Olivier Sichel, Inspection générale des Finances, Annexe 25 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

La maîtrise de l'énergie dans les bâtiments de l'État : l'utilisation du crédit-bail, Henri Legrand, Conseil général des Mines, Annexe 26 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Évaluation de l'action de l'ADEME dans le domaine des chaufferies collectives au bois, Jean-Jacques Becker, Conseil général du génie rural et des eaux et forêts, Annexe 29 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Evaluation de la politique de maîtrise de l'énergie dans le domaine des réseaux de chaleur, Henri Legrand, Conseil général des Mines, Annexe 30 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Publications du Club d'Ingénierie Prospective Energie-Environnement (CLIP).

Cahier n°7, *L'éclairage en France*, janvier 1997.

Cahier n°11, *Le froid domestique*, 91 pages, décembre 1999.

Cahier n°13, *Habitat et développement durable- Bilan rétrospectif et prospectif*, avril 2001.

Cahier n°16, *Habitat et développement durable, les perspectives offertes par les énergies renouvelables*, septembre 2004.

Cahier n°18, *Pompes à chaleur et habitat, Prospective des consommations d'énergie et des émissions de CO² dans l'habitat : les gisements offerts par les pompes à chaleur*, 49 pages, janvier 2007.

Manuels du Groupe permanent d'étude des marchés de Chauffage-Climatisation (GPEM/CC).

CCTG (Cahier des clauses techniques générales) Marchés publics de travaux d'installation de génie climatique. N°2015, 1991.

CCTG (Cahier des clauses techniques générales) Marchés d'exploitation de chauffage. N°2008, 1991.

Combustibles liquides « Fiouls », 1989.

Travaux de maîtrise de l'énergie avec garantie de résultat et exploitation des installations. N°5601, 1989.

Réseaux de distribution de chauffage à eau chaude. N°5605, 1988.

Installation de système de chauffage à haut rendement. N°5606, 1990.

Guide pour l'utilisation du bois comme source d'énergie destinée au chauffage des bâtiments publics. N°5607, 1992.

Conception, réalisation, exploitation des réseaux de chaleur. N°5705, 1993.

Guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans gros entretien des matériels et avec obligation de résultat, 2007³²⁵.

Brochures ADEME 2006, disponibles dans les Espaces INFO-ÉNERGIE.

On se réfère notamment aux brochures suivantes (il y en a d'autres) :

L'isolation thermique, Le chauffe-eau solaire individuel, Équipements électriques, Le chauffage au bois (2 brochures), L'isolation thermique, La ventilation, Les pompes à chaleur, Les chaudières performantes.

Sur les réseaux de chaleur.

Henri Prévot, avec la collaboration de Jean Orselli, *Les réseaux de chaleur*, Conseil général des Mines, Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, 29 mars 2006.

Les réseaux de chaleur, le service chaleur à domicile. Maîtrise de l'énergie et respect de l'environnement. 99 pages, Ademe, octobre 1991.

La géothermie, une énergie d'avenir. 117 pages, Ademe et BRGM, 1998.

À Chelles, la première pile à combustible chauffe 200 logements. In revue *Chaud-froid-plomberie*, n°624, mai 2000.

L'annuaire des réseaux de chaleur et de froid, Association de promotion des réseaux de chaleur et de froid, édition annuelle. Voir son site www.viaseva.org

Statistiques du syndicat national du chauffage urbain (SNCU), série annuelle, disponible auprès du SNCU.

Évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie dans le domaine des réseaux de chaleur, Henri Legrand, Annexe 30 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation*, non publiée, disponible au Commissariat général du Plan.

Sur le chauffage au bois.

Jean-Jacques Becker, *Évaluation de l'action de l'ADEME dans le domaine des chaufferies collectives au bois*, Annexe 29 à *La maîtrise de l'énergie, rapport d'évaluation.*, non publié, disponible au Commissariat général du Plan.

Henri Prévôt, *L'économie de la forêt - mieux exploiter un patrimoine*, Edisud, 1993.

Autres documents utilisés.

Jacques Dupaigne, Georges Debieesse, Philippe Aussourd, *Mobilisation des professionnels pour les économies d'énergie et la lutte contre l'effet de serre dans le secteur du bâtiment. Rapport préliminaire*, Conseil général des Ponts et Chaussées, janvier 2007.

Les besoins énergétiques des bâtiments, Marie-Hélène Laurent et Nelly Recrosio, département *Énergie dans les bâtiments et territoires* à EDF-R&D, in *Futuribles*, février 2007.

