

RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

# L'INDUSTRIAL COMME LEVIE D'ACCÉLÉRAT

TEXTE : PHILIPPE HEITZ  
PHOTOS & ILLUSTRATIONS :  
BATIDERM INGÉNIERIE, BLOKIWOOD, JULIEN  
COUILLARD/JEAN HOURANY, PHILIPPE  
DRUAULT/ARCHITECTES LACATON & VASSAL,  
DRUOT, HUTIN, ROMAIN LAMBERET,  
OPERE/ESOPE, JUAN ROBERT/DORÉMI,  
VINCI CONSTRUCTION FRANCE

Comment multiplier les rénovations énergétiques du bâtiment avec une approche industrielle ?

Les projets de recherche comme les retours

d'expérience montrent que les acteurs du bâtiment

combinent en proportion variable innovations techniques, préfabrication, solutions architecturales, organisation du travail et mise en réseau des professionnels, sans oublier le marketing et la relation client.

*Photo © Romain Lamberet*

*À Vaulx-en-Velin (69), résidences Noirettes et Grand Bois, rénovation de 988 logements du bailleur Est Métropole Habitat par isolation thermique extérieure, ici par murs isolés préfabriqués par Arbonis.*



# INDUSTRIALISATION RÉNOUVELLEMENT

L'enjeu de la rénovation énergétique est de taille : au niveau national, le secteur du bâtiment représente près de 45 % de la consommation d'énergie finale et 27 % des émissions de gaz à effet de serre (1). Mais, en 2018, l'Insee indiquait que le parc de logements métropolitain ne s'accroissait que de 1,1 % par an depuis trente ans : la construction neuve ne suffira pas à remplir les objectifs climatiques. Que ce soit pour des raisons de climat, de confort, de qualité de l'air intérieur ou de facture énergétique, la rénovation énergétique des bâtiments s'impose donc à grande échelle. L'objectif de 500 000 rénovations énergétiques par an était affirmé en 2013 par le Plan de rénovation énergétique de l'habitat. L'enquête Open 2015 de l'Ademe recensait seulement 288 000 rénovations « performantes ou très performantes » réalisées en 2014. Ce même objectif de 500 000 rénovations énergétiques par an était repris par la loi du 17 août 2015 relative à la Transition énergétique pour la croissance verte (loi TEPCV). Mais le 18 juin 2019, le ministre chargé de la ville et du logement, Julien Denormandie, reconnaissait lors de l'assemblée générale du Plan Bâtiment Durable que son ministère n'avait pas les chiffres de la rénovation, faute d'un observatoire qui restait à créer. Force est de constater que le secteur du bâtiment n'a adopté les méthodes industrielles qu'à la marge (2), la majorité des chantiers étant encore pensés et conduits avec une logique de projet unique, réalisés de manière séquencée, fragmentés en lots séparés mis en œuvre par des entreprises difficilement coordonnées entre elles. Industrialiser pour accélérer la rénovation énergétique des bâtiments existants apparaît comme une réponse logique au défi immense d'éliminer les passoires thermiques et autres non-qualités de la construction.

## Nécessaire marché

Comment définir l'industrialisation de la rénovation énergétique des bâtiments ? Dans sa thèse de doctorat soutenue en 2013 (3), l'ingénieure Marie Falcon caractérise l'industrialisation de la construction comme « le passage d'une organisation artisanale des acteurs (organisation spécifique pour chaque projet, travail manuel avec peu de machines utilisées, pas de répétabilité, séparation des corps de métiers...) à une organisation industrielle (processus commun à tous les projets, mécanisation et automatisation des tâches, méthodes industrielles, coordination des acteurs). Pour la rénovation énergétique, l'industrialisation se compose de la standardisation des produits, de la >>>>

(1) Source : Plan rénovation énergétique des bâtiments, ministère de la Transition écologique et solidaire et ministère de la Cohésion des territoires (2017).

(2) Voir l'article « Construction modulaire 3D : une voie d'avenir » paru dans le n° 179 de Qualité Construction (mars-avril 2020, pages 66-78).

(3) Marie Falcon, thèse INP Toulouse Proposition d'un processus et d'outils pour industrialiser la rénovation énergétique des bâtiments (septembre 2013), téléchargeable à l'adresse : <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00002406/01/Falcon.pdf>.

*production de masse personnalisée, de la préfabrication (construction hors-site), de l'automatisation ou la robotisation de la fabrication, de la logistique intégrée dans le processus de construction, de la coopération entre les acteurs, de l'approche processus au lieu de la vision projet, de la maquette numérique du bâtiment (BIM) et de la reproduction à grande échelle.»*

Comment cette approche très systématique se concrétise-t-elle ? Il est aisé de comprendre que la performance énergétique d'un bâtiment est plus difficile à atteindre en rénovation qu'en construction neuve, parce qu'il faut s'adapter aux contraintes de l'existant, et parce que, la plupart du temps, les bâtiments sont occupés. L'isolation thermique extérieure (ITE) est techniquement la solution optimale car elle génère peu de nuisances pour les occupants qui peuvent rester dans le bâtiment pendant le chantier, parce que les ponts thermiques des liaisons murs-planchers sont recouverts par l'enveloppe isolante et parce que le grutage d'éléments préfabriqués est possible. En revanche, elle est inadaptée aux façades patrimoniales.

Comme les constructions existantes ne sont pas toujours exactement conformes aux plans d'exécution et que des modifications ont souvent été apportées, la première étape est le mesurage de l'existant au scanner laser 3D pour pouvoir ensuite construire le modèle numérique du bâtiment (BIM), qui lui-même permettra la commande numérique de la production en atelier des éléments préfabriqués de façade. La construction hors-site des éléments de façade, de toiture, voire de modules d'équipements de chauffage-ventilation-climatisation (CVC) nécessite ensuite une logistique appropriée pour le transport et la livraison sur le chantier. Le temps de pose sur le chantier est notablement réduit par les moyens de levage.

Cette chaîne de moyens techniques et humains nécessite évidemment des investissements conséquents pour les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre et les entreprises, ce qui pose la question du marché.

La démarche EnergieSprong, inventée aux Pays-Bas en 2012 et introduite en France en 2018 (4) livre des enseignements éclairants, d'autant plus que l'objectif « rénovation à énergie zéro » (autant d'énergie produite par le logement que celle consommée) place la barre haut pour des rénovations, que l'approche est clairement industrielle et que des projets démonstrateurs ont déjà vu le jour dans notre pays.

