

# PRÉBAT

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



## SEMINAIRE PREBAT du 03 juin 2009

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

**Compte-rendu de la journée**

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



**QUELS SYSTEMES DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION  
POUR LES BATIMENTS NEUFS ET REHABILITES DE DEMAIN ?**

Compte-rendu du séminaire PREBAT du 03 juin 2009

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement Durable et de la Mer  
Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature  
Plan Urbanisme Construction Architecture  
Septembre 2009

**Directeur de la publication**

Emmanuel Raoul, secrétaire permanent du PREBAT

**Contacts**

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

Christophe Perrocheau, chargé de valorisation  
Christophe.perrocheau@i-carre.net

Rédaction : Stéphane Geffray – Ti Amot  
Photo de couverture : groupe Moniteur

## LE CONTEXTE ET LES ENJEUX

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. Au-delà de la thématique retenue, ce séminaire marquait également pour le PREBAT une nouvelle approche, fondée sur la volonté de créer un lieu de dialogue et d'échanges approfondis entre l'ensemble des acteurs de la filière.



« 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 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 / m<sup>2</sup> 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 / m<sup>2</sup> 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.

## **ATELIER 1**

### **LES EQUIPEMENTS ENERGETIQUES EN DEBAT**

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/m<sup>2</sup>-an à ce jour, mais qui doit à terme descendre à 50, puis à 15 kWh/m<sup>2</sup>-an, alors que cette moyenne recouvre également d'importantes disparités. Troisième donnée, des sources d'énergie multiples, et dont le contenu en CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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. A 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'Ecole des mines de Paris et l'Ecole 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 Stribel 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 pré-mélange, et la micro co-génération au fioul.

## **ATELIER 2 LES PERFORMANCES ET SYSTEMES EN DEBAT**

**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 reflèteront 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 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/m<sup>2</sup>-an sur le neuf, et 80 kWh/m<sup>2</sup>-an sur l'existant, et que de meilleures performances étaient sans doutes 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 DONNEES DE BASE EN DEBAT**

**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.**



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/m<sup>2</sup>-an, ce que soulignait Richard Lavergne, chargé de mission stratégique Energie et climat au MEEDDAT/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/m<sup>2</sup>-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/m<sup>2</sup>-an un complément en énergies renouvelables *in situ* ? La réponse reste à apporter.

## CLOTURE DU SEMINAIRE



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 7 :

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 une 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 CO<sub>2</sub> ;
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.

Résultats de l'exploitation du questionnaire participants  
Séminaire PREBAT du 3 juin 2009 sur le thème  
**Quels systèmes de chauffage et de climatisation pour les bâtiments neufs et réhabilités de demain ?**  
à l'Arche de la Défense.

A la question  
**quels enseignements selon vous sont à retenir ?**,  
les principales réponses ont été les suivantes :

- Il est nécessaire de suivre les consommations réelles, et particulièrement de mesurer les températures dans les bâtiments BBC
- La performance normative des PAC doit être mieux améliorée pour s'approcher des conditions réelles d'utilisation. Les PAC ont une utilisation restreinte. C'est le couplage des technologies qui est pertinent (la PAC n'est pas destinée à couvrir tous les besoins).
- Le potentiel du solaire pas n'est assez exploité.
- Il faut banaliser les solutions existantes performantes.
- Il ne faut pas limiter l'approche recherche à la seule question de l'énergie.
- La diffusion des résultats de recherche est insuffisante.
- Il n'y a pas de solution unique de chauffage. L'approche globale est indispensable (archi., équipements, solaire, mesures, confort... ; la notion de performance doit être intégrée dès la conception, sans oublier les énergies grises.
- Il est important de prendre en compte les usagers et s'intéresser à leur responsabilisation. Un tableau de bord « énergie » (consommation instantanée, moyenne...) serait utile ; cet outil permettra d'impliquer les acteurs et les usagers
- L'isolation est fondamentale et est prioritaire
- Le vecteur eau ne s'oppose pas au vecteur air
- Des plate-formes (recherche/opérationnelle, d'échanges entre les acteurs, de formation) réunissant tous les acteurs sont indispensables.
- La part de la maison individuelle dans les questions d'énergie-bâtiment est prépondérante.