Alain Morcheoine, *Note de réflexion sur l'organisation du PREBAT*, Ademe, 17 décembre 2004.

Note d'orientation pour l'atelier 1 du PREBAT, Quelle stratégie de recherche-développement pour agir sur l'existant ? Quelles filières technologiques et professionnelles développer ? anonyme, décembre 2004, document de travail non publié.

Protocole du PREBAT, 2006.

Publications du *Groupe d'étude des marchés publics Développement Durable Énergies*

³²⁵ Voir sur le site du ministère des finances le texte de ce guide approuvé par la décision n° 2007-17 du 4 mai 2007 du Comité exécutif de l'OEAP :

http://www.finances.gouv.fr/directions_services/daj/guide/gpem/exploitation_chauffage/exploitation_chauffage.pdf

Renouvelables.

Bâtiments « 50 kWh/m²/an ». Étude prospective des moyens techniques à mettre en œuvre, Collectif d'industriels "Isolons la Terre contre le CO₂" – *ENERTECH*, 2007, 126 pages.

Directive 2002/91/CE du parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments.

Réhabilitation, un marché sûr pour les entreprises, Le Moniteur, n°4969, 19 février 1999 .

HQE® Mode d'emploi, brochure de l'Association HQE, 14 mars 2006.

Le marché des équipements de chauffage à eau chaude en 2005, Bilan provisoire, brochure du Groupement des Fabricants de matériels de Chauffage Central par l'eau chaude et de production d'eau chaude sanitaire (GFCC), janvier 2006.

Communication des Vitrages Saint-Gobain, présentation lors de l'audition du 21 septembre 2006.

Catalogue Lapeyre, 2^{ème} édition 2006.

Catalogue en ligne www.leroymerlin.fr

Le Recknagel, manuel pratique du génie climatique, PYC édition, 2^{ème} édition.

Catalogue Conrad électronique en ligne www.conrad.fr .

Note d'orientation collective pour l'atelier 1 du PREBAT, *Quelle stratégie de recherche-développement pour agir sur l'existant ? Quelles filières technologiques et professionnelles développer ?* Décembre 2004, document de travail non publié).

La consommation d'énergie à usage domestique depuis quarante ans. Électricité, numéro un dans les foyers, revue « INSEE première », numéro 845, mai 2002.

Programme national de lutte contre le changement climatique 2000/2010, Premier ministre, Mission interministérielle de l'effet de serre, 2000.

Réhabilitation, un marché sûr pour les entreprises, page 19, et *Dossier Réhabilitation,* pages 66 et suivantes, in *Le Moniteur*, n°4969, 19 février 1999.

Energie 2010-2020, les chemins d'une croissance sobre, avec ses 4 Rapports annexes, Commissariat général du Plan, édition La documentation française, 1998.

La demande potentielle de logements. L'impact du vieillissement de la population, Revue INSEE Premier, N°875, éditeur INSEE.

Le renouveau des pompes à chaleur géothermales, in La lettre de l'ADEME, n°90, février-mars 2003.

G. Chemillier *Propositions d'actions relatives au renouvellement d'air (ventilation) dans le bâtiment,* Note pour le « Groupe de travail sur la ventilation », 1999.

Analyse globale des consommations énergétiques : les leçons d'une démarche originale. « Du chauffage à l'ordinateur, attention, une consommation peut en cacher une autre ! ». 6 pages, brochure du Cabinet Olivier Sidler, non datée.

Étude expérimentale des appareils électroménagers à haute efficacité énergétique placés en situation réelle, Cabinet Olivier Sidler, pour la Commission européenne (Programme SAVE N°4.1013/S/94-093) et l'AEME, janvier 1998.

Développement de la construction bois en France, Serge Lochu Consultants pour la Mission interministérielle de l'effet de serre, 3 volumes, juin 1997.

Le programme Bois-Énergie, in La lettre de l'ADEME, n°89, décembre 2002.

Synthèse des campagnes de mesures sur les usages électriques spécifiques du secteur résidentiel. Cabinet Olivier Sidler, pour la Commission européenne (Programme SAVE N°4.1031/93-58 et 4.1031/S/93-093) , 31 pages, août 1997.

Campagne d'économies d'électricité et suivi des consommations. Opération ECO-WATTS, Association TPE Écologie, Convention DGEMP n°98.2.18.09.01, rapport final, 52 pages, juillet 1998.

