

Programme de Recherche et d'Expérimentation sur l'Énergie dans le Bâtiment • PREBAT

Séminaire du 3 juin 2009

SUPPLÉMENT PREMIER PLAN N°18 AVRIL-JUIN 2009

Quels systèmes de chauffage et de climatisation pour les bâtiments neufs et réhabilités de demain ?

Le 3 juin 2009, un séminaire était organisé par le PREBAT sur le thème : « Quels systèmes de chauffage et de climatisation pour les bâtiments neufs et réhabilités de demain ? ». Une question essentielle, comme l'ont rappelé les intervenants ; le bâtiment est en effet un des principaux émetteurs de gaz à effet de serre. La réduction des consommations d'énergie du secteur est donc, en particulier dans le contexte du Grenelle de l'environnement, un enjeu crucial, qui passe par une nouvelle approche de la régulation thermique.

PUCA

PREBAT

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



Ouverture ...

« Parler plus, ensemble » : en ouvrant le séminaire, Emmanuel Raoul, secrétaire permanent du PREBAT, indiquait d'emblée la volonté qui avait présidé à sa mise en place. Une volonté dictée par le souci d'entretenir et de développer un dialogue pragmatique et efficace. Sur ce point, Emmanuel Raoul rappelait d'ailleurs l'importance du sujet, et en précisait le cadrage : « en termes de réduction des consommations d'énergie, le bâtiment neuf tient évidemment

une grande place dans nos priorités, mais ce sont d'abord les réhabilitations qui présentent le gisement le plus important ». L'ampleur du sujet était aussi une des raisons du parti pris de limitation du périmètre du séminaire : « Nous allons parler aujourd'hui des systèmes », insistait Emmanuel Raoul, « en laissant volontairement de côté la régulation, les enveloppes, et l'urbanisme. Ces sujets sont eux aussi fondamentaux, et nous les aborderons dans d'autres circonstances. Mais notre objectif est d'être en prise avec les acteurs de la filière, pour obtenir des résultats : identifier les verrous et les questions en attente, aussi bien dans le domaine de la recherche que celui de l'expérimentation, et tirer les leçons de nos débats pour orienter nos prochaines actions ».



Le séminaire s'est tenu au MEEDDM à la Grande Arche de La Défense

Programme

9 H 30 - 10 H 15

Ouverture du séminaire

Emmanuel RAOUL,

MEEDDM/DGALN/PUCA, Secrétaire permanent du PREBAT

• **Les objectifs du PREBAT dans le cadre de la Grenelle de l'environnement**

Yves FARGE, président du Comité d'Orientation Stratégique et d'Animation du PREBAT

Le Comité d'Orientation Stratégique et d'Animation anime et coordonne les travaux de R&D et d'expérimentations menés dans le cadre du PREBAT autour des objectifs suivants : modernisation durable des bâtiments existants, préfiguration des bâtiments neufs de demain, développement des bâtiments à énergie positive.

• **Les besoins énergétiques des bâtiments à basse consommation et à énergie positive**

Jean-Christophe VISIER, directeur du Dpt. Energie Santé Environnement, CSTB

Le « Grenelle » a fixé des objectifs de performance énergétique très ambitieux pour l'ensemble du parc de bâtiments en service ou à construire, qui seront à atteindre dans des délais très courts. Ceci oblige à repenser la conception des équipements climatiques et à considérer de façon beaucoup plus fine les impacts de tous les usages sur les besoins énergétiques des bâtiments à basse consommation et à énergie positive, qu'ils soient neufs ou réhabilités.

10 H 15 - 12 H 15

Les équipements énergétiques en débat

Animateur : **Pierre HERANT,** chef du Dpt. bâtiment et urbanisme, ADEME

• **Les équipements actuels, leurs performances, leurs limites, leurs évolutions**

Denis CLODIC, directeur adjoint du centre d'énergétique, ENSMP
Quelles sont les performances des équipements climatiques actuels, qu'ils soient générateurs de chaleur ou de froid ? Quelles sont leurs limites pour répondre aux besoins énergétiques réduits des bâtiments de demain. Quelles évolutions apparaissent d'ores et déjà nécessaires et comment les mettre en œuvre ?

• **Table ronde et débat avec la salle : les équipements de demain, les tendances et les travaux en cours**

Eric PLANTIVE, chef du Dpt.

Enerbat, EDF
Brice FEBVRE, chef de projet, direction de la recherche, GDF SUEZ
Yves JAUTARD, architecte, directeur, SOLARTE

Jean-Christophe POUET, chef du Département Bio-ressources, ADEME
Aristide BELLI, directeur technique, association Chauffage Fioul
De nombreux travaux de recherche, de développement et de démonstration sont en cours pour mettre au point les nouveaux équipements adaptés aux besoins des bâtiments de demain. Le but de ces travaux consiste, d'une part à réduire les consommations d'énergie conventionnelles (électricité, gaz, fioul), d'autre part à généraliser l'utilisation des énergies renouvelables (solaire, bois).

... OUVERTURE

Le PREBAT : une mission d'accélérateur

Ces actions sont évidemment intimement liées au Grenelle de l'environnement. C'est ce que rappelait alors Yves Farge, président du comité d'orientation stratégique et d'animation du PREBAT, en soulignant le rôle moteur joué par ce dernier depuis 2005 dans la détermination des objectifs en jeu. Des objectifs qui sont bien évidemment d'ordre technique, notamment à travers les consultations de l'ANR, mais dont l'atteinte est liée à des efforts dans d'autres domaines, et en particulier la formation, la consolidation d'une véritable filière industrielle, l'évolution de la réglementation, la mise en place de financements, et la poursuite du progrès technologique, au sens le plus large. « La mission du PREBAT », notait Yves Farge, « est d'être un accélérateur » : pour la recherche-développement et sa diffusion, pour son expérimentation, et aussi sur la prise en compte des usages des bâtiments, qui demeure un facteur clé. Sur ce plan, le fait que la réalisation de démonstrateurs se fasse sur la base d'appels d'offres élaborés conjointement par l'ADEME et les régions est un progrès notable, qui complète l'approche socioéconomique de la question que conduit le PUCA, et qui précise l'orientation des progrès techniques en prenant en compte les données locales.

