

L'innovation dans la rénovation des bâtiments, un élément clé de la transition écologique

Par Christian BRODHAG

Ingénieur civil des Mines, Docteur es science, professeur émérite à l'École des mines de Saint-Étienne (membre de l'Institut MinesTélécom)

Dans cet article, nous nous intéressons à l'innovation dans la rénovation profonde des bâtiments, qui est la seule à permettre d'atteindre les objectifs européens pour le climat. L'innovation porte sur les approches économiques et la création de valeur. La rénovation profonde nécessite la mise en œuvre de systèmes techniques qui concernent simultanément l'enveloppe, les matériaux et l'énergie. Les ressources et les compétences nécessaires doivent être, elles aussi, abordées sous l'angle de cette même approche système. Le soutien au système d'innovation territorial va permettre d'abaisser globalement le coût de la rénovation.

L'Europe s'est fixé un objectif de réduction de 60 % de ses émissions de CO₂ d'ici à 2030 pour le bâti existant et prévoit de déclencher une *vague de rénovations* (UE, 2020). Or, si 11 % du parc immobilier existant de l'Union européenne fait l'objet chaque année d'un certain nombre d'opérations de rénovation, seulement 1 % de celles-ci porte sur la performance énergétique des bâtiments. Tandis que seulement 0,2 % du parc immobilier bénéficie de rénovations lourdes, c'est-à-dire qui réduisent la consommation énergétique d'au moins 60 %. La vague européenne de rénovations qui est envisagée, devrait conduire à généraliser ces rénovations lourdes qui restent aujourd'hui très coûteuses.

C'est l'objectif suivant que l'on devrait donner à l'innovation : réduire drastiquement les coûts, au service de l'environnement et de l'utilité sociale. Une telle politique d'innovation porte à la fois sur les solutions elles-mêmes, l'isolation, les matériaux et l'énergie, mais aussi sur le renforcement de la capacité des acteurs à participer au changement, en étant parties prenantes au sein de systèmes d'innovation. C'est-à-dire ne pas considérer seulement les prémices de l'innovation, les idées nouvelles et les prototypes, mais aussi la diffusion et la massification des solutions déjà éprouvées.

Introduction

La transition écologique repose sur de nouvelles technologies, de nouveaux modèles économiques et de nouvelles organisations collectives. Ces innovations peuvent intégrer des technologies de pointe, des innovations de rupture, notamment celles issues

du numérique, mais aussi des innovations optimisant la frugalité en termes de ressources mobilisées et de coûts.

Nous allons explorer dans cet article les différentes composantes de l'innovation et ébaucher des pistes de politiques et de financement pour que cette innovation contribue, à un niveau suffisant, à cette transition écologique.

L'économie du projet

Le premier niveau à considérer est celui de la rénovation d'un logement ou d'un bâtiment tertiaire. L'amélioration de sa performance thermique va faire baisser sa consommation d'énergie. Le financement de l'investissement est lié à son amortissement sur la durée. Mais la lutte contre le changement climatique conduit à aller plus loin dans la performance que ne le permet actuellement la relation existant entre le coût actuel de l'énergie et celui des solutions permettant de l'économiser. Cela justifie l'intervention publique qui, pour ce faire, a le choix entre trois options. Deux options sont de nature économique : augmenter le prix de l'énergie en taxant le carbone ou subventionner la rénovation. La troisième est l'option réglementaire : par exemple, le dispositif Éco-énergie Tertiaire (ou « Décret Tertiaire ») ou les conditions de performance énergétique à respecter par les logements pour leur mise sur le marché. Le choix de cette dernière option a évidemment des conséquences sur l'économie de la rénovation et sur la valeur patrimoniale du bâti.

Nous nous proposons ici d'explorer une quatrième option, celle du recours à l'innovation dans l'objectif de faire baisser le prix des solutions.

