HAL
open science

Vers un habitat à énergie positive : éclairage sur notre futur commun

Bruno Peuportier, Stéphane Thiers, Franck Aggeri

To cite this version:

Bruno Peuportier, Stéphane Thiers, Franck Aggeri. Vers un habitat à énergie positive : éclairage sur notre futur commun. Éclairages, 2009, 2, pp.1-4. hal-00574548

HAL Id: hal-00574548

https://minesparis-psl.hal.science/hal-00574548

Submitted on 8 Mar 2011

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

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

R2DS Ile de France

Réseau de Recherche sur le Développement Soutenable

éclairages 2

sur notre futur commun

février 2009

Vers un habitat à énergie positive

Bruno Peuportier*, Stéphane Thiers* et Franck Aggeri**

*MINES ParisTech, *Centre Énergétique et Procédés, **Centre de Gestion Scientifique*

Les enjeux d'une rupture technologique

Chacun souhaite que notre civilisation de consommation, où les ressources naturelles sont méthodiquement transformées en déchets, évolue vers un équilibre plus raisonné. Mettre en pratique cette idée au quotidien reste cependant une gageure. Pour y parvenir, sans doute faudra-t-il adopter des comportements plus sobres mais on ne fera pas l'économie d'innovations technique et managériale. C'est le cas dans le domaine de l'habitat. Ce secteur est particulièrement important en Ile-de-France, avec un parc de près de 5 millions de logements et la construction de 40 000 à 50 000 nouvelles unités chaque année.

Les objectifs affichés de façon à protéger le climat, dans la loi sur l'orientation de l'énergie sont une réduction d'un facteur 4 des consommations d'énergie dans les bâtiments à l'horizon 2050 ; performance difficile à atteindre dans de nombreux bâtiments anciens pour des raisons techniques, économiques et esthétiques d'où l'idée d'élever le niveau exigé en compensation dans la construction neuve. C'est le principe retenu dans les travaux du Grenelle de l'environnement qui a conduit à proposer la généralisation des bâtiments à énergie positive en 2020[1].

Des logements à énergie positive construits à Freiburg en Allemagne ont montré la faisabilité de ce concept ; différents problèmes restent à résoudre pour passer de ces démonstrateurs à un développement massif : maîtrise du coût de construction et simplification de la mise en œuvre des technologies pour permettre leur appropriation par les professionnels. Garantir un niveau de confort suffisant, en particulier lors

1. Bâtiments qui fournissent au réseau plus d'énergie qu'ils n'en consomment grâce à de très faibles besoins énergétiques et à la valorisation de ressources locales (essentiellement l'énergie solaire).

île de France

Action financée par la Région Ile-de-France

de canicules, éviter de générer des perturbations sur le réseau électrique et réduire les impacts sur l'environnement : émission de gaz à effet de serre, toxicité, déchets… sont aussi des conditions nécessaires.

Atteindre un haut niveau de performance énergétique demande d'associer, dans une démarche de conception intégrée, architecture et ingénierie dès les premières phases d'un projet immobilier, donc de sortir du schéma linéaire actuel où les acteurs travaillent successivement. Il convient d'autre part d'adopter une démarche interdisciplinaire associant critères environnementaux, économiques et sociaux.

De la modélisation à l'aide opérationnelle

Dans le cadre du projet développé au sein du Réseau de Recherche sur le Développement Soutenable (R2DS), les phénomènes physiques comme le captage, le stockage et la distribution de l'énergie **sont modélisés dans l'objectif de prévoir le comportement énergétique d'un bâtiment avant sa construction** de façon à modifier certaines caractéristiques architecturales ou techniques si la performance obtenue est insuffisante.