Un système de systèmes

Ces progrès, soulignait Yves Farge, ne doivent pas pour autant faire perdre de vue l'enjeu principal : 44 % de la consommation d'énergie est lié au bâtiment. Ils ne doivent pas non plus occulter certaines nécessités, et en particulier celles de véritablement appliquer la recherche, de connaître les réalisations conduites hors de France pour s'en inspirer, et de savoir rester à l'écart des « effets de mode » qui peuvent inciter à voir à un moment donné, dans telle ou telle solution, une panacée, alors que les réponses, à l'image des bâtiments, sont nécessairement multiples. « Le bâtiment, c'est un véritable « système de systèmes » extraordinairement complexe », concluait Yves Farge : « Il faut donc saluer des journées thématiques comme celles-ci, où les points de vue peuvent se croiser et même s'affronter pour aboutir à un résultat commun, un peu à l'image de ce qui se passe sur le plateau d'un projet automobile ».

6 thèmes pour 3 débats : les besoins énergétiques des bâtiments à basse consommation et à énergie positive

Pour mieux permettre à chacun de mieux envisager les termes des débats qui allaient suivre, Jean-Christophe Visier, directeur du département « Energie, santé, environnement » du CSTB, dressait un panorama des besoins énergétiques des bâtiments à basse consommation et à énergie positive, à travers un bilan dont les thèmes allaient structurer de manière transverse les trois sujets de débat du séminaire : les équipements énergétiques, les performances et systèmes, et les données de base. Ces thèmes, au nombre de six, étaient les suivants :

- maîtriser les consommations pour les 5 usages de la RT (réglementation thermique) ;
- maîtriser les consommations pour les autres usages locaux de l'énergie ;
- exploiter les énergies renouvelables sur le site ;
- assurer une bonne intégration architecturale et urbaine ;
- apporter un environnement confortable et sûr ; faciliter les comportements éco-responsables.

Maîtriser les consommations pour les 5 usages de la réglementation thermique

Comme le rappelait Jean-Christophe Visier, la première nécessité est d'aboutir à une consommation maîtrisée d'énergie pour répondre aux 5 usages que recense la réglementation thermique : chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, climatisation et auxiliaires. A cet égard, les progrès techniques permettent d'enregistrer une amélioration significative : par rapport au bâti

existant, on peut espérer atteindre à l'horizon 2012 une baisse de plus des deux tiers des consommations, de 175 à 50 kWh/m² par an. Avec dans certains cas des évolutions sectorielles qui méritent d'être soulignées : ainsi, toujours à l'horizon 2012 -et même dès à présent dans certaines régions, il est permis d'estimer que le chauffage prend une part marginale dans l'ensemble des consommations ; avec pour corollaire qu'il cesse alors d'être le sujet d'études prioritaire, à la différence de l'eau chaude, mais aussi du transport des fluides, et en particulier de l'air destiné à la ventilation.



Maîtriser les consommations pour les autres usages locaux de l'énergie

Pour autant, ce tableau positif doit être nuancé et complété : en effet, il existe des usages dont la consommation d'énergie n'est pas prise en compte par la réglementation. C'est le cas des matériels informatiques, et d'équipements comme les ascenseurs. A terme, ces usages peuvent représenter une consommation du même ordre de grandeur que les usages réglementés ; il devient donc nécessaire non seulement de les comptabiliser, mais aussi de les intégrer dans la conception, en essayant soit d'utiliser leur potentiel, thermique par exemple (les ordinateurs chauffent), soit de le limiter (le recours à des ordinateurs portables plutôt qu'à des modèles de bureau peut éviter d'avoir à sur-dimensionner une climatisation). Pour Jean-Christophe Visier, cet état de fait a deux conséquences : d'une part, une prise en compte croissante dans la conception des usages mobiliers à côté des usages immobiliers, et d'autre part un travail en commun et en amont de plus en plus étroit entre concepteurs et gestionnaires.

Exploiter les énergies renouvelables sur le site

En prenant comme base des consommations d'énergie pour un logement de l'ordre de 50 à 100 kWh/m² par an, il devient envisageable d'en compenser une part importante par l'exploitation locale d'énergies renouvelables, et même de tendre vers des bâtiments passifs, soulignait Jean-Christophe Visier. En revanche, cet objectif suppose de remplir certaines conditions : en premier lieu, il est certain qu'il est plus facilement envisageable dans le cas d'un logement individuel. Ensuite, il implique une diversification des équipements, et une plus grande prise en compte de ceux-ci au niveau de l'enveloppe. Enfin, il demeure dépendant du progrès technique : s'il existe déjà des procédés d'accumulation (en particulier d'eau chaude), ceux-ci doivent être développés et multipliés.

Assurer une bonne intégration architecturale et urbaine

L'utilité d'exploiter efficacement les énergies renouvelables sur le site conduit inévitablement à poser la nécessité d'intégrer les équipements à l'enveloppe. Pour Jean-Christophe Visier, de nouveaux publics doivent se saisir de la question : architectes en premier lieu, mais aussi spécialistes de la ville. La dimension énergétique ne peut être prise en compte isolément.

Apporter un environnement confortable et sûr

L'importance d'une approche globale est encore accentuée, insistait Jean-Christophe Visier, par le nécessaire respect de l'objectif premier de tout logement : apporter à ses occupants un environnement confortable et sûr. L'impératif de réduction des consommations d'énergie doit donc être respecté dans une recherche plus large de confort, en prenant en compte les dimensions acoustiques (par exemple dans le cas des pompes à chaleur) et visuelles, mais aussi l'évolution de données comme la température moyenne, qui augmente et doit être intégrée en conséquence dans l'élaboration de bâtiments neufs. De même, il est impératif de garder à l'esprit que tout système innovant doit garantir la qualité de l'air ambiant, et assurer le meilleur niveau de sécurité électrique, mais aussi bactériologique.

Faciliter les comportements éco-responsables

Mettre les occupants au cœur de la problématique du logement revient aussi à accorder une place centrale à leurs comportements. Les nouveaux modes d'utilisation de l'énergie doivent donc se calquer sur ceux-ci, par exemple avec une prise en compte des temps de présence des occupants, et aussi s'accompagner d'une démarche pédagogique. Les systèmes les plus sophistiqués ne peuvent en effet donner leur pleine mesure que s'ils sont utilisés de manière optimale. C'est donc sur les modes d'utilisation que les efforts doivent aussi se porter, et non sur une performance qui ne correspondrait qu'à une configuration théorique.

