

Introduction

Par Serge CATOIRE

Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'économie

Bertrand COCHI

Président du Stanford Club of France et vice-président de Mines ParisTech Alumni

Et Bernard SOULEZ

Vice-président de l'Association des cadres et dirigeants pour le progrès social et économique (ACADI)

Ce numéro des Annales des Mines est né d'un constat et d'une série d'événements :

- Le constat, qui est décliné dans la plupart des articles composant ce numéro, porte sur l'impératif d'augmenter les performances et de réduire les coûts de la rénovation énergétique des bâtiments. Pour réaliser l'ensemble des rénovations nécessaires, une amélioration massive des méthodes et de la productivité s'impose non seulement pour des raisons financières, mais aussi, et encore plus fondamentalement, parce que les « bras » ne seraient pas là pour le faire si la productivité ne s'améliorait pas.

- Les événements, ce sont les quatre Web-conférences du cycle « Rénovation énergétique des bâtiments », organisées en partenariat entre les anciens élèves des écoles des Mines, des Ponts, des Arts et Métiers et de Polytechnique, ainsi qu'avec le *lab* Recherche & Environnement de Vinci et la Smart Buildings Alliance. Les orateurs qui se sont succédé lors de ces conférences, dont beaucoup ont contribué à ce numéro par un article, ont démontré l'ampleur et la variété des bonnes pratiques avérées, dont la diffusion permettra les gains de performance et de productivité nécessaires à la massification des rénovations. L'ampleur de la participation à ces Web-conférences, dont le public a souvent dépassé les trois cents personnes, a démontré l'intérêt que suscite cette démarche de diffusion des bonnes pratiques.

Né dans ce contexte, ce numéro rappelle d'abord les principaux éléments du cadre institutionnel de la rénovation énergétique des bâtiments en France, et donne ensuite de nombreux exemples du succès avéré et généralisable de cette rénovation.

Philippe Pelletier, le président du plan Bâtiment durable, esquisse les voies de progrès qui permettraient de conférer l'ampleur nécessaire à la rénovation du bâti. Son analyse le conduit, en particulier, à recommander de changer de maille d'intervention, en favorisant des actions groupées – îlot, quartier, lotissement – dans une unité à la fois technique, de lieu, de temps et d'action qui en amplifierait l'efficacité.

Anne-Lise Deloron Rocard et Florent Martin, qui œuvrent au ministère de la Transition écologique en matière de coordination interministérielle de la rénovation énergétique des bâtiments, décrivent les changements entrepris depuis 2019 pour que l'ensemble des aides et des équipes de conseillers puissent être coordonnées. La montée en compétence et en productivité de la filière est un des enjeux clés ; les pactes régionaux d'investissement dans les compétences y contribuent grandement. L'ensemble des stratégies publiques déployées visent à une efficacité croissante des actions à la fois sur les plans économique et écologique.

Face au défi de société qu'est le changement climatique, Didier Roux, de l'Académie des sciences, rappelle que les caractéristiques d'évolution des consommations énergétiques s'inscrivaient jusqu'à présent dans un espace-temps de l'ordre de trente à quarante ans, des périodes d'évolution qui aujourd'hui se sont fortement réduites, ce qui permet de mieux mesurer l'ambition hors du commun des objectifs actuels. Il décrit les principales innovations technologiques et organisationnelles qui pourraient permettre au secteur du bâtiment de contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction de notre consommation énergétique.

L'ampleur des rénovations énergétiques dans les bâtiments privés se voit dans les montants, privés et publics, qui y sont consacrés, mais jusqu'à présent très peu dans leur impact en termes de baisse des dépenses énergétiques et, encore moins, de réduction des émissions de CO₂. Matthieu Glachant, qui est chercheur spécialiste de l'économie de l'environnement et de l'économie de l'énergie, attribue une part importante de cet écart à la faible qualité des rénovations. Les particuliers ne peuvent apprécier cette qualité qu'au travers du label RGE attribué aux artisans, dont seuls 0,01 % se sont vus jusqu'à présent retirer ce signe distinctif, ce qui lui laisse craindre une trop grande générosité au regard de l'attribution de ce label et un contrôle *a posteriori* un peu trop laxiste. Il plaide donc pour une hiérarchisation des labels qui permette de mieux distinguer les artisans les plus efficaces en matière de rénovation énergétique.

