

**Zeitschrift:** Tracés : bulletin technique de la Suisse romande  
**Herausgeber:** Société suisse des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 143 (2017)  
**Heft:** [23-24]: 9e Édition du Forum Ecoparc

**Artikel:** Stratégies de rénovation active pour le parc bâti suisse  
**Autor:** Aguacil, Sergi / Lufkin, Sophie / Rey, Emmanuel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-736794>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Stratégies de rénovation active pour le parc bâti suisse

Sergi Aguacil, assistant-doctorant au sein du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL <sergi.aguacil@epfl.ch>

Sophie Lufkin, collaboratrice postdoc au sein du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL <sophie.lufkin@epfl.ch>

Emmanuel Rey, professeur EPFL, directeur du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) et partenaire du bureau Bauart à Berne, Neuchâtel et Zurich <emmanuel.rey@epfl.ch>

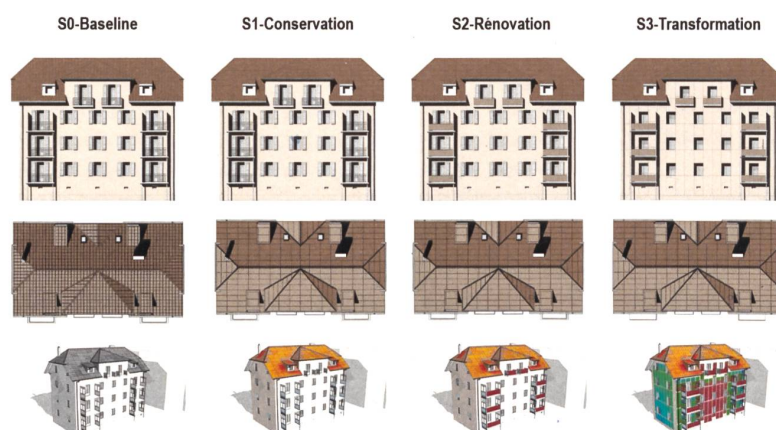
Si la ville de demain est déjà largement bâtie, une part importante de son tissu présente des déficits significatifs en matière de performance énergétique. Pour atteindre les objectifs ambitieux de la stratégie énergétique 2050, l'assainissement des bâtiments existants est certes nécessaire, mais pas suffisant. La mise en œuvre de systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments (BIPV), à la fois dans les façades et les toitures, constitue un enjeu incontournable pour les projets de rénovation du parc bâti existant en milieu urbain. Menés dans le cadre du projet de recherche interdisciplinaire **ACTIVE INTERFACES**<sup>1</sup>, les travaux présentés dans cet article visent à démontrer que l'intégration du BIPV, pour autant qu'elle soit prise en compte dès les premières esquisses du projet, est non seulement réaliste, mais également favorable en termes de performance énergétique, de rentabilité économique et d'expression architecturale<sup>2</sup>.

Parmi les enjeux à gérer dans ces processus de renouvellement urbain, les questions d'intégration

architecturale occupent une place prépondérante. En effet, malgré l'évolution économique (réduction des coûts), les progrès techniques (amélioration de l'efficacité) et le développement de matériaux de construction innovants (modules cristallins terra-cotta ou panneaux photovoltaïques blancs développés par le Centre suisse d'électronique et de microtechnique), le potentiel énergétique solaire des systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments (BIPV), en particulier les éléments de façades ou de toitures, demeure largement sous-exploité en milieu urbain.

Jusqu'à présent, différents types d'obstacles ont limité la mise en œuvre du BIPV dans les projets de rénovation. Ces obstacles incluent la motivation limitée des architectes, une connaissance restreinte du potentiel du BIPV en tant que matériau de construction et un manque de bâtiments exemplaires esthétiquement convaincants. L'exploration de ces enjeux est au cœur du projet de recherche **ACTIVE INTERFACES**, qui vise à élaborer des stratégies permettant de surmonter les obstacles à l'intégration de BIPV à grande échelle dans les processus de renouvellement urbain en développant notamment de nouveaux paradigmes en matière de design intégré.

