



**HAL**  
open science

## L'efficacité énergétique des bâtiments : enjeux présents et futurs

Jean-Pierre Traisnel

► **To cite this version:**

Jean-Pierre Traisnel. L'efficacité énergétique des bâtiments : enjeux présents et futurs : Les enjeux de prospective " Facteur 4 " en 2050 dans le parc résidentiel. L'efficacité énergétique des bâtiments : enjeux présents et futurs, Nov 2011, PARIS, France. hal-00639973

**HAL Id: hal-00639973**

**<https://enpc.hal.science/hal-00639973>**

Submitted on 12 Dec 2011

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

### Fiche thématique n°10

## L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS : ENJEUX PRÉSENTS ET FUTURS

### Les enjeux de prospective " Facteur 4 " en 2050 dans le parc résidentiel

Note rédigée par Jean-Pierre TRAISNEL, chercheur au CNRS, Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés

#### Le contexte : le parc de logements de 2050 est au trois quarts déjà construit

La France métropolitaine compte en 2010 environ 32,5 millions de logements dont plus de 27 millions de résidences principales qui se répartissent à 56% en maisons individuelles et 44% en logements dans des immeubles collectifs. Ce parc se caractérise par un renouvellement du stock quasi nul, en raison d'un très faible taux de destructions : fusions, destructions et changements de destination se sont réduits à 8.000 logements France entière en 2007. La construction neuve contribue essentiellement à

la croissance du parc, qui est demeurée assez stable dans les dernières décennies, au taux annuel de 1 à 1,5% du stock, taux qui pourrait faiblir à long terme en raison des perspectives démographiques. Ainsi, le secteur comporterait un peu plus de 35 millions de résidences principales en 2050 : la ville de 2050 est déjà construite à plus de 70%. Cela met en évidence l'importance du stock et de son évolution énergétique dans l'objectif " Facteur 4 ".

#### Les enjeux énergétiques et en CO<sub>2</sub> : trois leviers d'action pour le " facteur 4 "

La consommation totale du parc de logements s'élève annuellement à 560 TWh, soit 30% de la consommation totale d'énergie finale en France. Le chauffage occupe toujours la première place dans les consommations des résidences principales, à 70% (160 kWh en énergie finale par m<sup>2</sup> de surface habitable), alors que la production d'eau chaude sanitaire (ECS) ne compte que pour 10% du total du secteur. En émissions de CO<sub>2</sub> relatives aux consommations énergétiques, le résidentiel représente 21% du total national à 85 millions de tonnes, tous usages confondus.

L'objectif " Facteur 4 " consiste à atteindre la cible de 20 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2050 pour les deux postes de confort thermique dans un parc de logements dont l'accroissement des surfaces habitables totales serait de 40% entre 2005 et 2050. L'objet de cette note est d'analyser le rôle conjoint de trois leviers : **la réduction des besoins de chauffage** (action sur la demande), **le recours à des équipements énergétiques plus performants** (amélioration de l'efficacité), **le choix d'énergies moins carbonées, la biomasse en particulier** (substitution).

#### La construction neuve et la réhabilitation du parc existant

Les objectifs du Grenelle pour la construction neuve généralisent les logements à basse consommation (BBC) dès 2012, à 50 kWh d'énergie primaire par an et par mètre carré de SHON en moyenne pour les cinq postes de la réglementation : chauffage et climatisation, ECS, éclairage, ventilation, auxiliaires de chauffage.

Dès 2020, les bâtiments neufs seront à **énergie positive (BEPOS)**, leur consommation d'énergie - pour ces cinq postes au moins - devant être inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite dans ces constructions, le tout étant comptabilisé en énergie primaire.