Maîtriser les impacts liés à la construction du bâtiment

Si les efforts pour réduire les consommations d'un bâtiment pendant sa durée de vie sont essentiels, rappelait Jean-Christophe Visier, la maîtrise des impacts liés à la construction n'en prennent que plus d'importance : dans un bâtiment optimisé, ces impacts (ou « énergie grise ») peuvent représenter jusqu'à 40 années de consommation ; l'enjeu est d'autant plus important qu'une éventuelle taxe carbone aurait des répercussions immédiates et fortes sur le secteur des matériaux et de la construction, et pourrait même en l'état actuel en annuler une bonne partie des marges. La profession est donc placée face à une double exigence : de transparence, pour laquelle les fiches de déclaration environnement et sanitaire et les profils environnementaux des produits sont des points clé, et de progrès sur l'ensemble de ses indicateurs environnementaux.

Vers des bâtiments à énergie positive ?

En conclusion de son intervention, Jean-Christophe Visier tenait à préciser que la possibilité de bâtiments à énergie positive (produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment) est réelle, à condition cependant de respecter 4 points clé :

- en conception, en pensant bâti et système dès l'origine ;
- en prenant en compte les détails constructifs et en privilégiant la simplicité de mise en œuvre ;
- en ayant à la réception les moyens de mesurer la performance ;
- en garantissant celle-ci tout au long de l'exploitation du bâtiment, et en prenant en compte les particularités de ses utilisateurs.

14 H 00 - 15 H 30

Les performances et systèmes en débat

Animateur : **pascal BAIN**, responsable des programmes bâtiment et ville, ANR

• **Table ronde et débat avec la salle - Les rendements d'exploitation et les coefficients de performance des pompes à chaleur**

Cédric BEAUMONT, directeur technique, COSTIC

François DURIER, directeur scientifique, CETIAT

Hervé CHARRUE, directeur recherche et développement, CSTB
La caractérisation précise des rendements d'exploitation et des coefficients de performance devient un enjeu crucial pour répondre aux performances attendues des bâtiments de demain et justifier le respect des exigences. Quels sont les progrès accomplis en la matière et quels sont les problèmes restant à résoudre à la fois pour les méthodes de calcul prévisionnelles des consommations et pour les méthodes de calcul réglementaires ?

• **Table ronde et débat avec la salle - Les vecteurs air et eau/Le confort et la qualité de l'air intérieur**

Jean-François NOUVEL, directeur de la recherche, ALDES

Patrice HENNING, Energies et Avenir

Francis ALLARD, professeur, directeur du LEPTIAB, Université La Rochelle

De plus faibles besoins énergétiques conduisent à reconsidérer les vecteurs de distribution de la chaleur et du rafraîchissement. Quels sont les avantages et inconvénients dans ce cadre des vecteurs air et eau ? Quelles sont les évolutions prévisibles ? Quelles sont les conséquences positives et négatives sur le confort et la qualité de l'air intérieur ?

15 H 30 - 16 H 45

Les données de base en débat

Animateur : **Bernard Tardieu**, président de la commission « Energie et changement climatique », Académie des Technologies

• **Table ronde et débat avec la salle**

Jean-Claude BONCORPS, président, SNEC

Bernard SESOLIS, directeur, Tribu Energie

Jean-Marie BOUCHEREAU, responsable Dpt. Eco-sociologie, ADEME

Richard LAVERGNE, Chargé de mission stratégique Energie & Climat, MEEDDM/CGDD
Energie primaire, énergie finale, contenu en CO2... Quelles sont les incidences réglementaires de ces indicateurs pour les DPE et les réglementations thermiques ? Comment bien prendre en compte la maintenance et l'exploitation dans les estimations conventionnelles des consommations ?

16 H 45 - 17 H 30

clôture du séminaire

Animateur : **Jean-Paul DALLA-PORTA**, chargé de mission développement durable, Anah

• **Le Plan bâtiment du Grenelle de l'environnement**

Philippe PELLETIER, président du Comité stratégique Plan bâtiment du Grenelle

• **Conclusion**

François PERDRIZET, président du comité des signataires du PREBAT

Atelier 1

Les équipements énergétiques en débat

Les équipements, leurs performances et leur évolution sont au cœur de la problématique énergétique du bâtiment. Pierre Herant, chef du département « Bâtiment et urbanisme » de l'ADEME, avait réuni plusieurs interlocuteurs autour de ce thème. Denis CLODIC, directeur adjoint du centre d'énergétique de l'ENSMP et président du comité technologique du PREBAT, a dressé un tableau des équipements actuels, avec leurs performances, leurs limites et leur évolution. Les perspectives offertes par les équipements de demain ont ensuite été abordées par plusieurs spécialistes : Eric PLANTIVE, chef du département « Enerbat », EDF pour l'électricité, Brice FEBVRE, chef de projet, direction de la recherche, GDF SUEZ pour le gaz, Jean-Christophe POUET, chef du département « Bio-ressources », ADEME pour le bois, et Aristide BELLI, directeur technique, association Chauffage Fioul pour le fioul. Yves JAUTARD, architecte, directeur, SOLARTE, a également apporté un point de vue de praticien en décrivant des exemples de réalisations concrètes.

Etat des lieux : les équipements actuels

D'entrée, Denis Clodic, directeur adjoint du centre d'énergétique de l'ENSMP et président du comité « Technologie » du PREBAT, tenait à préciser le contexte présent, en insistant sur trois données de base. La première est, soulignait-il, la diversité des logements : il y a en France environ 33 millions de logements, dont 17,3 millions de maisons individuelles ; par ailleurs, plus de 60 % du parc actuel a été construit avant 1960. Deuxième donnée, une consommation énergétique moyenne de l'ordre de 350 kWh/m² an à ce jour, mais qui doit à terme descendre à 50, puis à 15 kWh/m² an, alors que cette moyenne recouvre également d'importantes disparités. Troisième donnée, des sources d'énergie multiples, et dont le contenu en CO₂ varie. Denis Clodic poursuivait en posant deux questions fondamentales pour la réflexion : d'une part, les équipements sont-ils dimensionnés par rapport aux besoins, dans un pays qui compte 5 climats principaux ? Mesure-t-on correctement les performances des équipements lorsqu'ils ne sont pas utilisés à pleine charge ? A la lumière de ces dernières questions, poursuivait Denis Clodic, on est amené à s'interroger sur la mesure de la performance. Mesure qui, à ses yeux, demeure largement perfectible, car les normes actuelles raisonnent à régime constant, alors que celui-ci, dans la réalité, est variable.