Cet article présente plus particulièrement les résultats d'une évaluation multicritères en termes d'analyse de



1a



cycle de vie (ACV) et de coût (ACC) de différents scénarios de rénovation avec BIPV élaborés pour deux études de cas situées à Neuchâtel. L'objectif est plus particulièrement d'identifier quelles stratégies peuvent permettre d'atteindre les cibles de la société à 2000 watts<sup>3</sup>, en intégrant au processus de conception :

- des stratégies passives, en améliorant l'enveloppe thermique des bâtiments, à l'aide de matériaux et systèmes de construction à bas impact environnemental ;
- des stratégies de BIPV, en utilisant des produits innovants déjà disponibles sur le marché,
- des stratégies actives, en adaptant les installations techniques pour les rendre encore plus compatibles avec l'installation de BIPV.

## APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour atteindre ces objectifs, la méthodologie de recherche<sup>4</sup> se structure en quatre phases distinctes. La phase 1 consiste en une classification du stock résidentiel de Neuchâtel en cinq situations archétypiques, à partir d'une analyse statistique utilisant des critères de classification tels que la période de construction et le contexte urbain<sup>5</sup>.

La phase 2 est une analyse détaillée d'un bâtiment représentatif de chaque archétype, sélectionné pour réaliser une série d'études de cas en situation réelle. Dans cet article, deux bâtiments résidentiels correspondant aux archétypes 1 (immeuble construit en 1908) et

4 (tour construite en 1972) sont présentés. Dans leur état actuel (situation E0), les deux bâtiments présentent un faible niveau de performance énergétique (fig. 1).

La phase 3 consiste en une définition des scénarios de rénovation, présentés de manière synthétique aux figures 1a et 1b. Répondant à diverses situations possibles en milieu urbain, les scénarios sont développés en tenant compte d'objectifs de design et de performance énergétique. Le scénario S0 (base) représente la pratique courante en matière de rénovation, sans intégration de photovoltaïque, et visant la simple mise aux normes<sup>6</sup>. Pour les scénarios S1 à S3, le niveau de performance énergétique visé, la surface de BIPV ainsi que le degré d'intervention augmentent de manière incrémentale. De plus, l'actuelle chaudière à mazout est remplacée par une pompe à chaleur air-eau pour mieux profiter de la production photovoltaïque. S1 (conservation) vise à atteindre les exigences de la norme SIA 380/1 (2016) tout en préservant l'expression architecturale du bâtiment. Pour S2 (rénovation), l'objectif est de parvenir à une performance correspondant globalement aux exigences du label suisse Minergie, en respectant les lignes expressives générales du bâtiment. Enfin, S3 (transformation) se traduit par une intervention plus radicale visant à atteindre les objectifs de la société à 2000 watts tout en garantissant une qualité architecturale en lien avec le contexte.

Enfin, la phase 4 est une évaluation multicritère (énergie, émissions de gaz à effet de serre, confort intérieur et rentabilité économique) des multiples scénarios investigués pour chaque étude de cas, en tenant compte de l'analyse du cycle de vie (ACV) du processus de rénovation.

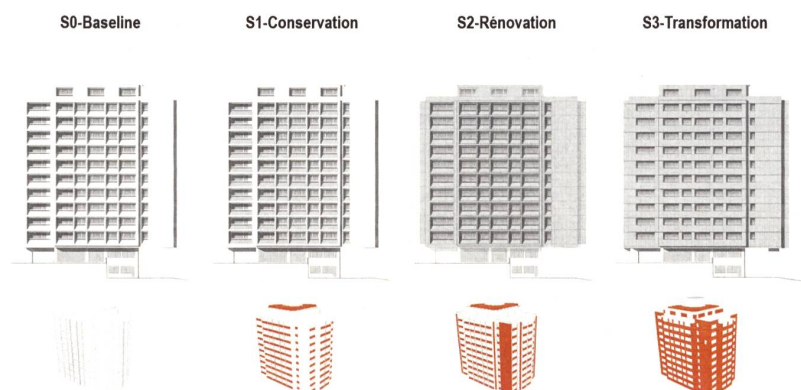
## RELATION ENTRE LES ÉLÉMENTS ACTIFS ET LES BESOINS DU BÂTIMENT

Le bilan énergétique annuel en terme d'énergie finale présenté à la figure 2 est obtenu en considérant l'en-

