



9^e ÉDITION DU FORUM ECOPARC

**Potentiel solaire des territoires urbains:
vers de nouveaux paradigmes ?**

TRACÉS dossier | 11.2017

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | 2 |
| Potentiel solaire des territoires urbains : vers de nouveaux paradigmes ? | 3 |
| Emmanuel Rey | |
| Stratégies de rénovation active pour le parc bâti suisse | 6 |
| Sergi Aguacil, Sophie Lufkin et Emmanuel Rey | |
| Du photovoltaïque sur mesure | 10 |
| Laure-Emmanuelle Perret-Aebi | |
| Analyse du potentiel solaire des toitures du Grand Paris | 12 |
| Félix Pouchain et Raphaël Ménard | |
| Le rôle des villes dans la transition énergétique | 15 |
| Olivier Arni et Christian Trachsel | |
| Réhabilitation de la Halle Pajol à Paris | 18 |
| Raphaëlle-Laure Perraudin | |
| Concevoir des façades actives bas carbone | 20 |
| Angela Clua Longas, Sophie Lufkin et Emmanuel Rey | |
| Impressum | 24 |

Forum Ecoparc 2017
«Potentiel solaire des territoires urbains : vers de nouveaux paradigmes ?»
8 septembre 2017,
Auditorium Microcity, Neuchâtel

Organisation

Association Ecoparc, Neuchâtel, en partenariat avec le projet de recherche ACTIVE INTERFACES.
 Comité d'organisation : Prof. Emmanuel Rey, directeur du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL, associé de Bauart Architectes et Urbanistes SA, président du Comité; D^r Sophie Lufkin, Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL; D^r Laure-Emmanuelle Perret-Aebi, cheffe de secteur au sein du CSEM PV Center à Neuchâtel; Christian Trachsel, délégué à l'énergie de la Ville de Neuchâtel; Daniel Oswald, directeur de l'association Ecoparc; Kimberley Mees, chargée de projet de l'association Ecoparc.

Partenaires du forum

Partenaires officiels de l'association Ecoparc: Bauart Architectes et Urbanistes SA, Banque cantonale neuchâteloise, jura cement, Juracime SA, Planair SA, Schwab System, Viteos SA.

Soutien: Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS), Programme national de recherche Virage énergétique (PNR 70), Sophie und Karl Binding Stiftung, Loterie romande, Groupement des architectes neuchâtelois (gAn), Ville de Neuchâtel, Cleantech Alps, Journée de l'architecture et de l'urbanisme – Neuchâtel (JAU-NE).

Partenaire académique: Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL.

Partenaire média: Revue TRACÉS.

Conférenciers

Prof. Suren Erkman, professeur, Université de Lausanne | Co-président, Association Ecoparc, Neuchâtel
 D^r Tony Kaiser, E-Consulting, Bülach | Comité de direction du PNR 70, Zurich
 Prof. Emmanuel Rey, directeur, Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST), EPFL, Lausanne | Associé, Bauart Architectes et Urbanistes SA, Berne / Neuchâtel / Zurich
 Prof. Christophe Ballif, directeur, PV-Lab, EPFL, Neuchâtel
 D^r Laure-Emmanuelle Perret Aebi, cheffe de secteur, CSEM PV Center, Neuchâtel
 D^r Hans Curtius, Institut für Wirtschaft und Ökologie, Université de St-Gall
 Félix Pouchain, chef de projet, Elioth, Paris
 Olivier Arni, conseiller communal, Direction de l'Urbanisme, Economie et Environnement, Neuchâtel
 Christian Trachsel, délégué à l'énergie, Ville de Neuchâtel
 Sergi Aguacil, assistant-doctorant, Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST), EPFL, Lausanne
 Karl Viriden, architecte et fondateur, Viriden & Partner, Zurich
 Boris Lucchessa, ISSOL, Liège et Neuchâtel
 Raphaëlle-Laure Perraudin, directrice et architecte, Jourda Architectes, Paris

Les présentations sont téléchargeables depuis le site Internet de l'association Ecoparc: www.ecoparc.ch/nos-evenements/nos-forums/forum17

L'association Ecoparc tient à remercier les conférenciers du Forum pour la rédaction des textes, ainsi que la revue TRACÉS pour la production et la diffusion de la présente publication.

Image de couverture

Halle Pajol, Paris (© Jourda Architectes Paris)

Avant-propos

Au cours de sa longue histoire, l'humanité a inventé de nombreux systèmes économiques, souvent très sophistiqués. Mais le système industriel, depuis son émergence au début du 19^e siècle, se caractérise par une particularité notable: une exigence énergétique inédite. Les villes, en particulier, ont connu un bouleversement radical par rapport aux structures urbaines traditionnelles, avec un développement phénoménal, impensable sans des agents énergétiques bon marché et facilement disponibles en grandes quantités.

Une autre caractéristique du système industriel réside dans sa nature dynamique, sa capacité à innover et se transformer constamment. C'est le cas en particulier de son approvisionnement en énergie, avec la succession de différents régimes énergétiques en moins de deux siècles: le déclin relatif des énergies traditionnelles (traction animale, vent, hydraulique, bois, charbon de bois) résultant de la montée en puissance progressive des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz), puis l'émergence des énergies « modernes » (nucléaire, nouvelles énergies renouvelables). Ces régimes énergétiques ne se substituent du reste pas entièrement les unes aux autres, mais se superposent en partie.

L'énergie solaire, en particulier photovoltaïque, connaît depuis quelques années un développement spectaculaire (bien que parfois turbulent du fait du contexte économique), aussi bien en termes de diffusion massive que de perfectionnements techniques, au point qu'il est possible de parler de changement de paradigme.