Des forces, des faiblesses

C'est donc sur la nécessité de parvenir à étudier des régimes permanents cyclés que Denis Clodic entamait le panorama des méthodes de chauffage et climatisation existants, en mettant à profit son expérience d'énergéticien pour en souligner les atouts et pour mettre en lumière, sans concessions, les faiblesses de chacun. Ainsi, la micro co-génération réunit de nombreux atouts, à la fois en termes

d'énergie primaire et, potentiellement, de réduction des émissions de CO₂. Cependant, insistait Denis Clodic, le véritable intérêt de la micro-co-génération réside sans doute dans la capacité de ce type d'installations à contribuer à un écrêtage des demandes, la question n'étant pas tant dans la capacité à produire une électricité respectueuse de l'environnement, que dans la possibilité de produire celle-ci au moment précis où elle est nécessaire. Denis Clodic rappelait par ailleurs qu'en l'état, la co-génération génère des quantités importantes de composés organiques volatils et en particulier de méthane imbrûlé.

Des mesures à affiner

Denis Clodic revenait ensuite sur le type d'équipement le plus répandu : les chaudières, à gaz ou à bois. En ce qui concerne le gaz, l'élimination programmée des chaudières à veilleuse et le développement des appareils à condensation ont conduit à une amélioration de l'efficacité de la combustion, et à des émissions de CO₂ maîtrisées. Un problème persiste cependant : celui de la mesure des consommations accessoires, qui ne sont pas normées, et pour lesquelles subsiste le défaut intrinsèque de toute norme, qui est d'inciter les industriels à concevoir des produits en fonction de celles-ci, plus qu'en fonction des effets réels recherchés. Dans le cas du bois, qui équipe 6 millions de foyers, un constat s'impose, soulignait Denis Clodic : les installations collectives produisent 1/3 de l'énergie de la filière, et seulement 3 % des particules. À l'inverse, la production d'imbrûlés et d'hydrocarbures aromatiques poly-insaturés est extrêmement importante chez les particuliers : dans le cas d'inserts (70 % d'efficacité), mais plus encore dans le cas de cheminées ouvertes alimentées par bûches.

Prendre en compte le cyclage

Moins connues, les pompes à chaleur représentent cependant un marché en pleine expansion. Ce type de dispositif se heurte, lui aussi, à un problème de mesure. La norme EN14511 qui en mesure les performances se fonde en effet sur un régime stabilisé, avec une température extérieure de 7°C et une température de départ de 35°C. Des conditions qui, démontrait Denis Clodic, ne sont pas représentatives d'une utilisation réelle : à celle-ci correspondent en effet des cycles, pendant lesquels le coefficient de performance (COP) varie, et pendant lesquels une pompe à chaleur fonctionne tantôt à charge maximale, tantôt à charge partielle. Une mesure réaliste des COP devrait, dès lors, aboutir à des résultats inférieurs de 35 à 40 % aux chiffres annoncés à ce jour, d'autant qu'à la question du cyclage s'ajoutent les consommations accessoires.

Une surpuissance généralisée

De ce panorama, quelles conclusions tirer ? Des progrès techniques, incontestablement, soulignait finalement Denis Clodic. Mais aussi un constat de base : celui d'une surpuissance générale des installations de chauffage des maisons individuelles, liée au besoin d'eau chaude sanitaire instantanée (dans une proportion de 1 à 10), mais aussi au chauffage *stricto sensu*. Le développement de nouvelles solutions doit dès lors être favorisé par des normes qui représentent au mieux les usages réels, et en particulier les charges partielles. Il s'agit là d'une étape indispensable pour développer des systèmes innovants et véritablement efficaces, aussi bien pour le chauffage individuel, source de difficultés mais aussi d'innovations, que pour des mini-réseaux ou pour des solutions collectives.

L'électricité et les pompes à chaleur

Eric Plantive, chef du département « Enerbat », EDF pour l'électricité, intervenait ensuite pour préciser l'état des recherches menées par EDF, en particulier dans le domaine de la pompe à chaleur. Celle-ci représente à ses yeux une technologie à fort potentiel, mais qui se développe dans un marché soumis à de forts aléas économiques, et où les incitations fiscales jouent une part importante. Les mesures de coefficient de performance restent perfectibles, reconnaissait-il, tandis que des progrès technologiques restent encore possibles pour améliorer le rendement de ce type de dispositifs. C'est pour cette dernière raison qu'EDF poursuit un programme de recherches dans le cadre du partenariat ECLER (European Centered Labs on Energy Research) avec l'École des mines de Paris et l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne,

avec trois objectifs : amélioration des performances, diminution des coûts, et amélioration de la compacité et de l'intégration. Parallèlement, EDF a contribué au développement avec Striebel et Eltron d'une pompe à chaleur haute performance. Les résultats des premiers exemplaires commercialisés, soumis à la vague de froid de l'hiver 2008-2009, ont donné des résultats encourageants. EDF continue donc de travailler sur la pompe à chaleur, ainsi que sur un élargissement des gammes de produits disponibles, pour le neuf et pour la rénovation, pour l'individuel comme pour le tertiaire.

Gaz naturel : des solutions ?

C'est également sur la pompe à chaleur que GDF SUEZ accentue ses efforts, exposait Brice Febvre, chef de projet, direction de la recherche, GDF SUEZ, en précisant que le Grenelle de l'environnement a conduit son entreprise à revoir sa stratégie R&D depuis 18 mois, en se focalisant sur trois axes : une meilleure performance énergétique, des équipements complémentaires, et une production décentralisée d'énergie, y compris par la co-génération. Avec pour objectif d'aboutir à des produits commercialisés en 2012, GDF Suez développe des pompes à chaleur autour de deux technologies : soit l'utilisation d'un moteur à gaz pour la compression, soit une pompe à compression thermo-chimique à haut rendement, pouvant fonctionner en géothermique comme en aérothermique. La recherche se porte également sur des co-générateurs à moteur Stirling, l'intérêt de la co-génération reposant en premier lieu sur le lissage des pointes de demande, avec pour effet induit un moindre recours aux centrales thermiques, et un apport au réseau du surplus d'électricité produit. Enfin, GDF Suez étudie également la possibilité de pompes hybrides électrique/gaz, qui permettraient d'allier faible puissance et faible encombrement.