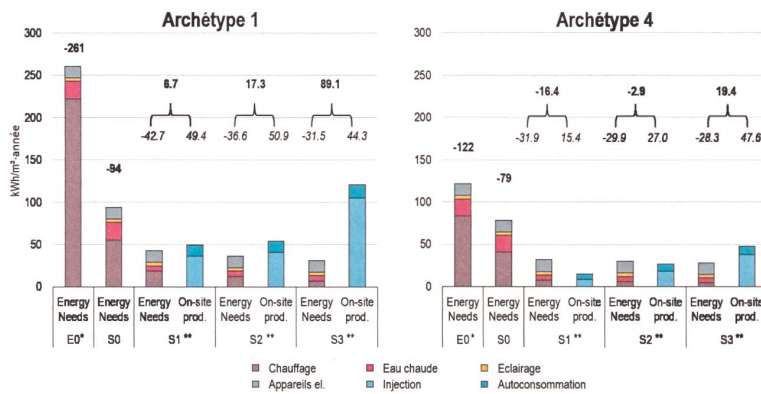
- 1 Le projet ACTIVE INTERFACES est mené dans le cadre du Programme national de recherche « Virage énergétique » (PNR 70) du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS). Le projet est présenté de manière détaillée sur [www.activeinterfcaes.ch](http://www.activeinterfcaes.ch).
- 2 Aguacil S., Lufkin S., Rey E., « Towards integrated design strategies for implementing BIPV systems into urban renewal processes: first case study in Neuchâtel (Switzerland) », SBE 2016, Zurich, juin 2016.
- 3 SIA 2040, La voie SIA vers l'efficacité énergétique, SIA, Zurich.
- 4 Aguacil S., Lufkin S., Rey E., « Architectural design scenarios with building-integrated photovoltaic solutions in renovation processes: Case study in Neuchâtel (Switzerland) », PLEA 2016, Los Angeles, juillet 2016.
- 5 OFS, Données statistiques année 2015, Neuchâtel, OFS, 2015.
- 6 SIA 380/1:2016, Besoin de chaleur pour le chauffage, Zurich, SIA, 2016.



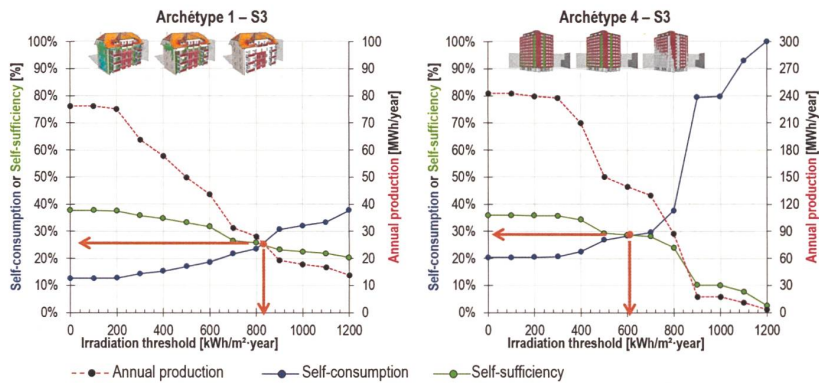
- 1 Photographies de l'état actuel (EO) et élaboration des scénarios de rénovation pour les deux bâtiments.
  - a) Archétype 1, construit en 1909, 4 étages (8 appartements), chauffage à mazout, 788 m<sup>2</sup> (SRE), adresse: rue de Beauregard 1, Neuchâtel.
  - b) Archétype 4, construit en 1972, 11 étages (52 appartements), chauffage à mazout, 5263 m<sup>2</sup> (SRE), adresse: rue des Troncs 14, Neuchâtel.