Création de valeur

La première façon d'améliorer l'économie du projet de rénovation est d'élargir la création de valeur économique en permettant l'augmentation de la surface ou des fonctionnalités du ou de l'ensemble d'immeubles. Au niveau du bâtiment lui-même, rajouter un étage peut contribuer au financement de la rénovation de l'ensemble du bâtiment. Les techniques hors site rendent techniquement possibles ces opérations. Cette approche peut aussi être mise en œuvre dans des quartiers d'habitat pavillonnaire (PROFEEL, 2021), où la valorisation foncière peut être envisagée au niveau de la parcelle, du quartier ou de l'îlot. Ces opérations, qui combinent innovation financière et innovation technique, peuvent être favorisées par la collectivité locale (la commune, notamment).

Dans le tertiaire, les mutations post-Covid, notamment la réorganisation liée au travail à distance, vont conduire les entreprises à diminuer les surfaces de leurs bureaux et à requalifier leur parc immobilier : c'est-à-dire augmenter la valeur d'usage et l'intensité d'usage du m², mais aussi diminuer la mobilisation des ressources en minorant globalement le besoin bâtimentaire. L'intégration de la dimension environnementale dans le même mouvement est un facteur de réduction des coûts.

Mais au-delà d'une approche directement économique, il faut considérer les valeurs intangibles. La rénovation accroît le confort, réduit les nuisances sonores, améliore la qualité de l'air intérieur..., autant de bonifications qui s'avèrent être des facteurs de productivité dans le secteur tertiaire, avec des bénéfices supérieurs à ceux apportés directement par les économies d'énergie.

Cette création de valeur qui met le confort de l'occupant au cœur des objectifs n'est monétisable que pour une part assez restreinte. Mais dans le secteur tertiaire, cela peut être considéré comme un investissement dans l'appareil de production.

La question centrale de la création de valeur n'est pas relative à l'énergie ou au climat mais au gain de confort pour l'occupant et pour le propriétaire ; il s'agit ici de la valeur patrimoniale du bâti.

Zéro carbone à zéro coût ?

Au lieu de chercher qui doit payer le surcoût environnemental et comment amortir les investissements nécessaires aux économies d'énergie, l'objectif de l'innovation pourrait être de rechercher des solutions ne générant pas de surcoût. Peut-on, par exemple, rénover un bâtiment bas-carbone pour l'amener au niveau BEPOS (bâtiment à énergie positive) et faire en sorte que cette rénovation soit rentable sans subventions ?

C'est l'objectif affiché par EnergieSprong, le projet de rénovation par l'extérieur qui utilise des procédés industriels hors site. La modélisation (BIM) du bâtiment permet de concevoir en usine les éléments qui seront assemblés sur place. L'utilisation possible de matériaux frugaux bas-carbone se combine avec une informatique avancée. Il s'agit d'une certaine façon d'une rénovation profonde de « surface », puisqu'il est possible de loger dans l'isolant les circuits d'air et les échanges double-flux.

Le modèle classique de l'innovation est celui d'une technologie plus efficace que les précédentes et qui s'impose sur le marché grâce à son avantage concurrentiel. Une telle innovation va convaincre progressivement différents segments de marché. L'approche actuelle de l'innovation prend en considération l'ensemble des acteurs contribuant à l'innovation au sein d'un système d'innovation. C'est cette approche que nous nous proposons d'utiliser pour la rénovation (voir la Figure 1 ci-dessous).