Côté maîtres d'ouvrage, EnergieSprong est porté par les bailleurs sociaux. L'Office public de l'Habitat Est Métropole Habitat, propriétaire de plus de 16 000 logements sur l'est de la métropole lyonnaise, s'est engagé dans une opération de réhabilitation EnergieSprong des 988 logements collectifs des résidences R+10 Noirettes et Grand Bois à Vaulx-en-Velin, une première nationale et européenne sur ce volume de logements. Paul Sachot, responsable Réhabilitation d'Est Métropole Habitat, insiste sur le volume de travaux à engager pour sécuriser les entreprises. « L'intérêt du volume, c'est de sécuriser la ligne de production. 1 000 logements pour un bailleur comme nous, c'est énorme, mais cela ne représente que 2 ou 3 mois de production pour une usine de construction hors-site. Si plusieurs bailleurs se regroupaient, cela sécuriserait



**1** **Rénovation des résidences Noirettes et Grand Bois (69) par différentes techniques d'ITE : murs à ossature bois préfabriqués à viture métallique (à gauche), blocs de fibres de bois sous enduit ETICS (à droite).**

**“Il est aisé de comprendre que la performance énergétique d'un bâtiment est plus difficile à atteindre en rénovation qu'en construction neuve, parce qu'il faut s'adapter aux contraintes de l'existant, et parce que, la plupart du temps, les bâtiments sont occupés”**

les entreprises de préfabrication sur plusieurs années. Aujourd'hui, les bailleurs sociaux de la métropole ont programmé la réhabilitation de 7 000 logements en 5 ans alors qu'il en faudrait 18 000 et les entreprises de façade traditionnelles sont déjà débordées, sans compter les difficultés liées à la Covid. Il faut recréer des filières, et la solution de la préfabrication sera un levier de changement. Le contexte politique nouveau sur la métropole sera un accélérateur vers les solutions bas carbone. Notre objectif est clairement que d'ici 2050 notre parc soit à énergie zéro. Mais le secteur du bâtiment est comme un éléphant qui prend son temps. Si je rénove sur mon parc, cela reste petit. Si tous les bailleurs, toutes les écoles, tous les bâtiments publics rénovent, cela deviendra significatif. Rénover des R+5 à R+15, c'est faire des gros volumes pour diminuer les coûts. L'objectif est de diminuer fortement les charges de chauffage pour limiter la précarisation énergétique des locataires.»

Grouper la commande pour créer le volume de marché et permettre l'investissement des industriels est une condition nécessaire. Les entreprises s'organisent petit à petit pour répondre à la demande. Sébastien Delpont, directeur du programme EnergieSprong de la société de conseil Greenflex, témoigne. « Depuis un an, j'ai la conviction que la clé pour les entreprises de rénovation, majors et PME, est d'avoir des fournisseurs de rang 1 qui s'industrialisent, ce qui peut se faire aussi par des regroupements de PME. EnergieSprong a lancé un concours d'innovation pour des solutions intégrées. 78 groupements représentant 133 entreprises ont répondu. 24 ont été sélectionnés pour réaliser 24 démonstrateurs de solutions intégrées répartis en trois macro-lots : façades et toitures isolées préfabriquées, système énergétique intégrant chauffage, eau chaude sanitaire et photovoltaïque, bloc CVC intégré électricité ou gaz. Ces solutions seront adaptées aux maisons individuelles et aux bâtiments collectifs. Ce sont les systèmes qui permettront l'industrialisation. Les trois mis en œuvre ensemble permettront d'atteindre le niveau énergie zéro EnergieSprong. Mais si le bâtiment est déjà raccordé à un réseau de chaleur, il y aura parfois seulement à faire l'ITE. Il faut avoir un catalogue de solutions intégrées, ce qui simplifie la pose et limite les malfaçons.

Le marché potentiel de la rénovation industrielle EnergieSprong est significatif. Une étude de POUGET Consultants sur les typologies constructives du bâti français estime à 40 % la part du bâti français en résidences principales compatible avec EnergieSprong. En Pays de Loire, 12 bailleurs sociaux ont monté une centrale d'achat pour justifier des investissements industriels. En Allemagne, c'est le ministère de l'Industrie qui subventionne les bailleurs sociaux à hauteur de 40 000 euros par logement en rénovation industrielle, pour les 10 000 premiers logements. Avec 400 millions d'euros, c'est une politique de lancement d'une filière industrielle de la rénovation industrialisée, par effet d'amorçage de la demande des bailleurs sociaux. En 2020, le marché est en Allemagne.»



(4) Voir l'article « EnergieSprong : la rénovation à énergie zéro » paru dans le n° 174 de Qualité Construction (mai-juin 2019, pages 32-43).



Photo © Romain Lamberet

## ENTRETIEN

**SÉBASTIEN DELPONT** > Directeur du programme EnergieSprong chez Greenflex

### Comment la méthode « Lean » d'optimisation industrielle peut s'appliquer au chantier

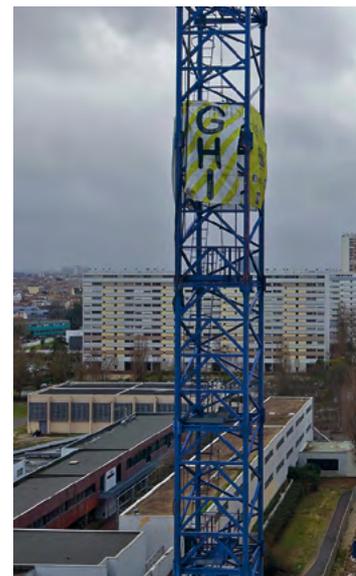
« Par exemple, pour gagner 30 % du temps de main-d'œuvre, un cercle de qualité se réunit une heure par semaine, systématiquement, pour visionner les gestes et les trajets effectués et captés par des caméras intégrées sur les casques. Cela permet

de réfléchir sur les déplacements, les lieux de stockage, l'entreposage. S'intéresser aux gestes comme sources de gain de productivité, c'est l'esprit industriel. Autre point, comment passer de la culture projet à la culture produit ? En capitalisant et en

partageant l'expérience entre chefs de chantier. Le retour d'expérience du chantier A est appliqué au chantier B. Je partage la solution que j'ai développée. C'est un processus interne de développement d'outils au service des chantiers. » ■



2 Photo © VINCI Construction France



3 Photo © Romain Lamberet



4 Photo © Philippe Ruault/Architectes Lacaton & Vassal, Druot, Hutin

### Retours d'un chantier exemplaire

Trois ans et demi – Covid compris – entre le début de la consultation des consortiums (juin 2017) et la fin de la rénovation énergétique (fin 2020) des 988 logements sociaux des résidences Noirettes et Grand Bois d'Est Métropole Habitat à Vaulx-en-Valin : la preuve de l'efficacité de la démarche industrielle. Un an de dialogue compétitif pour sélectionner parmi les trois consortiums en lice celui mené par l'entreprise générale Citinéa, filiale de VINCI Construction France, une année pour obtenir les permis de construire et un an et demi de chantier en site occupé.