Andreas Rüdinger, qui est chercheur associé à l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI), détaille des pistes pour une politique de rénovation ambitieuse visant à une massification des rénovations performantes. Ces pistes pourraient être à la base d'une « feuille de route de la rénovation énergétique des bâtiments », qui serait élaborée dans le cadre de la révision de la loi de programmation pluriannuelle de l'énergie.

Philippe Bihoux, le directeur de l'AREP, analyse les limites des actions engagées jusqu'à présent. Pour éviter de reproduire les échecs du passé, il insiste sur le fait qu'il est « bien plus facile [de protéger] les corps [humains du froid] que d'isoler les murs et les toits ». Il préconise une approche qui utilise le *low tech* et mobilise les habitants et les utilisateurs des bâtiments pour définir avec eux le « juste besoin » thermique. De même, il propose de n'utiliser les technologies que là où elles sont indispensables et où elles procurent un avantage indiscutable.

Le programme de rénovation des bâtiments publics de l'État qui s'inscrit dans le cadre du plan de relance a pu s'appuyer sur l'expérience du programme Travaux immobiliers à gains rapides en énergie (TIGRE), qui, mis en œuvre en 2019, était lui-même basé sur une expérimentation réussie, qui, menée en 2018, a permis de rénover la quasi-totalité des cités administratives. Nicolas Blondel et Hervé Le Dû, de la direction de l'Immobilier de l'État (ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance – Direction générale des Finances publiques), décrivent les innovations intervenues en matière d'organisation qui ont permis de mettre en œuvre des méthodes et des technologies innovantes et ont ainsi conduit, en moins de dix semaines, à sélectionner 4 214 projets (parmi 6 000 candidats) générateurs d'économies d'énergie significatives et susceptibles d'être mis en œuvre avant la fin de l'année 2023, et ce pour un montant total de 2,7 Mds€. Ces projets sont dans leur quasi-totalité aujourd'hui lancés et leur suivi est organisé.

Sébastien Delpont, le directeur de EnergieSprong France, décrit les méthodes engagées il y a quelques années par le gouvernement néerlandais pour sortir du dilemme « peu de rénovations lourdes » *versus* « beaucoup de rénovations légères » en trouvant une voie alternative visant à réaliser « beaucoup de rénovations lourdes, mais moins chères ». Ainsi, de projets en projets, en l'espace de cinq ans et grâce à des politiques publiques stables, les prix ont baissé de 50 %. Il nous encourage à cesser d'hésiter et à accélérer le déploiement, à partir de 2022 et au-delà, de la méthode de rénovation dite « Zéro énergie à bas coût ».

Raphaël Claustre, qui est directeur général d'Île-de-France Énergies, rappelle que la rénovation énergétique conduit à demander à des non-professionnels, les copropriétaires, de prendre des décisions d'investissement d'ampleur et portant sur des travaux lourds, et qui sont difficiles à analyser. Il décrit les méthodes et les organisations pour amener les copropriétaires à prendre les bonnes décisions et conclut par quelques recommandations, en particulier « travailler entre services publics pour établir une doctrine claire de ce qui est acceptable, [...] éviter l'arbitraire et les milliers de tonnes de CO₂ liées aux projets abandonnés ».

Dorémi est une entreprise solidaire d'utilité sociale spécialisée dans la rénovation performante des maisons. Elle a développé une méthodologie qui permet, pour des maisons construites avant 1975, de faire passer leurs factures de dépenses de chauffage de 2 000 € à moins de 200 € par an. S'appuyant sur l'expérience de cette entreprise dont il est le directeur général, Vincent Legrand préconise une approche reposant sur trois « tiers de confiance », qui permettrait de susciter une dynamique massive de rénovations performantes.

Cédric Borel, le directeur général de l'Institut français pour la performance du bâtiment (IFPEB), Christophe Rodriguez, le directeur général adjoint de cet Institut, et Emmanuelle Bertaudière, qui est chargée de mission Mobility Market Transformation au sein de ce même Institut, décrivent, dans leur premier article, les modalités du concours CUBE, le concours national d'économies d'énergie entre bâtiments. Ce concours est un levier d'émulation et de diffusion des bonnes pratiques : depuis son lancement, ce sont plus de mille bâtiments qui ont participé à ce défi, ou l'équivalent de près de 8 M de m². Le total des économies d'énergie générées est de 850 000 MWh, soit, en moyenne annuelle, 13,2 % d'économies d'énergie et 18 % de réduction des émissions de GES. Dans un second article, ils mettent en exergue les stratégies adoptées par différents lauréats, parmi lesquels Orange et son bâtiment situé place d'Allerey à Paris, qui a affiché en un an 57,4 % d'économies d'énergie et 69,72 % de réduction de ses émissions de CO₂, ou encore le centre d'aide sociale de la ville de Conflans Sainte-Honorine, qui en un an a atteint un taux de 46,6 % d'économies d'énergie.