A la question

**quels verrous identifiez vous, qui interpellent la recherche et l'expérimentation ?**,  
les principales réponses ont été :

- La démonstration sur les nouveaux produits est insuffisante
- Le rôle des lobbies (fournisseur d'énergies, industriels) : la défense de leurs intérêts freine les évolutions indispensables .
- La faiblesse des formations
- Les politiques des industriels et des distributeurs sont des freins.
- Il y a trop d'incertitude sur la prise en compte du carbone et des facteurs de conversion des différentes énergies.
- L'approche globale est complexe dans l'existant, il faut des réponses « package » suivant des typologies de bâtiment.
- Les concepteurs ont besoin de données fiables de références multi-secteurs (météo, ACV, réseau air/eau...).
- Il faut intégrer les énergies grises
- Encore trop de clivage entre d'une part les filières technologiques et d'autre part entre les acteurs conception , construction.
- Les coûts d'installation et de maintenance des produits performants sont trop élevés
- Faiblesse des liens entre les chercheurs et les opérationnels.
- La profession n'est pas prête à prendre des risques. Elle ne fait pas d'investissement dans la recherche (à comparer aux investissements industriels dans les secteurs auto et aviaires).
- Le confort à faible coût énergétique doit être une piste de recherche en soi.
- Le contrôle de la performance (mesure rigoureuse) permettant de valider les calculs reste insuffisant.
- Le taux de renouvellement de l'air exigé par la réglementation est très pénalisant pour tout progrès.
- La régulation et la répartition des charges avec le vecteur air sont difficiles à traiter.
- L'optimisation des coûts d'énergie dont l'abonnement avec les systèmes multi-énergies.
- Les délais de validation puis diffusion des nouveaux procédés ou technologies sont trop importants

A la question

**Le PREBAT reconduira l'organisation de journées thématiques similaires. Quels seraient selon vous les 3 thèmes prioritaires à classer de 1 à 3 parmi les 7 suivants**  
les thématiques suivantes ont été privilégiées

1. La réhabilitation (80 points) est ressortie grande gagnante et plus précisément dans l'ordre
    - a. Mesure de la performance et référentiels
    - b. Produits et services adaptés
    - c. Financement et garanties,
    - d. Gestion-maintenance du patrimoine
  2. Modélisation et simulation. Les outils de conception, la maîtrise d'œuvre (48 points)
  3. Renouvellement de l'air, ventilation et perméabilité en construction neuve et en réhabilitation (44 points)
  4. La recherche et ses outils (28 points)
  5. Bâtiment et NTIC (24 points)
  6. Qu'est ce qu'un bâtiment à énergie positive ? (13 points seulement !)
  7. Les isolants à très hautes performances (8 points , le sujet serait-il suffisamment déjà traité ?)
- D'autres sujets de séminaire de travail nous ont été proposés :
    - climatisation naturelle
    - solutions 2020 pour l'habitat et le tertiaire
    - Bâtiments démonstrateurs lauréats PREBAT
    - Nouvelle organisation maîtrise d'œuvre/BET
    - Optimisation des systèmes de chauffage collectif
    - Qualité de mise en oeuvre

*Merci à la cinquantaine de participants à notre Séminaire du 3 juin 2009, qui nous aide à prendre les meilleures directions , en ayant complété notre questionnaire.*

Secrétariat permanent du PREBAT – MEEDDM/DGALN/PUCA  
ADEME – ANR – OSEO – Anah – ANRU - PUCA

Le présent document constitue la synthèse des débats du séminaire du 03 juin 2009 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 ; 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.