« En méthode classique, il aurait fallu cinq ans jusqu'aux permis et trois ans de chantier, explique Paul Sachot, responsable de la réhabilitation du bailleur social. Le maître d'ouvrage doit travailler avec intelligence avec les entreprises pour co-acteurs, par exemple en fixant un objectif de résistance thermique  $R$  de tant et pas une obligation de tant de cm d'épaisseur de tel isolant. C'est un changement de paradigme de la manière de concevoir. Il faut aussi avoir une vision de gestionnaire avant tout. Une réhabilitation se fait pour 25 ans, ce qui impose une qualité initiale. »

C'est l'entreprise de conception-construction bois Arbonis, filiale de VINCI Construction France, qui a posé 14 000 m<sup>2</sup> de façades en méthode industrielle, sur six bâtiments sur neuf au total. Son directeur commercial, Gilles Forest, détaille les méthodes et les moyens employés. « Nous nous sommes inspirés des murs manteaux qu'Arbonis construit en neuf pour concevoir 740 murs préfabriqués de 19 m<sup>2</sup> chacun (6,80 m x 2,80 m). Le scan laser des façades a permis de constater que les menuiseries existantes n'étaient pas toutes alignées. La précision du scanner laser 3D en appui sol est surprenante. Au drone, nous sommes un peu moins précis pour l'instant. Toutes les pièces sont ensuite repérées avec le BIM, pour la découpe numérique du bois. Chaque mur est différent, même si les séries sont recherchées au maximum. Les études de fabrication et pose ont conduit au principe de murs aboutis au maximum, avec bardage et menuiseries, sauf cas particulier. Le système constructif est une ossature bois avec un montant tous



Photo © Philippe Ruault/Architectes Lacaton & Vassal, Druot, Hutin

5



Photo © Philippe Ruault/Architectes Lacaton & Vassal, Druot, Hutin

6

les 60 cm, isolé par de l'Ecopeg®, un isolant 100 % en fibres de polyester, issues pour la majorité du recyclage de bouteilles plastiques. Les caissons sont fermés par des panneaux d'OSB, les menuiseries et la vêtture sont installées en atelier. Quatre équipes d'architectes travaillent sur le projet, pour créer un contraste entre les bâtiments. Ils ont le choix entre différents types de bardage présélectionnés par Arbonis. Pour adapter notre méthodologie de chantier à l'existant et au site occupé, le bureau des méthodes et les bureaux d'études travaillent de concert. Pour éviter les manipulations sur le chantier, l'ordre de pose des façades détermine l'ordre de chargement-déchargement et l'ordre de fabrication. Chaque mur préfabriqué est repéré par code-barres ou numéros. Sur le chantier, le géomètre au pied de l'immeuble guide la pose des ferrures d'attache. Les nouvelles façades sont soit agrafées à l'existante, après sondage préalable des murs, soit posées au sol sur longrine. Une fois les ferrures fixées à la nacelle, on pose à la grue 12 murs par jour. L'objectif est de monter à 18 par jour. Les finitions de raccordement sont faites à la nacelle avec des bavettes de raccordement avec jeu de réglage face aux menuiseries. L'adaptation de la méthode de pose par rapport au neuf consiste à prévoir plus de possibilités de réglage. Il a fallu prévoir au planning les 10 mois d'instruction de deux ATEx pour l'isolant Ecopeg® et pour le système constructif complet.»

Le maître d'ouvrage avait fixé au départ les objectifs de rénovation au niveau BBC et plus de 50 % de matériaux bas carbone. Selon les configurations (des arbres proches peuvent empêcher le grutage de murs préfabriqués), la rénovation thermique par l'extérieur est faite avec des systèmes avec polystyrène sous enduit, ou fibres de bois sous enduit (Pavabloc 240 mm) ou murs ossature bois avec polyester recyclé Ecopeg® [5].

## La réponse architecturale

Les architectes associés Anne Lacaton et Jean-Philippe Vassal affichent clairement leur choix de la rénovation plutôt que de la démolition-reconstruction. Le propos d'Anne Lacaton est éloquent : « La démolition,



**2** Sortie d'usine Arbonis d'un mur ossature bois préfabriqué d'après les mesures de la façade existante au scanner laser 3D.

**3** Quand le grutage de murs préfabriqués est impossible, l'ITE des résidences d'Est Métropole Habitat est faite en blocs de fibres de bois sous enduit (Pavabloc) de 240 mm, collés et vissés à la façade existante.

**4** La rénovation par extension redonne une nouvelle vie aux logements et à leurs habitants, restés sur place pendant les travaux (ici quartier du Grand Parc à Bordeaux).



**5** et **6** Rénovation de 530 logements du quartier du Grand Parc à Bordeaux. Avant/après : la rénovation par la création de jardins d'hiver et balcons augmente à la fois la performance thermique et la surface des logements.

[5] Voir l'article « Biosourcés et géosourcés : vers une utilisation plus soutenue en immeubles », paru dans le n° 181 de Qualité Construction (juillet-août 2020, pages 49-59).

[6] En réglementation incendie, le critère C+D est une longueur géométrique, exprimée en mètre, représentant dans son principe la distance la plus courte à parcourir par les flammes entre deux baies vitrées d'un immeuble.