HLM, des solutions pour diminuer les charges. Dossier réalisée par François Sagot *et al.*

Le Moniteur, n°4983, 11 juin 1999.

Etude de la contribution à long terme du secteur tertiaire au risque de changement climatique global. Jean Baillon *et al.* Pour la Mission interministérielle de l'effet de serre, commande n°56/97, 56 pages, mars 1998.

PREBAT. Un programme d'actions. Note CSTB, 22 décembre 2004.

Note de réflexion sur l'organisation du PREBAT. Note de Alain Morcheoine, Ademe, 17 décembre 2004.

Directive 2002/91/CE du parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments. (JO 4/01/2003, pages 0065-0071).

Restitution des résultats des études faites par le CEREN. : "Poursuite de l'amélioration de la connaissance statistique des consommations d'énergie dans les secteurs résidentiels et tertiaire en 2002", DGEMP, 8 juillet 2004.

Guide Éclairage. 78 pages, Électricité de France, décembre 1997.

Nouvelles technologies de l'énergie. Rapport. Thierry Chambolle, Florence Méaux, 124 pages, 2004.

Le marché des matériels de chauffage central : légère progression et amélioration de la performance, Groupement des fabricants de matériels de chauffage central par l'eau chaude et de la production d'eau chaude sanitaire, février 2004.

Groupement Européen des Producteurs de Verre Plat (GEPVP), *Energy and Environmental Benefits from Advanced Double Glazing in EU Buildings*, Lettre à la Commission européenne, 2004.

GLOSSAIRE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADEME : Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie.

ANAH : Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat.

BTP : l'industrie du bâtiment et des travaux publics.

BET : bureau d'études techniques.

CDF : Charbonnages de France.

Cogénération : production combinée de chaleur et d'électricité.

Degrés jours : ou DJU (degrés jour unifiés), cumul des différences entre les températures moyenne de chaque jour et une température de base, généralement 18°C, sur une période de chauffage de 232 jours entre le 1^{er} octobre et le 20 mai.

DOM-TOM : départements et territoires d'Outre-mer.

ECS : eau chaude sanitaire.

EDF : Electricité de France.

ENR : énergies nouvelles et renouvelables.

GDF : Gaz de France.

GFCC : Groupement des fabricants de matériels de chauffage central par l'eau chaude et de la production d'eau chaude sanitaire.

GW : gigaWatt, 10⁹ Watt.

GWh : gigaWatt-heure, 10⁹ Watt-heure.

GPL : gaz de pétrole liquéfiés (propane, butane et leurs isomères).

HT : hors taxes.

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques.

IRPP : Impôt sur le revenu des personnes physiques.

Kep : kilogramme équivalent pétrole.

M : « million de », par exemple dans Mtep = million de tep.

Maître d'ouvrage : celui qui décide et paie les travaux.

Maître d'œuvre : professionnel qui conçoit et fait exécuter les travaux.

Mtep/an : million de tonne équivalent pétrole.

ONF : Office national des forêts.

PALULOS : Prime à l'amélioration des logements locatifs et à occupation sociale.

PREBAT : Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments.

tep : tonne équivalent pétrole.

teC : tonne équivalent de carbone fossile émis.

TIPP : taxe intérieure sur les produits pétroliers.

TTC : toutes taxes comprises.

TW : téraWatt-heure, 10¹² Watt-heure.

TWh : téraWatt-heure, 10¹² Watt-heure.

UIOM: usine d'incinération des ordures ménagères.

UNCMI :Union des Constructeurs de Maisons Individuelles.

VIR : vitrages à isolation renforcée.

VMC : ventilation mécanique contrôlée.

LISTE DES PERSONNES CONSULTÉES.

Les auditions ont permis de consulter un grand nombre de spécialistes dans le cadre de discussions avec des membres d'un Groupe de travail de l'Académie des technologies. On a regroupé les noms par séance d'audition.

Les personnes consultées individuellement et les membres de l'Académie des technologies ayant participé à certaines auditions sont indiqués en fin de liste.

Remerciements.

Mmes LAURENT et RECROSIO, du département Énergie dans les bâtiments et territoires de EDF-R&D, nous ont apporté l'aide la plus précieuse en mettant à notre disposition leur collationnement de données statistiques existantes, d'une part, et leurs « *évaluations de données inexistantes* » dans les statistiques officielles, d'autre part.