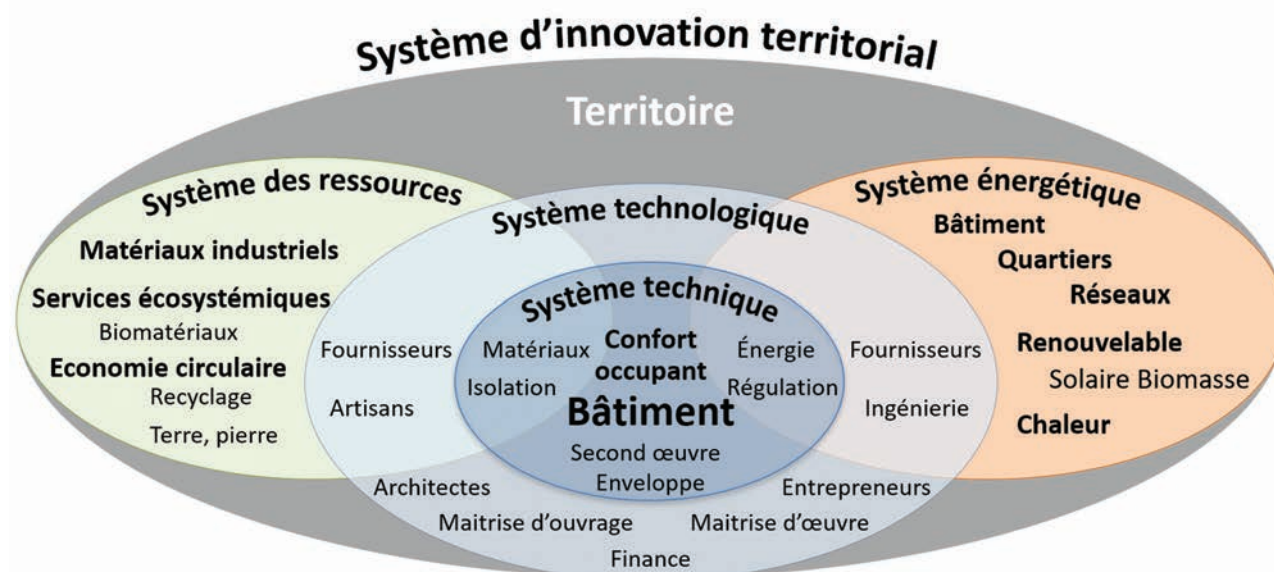


Figure 1 : L'emboîtement des systèmes de la rénovation.

Système technique et système technologique

La rénovation profonde – cette approche multi-objectifs –, à l’instar de solutions ambitieuses adoptées par d’autres filières en matière de transition, ne consiste pas à mettre côte à côte des solutions techniques qui seraient conçues et financées élément par élément, mais à mobiliser un ensemble de solutions, de technologies unitaires qui font système. Ce système technique allie des interventions sur l’enveloppe à la mobilisation de sources d’énergie et de matériaux qui eux-mêmes doivent être bas-carbone. C’est l’efficacité de tout ce système qui entre dans l’équation prix.

L’éco-rénovation du siège de KTR France, primée au niveau international par les Green Solutions Awards de Construction 21 (voir l’Encadré ci-après), est un bon exemple de combinaison de différentes technologies.

La transition écologique repose sur la capacité du marché à fournir massivement ce type d’innovations aux prix les plus bas possible. Cela nécessite l’intervention de nombreux professionnels aux compétences variées sur un territoire donné : maîtres d’ouvrage, maîtres d’œuvre, architectes et ingénierie, entreprises, fournisseurs, artisans et finan-

ceurs. L’ensemble de ces acteurs forment eux aussi un système, que l’on qualifiera de **système technologique**⁽¹⁾.

Ce système technologique se développe grâce aux projets déjà réalisés, en capitalisant sur les expériences et en s’appuyant sur les savoirs et les relations établies entre les acteurs. Même si l’échelle nationale est importante du fait des spécificités géographiques, humaines et environnementales qu’elle recouvre et même s’il faut aussi tenir compte des spécificités régionales du bâti, ce système technologique existe en grande partie au niveau de la maille territoriale la plus fine. La maturité de ce système technologique permet de faire baisser le prix des solutions les plus adaptées, et cela à deux niveaux :

- il permet d’identifier de façon partagée les meilleures solutions, les meilleurs systèmes techniques, et donc d’écartier les solutions inefficaces et les plus coûteuses au profit des plus rentables ;
- par la pratique commune, il permet de faire baisser les coûts de transaction, de préciser les conditions du marché, d’assurer l’adéquation des cahiers des charges avec la capacité à réaliser et d’améliorer la gestion des risques.

