

## Rénovation «active»: des opportunités à ne pas manquer!

**La Stratégie énergétique 2050 de la Confédération vise une meilleure efficacité énergétique, la promotion des énergies renouvelables et la sortie du nucléaire, avec dans le collimateur, la société à 2000 watts. Pour y arriver, il fallait un changement de paradigme dans les stratégies de rénovation des bâtiments: on parle désormais de rénovation active.**

Vous voulez rénover énergétiquement un ou plusieurs de vos immeubles, mais vous ne savez pas trop comment vous y prendre? L'offre est vaste et les produits souvent mal connus, mais une chose est sûre: ne vous contentez pas d'une simple mise aux normes. Mettez sur le photovoltaïque intégré au bâtiment, en anglais BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) en tant que nouveau matériau de construction déjà disponible sur le marché et transformez l'enveloppe inerte de votre immeuble en une enveloppe active, produisant de l'énergie électrique. Le projet de recherche ACTIVE INTERFACES<sup>1</sup> le prouve: remplacer les éléments inertes communément utilisés en rénovation par des éléments actifs BIPV est une opportunité à ne pas rater, tant du point de vue économique que des points de vue énergétique et environnemental.

Pour bien comprendre l'approche globale d'une rénovation énergétique, il faut savoir qu'elle prend en compte trois interventions: 1. stratégies passives (amélioration de l'isolation thermique), 2. stratégies actives (amélioration de la performance des installations techniques, notamment la production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire) et 3. intégration des éléments actifs en substitution des éléments inertes classiques (en façade et en toiture).

### Le BIPV est économiquement rentable

Economiquement, une intégration d'éléments de construction actifs lors d'une rénovation énergétique entraîne un certain surcoût relatif très variable en fonction du degré d'intégration choisi. Mais ce surcoût est rapidement compensé par les revenus que génèrent les éléments actifs, en termes de production d'énergie, à consommer sur place ou à vendre aux bâtiments voisins ou au réseau, et en termes de CO<sub>2</sub>, par un amortissement relativement rapide de l'énergie grise

consommée lors de la production et de la mise en place des BIPV. Les premiers résultats du projet de recherche ACTIVE INTERFACES financé par le FNS dans le cadre du PNR consacré au virage énergétique a fait ressortir très clairement qu'il y avait un intérêt environnemental mais aussi économique avec une intégration BIPV poussée, dimensionnant l'installation selon les besoins du bâtiment en maximisant la consommation propre ou autoconsommation... comme une sorte de subvention par la production.

Techniquement, les outils et les produits sont là, à disposition et dûment certifiés. Les coûts sont en nette baisse, leur efficacité énergétique augmente régulièrement et amortissent rapidement leur coût en énergie grise et émissions de gaz à effet de serre. Leur design offre désormais toute une palette de couleurs, de textures et de dimensions. Pourtant, malgré cette conjonction favorable, l'énergie photovoltaïque est relativement peu utilisée dans la construction et la rénovation. «Face à ce constat, nous voulions changer de paradigme et passer de la recherche de la plus grande efficacité énergétique sans considérations esthétiques à une recherche mêlant dès le début architectes, scientifiques et ingénieurs pour imaginer comment transformer des bâtiments en les rendant actifs et

esthétiquement dignes d'intérêt», explique le prof. Emmanuel Rey, directeur du LAST.

### Le projet

#### ACTIVES INTERFACES

Il s'agit d'un vaste projet de recherche interdisciplinaire dans le domaine de l'intégration architecturale du photovoltaïque lors de la rénovation de bâtiments en milieu urbain, dans le cadre des objectifs de la Stratégie énergétique 2050 de la Confédération. «Nous voulions notamment déterminer si ce genre de technologies étaient à même de promouvoir, de soutenir et d'accélérer la rénovation des bâtiments en Suisse, qui se produit en ce moment à un rythme bien trop lent pour pouvoir atteindre les objectifs de transition énergétique de la Confédération», explique Sergi Aguacil, architecte, ingénieur et doctorant au LAST dans le cadre de ce projet.

Les divers aspects de la recherche portent sur le développement technologique et d'amélioration du rendement des panneaux, de les rendre plus légers et de travailler sur la composition des différentes couches constituant des panneaux, pour les rendre plus clairs et les affiner avec une technologie basée sur la nanotechnologie, jusqu'à les rendre complètement blancs (par le PV-Lab et le CSEM).