M. AUSSOURD, membre du Conseil général des Ponts et chaussées, a participé à la réflexion et à la rédaction du présent *Rapport*.

Éclairage, domotique et électricité, 20 septembre 2006.

Bernard DUVAL, Association Française de l'Éclairage.

Dr Marc FONTOYNONT, Directeur du Laboratoire Sciences de l'Habitat (LASH), Département Génie Civil et Bâtiment (DGCB) – URA CNRS 1652, École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE).

Marie-Hélène LAURENT, Électricité de France, EDF-R&D, département Énergie dans les bâtiments et territoires.

Pierre MICHEL, spécialiste de domotique, Laboratoire Sciences de l'Habitat (LASH), Département Génie Civil et Bâtiment (DGCB) – URA CNRS 1652, École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE).

Isolation, construction neuve, 21 septembre 2006.

Bernard ABRAHAM, CSTB.

Jacky BENOIT, Lapeyre.

Pierre CHEMILLIER, Qualibat.

Valérie COUSTET, Saint-Gobain vitrage (techniques).

Pascal ÉVEILLARD, Saint-Gobain ISOVER et Association «Isolons la Terre».

Michel GIACOBINO, Vice-Président du PREBAT

Thierry DUFORESTEL, Électricité de France, EDF-R&D, département Énergie dans les bâtiments et territoires.

Martine OLLIVIER, Saint Gobain vitrage (marketing).

Chauffage urbain, Biomasse, 12 octobre 2006.

Philippe AUSSOURD, Conseil général des Ponts et Chaussées.

Jean-Claude BONCORPS, DALKIA, ex-président du Syndicat National du Chauffage Urbain

Michel GIACOBINO, Vice-Président du PREBAT
Denis GIVOIS, DALKIA, spécialiste de la biomasse et renouvelables.
Christophe MARCHAND, Électricité de France, EDF-R&D.
Henri PREVOT, Conseil général des Mines

Chaudières, eau chaude, solaire chauffage et ECS, 17 octobre 2006.

Pascal DALICIEUX, Électricité de France, EDF-R&D, département Énergie dans les bâtiments et territoires.
François DURIER, CETIAT, Centre Technique des Industries Aérouliques et Thermiques.
Claude FELDMANN, COSTIC, Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques.
Philippe GONZALES, Association française des pompes et de la robinetterie, PROFLUID.
Alexandre LEBRUN, Association française des pompes et de la robinetterie, PROFLUID.
Michael RANFT, Wilointec, Association française des pompes et de la robinetterie, PROFLUID.
Pierre TOLEDANO, GFCC, Groupement des Fabricants de matériels de Chauffage Central par l'eau chaude et de production d'eau chaude sanitaire.

Réglementations, politiques publiques, 26 octobre 2006.

Jean-Louis BAL, ADEME, énergies renouvelables.
Emmanuelle CAYRE, Électricité de France, EDF-R&D
Pascal DUPUIS, DGEMP, ministère des Finances et de l'Industrie.
Michel GIACOBINO, Vice-Président du PREBAT
Pierre HERANT, ADEME, Chef du Département Bâtiment et Urbanisme.
Alain JACQ, DGUHC, ministère de l'Équipement et du Logement.
Régis MEYER, Mission Interministérielle de l'Effet de Serre.
Christine ROGER, DGUHC, ministère de l'Équipement et du Logement.

Construction neuve, Architecture, 18 décembre 2006.

Dominique BIDOUE, Président de l'Organisation Haute Qualité Environnementale.
Bruno BOSCHETTI, architecte DPLG.
François PELLEGRIN, Président UNFSA.
Gérard SENIOR, architecte.

Electricité spécifique, 30 janvier 2007.

Patrice DRAPIER, Électricité de France, EDF-R&D.
Marie-Hélène LAURENT, Électricité de France, EDF-R&D, département Énergie dans les bâtiments et territoires.
Nelly RECROSIO, Électricité de France, EDF-R&D, département Énergie dans les bâtiments et territoires.

Personnes consultées à titre individuel.

Jean-Jacques BRYAS, Conseil Général des Ponts et Chaussées, ancien responsable de la sous-direction du patrimoine au ministère de la Justice.
Dominique DUPERRET, Union Nationale des Constructeurs de Maisons Individuelles.

Guy FLESSELLES, ingénieur conseil en économies d'énergie. Cabinet Bernard.
Philippe GOUPIL, président de ONF ÉNERGIE, Office National des Forêts.
François JOLIVET, ex-gérant de la société SIDREM, Serrurerie Industrielle de Rénovation et de Maintenance.