⁽¹⁾ L’usage des termes « technique » et « technologie » ne fait pas consensus dans la littérature. Par exemple, l’historien Bertrand Gille considère à l’inverse des systèmes techniques englobant la société et l’économie.

Éco-rénovation à énergie positive du siège de KTR France à Dardilly (département du Rhône)

Produire annuellement 36 MWh d’énergie et n’en consommer que 30 MWh tous usages confondus (dont le fonctionnement de l’atelier et la charge des voitures), c’est possible. C’est le bilan d’exploitation affiché par le siège de la société KTR, dont la rénovation a obtenu en 2018 le prix international des Green Solutions Awards. Ce projet de rénovation de 960 m² de surface utile a coûté 1 450 € HT/m², dont moins de 10 % pour le système thermique (chauffage et rafraîchissement). Le bilan carbone des matériaux d’isolation est particulièrement bas grâce au recours à des matériaux biosourcés. Le choix du confort des occupants n’a pas conduit à réduire les ouvertures, mais à compenser les déperditions en mobilisant un maximum d’énergie renouvelable gratuite.

Cette performance repose sur un système énergétique combinant des capteurs hybrides photovoltaïques/thermiques et quatre sondes géothermiques qui assurent le refroidissement du bâtiment par *géo-cooling*. En été, les calories sont ainsi extraites du bâtiment pour le rafraîchir et sont stockées avec celles produites par les panneaux hybrides et par les sondes installées dans la roche à - 150 m de profondeur. La température de base de la roche est de 14°C à cette profondeur et le delta de température est de 3 à 4°C au niveau du stockage saisonnier réalisé dans le périmètre des sondes. Ces calories gratuites sont restituées en hiver pour chauffer le bâtiment. Une pompe à chaleur corrige les niveaux de température pour permettre une diffusion de la chaleur et du froid de bas niveau. La chaleur fatale extraite des locaux par le biais des planchers réversibles en été est stockée dans les sondes, les locaux sont ainsi rafraîchis de manière passive (pompe alimentée par l’auto-consommation). Le système climatique et de traitement de l’air (CTA) double-flux est couplé aux sondes pour assurer un appoint en hiver et en été.

L’exploitation faite au cours des deux premières années donne un bilan énergie positive tous usages confondus de + 20 %, lequel devrait monter à 30 % grâce à l’optimisation du système. La température de confort a été en moyenne de 24°C en été comme en hiver. L’adoption de températures minimales correspondant à 21°C en hiver et à 28°C au maximum en été permettrait des économies d’énergie supplémentaires, qui seraient respectivement de 1 et 7 %.

Source : <https://www.construction21.org/france/case-studies/h/eco-renovation-siege-de-ktr-france.html>

Gérer les systèmes adjacents : énergie et matériaux

Les matériaux et l'énergie sont des composantes de la rénovation au même titre que l'intervention sur l'enveloppe. Ils contribuent pour près des deux tiers à la feuille de route Zéro carbone 2050 (Global ABC, 2016).

Une partie de l'offre est déjà disponible sur le marché national – ce sont des matériaux industriels ou des énergies de réseau –, elle ne relève donc pas de décisions du niveau territorial. En revanche, les biomatériaux ou les matériaux issus du recyclage sont, du fait de leur faible densité de valeur, principalement produits dans les territoires. Il en est de même pour les énergies renouvelables, la chaleur et le froid de bas niveau, qui ne peuvent pas être transportés sur de longues distances et ne sont donc mobilisables que localement.

Un système d'économie circulaire

Les matériaux locaux utilisés pour la construction et la rénovation sont de deux ordres : d'une part, les matériaux inertes (terre, pierre...) ou ceux issus du recyclage et, d'autre part, les matériaux biosourcés (bois, paille, chanvre...). Leur durabilité et leur contribution à la transition doivent être considérées au niveau local. L'organisation du marché de ces matériaux, la maîtrise de leurs impacts, la gestion de leur cycle de vie et la coopération entre les acteurs privés et publics peuvent elles aussi être considérées chacune comme un système.