Un regard de praticien

Yves Jautard, architecte, directeur de SOLARTE, apportait une contribution importante dans le débat en présentant trois exemples de réhabilitations et de constructions neuves à très basse consommation d'énergie, et faisant appel à des solutions existantes et déjà commercialisées : bardages, brise-soleil, puits canadiens, bouches thermiques pilotées, capteurs photovoltaïques dans les régions chaudes, mur chauffant et plancher creux pour la circulation de l'air dans des zones plus froides. S'agissant de bâtiments d'habitation, il insistait particulièrement sur l'importance du taux d'occupation et l'adaptation de la gestion énergétique à celui-ci, aussi bien pour le chauffage, que pour le confort d'été (température et circulation d'air).

Le bois : perspectives

Pour Jean-Christophe Pouet, chef du département « Bio-ressources » de l'ADEME, le bois et la biomasse représentent une des solutions à développer, comme il a été fixé dans le cadre du Grenelle de l'environnement (objectifs 2012 et 2020 : 1,55 puis 3,25 millions de logements supplémentaires chauffés au bois, à consommation constante). Répondre à ces objectifs impose de travailler à l'amélioration de la qualité de l'air chauffé, grâce à des dispositifs de filtration et de catalyse, à la diminution des consommations, à une meilleure intégration dans les logements les plus performants, avec des appareils de faible puissance et un fonctionnement du foyer indépendant de l'air du logement, et enfin à la prise en compte de systèmes combinant plusieurs énergies.

Fioul : mixité et perfectionnement

Dans le contexte d'une réduction voulue des consommations d'énergies fossiles, le fioul semble avoir un avenir limité. Aristide Belli, directeur technique de l'association Chauffage Fioul, place cependant celui-ci dans le cadre de nouvelles formes de mixité technique avec d'autres sources d'énergie. Aristide Belli rappelait par ailleurs que l'âge élevé du parc de chaudières (1 million d'entre elles ont plus de 20 ans) masque les réelles évolutions de la technologie. Celles-ci, alliées à l'amélioration du fioul (sa teneur en soufre a été réduite considérablement) donnent des résultats intéressants, en particulier dans une optique de rénovation de l'existant, avec l'adoption de brûleurs modulants et de condenseurs. Une première étape qui précède d'autres évolutions à terme, dont les brûleurs à prémélange, et la micro-co-génération au fioul.

Atelier 2

Les performances et systèmes en débat

Animé par Pascal BAIN, responsable des programmes « Habisol » et « Villes durables » de l'ANR, le deuxième atelier du séminaire du 3 juin 2009 se composait de deux tables rondes. La première portait sur les rendements d'exploitation et les coefficients de performance des pompes à chaleur, dont Denis CLODIC avait souligné plus tôt les incertitudes au regard d'une utilisation en conditions réelles. La seconde était consacrée aux besoins de distribution de la chaleur et du rafraîchissement, ce dernier prenant une importance grandissante.

Les rendements d'exploitation et les coefficients de performance des pompes à chaleur

C'est à Cédric Beaumont, directeur technique au COSTIC, que revenait l'intervention initiale, qui clarifiait un certain nombre de points. En premier lieu, il soulignait que le terme de « pompe à chaleur » recouvre des matériels très différents les uns des autres, selon qu'il s'agit d'une pompe air/air, air/eau, eau/eau, Sol/Sol, etc. Cédric Beaumont revenait ensuite sur la notion de coefficient de performance (COP), en rappelant que celui-ci est extrêmement sensible à plusieurs éléments externes, dont en particulier la température de la source froide, celle de la source chaude, et les conditions dans lesquelles fonctionne la pompe. Ces précisions donnaient l'occasion de rappeler qu'au-delà d'une performance nominale, les pompes à chaleur ont un rendement qu'il convient de considérer comme une partie au sein d'un ensemble. Le COP global et saisonnier de celui-ci est fonction non seulement de celui de la pompe à chaleur dans des conditions données, mais aussi de son intégration, de son mode de régulation et de son couplage. Enfin, il est indispensable de prendre également en compte dans le calcul de cette performance globale les consommations des circulateurs et de l'appoint.

Normes : une difficile recherche de cohérence

Toujours sur le sujet délicat de la mesure des performances des pompes à chaleur, François Durier, directeur scientifique du CETIAT, revenait sur la question du décalage entre une norme établie à partir d'un régime de fonctionnement stabilisé, et une réalité où les performances des pompes sont en fait cycliques. Une évolution est en train de se faire jour à ce sujet, tant au sein du groupe de normalisation européenne 14825 qu'au niveau de la communauté internationale: en effet, le comité ISO sur les climatiseurs air-air réversibles inclut une réflexion sur les pompes à chaleur. Enfin, il est acquis que les travaux préparatoires à la directive européenne « éco conception des produits consommateurs d'énergie » vont introduire des critères pour celles-ci. Cependant, indiquait François Durier, cette abondance normative ne va pas forcément clarifier la situation pour autant: ainsi, les travaux préparatoires à une autre directive envisagent de fixer un coefficient minimal de performance saisonnière de 2,8... mais sans définir les modes de détermination de ce coefficient! Il y a donc clairement un problème de cohérence entre plusieurs travaux menés en parallèle. De fait, on est amené à se demander si les mesures à venir refléteront une réalité. D'autant que les méthodes employées aboutissent à une prise en compte insuffisante des couplages entre plusieurs solutions. Pour François Durier, il y a donc là un véritable chantier de recherche pré-normative qu'il serait bon que le PREBAT soutienne.