Un *Projet de Rapport* du 4 avril 2007 a fait l'objet d'une consultation auprès de toutes les personnes consultées, des membres du Groupe de travail et de divers autres Groupes de l'Académie des Technologies d'avril à juin 2007.

Membres de l'Académie des technologies ayant participé aux auditions.

Yves FARGE, Vice-Président de l'Académie des technologies, Président du PREBAT
François de CHARENTENAY, Président du Comité des travaux
Gilbert RUELLE, Président de la Commission Energie et Changement Climatique,
Paul CASEAU, membre de la Commission Energie et Changement Climatique,
Pierre FILLET, membre de la Commission Energie et Changement Climatique
Michel FRYBOURG, membre de la Commission Energie et Changement Climatique
Jean DHERS, membre de la Commission Energie et Changement Climatique

Divers membres de l'Académie, notamment M. G. Ruelle, qui n'avaient pas participé aux auditions du Groupe de travail, ont bien voulu faire de fructueuses remarques sur le projet de *Rapport* d'avril 2007.

TABLE DES TABLEAUX.

TABLEAU 1. LES DEGRÉS-JOURS UNIFIÉS MOYENS SUR LONGUE PÉRIODE.....	13
TABLEAU 2. PARCS DE LOGEMENTS (HORS DOM) EN 2004.....	29
TABLEAU 3. TRAVAUX D'ENTRETIEN-AMÉLIORATION ET ENTRETIEN COURANT EN MILLIONS € EN 2004.....	32
TABLEAU 4. DÉPENSES DE TRAVAUX RELATIFS À L'ÉNERGIE EN 2005 (ENQUÊTE ADEME-SOFRES).....	35
TABLEAU 5. RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE DANS L'HABITAT EN TWH EN 2004.	36
TABLEAU 6. RÉPARTITION DES DÉPENSES D'ÉNERGIE DANS L'HABITAT EN MILLIARDS €/AN.....	37
TABLEAU 7. ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ DE 1990 À 2003 (TWH/AN).38	
TABLEAU 8. RÉPARTITION DES RÉSIDENCES PRINCIPALES PAR TYPE DE CHAUFFAGE.39	
TABLEAU 9. RÉPARTITION PAR « MAÎTRE D'OUVRAGE INITIAL » DES ACQUISITION DE LOGEMENTS NEUFS EN MILLIONS € EN 2004 (NON COMPRIS FRAIS ET DROITS DE MUTATION).....	48
TABLEAU 10. LES EFFETS DE L'UTILISATION DE BONS COMPOSANTS EN RÉNOVATION DIFFUSE.	62
TABLEAU 11. SCÉNARIO 1. ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE.....	62
TABLEAU 12. SCÉNARIO 2. ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE.....	64
TABLEAU 13. RÉPARTITION DES RÉSIDENCES PRINCIPALES PAR RAPPORT À L'ÉMISSION DE CO2.....	66
TABLEAU 14. LES VENTES DE CHAUDIÈRES INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES EN 2005-2006.	77
TABLEAU 15. CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET COÛT CORRESPONDANT DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE POUR PAVILLON D'APRÈS LE RECKNAGEL (AVANT 2000).....	98
TABLEAU 16. CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET COÛT DE LA PRÉPARATION D'ECS.....	101
TABLEAU 17. CONSOMMATIONS ET DÉPENSES D'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE DANS L'HABITAT-TERTIAIRE.....	111
TABLEAU 18. DÉCOMPOSITION DE L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE DANS LES RÉSIDENCES PRINCIPALES (FRANCE MÉTROPOLITAINE) 2001-2002.....	113
TABLEAU 19. RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS ET DÉPENSES D'ÉNERGIE DANS LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	139
TABLEAU 20. RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE PAR USAGE DANS LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.	139

TABLE DES FIGURES.