### PV, BAPV et BIPV

En dehors des grandes fermes de panneaux photovoltaïques (PV) qui confinent parfois à du Land Art, on distingue deux types de PV: le traditionnel BAPV (Building-Attached Photovoltaics), avec des panneaux PV posés sur les surfaces construites sans aucune fonction en termes constructifs, et le BIPV (Building-Integrated Photovoltaics), dont les panneaux sont intégrés au bâtiment, se substituent à un matériau de construction traditionnel et ont donc aussi une fonction architecturale, en participant à la protection contre les intempéries comme l'étanchéité à l'air ou à l'eau de l'enveloppe thermique. Autrement dit: on substitue un élément constructif qui ne produit rien par un élément constructif actif produisant de l'électricité!

D'où une palette esthétique plus étendue qui va faciliter l'intégration des panneaux dans l'environnement bâti.

A l'efficacité et à l'esthétique vient encore s'ajouter un troisième volet du projet de recherche, qui est l'aspect socio-économique, étudié par l'Université de Saint-Gall, afin de mieux comprendre (via sondage à environ 500 acteurs) pourquoi le PV ne se développe pas mieux, alors que tout est prêt au niveau technologique, et de trouver des leviers pour lever ces freins. Or un des freins réside dans l'état très lacunaire des connaissances dont disposent les acteurs du bâtiment (architectes, ingénieurs, industriels et maîtres d'ouvrage) en matière de BIPV. Soit ils ignorent la question du BIPV lorsqu'ils projettent une rénovation ou alors ils estiment que le BIPV est trop compliqué à implémenter; souvent aussi, les acteurs qui rénovent l'enveloppe d'un bâtiment ont de la peine à collaborer étroitement avec les installateurs électriques, même si la situation a bien évolué récemment à cet égard.

L'étude a également fait ressortir qu'il y avait un public non négligeable et croissant pour ce genre de technologies et pour le nouveau paradigme offert par le BIPV en Suisse, que ce soit pour des raisons écologiques ou même esthétiques (prêt à payer plus pour que ce soit «beau» et en harmonie avec l'environnement bâti existant ou à mieux rémunérer le BIPV si ce sont des produits suisses – à savoir des cellules produites en Chine principalement, mais apprêtées en Suisse sous forme de BIPV, avec donc une valeur ajoutée des entreprises suisses de haute technologie). Une partie des maîtres d'ouvrage n'y sont pas totalement insensibles et soulignent qu'ils devraient faire une première expérience positive pour démystifier l'aura de complexité qui entoure encore ce type de technologies.

#### Les scénarios de rénovation

Cinq types de bâtiments ont été définis à partir d'un échantillon de plus de 3000 immeubles recensés dans le canton de Neuchâtel. Et pour chacun de ces archétypes, quatre scénarios de rénovation ont été calculés, depuis la rénovation standard (S0) jusqu'à la

# LE SPÉCIALISTE POUR LA PROTECTION ET LA COSMÉTIQUE DU BÉTON

Maison de la Paix, Genf

[www.desax.ch](http://www.desax.ch)

Protection anti-graffiti  
Protection du béton  
Cosmétique du béton  
Décoration du béton  
Nettoyage du béton

  
**DESAX**  
Belles surfaces en béton

**DESAX AG**  
Ernetschwilerstr. 25  
8737 Gommiswald  
T 055 285 30 85

**DESAX AG**  
Felsenaustr. 17  
3004 Bern  
T 031 552 04 55

**DESAX AG**  
Ch. Mont-de-Faux 2  
1023 Crissier  
T 021 635 95 55

## Immeuble d'habitation archétypique des années 70

Construit en absence de législation relative à la performance énergétique et en pleine milieu de la première crise pétrolière. L'architecture moderniste de l'époque utilise le béton à la fois comme structure, élément ordonnateur et enveloppe préfabriqué du bâtiment.