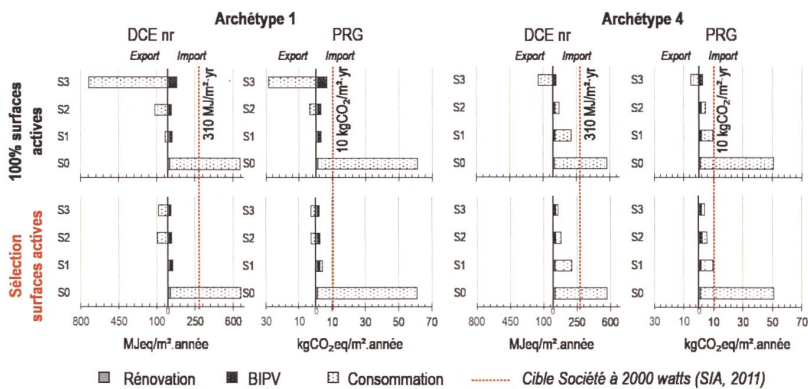
1b



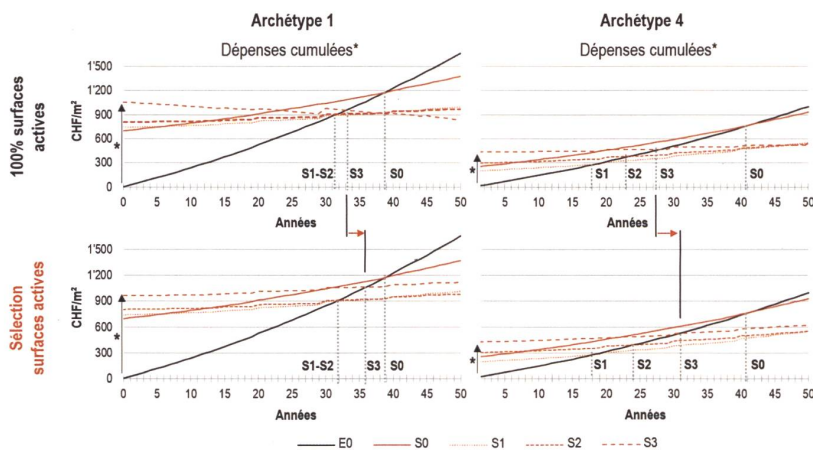
2



3



4



5

- 2 Bilan énergétique en énergie primaire en considérant toutes les surfaces potentiellement actives.
- 3 Résultat du processus de sélection de surfaces actives.
- 4 Résultat de l'analyse de cycle de vie pour les deux archétypes en considérant 100% de surfaces actives (haut) ou une sélection par seuil de celles-ci (bas).
- 5 Dépenses cumulées dues à la consommation d'énergie finale.



semble des surfaces potentiellement actives identifiées pendant la phase de design. Selon l'archétype et le scénario, la production électrique totale annuelle peut dépasser les besoins. Par contre, le taux d'autoconsommation, indicateur du niveau d'utilisation directe de l'installation, reste très faible (en bleu foncé dans la figure 3), ce qui témoigne d'une sous-utilisation de l'installation compte tenu des besoins spécifiques du bâtiment.

Dans la perspective d'affiner le dimensionnement de l'installation photovoltaïque, une méthode de sélection des surfaces actives, basée sur le niveau d'exposition solaire (quantité moyenne d'énergie solaire reçue par m<sup>2</sup> de surface exposée), a été développée. L'approche consiste à filtrer les surfaces qui ont un niveau d'irradiation supérieur à un seuil variant entre 0 et 1200 kWh/m<sup>2</sup> par an, qui correspond au seuil auquel le taux d'autoconsommation et le niveau d'autonomie énergétique sont tous deux élevés. Cela permet d'identifier les surfaces qui seront effectivement actives et celles qui seront recouvertes avec des panneaux de façade non actifs (mais présentant la même apparence).