Faut-il définir des niveaux équivalents pour la réhabilitation du parc existant, ou exiger des niveaux de performance par type de travaux ? En adoptant cette seconde hypothèse, il est possible d'estimer les effets de gestes efficaces, s'appuyant sur les meilleures technologies disponibles, au rythme des travaux d'entretien réguliers du bâti, de type " ravalement thermique ". De leur côté, les systèmes énergétiques de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire peuvent supporter deux cycles de rénovation avant 2050, donc intégrer progressivement les innovations technologiques attendues dans les prochaines décennies. **Lorsque les caractéristiques architecturales l'autorisent, l'isolation thermique par l'extérieur doit être préférée à l'isolation intérieure**, associée à des vitrages à isolation renforcée et à

des équipements de ventilation contrôlée si possible avec récupérateur de chaleur sur l'air extrait. Par la généralisation de ces bouquets de travaux à l'ensemble du parc de construction antérieure à 2000, la réduction des besoins unitaires de chauffage en maison individuelle comme en immeuble collectif peut être estimée à 60% en moyenne, mais avec des disparités notables selon les configurations. Le facteur de réduction peut en effet atteindre 3 ou 4 lorsque toute l'enveloppe peut être isolée par l'extérieur. L'amélioration des performances doit dans tous les cas garantir des taux de renouvellement d'air suffisants pour la santé des occupants, un bon éclairage en lumière naturelle et satisfaire les besoins de confort d'été qui deviennent plus critiques dans le contexte du changement climatique.

## La nécessité de grouper les travaux en immeuble collectifs

**L**es interventions à l'échelle d'un appartement doivent être réduites aux gestes qui s'avèrent impossibles à l'échelle de l'immeuble. Par exemple, l'isolation thermique par l'intérieur pourrait être écartée tant que l'isolation extérieure est possible. Les avantages de celle-ci sont multiples : traitement des ponts thermiques, garantie d'une inertie thermique utile au confort d'été pour ne pas reporter sur la climatisation les économies réalisées en hiver, non réduction de la surface habitable consécutive aux épaisseurs d'isolant (10 à 15 cm). Le caractère intrusif des travaux à l'intérieur des logements doit également être considéré. Il serait envisageable d'écarter totalement ce type d'isolation des bouquets de travaux, tant que les matériaux à

changement de phase et super isolants ne sont pas disponibles.

**Face au coût élevé de la rénovation lourde, il peut être justifié d'échelonner les travaux dans le temps sous forme de rénovations partielles successives** (isolation de la toiture, isolation des façades par l'extérieur, remplacement des menuiseries, etc.). Il est cependant toujours préférable d'améliorer les performances thermiques de l'enveloppe au maximum avant de rénover les équipements de production de chaleur, pour bénéficier de la réduction des puissances installées, donc du coût d'investissement.

## Le rôle fondamental du bois et de l'ensemble des énergies renouvelables thermiques

**L**e bois, à plus de 7,5 Mtep (près de 90 TWh), compte aujourd'hui pour 20% des consommations de chaleur (chauffage et production d'eau chaude sanitaire) du parc de logements. Son rôle dans la réduction des émissions de CO2 est appelé à s'amplifier fortement.

Les chaudières à bois - individuelles, collectives, ou en mini-réseaux de chaleur pour les logements groupés - peuvent être généralisées à environ 43% des logements en 2050, en écartant les logements collectifs à chauffage central individuel (CCI) et, en raison des émissions de particules, les maisons individuelles en milieu urbain. Les logements non équipés au bois (57% des logements) le sont alors en pompes à chaleur (PAC) électriques ou en convecteurs classiques. Dans un tel scénario, les consommations en énergie finale du chauffage et de l'ECS sont divisées par 3 entre 2005 et 2050, malgré la croissance du parc dans

l'intervalle. La complémentarité entre de bons rendements de génération (grâce aux PAC) et un niveau élevé de substitution sans carbone (grâce au bois) permet de réduire les émissions de CO2 d'un facteur 16.

Un maximum de consommation énergétique de bois apparaît en 2030, de 190 TWh/an : le doublement des prélèvements de biomasse en vingt ans semble envisageable au plan national, mais avec des disparités régionales qui pourraient avoir un impact notable sur le poste transport de la ressource.