Une solution pour chaque application

Revenant au matériel à proprement parler, Hervé CHARRUE, directeur de la recherche et du développement du CSTB, soulignait qu'il existe une solution « pompe à chaleur » pour toutes les applications, quels que soient le type de bâtiment et le climat. La question reste alors, rappelait-il, de dimensionner et de décrire correctement les besoins, ce qui prend d'autant plus d'importance dans un contexte où l'on note une évolution de ceux-ci, avec une



© Groupe Moniteur

augmentation de la demande de froid, un maintien de celle d'eau chaude sanitaire, et une baisse des besoins de chauffage. Pour l'existant, la pompe à chaleur peut être une solution de remplacement d'une chaudière, à condition cependant d'une étude préalable menée avec soin, qui prenne en compte les possibilités de mise en œuvre, et envisage aussi des solutions alternatives. Dans le cas de bâtiments neufs, les conditions d'utilisation peuvent être très diverses, partielles ou totales, ou encore en combinaison avec d'autres systèmes. Il en est de même pour les logements collectifs et les bâtiments à usage tertiaire; cependant, et quel que soit le cas de figure, il reste que la recherche d'une réduction préalable des besoins doit être une première étape incontournable.

Les vecteurs air et eau – le confort et la qualité de l'air intérieur

Pour transporter de la chaleur comme du froid, il faut un vecteur. Celui-ci peut être aussi bien l'eau que l'air. En introduction de ce thème, Patrice Henning, de l'association Energies et avenir, venait défendre le chauffage à eau chaude, qu'il considère comme le système qui permet le mieux de mettre en place des systèmes durables à la fois multi-énergies, substituables et réservant une part croissante à la chaleur d'origine renouvelable. Cette compatibilité avec les énergies renouvelables n'est pas le seul atout de la boucle à eau chaude, présente à l'heure actuelle dans 75 % du parc bâti: pour Patrice Henning, sa réversibilité en fait le procédé le mieux à même de supporter une transition énergétique qui consiste à développer le mix énergétique, en changeant d'énergie sans changer d'équipement et en faisant une place de plus en plus large aux énergies renouvelables. Enfin, le confort apporté par la boucle à eau chaude est établi. Patrice Henning concluait en rappelant qu'il était d'ores et déjà possible d'arriver à des consommations de 50 kWh/m²-an sur le neuf, et 80 kWh/m²-an sur l'existant, et que de meilleures performances étaient sans doute permises par une utilisation conjointe des vecteurs air et eau, qu'il serait donc illusoire de vouloir opposer systématiquement.

L'air : une boucle indispensable

Jean-François Nouvel, directeur de la recherche d'ALDES, prenait parti pour le vecteur air tout en considérant également qu'une combinaison intelligente air-eau pouvait donner de très bons résultats. Pour Jean-François Nouvel, l'air demeure cependant très

intéressant parce qu'il est le support de la ventilation, et qu'une boucle d'air est indispensable, puisqu'il doit en tout état de cause être renouvelé. Il s'agit donc plus d'optimiser l'usage d'un circuit existant que d'en superposer un nouveau, en intégrant les progrès qui autorisent aujourd'hui des vitesses de soufflage faibles, et en prenant en compte des contraintes majeures: une capacité calorifique inférieure à celle de l'eau, et des fuites éventuelles qui, pour être infiniment moins destructrices que celles d'eau, peuvent cependant entraîner des contre-performances notables.

Une qualité en question

En parallèle avec le débat sur l'efficacité comparée des vecteurs air et eau, Francis Allard, directeur du LEPTIAB de l'université de La Rochelle, posait la question de la santé, en rappelant qu'une trop grande efficacité énergétique peut être nuisible, lorsqu'elle empêche un renouvellement suffisant de l'air qui, trop confiné, devient vecteur de maladies. Des études récentes ont d'ailleurs montré la relation forte entre qualité de l'air et performances intellectuelles des occupants de bâtiments scolaires et tertiaires, tandis qu'on a pu relever dans certains pays en pointe en termes

d'efficacité énergétique des bâtiments (en Scandinavie en particulier) une recrudescence des pathologies respiratoires. Il est donc indispensable d'avoir des stratégies de contrôle et de purification de l'air pour assurer le niveau nécessaire de qualité de celui-ci, tout en diminuant les débits de renouvellement qui contrarient la performance énergétique. En l'état, notait toutefois Francis Allard, la recherche dans ce domaine est freinée par des normes qui sont très largement fondées sur l'occupation, le type d'activité et les débits. Il conviendrait donc d'encourager la mise en place de normes plus performancielles que prescriptives, à condition de progresser dans une mesure de la performance sanitaire qui, à ce jour, est très en retard sur la mesure de la performance énergétique. Ce point est d'autant plus épineux que la question des émissions de polluants à l'intérieur des bâtiments reste entière: s'il est facile de constater celles-ci sur l'existant, il est extrêmement difficile de les prédire sur des bâtiments en construction. Au niveau de l'évaluation comme du contrôle, il y a donc un déficit global de recherche, qui est particulièrement accentué en France; une situation qui est à déplorer, car la performance énergétique doit être considérée comme indissociable de la qualité de l'air.

Atelier 3 Les données de base en débat

Toute activité qui a des incidences sur les conditions de vie a vocation à être encadrée. Cependant, ces règles doivent, pour être utiles, rester claires, significatives d'une réalité, et compatibles entre elles. C'est pourquoi Bernard Tardieu, en ouvrant ce dernier atelier, tenait à procéder à un rappel des textes généraux réglementant la question, avant de laisser la parole à Jean-Claude Boncorps, président du SNEC et du FG3E.



© Groupe Moniteur

En tant que représentant des professionnels de la maintenance et du service en efficacité énergétique, Jean-Claude Boncorps dressait un tableau des points sur lesquels son secteur peut jouer un rôle clé dans les objectifs globaux que fixe le Grenelle de l'environnement, et en particulier les « 3 fois 20 »: + 20 % d'efficacité énergétique, - 20 % de CO₂ et 23 % d'énergies renouvelables à l'horizon 2020. Pour Jean-Claude Boncorps, la dimension pédagogique est devenue essentielle pour accompagner un changement nécessaire des comportements, et compléter le cœur de métier de la filière, c'est-à-dire une gestion performante des équipements. L'évolution de la réglementation favorise cette évolution de la profession, avec la mise en place des contrats de performance énergétique (CPE). Ceux-ci vont entraîner des changements significatifs dans la nature des contrats, et favoriser aussi bien l'action concertée avec les autres acteurs, que les interventions en amont. Ce, d'autant plus que la complexité des systèmes énergétiques est appelée à augmenter.