Année de construction: 1972-73  
10 étages + combles (52 appartements)  
Niveau de protection patrimoniale: II - typique  
Production chaleur : chaudière centrale à mazout  
Surface de référence énergétique : 5'263 m<sup>2</sup>  
Localisation: Neuchâtel

Légende:

-  Consommation d'énergie primaire non renouvelable
-  Emission de gaz à effet de serre
-  Production d'électricité sur place
-  Facture énergétique annuelle nette (consommation | production)

### E0 - Etat actuel



 **231** kWh/m<sup>2</sup>·an

 **81** kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·an

 **111'049** fr/an

### S1 – Conservation (avec BIPV)



 **50** kWh/m<sup>2</sup>·an

 **10** kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·an

 **78.6** MWh/an

Autoconsommation **43 %**      Autosuffisance **21 %**

 **31'826** fr/an

### S2 – Rénovation (avec BIPV)



 **16** kWh/m<sup>2</sup>·an

 **5** kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·an

 **137.8** MWh/an

Autoconsommation **31 %**      Autosuffisance **30 %**

 **21'047** fr/an

### S0 - Pratique courante



157 kWh/m<sup>2</sup>·an



53 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·an



76'227 fr/an

### S3 – Transformation (avec BIPV)



-39 kWh/m<sup>2</sup>·an (\*)



-3 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·an (\*)



242.6 MWh/an

Autoconsommation

Autosuffisance

20 %

36 %



5'489 fr/an

(\*) Bâtiment à énergie positive

### Analyse d'un cas concret

**Etat actuel E0:** c'est un bâtiment typique des années 1970, une tour à Neuchâtel, avec une façade préfabriquée en béton, avec juste 4 cm d'isolation en polystyrène, donc avec une performance énergétique de base très faible et une consommation énergétique (mazout) énorme pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, soit presque du triple visé par la société à 2000 watts pour des bâtiments existants en terme d'énergie primaire non-renouvelable

**Scénario S0:** la rénovation standard, sans éléments actifs, avec une isolation intérieure des façades, de la toiture et un remplacement des fenêtres par des fenêtres plus performantes, permet déjà de réduire la consommation énergétique d'environ 40%, mais on consomme encore le double de l'énergie primaire non-renouvelable préconisée par la société à 2000 watts. L'extérieur reste intact et le retour sur investissement est d'environ 34 ans.

**Scénario S1 (conservation):** amélioration de l'isolation de l'enveloppe du bâtiment par l'intérieur, permettant d'atteindre des valeurs qui donnent droit à des subventions du Programme bâtiments (Fr. 60.-/m<sup>2</sup> de surface rénovée), en intégrant déjà des PV sur mesure en toiture et en façade, mais des PV customisés pour ressembler le plus possible aux façades existantes, pour maintenir l'aspect extérieur du bâtiment. C'est un peu plus cher, mais on conserve l'aspect de celui-ci. Avec cette variante, on est on peut déjà atteindre le standard de la société à 2000 watts si l'on change le système technique existant (mazout) par un système de pompe à chaleur (électrique) beaucoup plus efficace et qui va profiter mieux de l'installation BIPV, question énergie primaire non-renouvelables, en tenant en compte toute l'analyse du cycle de vie (énergie grise des matériaux et énergie consommée par le bâtiment).

**Scénario S2 (rénovation):** isolation extérieure de l'enveloppe qui respecte les lignes générales du bâtiment, avec une façade ventilée qui permet de réduire considérablement la demande énergétique, substitution des anciennes fenêtres par des fenêtres plus performantes, et avec des PV de taille les plus standard possibles intégrés aux façades. Au niveau du bilan énergétique, on est parfaitement dans les normes de la société à 2000 watts, y compris au niveau des émissions de CO<sub>2</sub>, une fois que les installations techniques auront été adaptées aux nouveaux besoins de consommation énergétique et à l'installation BIPV.

**Scénario S3 (transformation):** avec cette variante, le bâtiment change passablement d'aspect parce que l'on se permet d'intégrer des PV de dimensions standard sur toute la façade en sélectionnant les surfaces actives selon les besoins du bâtiment et la rentabilité de l'installation BIPV, avec l'avantage de réduire les coûts induits par l'intégration des éléments PV. Au niveau du bilan énergétique, on est parfaitement dans les normes de la société à 2000 watt voire mieux. **PC**



Sergi Aguacil ©PC2018

rénovation avec un maximum de BIPV (S 3). L'idée étant que ces scénarios puissent ensuite servir de référence pour guider les choix et les propositions de stratégies de rénovation des architectes, des maîtres d'ouvrage et autres parties prenantes (voir encadré et schémas pp. 26-27).