Christian Brodhag, le président de Construction21, la plateforme collaborative des acteurs du bâtiment et de la ville durable, propose une stratégie d'innovation dont l'objectif est de réduire drastiquement les coûts de rénovation, et ce au service de l'environnement et de l'utilité sociale. Le concours des Green Solutions Awards organisé par Construction21 permet de faire connaître, au niveau territorial, des initiatives nationales comme EnergieSprong et de contribuer ainsi à leur déploiement, d'identifier des solutions locales et de partager des connaissances.

Bruno Peuportier et Patrick Schalbart, respectivement en fonction à Mines ParisTech et au *Lab* Recherche Environnement Vinci ParisTech, décrivent comment les outils d'écoconception basés sur la simulation numérique permettent de trouver des solutions à moindre coût en matière de rénovation et contribuer ainsi à massifier des rénovations performantes à un coût abordable.

Nathalie Tchang, la présidente de Tribu Énergies, un bureau d'études en matière d'énergie et de développement durable, nous éclaire sur la méthodologie et les enjeux du décret Éco-énergie Tertiaire, à l'élaboration duquel elle a contribué à travers l'animation de groupes de travail.

La géothermie a été la solution retenue dans le cadre de la conception du nouveau siège social d'Airbus à Blagnac : elle se présente sous la forme d'un champ de 141 sondes plongées chacune à 205 m de profondeur et fournissant, *via* des pompes à chaleur, le chauffage en hiver, le rafraîchissement en été et de l'ECS à toutes les saisons. Carole Amoros-Routié, la Facility Management d'Airbus France, détaille les paramètres de ce projet, qui a permis de dégager une rentabilité économique supérieure à 10 % et permet un rendement thermodynamique, à l'année, de 5,4 (les calories étant prélevées dans le sol pour fournir le chauffage en hiver, et stockées par la suite pour être en tout ou partie réintroduites en été lorsque le système fonctionne en mode rafraîchissement).

Catherine Lagneau, la directrice adjointe de l'École des mines de Paris, décrit la manière dont le programme de rénovation énergétique du site principal de l'école à Paris a su concilier le respect de l'architecture patrimoniale des bâtiments avec la fonctionnalité de ces derniers. Un partenariat innovant avec la *start-up* coEnergy permettra de réaliser des campagnes de mesures de suivi pour s'assurer que l'ambition initiale – gagner 36 % de performance énergétique – est satisfaite.

La technologie des pompes à chaleur est aujourd'hui, en Europe, une composante essentielle des politiques de décarbonation des usages faits du chauffage et de l'eau chaude dans les logements. Pierre-Louis François, le président du directoire du groupe Atlantic, décrit les tendances récentes qui se dessinent en Europe de l'Ouest sur le développement des technologies des pompes à chaleur et les paramètres dimensionnant les choix associés à cet essor (aérothermie, couplage avec la géothermie, PAC hybride et/ou ballon de stockage...). Le choix entre les différentes solutions technologiques qui s'offrent en la matière est influencé non seulement par des considérations techniques, mais aussi par des politiques tarifaires de l'électricité qui peuvent, ou non, encourager le lissage de la pointe de consommation.

Le retour d'expérience des pays nordiques que nous apporte Julien Grosjean, qui est le conseiller régional Développement durable-Énergie-Matières premières à l'ambassade de France en Suède, est précieux et mérite un examen attentif, ces pays étant pionniers au niveau mondial en matière de décarbonation des bâtiments. Plusieurs d'entre eux se sont déjà affranchis des énergies fossiles pour chauffer les logements. Les stratégies récentes de ces pays ont été centrées sur la substitution des EnR (biomasse, géothermie) aux énergies fossiles plus que sur l'efficacité énergétique. Leur résilience aux chocs énergétiques actuels en est renforcée.

Olivier Godin, qui est président de SolisArt, le leader français du chauffage solaire thermique, et également vice-président du syndicat des professionnels de l'énergie solaire, décrit comment le thermique solaire peut rendre autonome une maison bien isolée tant pour son chauffage que pour son eau chaude.