Diviser par 4 : comment ?

Après les « 3 fois 20 », un autre chiffre clé était examiné: la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Pour envisager la réalisation de cette ambition, expliquait Bernard

Sesolis, directeur de Tribu énergie, il est nécessaire d'établir des équivalences claires entre les différentes énergies. Il faut également, soulignait-il, s'entendre sur le meilleur cheminement collectif pour aboutir, et en particulier répondre à deux questions: à quelle échelle, collective ou urbaine, faut-il travailler? Et pour quels usages? Si le débat reste ouvert, il n'en demeure pas moins que l'enjeu principal demeure, en France, la maison individuelle qui est le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre, et en particulier la maison individuelle fioul qui représente 12 % des surfaces, 15 % des consommations énergétiques et 23 % (21 MtCO₂/an) des émissions. Une politique climat doit traiter ce parc de façon efficace.

Basses consommations ou basses émissions

Si les objectifs sont complexes à poser comme à résoudre, il en est de même des mesures utilisables. C'est ce que démontrait Jean-Marie Bouchereau, responsable du service Observation, économie, évaluation de l'ADEME, à propos du contenu en CO₂ des différentes énergies. A ce jour, la France représente 1/6 de la population européenne, et seulement 1/10 de ses émissions de CO₂. Une analyse fine permet de voir que c'est quasi exclusivement au niveau de l'électricité (d'origine largement nucléaire) que se fait la différence, avec également, dans le domaine du bâtiment, un rôle non négligeable du bois. Cependant, la question des équivalences retenues pour obtenir ces résultats reste posée; l'ADEME a l'ambition de contribuer à leur actualisation, et d'augmenter leur précision. Elle souhaite que ces nouveaux facteurs actualisés soient utilisés comme valeur de référence pour compléter les diagnostics de performance énergétique pour les bâtiments existants par un bilan CO₂. Elle rappelle également que le diagnostic de l'existant ne doit pas se substituer à la mise en œuvre de mesures apportant des progrès aussi bien dans le domaine des gaz à effet de serre que dans celui de l'efficacité énergétique. Il s'agit donc de ne pas confondre les objectifs d'efficacité énergétique (notion de « basse consommation ») et les objectifs de performance carbone (notion de « basse émission de gaz à effet de serre ») mais au contraire de continuer à promouvoir des objectifs distincts (double étiquetage en énergie primaire et en équivalent CO₂).

Energies primaire et finale

Autre direction difficile à interpréter, celle des 50 kWh/m²-an, ce que soulignait Richard Lavergne, chargé de mission stratégique Energie et climat au MEEDDM/CGDD: en effet, il convient de distinguer l'énergie primaire (pétrole brut, électricité nucléaire, hydraulique, éolienne., gaz naturel, charbon, géothermie, etc.) des énergies dérivées (produits pétroliers et électricité secondaire produite par ceux-ci, et gaz manufacturé), de l'énergie finale, après transformation, et enfin de l'énergie utile, celle qui alimente les équipements des utilisateurs. Cette distinction n'est pas neutre: d'abord en termes de volumes, puisque 276 Mtep d'énergie primaire consommés en France (2005) aboutissent à 162 Mtep d'énergie finale. En termes de sources ensuite, car les taux de

conversion d'énergie primaire en énergie finale sont très divers. C'est justement ce dernier point qui se révèle épineux dans le contexte de l'application du seuil de 50 kWh/m²-an. Celui-ci est en effet fixé en énergie primaire, alors que seule la consommation d'énergie finale d'un bâtiment peut être mesurée. Non seulement les taux de conversion sont extrêmement variables, mais encore il est difficile d'évaluer avec exactitude le mix des énergies primaires consommées par un bâtiment précis; à ce problème d'équivalences s'ajoutent par ailleurs des incertitudes: est-il par exemple possible d'apporter à un bâtiment consommant 50 kWh/m²-an un complément en énergies renouvelables in situ? La réponse reste à apporter.

Clôture du séminaire



© Groupe Moniteur

Philippe Pelletier, président du comité stratégique du plan bâtiment du Grenelle

Jean-Paul Dallaporta, chargé de mission développement durable à l'Anah, donnait la parole à Philippe Pelletier, président du comité stratégique plan bâtiment du Grenelle, le soin de présenter l'état des lieux de ce plan. Après avoir souligné le succès des premières applications de celui-ci (plus de 10 000 écoprêts déjà distribués), Philippe Pelletier traçait des pistes pour l'avenir, en les appuyant sur plusieurs constatations. Celle, en premier lieu, d'un très fort intérêt de la société civile, qui va à certains égards plus vite que les décideurs. Plusieurs réactions ont en effet déjoué les prévisions, comme la transformation du marché automobile ou la vague des produits « bio ». Ensuite, une interrogation sur la capacité de l'offre de services à répondre à cette demande forte de la société. Dans le domaine du bâtiment, cependant, les impératifs apparaissent clairement, insistait Philippe Pelletier: le parc existant, et en particulier les résidences individuelles, sont par leur importance la clé du succès, à cause de l'effet de levier que des améliorations simples peuvent avoir; ces améliorations doivent prioritairement porter sur la production de chaleur et sur l'isolation, conjointement. Ensuite, il est essentiel d'agir, même si les systèmes de mesure des effets ne sont pas encore parfaitement validés: il y a en effet urgence. Enfin, il est nécessaire de répondre à cette urgence en s'appuyant sur les technologies existantes, même si des innovations vont survenir dans les années qui viennent. La société française, poursuivait Philippe Pelletier, a reçu un message clair, et l'a parfaitement entendu; il s'agit à présent de poursuivre ce mouvement. Une poursuite qui passe par un développement de la formation, et par un suivi étroit de la préparation de la réglementation thermique 2012 qui devra être acceptée par les professionnels et compatible avec l'existant. Des efforts doivent par ailleurs être initiés: c'est en particulier le cas pour les chantiers des

collectivités territoriales. Enfin, la création en cours d'un tableau de bord commun à tous les acteurs permettra de fédérer et de mettre en cohérence l'ensemble de leurs travaux.