Ces travaux de modélisation complètent des acquis antérieurs, qui avaient concerné la conception « bioclimatique » (architecture utilisant le climat pour assurer le confort biologique) et l'intégration des énergies renouvelables au bâti (solaire thermique et photovoltaïque). Ils permettent de prendre en compte deux technologies supplémentaires pour améliorer le confort et valoriser la biomasse : d'une part les puits canadiens qui consistent, selon la saison, à préchauffer ou à rafraîchir l'air de ventilation en le faisant circuler dans des tubes enterrés (le sol est plus frais que l'air extérieur en été, et plus tempéré en hiver) ; d'autre part les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité de petite puissance (micro-cogénération) à partir de granulés de bois.

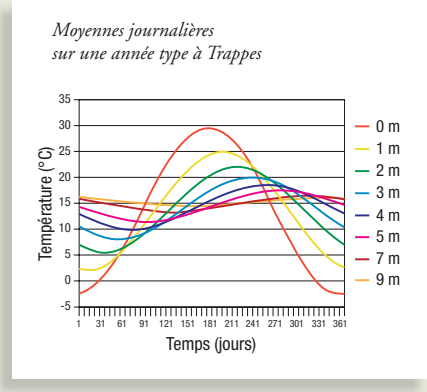
Le calcul énergétique est complété par une « analyse de cycle de vie » afin d'évaluer les impacts environnementaux d'un bâtiment en intégrant toutes les étapes : construction, utilisation, rénovation, démolition et recyclage éventuel. Cet ensemble logiciel apporte une aide à la conception aux professionnels, et permet d'étudier des concepts de bâtiments : par exemple, l'adaptation des « maisons passives » allemandes au contexte francilien (cf. *www.lamaisonpassive.fr*). Les travaux sont menés en lien avec des réseaux européens, en particulier TREES (réhabilitation des logements sociaux) et ENSLIC Building (efficacité énergétique par la promotion de l'analyse de cycle de vie des bâtiments).

Pour vérifier les calculs, le modèle a été comparé à des mesures effectuées par l'entreprise Canada Clim sur une maison de retraite à Presles (95), équipée d'un puits canadien destiné à éviter les surchauffes l'été. La température du sol est évaluée au cours des saisons : l'amplitude de variation décroît selon la profondeur, avec un déphasage par

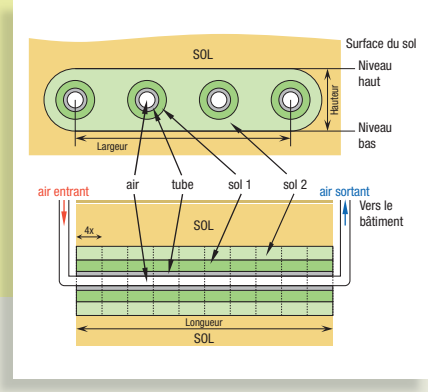
❶ *Maison de retraite à Presles (95), 2004. Salle de 240 m² rafraîchie par un « puits canadien »* (entreprise Canada Clim)

❷ *L'installation comporte 8 tubes de 40 mètres de long à 1,6 mètres de profondeur*

❸ *Températures du sol selon la profondeur et le jour de l'année*



❹ *Maillage du sol dans le modèle dynamique de puits canadien*



rapport à la température de l'air. Au voisinage des tubes, le sol est découpé en petits volumes (« mailles ») et un bilan thermique est établi sur chaque volume. La simulation est réalisée sur une année climatique type ou une année extrême correspondant à la canicule de 2003 *[figures 1 à 4]*. Selon ces calculs, l'usage du puits canadien divise par deux la durée et l'intensité des périodes d'inconfort du bâtiment. Les températures calculées en sortie de puits sont proches des mesures (écart moyen de 0,3°C).

D'autres essais ont été effectués sur un bâtiment de bureaux. **La comparaison entre les mesures et les calculs a permis d'améliorer le modèle** en prenant en compte le rayonnement solaire absorbé par le sol. La prochaine étape à franchir concerne la modélisation de la régulation du système, par exemple pour mieux tirer parti de la fraîcheur de l'air extérieur certaines nuits d'été.