Pascal Stabat, qui est responsable du cycle Ingénieur ISUPFERE mis en place au sein du centre Efficacité énergétique des systèmes (CES) de Mines ParisTech-Université Paris Sciences et Lettres, montre l'originalité et les atouts des formations Ingénieur en apprentissage, notamment à travers la présentation de l'exemple du diplôme d'ingénieur en énergétique en apprentissage de l'École des mines. L'alternance entre cours à l'école et séjours en entreprise est le meilleur moyen de concilier théorie et pratique. Quatre témoignages d'apprentis montrent qu'ils sont déjà des acteurs de la transition énergétique, bien qu'ils soient toujours en formation.

Dominique Naert, le directeur du mastère Immobilier et bâtiments durables de l'École des Ponts ParisTech, et Marjolaine Meynier-Millefert, vice-présidente de la Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire et présidente de l'Alliance HQE-GBC, soulignent le fait que le déploiement des rénovations repose sur des effectifs en nombre suffisant de professionnels concernés, ainsi que sur la qualité et la productivité de leur action. Il souligne l'excellence des modèles Dorémi et EnergieSprong et préconise des actions collectives portant sur la formation et la productivité, et s'appuyant notamment sur la diffusion des bonnes pratiques.

Jonathan Villot, qui est responsable du mastère spécialisé Experts en efficacité énergétique dans la rénovation des bâtiments au sein de Mines Saint-Étienne, a cofondé, en 2019, la société U.R.B.S. qui propose aux territoires d'acquérir une connaissance fine de leur parc bâti, et ce dans l'ensemble de ses dimensions (énergétique, économique, technique...). Dans son article, il décrit les types de données fournies par IMOPE, l'observatoire national des bâtiments, dans le but de permettre aux acteurs des territoires de développer des actions optimisées et groupées visant à une massification simplifiée des rénovations performantes.

Éric Vorger, le cofondateur de la *start-up* technologique Kocliko, décrit la technologie développée par cette société et visant à une individualisation des dépenses de chauffage et à une optimisation de la rénovation énergétique et qui est basée sur la mesure de la température ambiante, à l'intérieur des logements, et sur un calcul de déperdition de la chaleur recourant à un jumeau numérique du bâtiment objet de l'étude.

Florence Presson, l'adjointe au maire de Sceaux déléguée aux transitions et à l'économie circulaire et solidaire, décrit les enjeux et les modalités du parcours de rénovation énergétique performante (PREP) dédié à la rénovation des maisons individuelles. La ville de Sceaux a organisé en la matière une action expérimentale, que la métropole du Grand Paris, en partenariat avec l'entreprise solidaire Dorémi, est en train de transposer

à son niveau. Il s'agit de créer un écosystème local favorable à la massification de travaux de rénovation énergétique permettant aux habitations en profitant d'être bénéficiaires d'une étiquette énergétique A ou B, et ce en une seule étape de rénovation.

Il est à noter que les bâtiments situés dans des espaces patrimoniaux représentent plus de 30 % du parc bâti en Île-de-France et près de 90 % du bâti à Paris. Concilier rénovation énergétique et respect de la qualité architecturale y est particulièrement nécessaire. Fabienne Fendrich et Corinne Langlois, du service de l'Architecture du ministère de la Culture, décrivent plusieurs des actions engagées par ce ministère en la matière, telles que l'expérimentation « Effinergie Patrimoine » ou l'appel à manifestation d'intérêt « Engagés pour la qualité du logement de demain ».

Quentin Panissod, le responsable de projets d'intelligence artificielle à Leonard (la plateforme d'innovation du groupe Vinci), et Pedro Gomes Lopes, lui aussi en fonction au sein du groupe Vinci, invitent les lecteurs à participer au projet franco-allemand RenovAlte, une démarche d'application de l'intelligence artificielle au domaine de la rénovation.

La transition numérique caractérise, autant que la transition énergétique, l'évolution de notre organisation socio-économique collective. Pour combiner ces deux transitions, Emmanuel François, le président de la Smart Buildings Alliance, propose de déployer en priorité une infrastructure numérique en commun pour des bâtiments 4.0, cette infrastructure hébergeant des plateformes (numériques et interconnectées) de services aux occupants ; parmi ces services (bâtimentaires ou urbains), figurent la mobilité électrique et la recharge des véhicules électriques.

Nous espérons que la lecture de ce numéro des *Annales des Mines* apportera à ses lecteurs un éclairage utile sur cette question de la rénovation énergétique des bâtiments qui est aujourd'hui encore plus prégnante.