Le résultat de ce processus pour S3, illustré par la figure 3, montre que la zone d'équilibre dépend de plusieurs paramètres : type de bâtiment, taille (nombre de logements), géométrie, orientation et contexte environnant. Pour certains bâtiments comme l'archétype 4, le seuil d'irradiation identifié est suffisamment bas pour activer une part importante des façades. Par contre, pour l'archétype 1, les surfaces les mieux exposées de l'enveloppe sont privilégiées, notamment la façade sud-est et le pan de toiture incliné vers le sud-est.

## ANALYSE DE CYCLE DE VIE

Les résultats de l'écobilan, exposés à la figure 4, incluent l'énergie grise et les émissions de gaz à effet de serre des matériaux (construction et composants PV), la consommation d'énergie et la production d'électricité sur place. Pour chaque archétype, l'énergie primaire non renouvelable (demande cumulée en énergie, DCE nr) et les émissions de CO<sub>2</sub> (potentiel de réchauffement global, PRG) sont représentées, en considérant d'une part le 100 % de surfaces actives et d'autre part la sélection effectuée à l'aide du seuil d'irradiation identifié précédemment.

S0 se situe largement au-dessus des limites requises par la société à 2000 watts, indiquant qu'une rénovation de ce type ne permet pas à elle seule d'atteindre les objectifs fixés pour 2050. Dans le cas où toutes les surfaces sont prises en compte, le scénario S1 arrive à atteindre les objectifs, tandis que S2 s'approche d'une situation d'équilibre entre consommation et production. Pour S3, la production photovoltaïque totale est largement supérieure aux besoins (bâtiments à énergie positive). Tous les scénarios avec BIPV respectent les objectifs de la société à 2000 watts.

Si l'on compare ces résultats avec l'option où la surface active est optimisée, il reste possible de parvenir à ces objectifs tout en étant plus ciblé à l'échelle du bâtiment en présentant un bilan presque neutre en car-

bone. Par ailleurs, la sélection des surfaces actives réduit l'énergie grise de l'installation BIPV en permettant simultanément de mieux assortir la production avec les besoins spécifiques du bâtiment et de minimiser le surplus d'énergie à injecter dans le réseau.

## ATOUTS ÉCONOMIQUES DES STRATÉGIES ACTIVES

Au niveau économique, notre étude démontre que les scénarios de rénovation avec BIPV sont tendanciellement plus rentables qu'une rénovation sans éléments actifs (S0). Selon les graphiques de la figure 5, qui illustrent pour chaque scénario la dépense cumulée due à la consommation d'énergie, la durée de récupération de l'investissement est plus courte pour S1, S2 et S3 que pour S0.

A la lumière de ces résultats, il devient évident que les projets de rénovation sans intégration de systèmes photovoltaïques ne représentent plus une option viable pour atteindre les objectifs à long terme de la stratégie énergétique 2050. Compenser la consommation énergétique des bâtiments par une production locale d'électricité est aujourd'hui devenu un enjeu prioritaire dans les processus de renouvellement urbain.

Dans ce contexte, les systèmes BIPV représentent une solution prometteuse face aux défis du virage énergétique en Suisse, non seulement dans la perspective d'une diminution de la consommation d'énergie primaire et des émissions de gaz à effet de serre, mais également en tant que moteur économique pour encourager les projets de rénovation.

Comme les études de cas présentées dans cet article le soulignent, ce potentiel intègre également les questions de qualité architecturale grâce aux possibilités inédites offertes par la nouvelle génération de panneaux solaires aujourd'hui disponibles sur le marché, qui invitent à concevoir des applications innovantes du photovoltaïque dans le bâtiment tout en répondant aux multiples contraintes posées par la rénovation. Les systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments présentent désormais tous les atouts pour devenir un véritable matériau de construction à part entière. Ils sont à considérer non plus comme une contrainte, mais bien comme une ressource stimulante pour la créativité des architectes.