FIGURE 1. LE SECTEUR DES BÂTIMENTS DANS LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE TOTALE.....	7
FIGURE 2. RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS DANS L'INDUSTRIE.	11
FIGURE 3. ENSEMBLE DES TRAVAUX SUR LES LOGEMENTS EXISTANTS PAR TYPE DE DÉCIDEURS.....	32
FIGURE 4. RÉPARTITION DES CONSOMMATION DES LOGEMENTS PAR TYPE D'UTILISATION ET RÉPARTITION DE LA DÉPENSE GLOBALE ENTRE L'ÉLECTRICITÉ ET LES AUTRES ÉNERGIES	37
FIGURE 5. ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ DE 1990 À 2003.....	38
FIGURE 6. RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE DES LOGEMENTS PAR TYPES D'ÉNERGIES.....	40
FIGURE 7. ÉNERGIES DE CHAUFFAGE UTILISÉES DANS LES LOGEMENTS DES PAR TYPE DE PROPRIÉTAIRE ET D'OCCUPANT.....	41
FIGURE 8. RÉPARTITION ENTRE LES CHAUFFAGES INDIVIDUELS EN MAISON INDIVIDUELLE, LES CHAUFFAGES INDIVIDUELS EN IMMEUBLE COLLECTIF ET LES CHAUFFAGE COLLECTIFS PAR TYPE D'OCCUPANTS OU BAILLEURS.....	42
FIGURE 9. RÉPARTITION PAR TYPE DE PROPRIÉTAIRES SELON LE POUVOIR DE DÉCISION.	43
FIGURE 10. RÉPARTITION PAR TYPE D'IMMEUBLE DES 38,030 MILLIONS DE M² CONSTRUITS EN 2004.	47
FIGURE 11. RÉPARTITION SELON LE TYPE D'ACHETEUR DES LOGEMENTS ACHETÉS À UN PROMOTEUR OU RÉALISÉS À L'INITIATIVE DE L'ACHETEUR EN 2004 (EN VALEUR HORS FRAIS ET DROITS).....	48
FIGURE 12. ÉVOLUTION DES PRIX DES ÉNERGIES DE CHAUFFAGE (BASE 100 EN 1984)..	51
FIGURE 13. ÉVOLUTION ET PROSPECTIVE SIMPLIFIÉE DES LOGEMENTS.....	57
FIGURE 14. ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES LOGEMENTS DE 1975 À 1995.....	59
FIGURE 15. ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES LOGEMENTS DE 1996 À 2007.....	60
FIGURE 16. ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES LOGEMENTS DE 2008 À 2040.....	60
FIGURE 17. SCÉNARIO 1 - ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES LOGEMENTS DE 1975 À 2080.....	63
FIGURE 18. SCÉNARIO 2 - ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES LOGEMENTS DE 1975 À 2080.....	65
FIGURE 19. CHIFFRE D'AFFAIRE PAR TAILLE D'ENTREPRISES.	69
FIGURE 20. CHIFFRE D'AFFAIRE PAR TYPE D'OUVRAGE.	70

FIGURE 21. LES « VITRAGES À ISOLATION RENFORCÉE » DONNENT UN GAIN DE 1,7 W/°/M2 SUR LES « DOUBLES VITRAGES » ET DE 4,5 W /°/M2 PAR RAPPORT AUX VITRAGES SIMPLES.	82
FIGURE 22. LES « VITRAGES À ISOLATION RENFORCÉE AVEC ARGON » NE FONT QU'UN GAIN SUPPLÉMENTAIRE DE 0,4 W/°/M2.....	82
FIGURE 23. PÉNÉTRATION DES « VITRAGES À ISOLATION RENFORCÉE » EN ALLEMAGNE, GRANDE-BRETAGNE ET FRANCE.....	83
FIGURE 24. LES ÉVOLUTIONS RÉCENTES DES PERFORMANCES DU POLYSTYRÈNE EXPANSÉ.	88
FIGURE 25. UN DESCRIPTIF PUBLICITAIRE TYPIQUE D'ISOLANT MINCE RÉFLÉCHISSANT...89	89
FIGURE 26. LES CONSOMMATIONS PAR TYPE D'UTILISATION ET D'ÉNERGIE DANS LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	140
FIGURE 27. LES CONSOMMATIONS PAR TYPES D'UTILISATION ET D'ÉNERGIE DANS LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	140
FIGURE 28. LES CONSOMMATIONS PAR TYPE DE BÂTIMENTS TERTIAIRE.....	141

TABLE DES MATIÈRES.