c'est aberrant au niveau des habitants qui ne demandent pas à partir, au niveau social, au niveau technique et économique. On démolit des choses qui ne sont pas au bout de leur vie. La publication en 2007 d'un livre sur le sujet n'a pas été suffisante pour déclencher une discussion avec le ministère du Logement. Alors, en 2010, le concours pour métamorphoser la tour Bois-le-Prêtre à Paris a été l'occasion, pour notre agence et avec l'architecte mandataire Frédéric Druot, d'une transformation radicale d'une tour de 100 logements, en site occupé. Nous sommes partis de l'intérieur, par un inventaire très précis, avec les habitants, de ce qui ne fonctionnait pas, de ce qui manquait, pour vivre mieux et plus agréablement dans les logements : logements étriqués, salle de bains trop petite notamment pour personnes handicapées, façades pas isolées, chauffage, ventilation, sécurité incendie... Le projet n'était pas seulement une rénovation énergétique, mais plus globalement une volonté de redonner une nouvelle vie pour 40 ans en privilégiant la qualité d'espace et la vie quotidienne. L'extension est une solution possible et très intéressante quand les façades ne sont pas structurelles, car elle crée de l'espace en prolongement de l'existant, qui donne de l'air et de l'usage, et aussi une nouvelle enveloppe. On s'appuie sur l'existant, sans restructurer. Au niveau économique et technique, l'extension règle beaucoup de sujets. Sans toucher à la structure, on crée une nouvelle enveloppe, qui améliore la thermique, mais aussi la sécurité incendie : les balcons créent un C+D [6] et permettent de créer des façades vitrées du haut en bas. Les espaces-tampons, constitués par les jardins d'hiver, améliorent considérablement les performances du bâtiment, sans intervenir sur le bâti de manière lourde. Dans tous les cas de transformation en site occupé, dès la conception il faut mettre au point la méthode de chantier. La mise en œuvre par éléments préfabriqués apporte un montage rapide et un chantier plus propre.»

Le concept de rénovation par extension en créant des jardins d'hiver non chauffés a été repris en 2015 par l'agence Lacaton & Vassal à Bordeaux, associés à nouveau avec Frédéric Druot et Christophe Hutin, avec un changement d'échelle : 530 logements de la cité du Grand Parc. >>>



**7** Quartier du Grand Parc à Bordeaux : sciage des allèges des petites fenêtres.



**8** Quartier du Grand Parc à Bordeaux : 6 à 7 modules préfabriqués en béton sont montés quotidiennement.



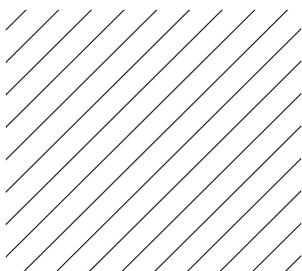
**9** L'ajustement des modules béton, tous identiques, se fait au niveau des joints.



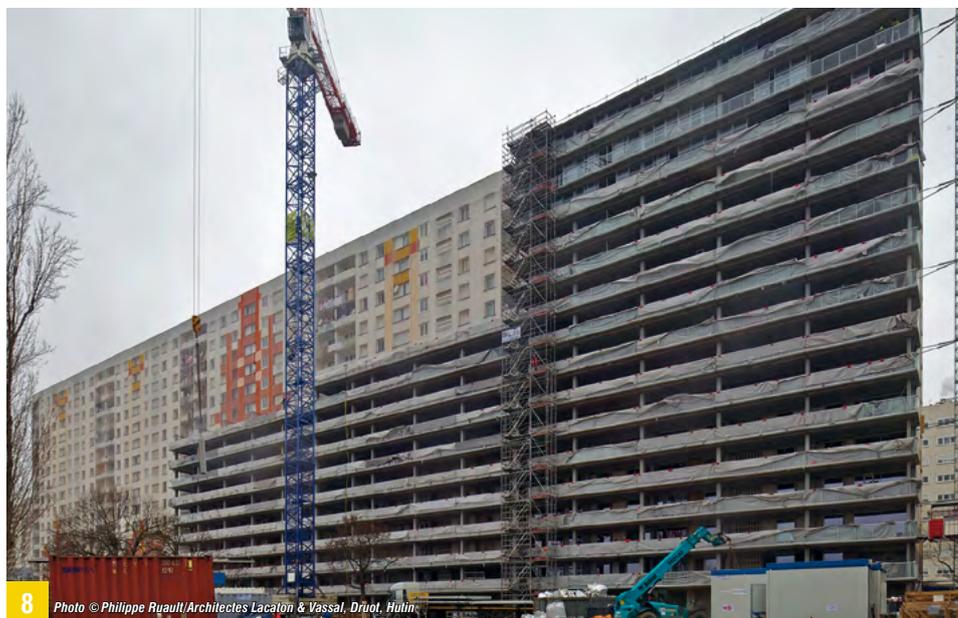
**10** Vitrage intégral des jardins d'hiver et création de larges baies augmentent la luminosité des logements.



**11** Une façade patrimoniale fait choisir l'isolation thermique par l'intérieur (ITI), ce qui n'empêche pas la performance énergétique. Cette maison drômoise du XVIII<sup>e</sup> siècle est passée de la classe G à la classe B après une rénovation réalisée par un groupement d'artisans Dorémi.



**7** Photo © Philippe Ruault/Architectes Lacaton & Vassal, Druot, Hutin



**8** Photo © Philippe Ruault/Architectes Lacaton & Vassal, Druot, Hutin



« À Paris, la structure existante était formée de voiles perpendiculaires aux façades. Les façades, non structurelles, en panneaux rapportés, ont été déposées, libérant totalement le plan de façade et remplacées par des châssis vitrés coulissants. À Bordeaux, les façades étaient maçonnées, avec des petites fenêtres. Elles ont été transformées en portes-fenêtres en sciant les allèges, pour obtenir une fluidité la plus grande possible entre l'existant et l'extension. Chaque pièce donne maintenant directement dans le jardin d'hiver. C'est une qualité incroyable. À Paris, les extensions étaient conçues par des modules préfabriqués en structure métallique de 7,5 m par 3 m. Finalement il était plus efficace de transporter les planchers béton seuls et de faire le montage sur poteaux métalliques sur site. La structure métallique, plus légère que le béton, simplifie le grutage et la mise en œuvre quand l'accès est difficile. À Bordeaux, avec beaucoup plus d'espace pour manœuvrer autour des immeubles, planchers et poteaux ont tous été préfabriqués en béton. La préfabrication des modules des

extensions est assez fondamentale pour que le chantier ne dure pas des années. À Bordeaux, il se montait 6 ou 7 modules par jour. Le chantier a duré deux ans pour les 530 logements, surtout du fait des travaux intérieurs de réhabilitation. Tous les éléments ont été préfabriqués à l'identique. Les ajustements, essentiellement sur la planéité horizontale, sont faits au niveau des joints. Au préalable, des relevés très précis des façades avaient été effectués. Les jardins d'hiver remplacent les isolants, ce que l'on peut justifier avec les simulations thermiques dynamiques. À Paris, les charges de chauffage ont été réduites de 50 % et à Bordeaux de 60 % »

À la tour Bois-le-Prêtre, l'ajout des jardins d'hiver et balcons a étendu la surface des logements de 35 m<sup>2</sup> en moyenne. Bruno Colin, responsable de service à la Direction de la construction du maître d'ouvrage Paris Habitat, insiste sur l'importance d'associer les habitants pour la réussite d'un projet de réhabilitation lourde. « La complexité de travaux en site occupé est là : juxtaposer le quotidien de 300 habitants avec les travaux