**Le recours à l'ensemble des énergies renouvelables est essentiel pour l'atteinte du facteur 4**, compte tenu de leur faible contenu en carbone (nul par convention, sans tenir compte du cycle amont). Il s'agit, en complément du bois, du solaire thermique pour la production d'ECS et de la

chaleur puisée à l'environnement dans les pompes à chaleur. Le solaire thermique peut couvrir 50% des besoins en ECS, pour environ 30% du parc existant, et 100% du neuf. En tenant compte de cette contribution dans le bilan

" chauffage + ECS ", ainsi que de la part du COP supérieure à 1 pour les PAC, la part d'EnR thermiques atteint 84% en énergie finale en 2050 pour les solutions " bois " relayées par l'électricité.

## La généralisation des pompes à chaleur électriques dans le neuf et en réhabilitation

Si la préférence est donnée aux solutions PAC électriques, très largement applicables à terme en neuf ou en rénovation, 67% des logements seront ainsi équipés en 2050. 15% conservent un système par effet Joule, et 18% sont maintenus au bois : il s'agit des logements anciens équipés d'appareil indépendant de chauffage (AIC) converti au bois mais avec appoint électrique par effet Joule et des logements desservis par les réseaux de chaleur actuels convertis à 80% à la biomasse ou aux énergies fatales avec appoint gaz. En adoptant des coefficients de performance (COP) très favorables (de 3 à 5 en 2050), les consommations en énergie finale du chauffage et de l'ECS sont divisées par 8 entre 2005

et 2050, dans les conditions énoncées plus haut, tandis que les émissions de CO2 sont réduites d'un facteur 12.

Le pic de consommation électrique pour les deux postes considérés, chauffage et ECS, se situe en 2020 à 72 TWh en énergie finale, soit + 16 TWh par rapport à 2005, ce qui nécessiterait des moyens de production supplémentaires. La consommation décroît ensuite à 45 TWh en 2050, auxquels il faut retrancher 10,5 TWh de production photovoltaïque assurée par les seuls logements neufs construits après 2020 - 5 à 6 millions de logements à énergie positive, soit 16% du parc en 2050.

## L'évolution du mix énergétique de production électrique

En émissions de CO2, les comparaisons entre solutions énergétiques sont établies pour 2050 sur la base des contenus moyens en CO2 du kWh électrique consommé de 180 g pour le chauffage et de 40 g pour la production d'ECS, en référence à la note ADEME-EDF de 2005, qui n'a pas été actualisée. Seule une étude prospective d'ensemble permettrait de dessiner une courbe de charge générale des consommations tous secteurs confondus, pour différentes hypothèses du parc de production. Sans le secours d'une telle étude, on constate néanmoins que pour les deux scénarios extrêmes recourant en priorité soit au bois soit à l'électricité, le facteur 4 serait préservé avec des contenus CO2 du chauffage électrique approchant 500g/kWh. Il faudrait néanmoins s'assurer que le contenu CO2 des autres postes de consommation électriques du

logement (ventilation, éclairage, etc.) n'entraverait pas la recherche du facteur 4 sur l'ensemble des consommations du parc (l'électricité spécifique devenant le poste le plus élevé dans des bâtiments très performants).

En conséquence, et sans dégradation du contenu CO2 du kWh électrique, le Facteur 4 sur les émissions de CO2 n'imposerait pas un facteur 4 sur l'énergie, ni en énergie finale, ni en énergie primaire, sous réserve de disposer d'énergies peu carbonées pour couvrir les besoins énergétiques. Cependant, face à une concurrence possible sur les ressources énergétiques issues de la biomasse, la réduction des consommations énergétiques reste prioritaire pour sécuriser l'atteinte du Facteur 4.

## Le secteur du logement et son financement face à une profonde mutation

Depuis plus de dix ans, le marché de la réhabilitation a dépassé en volume celui de la construction neuve. Ce renversement s'accroît dans la perspective d'une réhabilitation qui devrait s'opérer au rythme moyen de 600.000 logements par an, le rythme de la construction neuve étant plus proche de 250.000 logements par an en moyenne sur 40 ans. Faut-il encourager un rythme beaucoup plus soutenu de la construction neuve, semblable

à celui des décennies 1960-70 ? Cela n'apparaît possible qu'en renouant avec les politiques passées de rénovation lourde, ayant recours à des destructions massives de logements anciens : mais dans ce cas, comment maîtriser l'énergie grise nécessaire à la reconstruction, essentiellement liée aux postes du gros œuvre (béton et acier notamment) ?