SYNTHÈSE DU RAPPORT.....	1
CHAPITRE PREMIER.....	6
UN DOMAINE COMPLEXE.....	6
REMARQUE PRÉLIMINAIRE : CONVENTIONS DE MESURE ET COÛTS DE L'ÉNERGIE.	6
<i>Les bâtiments dans la consommation totale d'énergie.....</i>	6
1. STATISTIQUES, HISTORIQUE, COMPLEXITÉ.	8
<i>1.1. Données et évaluations.....</i>	8
<i>1.2. Priorité de l'industrie et de la production d'énergie sur le bâtiment.</i>	9
<i>1.3. Une demande dispersée et hétérogène.</i>	11
<i>1.4. Difficultés de l'information.....</i>	15
<i>1.5. À la recherche d'une solution universelle pour le chauffage ?</i>	16
2. LES OBJECTIFS ; POSITIONS ADOPTÉES DANS LE RAPPORT.....	17
<i>2.1. Comprendre l'objectif « diviser par 4 les émissions-de CO2 » ?.....</i>	17
<i>2.2 Les bilans « coût efficacité » économique.....</i>	18
<i>2.3. Le coût d'évitement des émissions de carbone fossile : « positif » ou négatif » ?.....</i>	19
<i>2.4. La « rentabilité différentielle ».....</i>	20
<i>2.5. Existence d'actions à coût très élevé dans le domaine des bâtiments.....</i>	21
<i>2.6. Les « actions à coût négatif ».....</i>	21
3. LES AUTRES CRITÈRES.	23
<i>3.1. Le critère d'indépendance énergétique et L'interdépendance énergétique européenne.....</i>	23
<i>3.2. Les effets positifs sur l'emploi : réalités et perceptions.....</i>	23
<i>3.3. Le problème de l'équité.</i>	24
<i>3.4. Les autres externalités.....</i>	25
4. LES UNITÉS DE MESURES.	26
CHAPITRE 2.....	28
L'ÉNERGIE DANS LES LOGEMENTS EXISTANTS.....	28
1. LE LEURRE DES « CONSOMMATIONS MOYENNES ».....	28
2. LE PARC DE LOGEMENTS EXISTANTS.....	29
<i>2.1. Typologie des logements.....</i>	29
<i>2.2. Comment se font les travaux dans les logements existants ? Réhabilitation, rénovation ou rénovation diffuse ?</i>	29
3. CONNAÎTRE LES TRAVAUX DANS LES LOGEMENTS EXISTANTS.....	31
<i>3.1. Les utilisateurs des logements existants.....</i>	31
<i>3.2. Les travaux ayant un effet sur la maîtrise de l'énergie.....</i>	32
4. LES ÉNERGIES UTILISÉES DANS LE LOGEMENT.....	36
5. LA MAÎTRISE D'OUVRAGE DANS LES LOGEMENTS EXISTANTS.	41
6. VERS UN NOUVEAU SYSTÈME DE CONNAISSANCE ?.....	43
CHAPITRE 3	45
LES LOGEMENTS NEUFS.....	45
1. LA « PRODUCTION » DE LOGEMENTS NEUFS.....	45
<i>1.1. « Demande de logement » et « activité immobilière ».....</i>	45
<i>1.2. Le marché actuel de la construction neuve.....</i>	47
2. LE CHOIX DE L'ÉNERGIE.	50
3. LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES LOGEMENTS NEUFS.	52
<i>3.2 Les labels.....</i>	52
4. CONCLUSION : JUSQUE OÙ ALLER DANS L'ISOLATION ?.....	54