Photo © Philippe Ruault/Architectes Lacaton & Vassal, Druot, Hutin 9

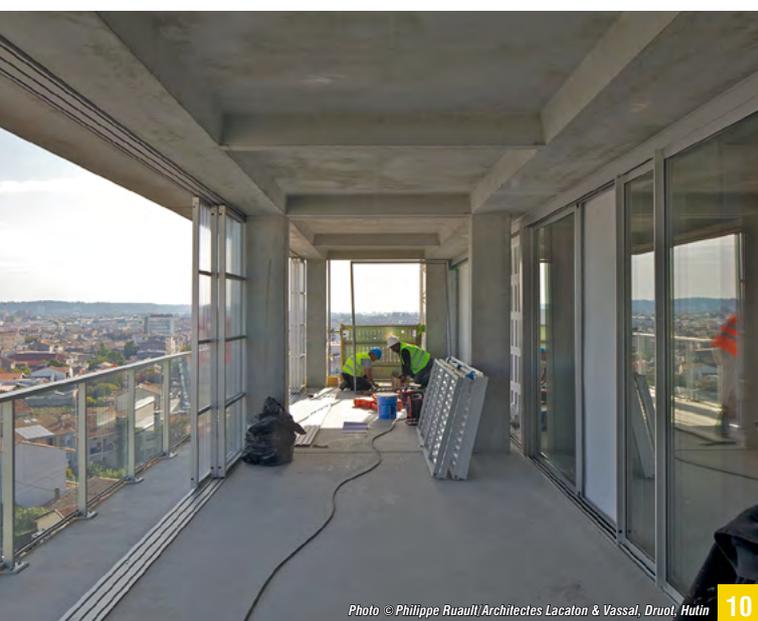


Photo © Philippe Ruault/Architectes Lacaton & Vassal, Druot, Hutin 10



Photo © Juan Robert/Dorém 11

faits par 100 ouvriers ! Pour resserrer le programme, bien en amont du concours, Paris Habitat a mené une concertation avec les habitants, avec des ateliers thématiques, par exemple sur les parties communes. Il faut absolument faire adhérer les habitants au projet, car dans une tour avec une seule cage d'escalier, les locataires sont en permanence au contact des travaux. Outre le gardien sur place, Paris Habitat avait une personne en permanence pour faire le lien, remonter les problèmes liés aux travaux. L'amicale des locataires était invitée à la réunion de chantier hebdomadaire. Le montage des jardins d'hiver, bien industrialisé, a pris deux mois par façade, sur un chantier de deux ans. L'espace supplémentaire tout vitré a été complètement approprié par les habitants. La démonstration est indéniable qu'il valait mieux réhabiliter une tour pour 11 millions d'euros que raser et reconstruire pour 15 millions d'euros, en passant de 8900 à 12460 m<sup>2</sup> de surface hors œuvre, en apportant une architecture de qualité et en évitant des milliers de tonnes de déchets inertes. »

(4) Voir l'article «EnergieSprong : la rénovation à énergie zéro» paru dans le n° 174 de Qualité Construction (mai-juin 2019, pages 32-43).

## Regrouper les entreprises artisanales

A priori, c'est la maison individuelle qui se prête le moins à l'industrialisation de sa rénovation. Même si, au niveau technique, les pilotes EnergieSprong (4) montrent que les mêmes techniques peuvent être employées sur les immeubles et les maisons, leur coût plus élevé en maison individuelle, surtout si leur amortissement ne peut se faire sur une opération groupée, peuvent rebuter les propriétaires, même si les bénéfices sont plus élevés *in fine* qu'en collectif. D'autre part, les façades à caractère patrimonial, les conflits de voisinage, les règles d'urbanisme, peuvent empêcher la voie royale de l'ITE, si propice à la préfabrication.

Or, d'après l'Insee, en 2018 la France métropolitaine comptait 35,4 millions de logements, dont 56 % d'habitat individuel, soit près de 20 millions. L'enjeu de leur rénovation énergétique est donc très important, d'autant plus que les maisons individuelles >>>



12 Photo © Juan Robert/Dorémi



13 Photo © Juan Robert/Dorémi



14 Photo © Juan Robert/Dorémi

n'ont pas l'avantage physique des habitats collectifs, dont le facteur de forme diminue les surfaces déperditives par rapport au volume chauffé. Un rapport de 2018 de l'Institut négaWatt rappelle que « la production de chaleur dans les maisons individuelles d'avant 1975 engloutit 14 milliards d'euros par an » [7].

Faire un petit retour avant la révolution industrielle rappelle que le terme « industrie » existait déjà et désignait à l'époque une habileté à réaliser un travail, le savoir-faire de celui qui maîtrisait son art, l'artisan qui travaillait avec l'industrie. Multiplier les rénovations énergétiques globales au niveau BBC par l'industrie des groupements d'artisans formés, qualifiés, accompagnés, c'est l'objectif du dispositif Dorémi (Dispositif opérationnel de rénovation énergétique

[7] Le rapport Résorber la précarité énergétique et rénover les passoires thermiques (2018) est téléchargeable sur [www.institut-negawatt.com](http://www.institut-negawatt.com).



Photo © Julien Couillard/Jean Hourany

des maisons individuelles), créé en 2011 en Rhône-Alpes par le bureau d'études Enertech et l'Institut négaWatt, avec le soutien de la Région. Léana Msika, chargée de mission Dorémi, explique le dispositif dédié aux maisons individuelles et aux artisans. « Partant du constat des faibles performances de la rénovation par étapes, l'objectif est fixé d'atteindre le niveau BBC en une seule rénovation complète. Le modèle économique qui permet le financement du bouquet de travaux est de rembourser un prêt avec les économies obtenues sur le chauffage. Pour le foyer, la charge financière reste inchangée, mais la maison rénovée est d'entrée confortable thermiquement, acoustiquement, la qualité de l'air intérieur est excellente et la valorisation patrimoniale importante. Pour se décider à faire une rénovation complète et performante, les propriétaires doivent avoir confiance dans 4 à 6 entreprises artisanales, qui devront se coordonner. Difficile ! Il est donc indispensable de créer des groupements d'artisans locaux compétents, en capacité de formuler des offres pertinentes. Dorémi les forme sur des chantiers réels, aux aspects techniques et économiques de la rénovation performante, et surtout à la coordination entre les différents corps de métiers. En effet, la coordination est très importante pour la qualité du chantier, particulièrement pour l'étanchéité à l'air. Dorémi offre aux artisans des Solutions techniques de rénovation (STR), qui sont des bouquets de travaux calculés par avance par Enertech pour atteindre le niveau BBC pour le chauffage (besoin de chauffage à 50 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>/an). Mais la rénovation performante n'est pas qu'une question de technique ! Les enjeux humains et l'accompagnement comptent énormément. Moins de 1 % des particuliers nous contactent initialement pour une rénovation performante BBC. La majorité arrive avec une problématique isolée (froid, factures trop élevées, qualité de l'air...). Manquant de confiance dans les conseils des entreprises, ils se rapprochent des collectivités, échelon de conseil habituel connu.