En partant de E0, qui définit l'état actuel du bâtiment, l'étude propose 4 scénarios de rénovation: S0, qui équivaut à la pratique habituelle de rénovation, en fait une simple mise aux normes SIA 380/1: 2016, où l'on reste encore bien loin des objectifs de la société à 2000 watts. Suivent 3 scénarios actifs avec des degrés divers d'intégration de BIPV: S1 (conservation: on essaie de maintenir l'aspect architectural donné, avec des PV customisés visuellement par des techniques très économiques (voir film CSEM) et taillés sur mesure selon les caractéristiques du bâtiment), S2 (rénovation: en maintenant les lignes expressives générales du bâtiment, avec des éléments PV customisés visuellement mais en priorisant des dimensions et des coupes plus standard) et S3 (transformation: on se donne la liberté de changer l'aspect du bâtiment en assurant toujours une haute qualité architecturale, avec des panneaux customisés visuellement mais les plus standard possibles et donc d'autant moins chers).

Le but de la recherche n'est donc pas de proposer à tout prix le scénario qui produit le plus d'énergie, mais d'offrir des options à choix, avec un mix de panneaux actifs et non-actifs de même aspect, qui permettent de

s'adapter à toutes les demandes. Les 4 scénarios de rénovation permettent de déterminer de manière chiffrée la stratégie de rénovation optimale de chaque bâtiment et évite au maître d'ouvrage de passer à côté de grandes opportunités de valorisation de son parc immobilier dans un contexte général de transition énergétique orienté sur la société à 2000 watts.

#### **L'impact économique des différents scénarios**

Pour tous les archétypes analysés, le scénario sans PV intégré a un rendement inférieur, donc le retour sur investissement ou délai de recouvrement est plus long que si on choisit une variante avec intégration de PV. De quoi clairement encourager ces dernières! Car même si l'investissement de départ est un peu plus élevé, il donne droit à des subventions pour l'amélioration de l'enveloppe thermique, les installations techniques et pour l'installation photovoltaïque intégrée, et l'on augmente sa capacité d'autoconsommation; on peut en outre générer des revenus avec la revente d'électricité dans le réseau existant ou directement à des bâtiments voisins avec des activités complémentaires, et l'amortissement est plus court de 5 à 10 ans (selon le type de bâtiment et son contexte environnant) qu'avec la variante sans PV intégrés.

Le tout est de savoir à qui profite la rénovation active: en général, elle permet de réduire les charges (jusqu'à 80%), donc de baisser les loyers. Mais dans l'hypothèse où l'on opte par une

solution de «contracting» avec une société de services énergétiques (SSE), sans baisser ni les loyers, ni les charges pendant une durée déterminée, et avec les économies d'énergie et l'injection du surplus d'énergie (voire les revenus) qui résultent de la rénovation active, le maître d'ouvrage ou la SSE peut compter sur un rendement de l'opération de 3-6%, ce qui est plutôt intéressant à long terme.

#### **Les obstacles à surmonter**

Un des obstacles vient en fait de la méconnaissance des architectes et des maîtres d'ouvrage en matière de produits et de leur mise en œuvre. Un autre vient des besoins d'adaptation de l'industrie du bâtiment elle-même, qui doit apprendre à mieux communiquer avec les architectes et les maîtres d'ouvrage, pour faire connaître leurs produits. «C'est la raison pour laquelle nous avons conçu notre recherche de sorte qu'elle débouche sur des outils d'analyse concrets et exemplaires, qui vont vraiment dans le détail technique et constructif, afin de servir de modèles facilement assimilables par les architectes», conclut Sergi Aguacil. Une telle étude préliminaire n'est en soi pas excessivement coûteuse, d'autant plus en regard du bénéfice potentiel à long terme.

Plus d'infos (et résultats de la recherche fin 2018 destinés à un large public) sur le site dédié au projet ACTIVE INTERFACES: [www.active-sinterfaces.ch](http://www.active-sinterfaces.ch) et <http://www.habitation.ch/actualites/> où dans une vidéo, Sergi Aguacil ([sergi.aguacil@epfl.ch](mailto:sergi.aguacil@epfl.ch)) résume en quelques minutes les grands axes de sa recherche/travail de doctorat.

**Patrick Cléménçon**

<sup>1</sup> Le projet réunit 10 groupes de recherches EPFL/EPFZ et hautes écoles dans toute la Suisse, pilotés par le Laboratoire d'architecture et technologies durables de l'EPFL dirigé par le prof. Emmanuel Rey, et travaillant sur la question de l'intégration du PV dans l'architecture lors de la rénovation de bâtiments (BIPV).