Les modes de financement d'une réhabilitation massive du

parc résidentiel doivent recevoir des réponses diverses, selon le segment considéré - maison individuelle occupée par son propriétaire, copropriété, logement social, secteur locatif -, alors que la précarité énergétique concernerait un ménage sur cinq. Les opérations de type PIG (programme d'intérêt

général) ou d'OPAH (opération programmée d'amélioration de l'habitat) en renouvellement urbain doivent être lancées en priorité. Hors centres urbains déjà denses, l'augmentation de la densité urbaine par accroissement de surface habitable permettrait de financer une partie notable de la rénovation.

## L'ouverture aux dynamiques urbaines

Dans un tel exercice de prospective " Facteur 4 ", les enjeux technologiques liés au bâti peuvent apparaître centraux, par les multiples performances attendues sur l'enveloppe (isolation, étanchéité à l'air, captation passive ou active du rayonnement solaire, contribution au confort d'été, etc.). L'échelle de l'intervention est néanmoins importante pour assurer la cohérence urbaine, architecturale autant que technique des améliorations souhaitées. Par exemple, pour la mise en œuvre de l'isolation thermique par l'extérieur, de nombreuses parties d'édifice peuvent être en limite de propriété, ce qui nécessite de définir des modalités particulières d'intervention, entre propriétaires ou vis-à-vis du domaine public.

Par ailleurs, hormis dans le rural et le périurbain, la mutualisation des moyens de production et de distribution de chaleur (entre logements, bureaux, activités de production) ouvre de nouvelles possibilités, par exemple pour la création de mini réseaux de chaleur, l'intégration de systèmes solaires collectifs là où les expositions sont les plus

favorables, la récupération d'énergie sur les réseaux d'assainissement à l'échelle des quartiers, la distribution de biométhane, etc. La logique des réseaux (eau, énergie, assainissement) doit être revisitée dans une perspective de généralisation de la production décentralisée d'énergie.

Enfin, les dépenses énergétiques associées au logement ne concernent pas seulement l'exploitation des surfaces habitables, mais également les déplacements générés par les choix de localisation des logements, des activités et des services. Il est en effet essentiel de lutter contre l'étalement urbain, qui induit une faible densité d'habitat, et par voie de conséquence la multiplication des déplacements avec une forte dépendance à l'automobile, enfin un prélèvement continu de terres naturelles ou agricoles, qui vont être mises à contribution pour la chimie verte (isolants végétaux, matériaux de substitution, agro carburants, etc.). Un effort énergétique sur l'habitat peut être rapidement annulé par une mobilité automobile accrue.

## Conclusion

D'autres voies peuvent être explorées dans la perspective de la ville post-carbone, techniques (mini cogénération intégrant le biogaz, géothermie, etc.), mais aussi dans l'organisation sociale, par exemple avec une meilleure gestion des surfaces habitables. Il convient également d'adapter les rythmes de réhabilitation aux conversions énergétiques, notamment lors du passage au

bois ou aux PAC électriques. Au-delà de l'importance donnée à la biomasse dans les réseaux de chaleur, favorisés dans les tissus urbains denses, l'élargissement des solutions technologiques passe également par l'intégration ambitieuse d'énergies renouvelables dans les réseaux de gaz (biogaz) et d'électricité (photovoltaïque, éolien, cogénération bois).

### Références bibliographiques :

TRAISNEL J.P., RAUX C., " Habitat et déplacement dans les aires urbaines. Impacts énergétiques et environnementaux de la croissance périurbaine " in : La ville dans la transition énergétique, Les annales de la recherche urbaine n°103, pp. 30-41, septembre 2007.

TRAISNEL J.P., JOLITON D., LAURENT M.H., MAZZENGA A., Cahiers du CLIP n°20, Le facteur 4 dans l'habitat, Etude d'une réduction des émissions de CO2 liées au confort thermique dans l'habitat à l'horizon 2050, novembre 2010 (<http://www.iddri.org/Publications/Les-cahiers-du-CLIP/Habitat-Facteur-4>).

AGORA  
e u r o p e

Directeur  
Grégoire de LA RONCIERE