**12** Chantier support de formation du dispositif Dorémi. La coordination des entreprises est essentielle pour la performance d'une rénovation.

**13** et **14** Rénovation au niveau BBC par un groupement d'artisans Dorémi : qualification et coordination indispensables pour une bonne étanchéité à l'air.



**15** Le groupement normand RénoStandard Baticoc démontre que la préfabrication d'une enveloppe isolée est adaptable à la rénovation des maisons individuelles.

Pour le passage à grande échelle, cet échelon est très important. Dorémi propose des formations spécifiques pour les opérateurs du social et du conseil. Troisième volet du dispositif, le suivi de qualité de la rénovation, avant, pendant et après le chantier, par un expert de terrain. Un test intermédiaire d'étanchéité à l'air est un très bon indicateur de la coordination des lots, et l'évaluation rassure le particulier et le financeur. Quatrième volet, proposer une solution financière simplifiée. Il y a aujourd'hui de 10 à 18 aides nationales différentes à la rénovation, et plus de 2000 aides locales, un maquis ! Dorémi propose de regrouper ces aides dans un outil simplifié, une avance remboursable "attachée à la pierre", c'est-à-dire un prêt à la rénovation attaché au bâtiment et non à la personne du propriétaire. S'il habite sa maison, c'est lui qui paye la mensualité du prêt. S'il n'y habite plus, c'est le prochain occupant qui reprendra le paiement des mensualités de prêt, en lieu et place de la facture de chauffage qu'il aurait dû payer sans travaux, mais avec une maison très confortable. »

## Le projet RénoStandard

Dans le cadre du programme PROFEEL (8), le projet RénoStandard, piloté par le CSTB avec pour partenaires l'Anah et Urbanis, vise à apporter un accompagnement technique et financier à des groupements de concepteurs de solutions globales de rénovation pour des gammes de maisons individuelles standardisées. Deux appels à manifestation d'intérêt ont été menés en 2019 pour identifier des maisons individuelles « standardisées » et pour proposer des solutions de réhabilitation globale, performantes et innovantes, avec notamment des perspectives de préfabrication. Ceci a conduit à la sélection de neuf groupements qui travaillent sur onze modèles de maisons. Dans une logique de préfabrication, les cibles sont des typologies de maisons qui présentent un potentiel de répliquabilité des solutions de rénovation. À titre d'exemple, citons notamment les maisons d'après-guerre et des années 1960 à 1970, les lotissements post-choc pétrolier de 1974 à 1990 de maisons de constructeurs de maisons individuelles (CMIstes), les maisons de ville en bande du Nord, les pavillons des années trente, les maisons de banlieue ou encore les longères en milieu rural.

Olivier Greslou, manager du projet RénoStandard au CSTB, en trace les grandes lignes. « L'idée est d'aboutir à des solutions de réhabilitation "prêt-à-porter", adaptables en variantes "sur-mesure" aux spécificités de chaque maison d'une typologie et aux besoins des propriétaires. Pour rendre les solutions RénoStandard adaptables, le CSTB travaille en interne à une méthodologie de diagnostic rapide multicritères, sur la qualité architecturale, l'acoustique, la thermique... à partir d'un entretien avec le ménage sur son projet. Nous développons aussi un outil numérique à destination des propriétaires pour leur présenter visuellement les solutions proposées par les groupements et les aider à se représenter les gains qu'elles apportent (économies d'énergie et financières, confort thermique, >>>>

(8) PROFEEL (Programme de la filière pour l'innovation en faveur des économies d'énergie dans le bâtiment) est piloté par l'AQC : [www.programmeprofeel.fr](http://www.programmeprofeel.fr).



Photo © Operene/Esopo



acoustique, lumineux, revalorisation patrimoniale, nouvel aménagement, etc.). L'outil inclut les résultats du diagnostic de leur maison et permet également de visualiser ce qu'est un chantier vertueux. En bref, il s'agit de leur donner envie de réaliser un projet global de rénovation en les aidant à se projeter. En 2021, Urbanis testera notre démarche auprès de propriétaires. Urbanis présentera ainsi les solutions RénoStandard à au moins 10 propriétaires par modèle de maison et les accompagnera dans leur prise de décision de réhabilitation à l'aide du diagnostic et de l'outil numérique développées par le CSTB.»

Franck Léguillon, ingénieur Recherche et expertise hygrothermique des ouvrages, en charge au CSTB de l'accompagnement technique des groupements RénoStandard, caractérise trois niveaux d'industrialisation des procédés constructifs et leur rapport aux normes.

«Les procédés constructifs non industrialisés sont la majorité. Les éléments constitutifs du système constructif sont fabriqués et fournis par des industriels différents. Ils sont assemblés et mis en œuvre par les entreprises de pose sous leur responsabilité. Les industriels s'appuient sur les normes produits pour déclarer les différentes caractéristiques et performances de leur produit et engagent leur responsabilité sur le produit qu'ils commercialisent. Dans les procédés industrialisés, l'industriel fabricant est garant de toute la chaîne : il valide le dimensionnement du système constructif, il justifie l'aptitude à l'emploi du procédé constructif, vérifie les caractéristiques requises pour les éléments du système constructif, assure même souvent la formation des entreprises qui vont mettre en œuvre le système



**16 Tests grandeur réelle de solutions industrielles de performance énergétique sur le site d'essai Ines/CEA, conduits par Operene pour les projets Esopo et RénoStandard.**



**17 Caissons isolés manuportables pour la rénovation thermique, préfabriqués sur-mesure par l'entreprise Blokiwood Dom'Innov, acteur du projet RénoStandard.**

constructif. Généralement ces solutions sont innovantes, soit dans la composition, soit dans le type de mise en œuvre et sortent donc du champ des NF DTU. Elles sont dans ce cas couvertes par une évaluation technique (une Appréciation Technique d'Expérimentation ou un Avis Technique) portée par le "tenant de système". Ces solutions ne sont pas traditionnelles mais il y a un certain retour d'expériences de la pose de ces systèmes constructifs.