À travers les bâtiments circulaires, on vise la réutilisation et le réemploi d'éléments issus de bâtiments déconstruits. En conservant la valeur de certains éléments qui perdent ainsi leur statut de « déchets », ceux-ci ne sont plus une charge, mais une ressource rentable et créatrice d'emplois locaux, les prix de certains matériaux pouvant même être déjà inférieurs à celui du neuf.

Un système énergétique local

Les productions d'énergie locale sont diffuses et de bas niveau. Elles peuvent être mobilisées par des systèmes techniques dont la fonction générale est de stocker, d'échanger et de distribuer ces énergies pour répondre au plus près aux besoins. Pour les besoins thermiques de l'habitat, il s'agit de distribuer de la chaleur et du froid de bas niveau, un niveau où les sources solaires s'avèrent pertinentes en termes de production et où des ajustements efficaces sont possibles grâce à des pompes à chaleur. Pour l'électricité, ce sont des réseaux intelligents (*smart grids*) qui permettent de gérer efficacement la production, le stockage, les échanges et la distribution d'électricité. Ces systèmes techniques intègrent les dispositifs et les techniques de gestion de la consommation, mais aussi de réduction de celle-ci.

Ce système énergétique local est mult niveau : il intègre des bâtiments individuels, des groupes de bâtiments, des quartiers, et même la collectivité territoriale prise

dans son ensemble. Un lien avec la demande à l'échelle nationale peut même exister à un instant T pour éviter la mise en œuvre de moyens de production carbonés ou de générer des pics de consommation d'énergies renouvelables au niveau national ou européen. À chaque niveau, on peut considérer aussi bien la réduction des besoins que la fourniture d'énergie la plus fine possible pour répondre à des besoins résiduels.

Développer la capacité des territoires au travers d'un système d'innovation territorial

Les politiques publiques, notamment celles menées par les collectivités locales, doivent renforcer ce niveau d'action collective et soutenir le développement d'un système d'innovation qui doit être le constituant essentiel de la stratégie des territoires. Une telle stratégie d'innovation permettrait de faire le lien entre les engagements pris par les collectivités dans le cadre de leur plan Climat et la diffusion des solutions dans chacun des segments et types de bâtiments.

Il s'agit de réaliser des démonstrateurs, de mobiliser la commande publique pour développer des solutions et de planifier leur déploiement dans chacun des types de bâtiments. Cela conduit aussi à financer les aspects cognitifs des retours d'expérience et d'organiser des transferts vers les dispositifs de formation.

Différentes activités peuvent être menées au niveau du territoire : par exemple, déployer des initiatives nationales comme EnergieSprong ou le Booster du réemploi. Les Green Solutions Awards de Construction 21 qui ont fait leurs preuves, aux niveaux national et international, peuvent permettre, au niveau territorial, d'identifier les solutions, de partager les connaissances au sein des jurys et d'organiser la communication ainsi que la diffusion des connaissances.

Plutôt que de concentrer les financements de la transition sur des techniques actuellement disponibles, les pouvoirs publics devraient allouer une part significative de leur soutien à l'innovation dans les territoires, dans une logique d'efficacité des financements publics. Ils pourraient ainsi consacrer à cette innovation des aides financières directes, lui réserver une part de la commande publique et lui apporter des soutiens non financiers, d'ordre réglementaire, politique ou foncier.

Bibliographie

GLOBAL ABC (2016), "Roadmap for transition towards low-GHG and resilient buildings", UNEP, Nairobi (Kenya).

PROFEEL (2021), « Rénover et densifier les quartiers d'habitat pavillonnaire. Financer la rénovation énergétique par la valorisation foncière ».

UNION EUROPÉENNE (2020), « Une vague de rénovations pour l'Europe : verdir nos bâtiments, créer des emplois, améliorer la qualité de vie ».