7 conclusions pour progresser

Il revenait à François Perdrizet, président du comité des signataires du PREBAT, de tirer les conclusions de cette journée, aussi bien pour l'action du PREBAT qu'en termes d'enseignements. Ces conclusions se présentaient au nombre de sept:

1. Le débat lancé dans le cadre de ce séminaire est d'un apport significatif dans l'évaluation en cours pour relancer le futur PREBAT. Il ne faut pas craindre les différents et les controverses; cela fait progresser;
2. Parmi les enjeux qui vont devenir prioritaires, sont à signaler l'électricité spécifique et l'intégration architecturale en lien avec l'énergie. Cette préoccupation devrait être un nouvel horizon pour les écoles d'architecture;
3. En matière d'équipements, il existe un vive émulation entre les porteurs des diverses technologies. Par ailleurs le risque de rencontrer le problème de la surpuissance des équipements n'est pas à écarter; d'où la nécessité de s'interroger sur un éventuel retour au collectif.
4. Une grande vigilance s'impose pour mesurer les résultats afin d'éviter les fausses annonces ou des réalisations non conformes. D'autre part, il ne faut pas sous-estimer les difficultés que vont rencontrer les consommateurs pour choisir et entretenir leurs équipements;
5. Parmi les pistes de recherche à confirmer, il est à noter entre autres:
 - la diversité et le foisonnement des pompes à chaleur, avec la nécessité de bien évaluer les COP;
 - l'accent mis sur la rénovation, ainsi que sur l'instrumentation; intelligente des démonstrateurs;
 - l'intérêt de faire émerger une véritable politique industrielle;
 - l'amélioration des outils de conception;
 - la prise en compte de la qualité de l'air, indissociable des questions de ventilation et d'énergie;
 - une nouvelle visite de la question du confort;
6. Il est urgent de prendre des positions claires en matière de normes, en ne perdant pas de vue leur origine et leur finalité, et en clarifiant les équivalences entre énergies et les contributions en terme de CO₂;
7. En contre-jour se profilent la question centrale du stockage, de l'énergie et de l'écrêtement de la pointe, avec ou sans une articulation avec l'eau chaude sanitaire.



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer
Ministère du Logement
Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature

Le plan | urbanisme | construction | architecture | PUCA depuis sa création en 1998, développe à la fois des programmes de recherche incitative, des actions d'expérimentation et apporte son soutien à l'innovation et à la valorisation scientifique et technique dans les domaines de l'aménagement des territoires, de l'habitat, de la construction et de la conception architecturale et urbaine.

Organisé selon quatre grands départements de capitalisation des connaissances : **Sociétés urbaines et habitat** traite des politiques urbaines dans leurs fondements socio-économiques ; **Territoires et aménagement** s'intéresse aux enjeux du développement urbain durable et de la planification ; **Villes et architecture** répond aux enjeux de qualité des réalisations architecturales et urbaines ; **Technologies et construction** couvre les champs de l'innovation dans le domaine du bâtiment ; le PUCA développe une recherche incitative sur le **Futur des villes à l'im-pératif du développement durable**.

Ce plan 2007-2012 se décline, selon huit programmes finalisés dont les objectifs de recherche répondent aux défis urbains de demain. Ces programmes sont accompagnés par des ateliers thématiques de bilan des connaissances et des savoir-faire, ainsi que par des programmes transversaux à l'échelle des territoires et des villes et à l'échelle européenne avec la participation du PUCA à des réseaux européens de recherche.

Le PUCA, par ailleurs, assure le secrétariat permanent du programme de recherche sur l'énergie dans le bâtiment.

plan urbanisme construction architecture

► **Le gouvernement des villes et la fabrique du bien commun**

Planification sociale de l'urbain et services publics
Citoyenneté et décision urbaine
Intercommunalité et métropolisation
Normes et fabrique du bien commun

► **Le renouveau urbain**

Rénovation urbaine et mixité sociale
Renouvellement et recomposition des quartiers
Créativité et attractivité des villes

► **L'avenir des périphéries urbaines**

Territoires urbains et sûreté
Architecture de la grande échelle
Habitat pluriel : densité, urbanité, intimité
Systèmes périurbains et coûts d'urbanisation
Dynamiques et pratiques résidentielles

► **Comportements résidentiels et défis démographiques**

Vieillesse de la population et choix résidentiels
Habitat et services aux personnes âgées
Évolutions démographiques et inégalités territoriales

► **Accès au logement**

Trajectoires résidentielles
Recompositions institutionnelles de l'offre de logement
Modes et formes de l'hébergement
Économie foncière et immobilière

► **L'innovation dans l'architecture et la construction**

Le futur de l'habitat
Logements optimisés : coûts, qualité, fiabilité, délais
Concept qualité, habitat, énergie
Observatoire des bâtiments durables
Logement Design pour tous
Évaluation énergétique du patrimoine existant (PREBAT)
Bâtiments démonstrateurs (PREBAT)
REHA (PREBAT)

► **Territoires et acteurs économiques**

Espaces urbains et dynamiques économiques
Lieux, flux, réseaux dans la ville des services
Développement économique local et mondialisation
Économie de l'aménagement
Attractivité des territoires

► **Vers des villes viables et acceptables**

Politiques territoriales et développement durable
Risques technologiques : enjeux économiques et territoriaux
Villa urbaine durable
Quartiers durables
Aménagement et démarches HQE
Collectivités locales et politiques énergétiques (PREBAT)
Collectivités locales et défi climatique (PREBAT)

Premier plan

SUPPLÉMENT avril-juin 2009
Journal d'informations du **PUCA**
plan urbanisme construction architecture
Grande Arche de la Défense Paroi Sud
92055 La Défense cedex
tél. 01 40 81 24 72
www.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca

Contacts :

Jean-Paul Fideli / Secrétaire permanent adjoint du PREBAT
Tél. 01 40 81 99 02
jean-paul.fideli@developpement-durable.gouv.fr

Christophe Perrocheau / Chargé de valorisation
Tél. 01 40 81 24 33
christophe.perrocheau@i-carre.net

Sites internet :

<http://rp.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca>
<http://www.chantier.net>

Directeur de la publication :
Emmanuel Raoul
Secrétaire permanent du PUCA

Rédaction :
Stéphane Geffray – Ti Amot

Conception graphique :
Dominique Grelier
d'après la maquette de LM communiquer

Crédit photos :
Groupe Moniteur

Premier Plan sur internet
www.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca
ISSN 0183-0937