Les procédés industrialisés préfabriqués sortent tous du champ des NF DTU.»

Olivier Greslou voit l'innovation dans les onze modèles RénoStandard en cours de développement «pour l'enveloppe avant tout et assez en amont des Règles de l'art et des marchés». Pour Franck Léguillon, «le rôle du CSTB est d'accompagner les groupements qui proposent des solutions innovantes dans l'identification des éléments susceptibles de déroger aux Règles de l'art, d'apporter un appui méthodologique dans l'établissement des éléments de preuve de l'aptitude à l'emploi en rappelant les risques de désordres et le cadre normatif. Il s'agit également de rappeler les différents types d'évaluations techniques et de présenter les étapes requises pour les obtenir : ATE (Appréciation Technique d'Expérimentation), ATec (Avis Technique), ETE (Évaluation Technique Européenne). Ces démarches d'évaluations techniques sont souvent mal comprises. Elles permettent pourtant de rassurer les acteurs de la construction (assureurs, entreprises de pose, contrôleurs techniques, maîtres d'ouvrage...) sur la pérennité d'un procédé constructif lorsque les innovations sortent des domaines d'application des NF DTU, ce qui est très souvent le cas en rénovation.»



Photo © Blokiwood 17

## “La préfabrication demande une ingénierie amont assez importante : ce n’est pas adapté à une seule maison, cela implique une répétitivité pour mutualiser sur 4 à 6 maisons identiques au moins”

### La voie des petits blocs

Blokiwood, fabricant savoyard de caissons structurels isolés pour murs et toitures, développe une toute autre solution préfabriquée de rénovation que les murs à ossature bois de grandes dimensions qui demandent des moyens de levage importants. En effet, les caissons Blokiwood sont assez petits pour être portés et mis en place à la main. Joël Ménard, fondateur de la jeune pousse, explique son parti pris. « Les ossatures bois sont des éléments porteurs lourds : pourquoi les accrocher sur des façades qui n’en ont pas besoin ? Le besoin en rénovation est un cadre contenant un isolant et portant une vêtue. Pas besoin de structurel, seulement d’un isolant et d’un support de parement, ouvert à la vapeur, étanche à l’air et à l’eau. Et dans un pays avec des dépassées de toiture, le grutage le long des façades est empêché. Dans un contexte de jardins, d’accès étroits, les petits blocs manuytables sont une solution bien plus légère que les gros panneaux à ossature bois. Pour répondre aux complexités de transport et de mise en œuvre, comme il n’y a pas de besoin structurel, pour la rénovation nous avons réduit de moitié la hauteur des caissons Blokiwood

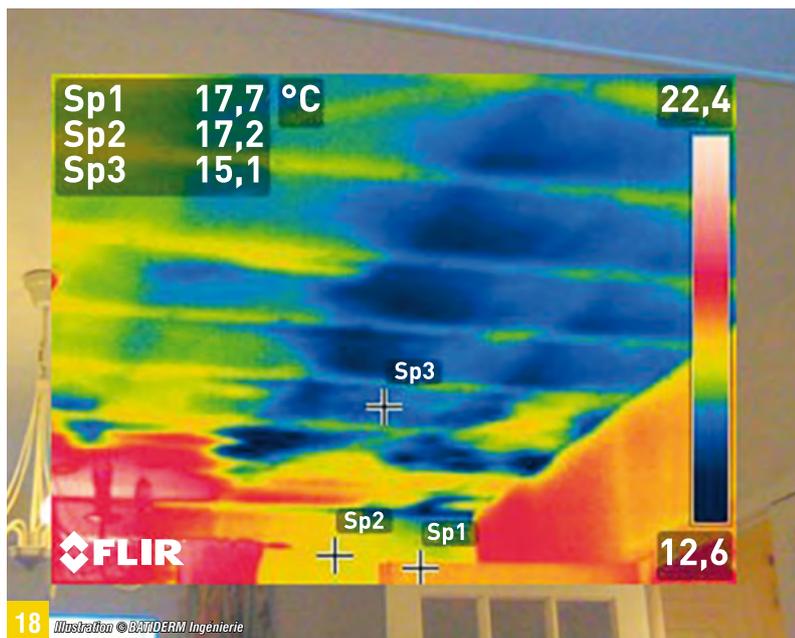
dédiés à la construction neuve, qui eux font une hauteur d’étage. Le principe est de fractionner la façade à isoler par l’extérieur en un gros jeu de Lego. Le côté intérieur des caissons et les joues sont en panneau d’OSB3, le côté extérieur en panneau de fibres de bois denses ouvert à la vapeur. Les blocs sont remplis de fibres de bois insufflées à la machine en atelier : aucun tassement n’est à craindre pendant le transport avec les fibres de bois, plus longues que les fibres d’ouate de cellulose, et le caisson est rempli à 100 % sans défaut. Rainures et joints assurent l’étanchéité à l’air. Pas de longrine pour les poser, une équerre filante en pied et en tête de mur, avec des pattes de rappel anti-basculement. Poids d’un caisson : 30 kg. Un échafaudage est nécessaire pour la pose, avec un chemin de roulement accroché tout le long pour accélérer la manutention. Le parement, vêtue ou enduit de finition, seront posés sur chantier, pour éviter les risques liés au transport. Les blocs menuiseries seront intégrés dans la paroi Blokiwood, avec une étanchéité à l’air en liaison avec la baie existante. Le travail est fait par l’extérieur, sans dérangement des habitants. En amont du chantier, la captation de l’existant est un enjeu majeur, pour disposer d’une maquette numérique à 5 mm près : drone et photogrammétrie ou scanner laser 3D. L’adaptabilité sur site se fait par de petits éléments recoupables prévus dans le système. Le BIM est à notre charge. Blokiwood fractionne la façade pour trouver le pas standard qui génère les éléments les plus répétitifs, les blocs sur-mesure, avec le moins de références différentes. La préfabrication demande une ingénierie amont assez importante : ce n’est pas adapté à une seule maison, cela implique une répétitivité pour mutualiser sur 4 à 6 maisons identiques au moins. »

Blokiwood fait partie d’un des groupements sélectionnés par le projet RénoStandard et coordonné par le distributeur Label Énergie, au sein duquel il collabore avec un bureau d’études, un architecte et un installateur photovoltaïque. La jeune entreprise, en pleine croissance, est aussi engagée dans le concours EnergieSprong, en partenariat avec le façadier Isore. Joël Ménard analyse le défi de la rénovation industrielle. « Pour une rénovation massive, il faut innover et progresser vers une normalisation par un ATEX. RénoStandard nous apporte la vision des experts du CSTB au niveau technique et réglementaire. Notre solution demande un gros travail d’organisation de chantier, avec un phasage industriel des appros pour être très rapide. Isore a déjà intégré le Lean dans leur démarche, c’est l’intérêt de Blokiwood de s’associer à une entreprise qui réfléchit à la mise en œuvre. Dans le développement d’un produit, le pivot c’est l’entreprise. Si le produit est décalé par rapport à ses besoins, il n’y a pas de décollage du produit. »

### Vendre la rénovation globale

Ce questionnement sur le développement du marché de la rénovation industrielle est dans les têtes de tous les autres coordinateurs de groupements RénoStandard. Tous les porteurs de solutions pensent rénovation performante globale, et non par étapes, ce qui suppose un investissement important pour le maître d’ouvrage.