CHAPITRE 4.....	57
ÉVOLUTION PASSÉE	57
ET PROSPECTIVE DU CHAUFFAGE DES LOGEMENTS.	57
1. ÉVOLUTION DE 1975 À 2040.	57
2. DEUX SCÉNARIOS JUSQU'EN 2080.	60
3. LA PROSPECTIVE DU CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE : UNE SOLUTION NATURELLE AUX ÉMISSIONS DE CO2 ?	65
4. LA PROSPECTIVE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE.	68
CHAPITRE 5.....	69
UNE PROFESSION TRÈS ÉMIETTÉE.....	69
1. LES ENTREPRISES DU BÂTIMENT.	69
2. LES « TRAVAUX POUR COMPTE PROPRE » ET « LE TRAVAIL AU NOIR ».	70
3. ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES ET « MÉTIERS ».	71
4. DES OFFRES GLOBALES DE TRAVAUX DE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE ?	72
4.1. offre nouvelle ou aménagement de l'offre existante ?	72
4.2. Une demande actuelle réduite.	72
5. CONCLUSION : LE MAÎTRE D'OUVRAGE APPARAÎT DÉARMÉ.	74
CHAPITRE 6.....	75
LES TECHNIQUES POUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS.	75
1. LES « ACTIONS À COÛT NÉGATIF » DANS LES BÂTIMENTS EXISTANTS.	75
2. LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE À EFFET JOULE.	76
3. LES CHAUDIÈRES.	77
4. LES POMPES DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE, DITES « CIRCULATEURS ».	79
5. LES HUISSERIES ET VITRAGES.	80
5.1. Les huisseries.	81
5.2. Les vitrages.	81
6. L'ISOLATION DES PAROIS OPAQUES.	86
6.1. Les divers types d'isolation.	86
6.2. Les produits minces réfléchissants et l'information des acheteurs.	88
7. LA VENTILATION.	91
8. L'ARRÊTÉ DU 3 MAI 2007 ET SON APPLICATION.	92
8.1. Le décret du 19 mars 2007 et l'arrêté d'application du 3 mai 2007.	92
8.2. Les questions en suspens.	95
CHAPITRE 7	97
EAU CHAUDE SANITAIRE, CHAUFFE-EAU SOLAIRES, POMPES À CHALEUR	97
1. LA CONSOMMATION D'EAU CHAUDE SANITAIRE.	97
1.1. La préparation d'ECS : consommations d'énergie et coûts.	97
1.2. Gains de consommation d'ECS et gains d'énergie liés.	99
1.3. Les réseaux de chaleur et la fourniture d'ECS.	99
2. LES COÛTS ACTUELS ET LES CHOIX DANS LE NEUF ET L'EXISTANT.	100
3. LES CHAUFFE-EAU SOLAIRES ET LE COÛT DU CO2 ÉVITÉ.	101
3.1. Les chauffe-eau solaires « à plat ».	102
3.2. Les chauffe-eau solaires pour zone tempérée ou froide.	103
4. LES POMPES À CHALEUR.	104
4.1. Diversité des techniques et des coûts.	104
4.2. Les scénarios d'utilisation des PAC.	106
CHAPITRE 8.....	111
L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE DANS L'HABITAT ET LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.	111
1. LES CONSOMMATIONS DANS L'HABITAT ET LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.	111

2. L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE DANS L'HABITAT.....	112
3. LES TENDANCES ACTUELLES.....	114
3.1. L'éclairage.....	114
3.2. Le gros électroménager.....	116
3.3. Le froid.....	116
3.4. Les « produits bruns », audiovisuel et informatique.....	117
3.5. Les veilles en général.....	118
3.6. Les Ventilations mécaniques contrôlées (VMC).....	119
4. LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	119
5. CONCLUSION : UNE RÉGLEMENTATION INDISPENSABLE.....	120
CHAPITRE 9.....	121
LES ÉNERGIES DE SUBSTITUTION DANS LE CHAUFFAGE.....	121
1. UN SECTEUR TRÈS IMPORTANT MAIS PEU DYNAMIQUE.....	121
2. LE CHAUFFAGE AU BOIS DES MAISONS INDIVIDUELLES ET AUTRES BÂTIMENTS.....	122
3. LE CHAUFFAGE URBAIN.....	126
3.1. Un développement initial non lié aux énergies renouvelables.....	126
3.2. Les problématiques du chauffage urbain.....	127
4. LES ÉNERGIES NON CONVENTIONNELLES.....	134
CHAPITRE 10.....	137
LES BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	137
1. DIVERSITÉ DES CATÉGORIES DE BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	137
2. LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	139
2.1. La répartition des consommations.....	139
2.1. L'efficacité énergétique dans les secteurs du tertiaire.....	141
3. LA CONSTRUCTION NEUVE.....	142
4. LES TECHNIQUES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE.....	143
4.1. L'intermittence.....	143
4.2. Les rénovations diffuses ou concertées.....	143
5. LES BÂTIMENTS TERTIAIRES PUBLICS.....	145
5.1. La « non séparation » du fonctionnement et de l'investissement.....	145
5.1.1. le Décret du 4 juin 1976 sur l'exploitation de chauffage.....	146
5.2. L'État modèle ?.....	149
BIBLIOGRAPHIE.....	151
GLOSSAIRE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	156
LISTE DES PERSONNES CONSULTÉES.....	157
TABLE DES TABLEAUX.....	160
TABLE DES FIGURES.....	162
TABLE DES MATIÈRES.....	164

Secrétariat général
Bureau
Rapports
et Documentation
TOUR PASCAL B
92055 LA DEFENSE CÉDEX
Tél. : 01 40 81 68 12/ 45