En ce qui concerne le système de microcogénération, un banc d'essais a d'abord été réalisé. Les granulés de bois sont transformés en gaz dans un gazéificateur, de manière à alimenter un moteur (de type « Stirling ») produisant l'électricité. La chaleur est récupérée par un circuit d'eau. Ce banc d'essais a permis d'évaluer la production de chaleur et d'électricité du système à différents régimes de fonctionnement *[figure 5]*.

Le modèle ainsi élaboré permet de simuler ce système sur une année : l'électricité est produite en fonction des besoins de chaleur du bâtiment considéré. Afin d'éviter de nombreux démarrages et arrêts de l'appareil — ce qui ferait diminuer son rendement — un stockage d'eau chaude est utilisé. Le modèle a aussi pour objectif d'aider au dimensionnement de ce stockage.

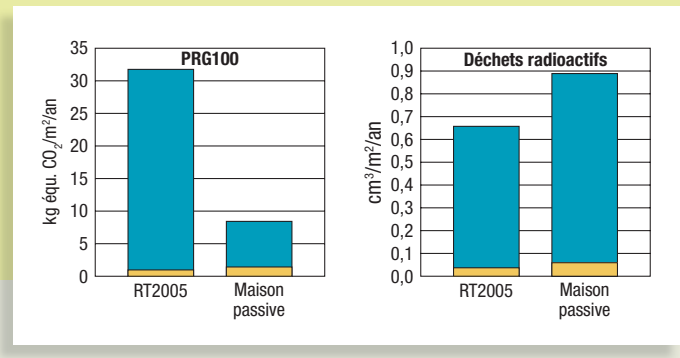
En s'appuyant sur ces outils de modélisation, des concepts de bâtiments sont étudiés afin d'évaluer leur pertinence. Par exemple des maisons passives, équipées de puits canadiens et de pompes à chaleur sont comparées ci-dessous à des maisons standard (Réglementation Thermique RT 2005) chauffées au gaz *[figure 6]*.

Dans cet exemple, un concept à énergie positive permettrait, par la production renouvelable d'électricité, d'améliorer encore le bilan environnemental et de dépasser le standard sur l'ensemble des critères.

Les logiciels ont été utilisés sur des opérations expérimentales, par exemple la réhabilitation d'un immeuble HLM à Montreuil (93). Cette étude a montré l'intérêt qu'il y aurait d'agir à différents niveaux : la réhabilitation des bâtiments, mais aussi l'amélioration de la production de chaleur au niveau du réseau de chauffage urbain (substitution du charbon par du bois énergie).

Dans le domaine du management, partant d'une analyse critique de projets récents de bâtiments « verts » et des principaux outils existants, **la recherche interroge les modes de coopération à susciter entre les différents acteurs de la construction**, en particulier architectes et ingénieurs, afin d'atteindre des niveaux de performance réels, au-delà d'une conformité à des procédures de certification. >>>

5 *Unité de micro-cogénération « Sunmachine pellet »*
(distributeur en France : MAB Entreprise)



6 *Exemples de résultats, logiciel EQUER : réduction par 4 des émissions de CO_2 (Potentiel de Réchauffement Global, PRG) mais augmentation des déchets radioactifs par rapport à une maison standard chauffée au gaz*

Un capital de compétences à construire

Des activités de dissémination avec la mise à disposition d'outils d'aide à la conception (logiciel COMFIE diffusé auprès d'environ 700 utilisateurs par IZUBA Énergies et utilisé par l'association Énergies durables en Ile-de-France) permettront un premier retour sur expériences grâce à la construction d'opérations de démonstration et la constitution d'un réseau francilien de professionnels, architectes, bureaux d'études techniques maîtres d'ouvrage et entreprises.

Des activités de formation, par exemple sur la qualité environnementale des bâtiments, en particulier à l'Ecole d'Architecture de Paris La Villette, sur la thermique des bâtiments à l'École des Ponts ParisTech, sur l'analyse de cycle de vie à MINES ParisTech et à l'ENS de Cachan sont menés. Une thèse de doctorat vient d'être terminée au Centre Énergétique et Procédés de MINES ParisTech avec le soutien du réseau R2DS.