À la tête d’un des groupements RénoStandard, la société Operene travaille sur des projets de rénovation énergétique en collectif (copropriété et >>>



bailleurs sociaux) et en tertiaire public, et travaille ce sujet de la préfabrication, notamment avec le projet Es'Ope, qui vise à développer avec des PME régionales des produits préfabriqués pour la rénovation énergétique performante. « Si les questionnements sur le développement de produits pour le marché de la rénovation industrielle restent présents, dès lors que l'on aborde le marché des particuliers, maisons individuelles ou copropriétés, la question de vendre la rénovation globale se pose. Pourquoi les particuliers choisissent-ils un SUV plutôt qu'une rénovation de leur logement ? Qu'est-ce qui déclenche l'acte d'achat ? », s'interroge Hugo Vigneron, président d'Operene, qui fait remarquer que dans les deux cas les investissements peuvent être conséquents, de l'ordre de 40 000 à 80 000 euros TTC et que la question n'est jamais posée d'un éventuel retour sur investissement dans le cas d'un SUV, contrairement à la rénovation énergétique...

« Il y a une dimension marketing pour atteindre le marché privé mais aussi de financement. Par exemple, les constructeurs automobiles proposent des véhicules avec des solutions de financement bien packagées. Dans le bâtiment, cela n'existe pas pour la rénovation. Il faut s'inspirer des pratiques de professionnels qui savent s'adresser aux particuliers avec des offres claires et lisibles. La difficulté avec les marchés de l'habitat ciblés par la rénovation industrielle, c'est également la multiplicité des décideurs alors que l'on recherche justement des volumes pour des solutions plus standards. Comment regrouper et mutualiser les demandes ? Ce constat a également été fait du côté de certaines Agences locales de l'énergie et du climat (Alec) ou d'Espaces info-énergie (EIE) qui voient passer des besoins de rénovation parfois homogènes dans le cas de lotissements par exemple. Enfin, la rénovation globale n'est que peu encouragée par les aides actuelles, majoritairement tournée vers les CEE qui n'incitent pas à la rénovation globale. Depuis les solutions techniques jusqu'à la commercialisation des offres ainsi



**18 Le groupement RénoStandard Bâticok insiste sur le diagnostic préalable avant rénovation. La thermographie montre les gros défauts d'isolation et d'étanchéité à l'air des combles de cette maison normande.**

(9) Voir le site <https://cheque-eco-energie.normandie.fr>.

que les aides à la rénovation, il y a donc de nombreux progrès possibles et autant de pistes à explorer ! » À Strasbourg, le groupement coordonné par l'architecte Jérôme Vetter et Gabriel Quentin du service régional Oktave de rénovation énergétique travaille sur le concept RénoStandard appliqué à un lotissement des années soixante-dix. « Le gros écueil est de n'avoir qu'une approche technique : si personne ne l'achète, la solution n'est pas déployée. La dimension commerciale est évidente, il faut répondre à la demande. Le principe de construction hors-site impose une certaine standardisation, mais bien différente de celle des années soixante. En 2020, il y a une réticence sur l'homogénéité de la rénovation d'un lotissement. Les propriétaires ne veulent plus d'apparence identique, il faut standardiser mais faire du cas par cas. Quand c'est possible, envisager une extension répliquable, par exemple en transformant des combles perdus en un niveau supplémentaire. Il faut penser aux habitants. À Strasbourg, une extension est très rentable, pour l'accueil d'un deuxième enfant, des parents âgés, pour augmenter la valeur du logement. En fait, le sujet thermique est traité grâce à l'opportunité d'apporter d'autres avantages comme le gain de surface, qui déclenchent la décision de rénovation. Oktave apporte son ingénierie financière pour optimiser les aides, nombreuses, compliquées, changeantes. Il faudrait simplifier les aides, qui ne sont jamais adossées à la performance mesurée après travaux. Aux États-Unis, un compteur d'économies d'énergie est mis en place avant l'attribution de la subvention. »

La Région Normandie a bien compris la nécessité d'inciter à l'obtention d'un résultat énergétique vérifié et de s'appuyer sur la dynamique d'un réseau organisé d'acteurs. En conditionnant son niveau du « chèque éco-énergie » à un audit énergétique subventionné et à la réalisation des travaux coordonnés par une entreprise qualifiée « Rénovateur BBC », la Région passe d'une logique dépense-facture de travaux à une logique de résultat évalué (9). Pour les coordinateurs du groupement normand RénoStandard, Bâticok, mesurer l'efficacité de la rénovation sert aussi à la communication sur la qualité de la solution proposée. Jean Hourany, ingénieur thermicien du bureau d'études Bâtiderm, qualifié « auditeur normand », et Julien Couillard, menuisier-charpentier qualifié « Rénovateur BBC », citent l'exemple d'une rénovation complète de maison individuelle en solution préfabriquée, dont la consommation gaz est passée de 24 000 kWh à 6 000 kWh/an. « L'expertise et les calculs du thermicien indépendant, l'implication de l'Espace info-énergie, et les différents contrôles de chantier, dont les mesures d'étanchéité à l'air, rassurent et construisent la relation avec le client. » Sébastien Delpont (Greenflex), avec sa connaissance du déploiement international d'EnergieSprong, conclut à l'attention des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre : « Rien n'est prêt dans la façon de faire la rénovation industrielle. On est dans une trajectoire, il ne faut pas s'arrêter à la première fois, forcément plus chère que la deuxième fois. Il faut avoir la lucidité d'attendre la quatrième ou la cinquième fois où cela devient moins cher que la méthode classique. Il faut oser se faire confiance. » ■