Perspectives

Un réseau de recherche en énergétique du bâtiment, mis en place par le CNRS dans le cadre du Programme interdisciplinaire Énergie et regroupant plus d'une trentaine d'équipes en France, a identifié de nombreuses pistes de recherche pour, entre autres, progresser vers la garantie de résultats, mieux gérer et établir le diagnostic des bâtiments existants, modéliser plus précisément les mouvements d'air et étudier des innovations (stockage de chaleur dans des matériaux à changement de phase par exemple). La contrainte centrale est ici humaine en ce sens que nous manquons aujourd'hui d'équipes pérennes et de culture pluridisciplinaire pour avancer. Les programmes développés au sein du réseau R2DS visent à pallier ce déficit dans un contexte évolutif dont les principaux acteurs sont désormais l'Agence nationale de la Recherche, l'ADEME et la Commission Européenne.

Les majors de la construction s'impliquent à leur tour : en particulier ParisTech (regroupant une dizaine de grandes écoles franciliennes) a créé, en association avec VINCI, **une chaire de recherche et d'enseignement sur l'éco-conception des ensembles bâtis et des infrastructures.** Le partenariat de trois écoles, MINES ParisTech, Ecole des Ponts ParisTech et AgroParisTech, a pour objectif de mieux cerner les interactions entre les secteurs du bâtiment et des transports, et d'intégrer les aspects de biodiversité. Par exemple la généralisation des bâtiments à énergie positive pourrait avoir des implications sur la densité urbaine, et donc sur les impacts liés au transport. La conception des éco-quartiers pourrait intégrer la continuité écologique, favorable à la biodiversité. Enfin, les applications concernant la réhabilitation sont essentielles, étant donnée l'importance du parc existant. ||

|| R2DS Ile-de-France est un réseau de recherche sur le développement soutenable. Il a été créé en 2006 comme GIS CNRS à l'initiative du Conseil régional de l'Ile-de-France dans le but de favoriser la recherche sur le développement soutenable. Il réunit aujourd'hui 16 universités, grandes écoles et établissements publics de recherche.
www.r2ds.centre-cired.fr

|| Le Centre Énergétique et Procédés (CEP) de l'École des Mines de Paris a été associé jusqu'en 2008 au CNRS dans le cadre d'une formation de recherche en évolution (FRE 2861) du département ST2I. Il s'intéresse aux systèmes énergétiques complexes et à la maîtrise de leurs émissions. Réparties entre trois implantations géographiques, Fontainebleau, Paris et Sophia Antipolis, ses activités de recherches se développent autour de trois axes stratégiques que sont la maîtrise des procédés industriels, les infrastructures énergétiques et les nanomatériaux et l'énergie.
www.ensmp.fr/Fr/CEP

|| Le Centre de Gestion Scientifique (CGS) de l'École des Mines de Paris axe ses travaux de recherche sur la conception et l'évaluation des dispositifs de gestion. Les problématiques de recherche s'articulent autour de six axes : conception, innovation ; métiers, identités et parcours professionnels ; environnement et développement durable ; gestion hospitalière et système de santé ; management industriel et logistique ; action publique.
www.ensmp.fr/Fr/CGS

Coordination : Catherine Boemare
Conception graphique : Hélène Gay
Imprimé par *impression durable*

Pour en savoir plus

Peuportier B., 2008, « Éco-conception des bâtiments et des quartiers », Presses de l'École des Mines, 336 p.

Thiers S., 2008, « Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive », Thèse de doctorat, MINES ParisTech, 256 p.

Contacts auteurs

> *Bruno Peuportier : bruno.peuportier@mines-paristech.fr*
> *Franck Aggeri : franck.aggeri@mines-paristech.fr*
> *Stéphane Thiers : stephane.thiers@mines-paristech.fr*