C'est dans ce contexte dynamique que l'Association Ecoparc s'est associée au projet de recherche « Active Interfaces » (mené dans le cadre du Programme national de recherche 70 « Virage énergétique » du Fonds national suisse de la recherche scientifique) pour l'édition 2017 de son Forum biennal. Les participants, venant d'horizons variés – chercheurs, praticiens, investisseurs privés ou responsables de collectivités publiques – ont ainsi pu prendre connaissance des enjeux, solutions et expériences liés à cette évolution en profondeur du fonctionnement énergétique des territoires urbains, comme en témoigne la présente publication qui constitue les Actes du Forum Ecoparc 2017.

En vous souhaitant une lecture ensoleillée,

Anne-Marie Van Rampaey et Suren Erkman
 Co-présidents de l'association Ecoparc

Concevoir des façades actives bas carbone

Angela Clua Longas, assistante-doctorante au sein du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL

<angela.clualongas@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>

En Suisse comme dans la plupart des pays européens, les normes de performance énergétique visant à limiter l'empreinte carbone des bâtiments deviennent de plus en plus exigeantes. Impliquant une combinaison de stratégies actives et passives, cette évolution récente tend à bouleverser la conception traditionnelle des façades. Celle-ci s'inscrit aujourd'hui dans une dynamique d'exigences accrues en matière de qualité thermique et de minimisation d'énergie grise. Elle peut en outre offrir une réponse originale aux dernières normes imposant la génération d'énergie solaire, grâce aux systèmes photovoltaïques intégrés à l'enveloppe des bâtiments (BIPV).

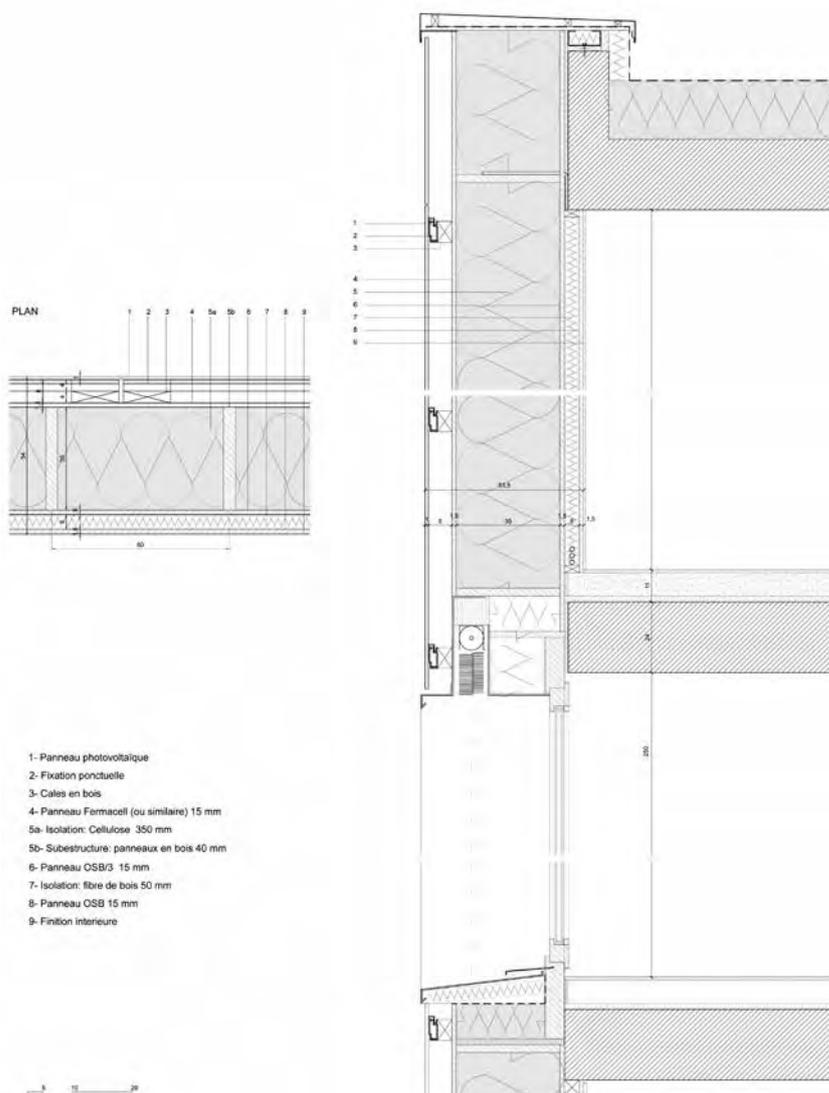
DÉVELOPPEMENT D'UN NOUVEAU CONCEPT DE FAÇADE

Elaboré dans le cadre du projet de recherche interdisciplinaire PV 2050¹, le concept Advanced Active Façades (AAF) vise à prendre en compte de manière optimale des exigences particulièrement élevées en matière de consommation et de production d'énergie tout en intégrant les enjeux expressifs du BIPV dès les premières phases du projet architectural. L'approche se base sur la combinaison de stratégies passives et actives pour parvenir à une solution constructive intégrée, flexible et performante².

Il en résulte un nouveau système constructif AAF pour la conception et la construction de façades, basé sur les principes de construction bas carbone et intégrant des modules photovoltaïques innovants (BIPV). Ce système se matérialise par une ossature autoportante préfabriquée en bois, sur laquelle se fixe un revêtement intérieur, une isolation thermique et des panneaux actifs à l'extérieur (fig. 1).

Les stratégies passives consistent à mettre en œuvre les principes de la construction bas carbone tels que la ventilation naturelle, l'utilisation de matériaux naturels

(bois et cellulose), la réduction de la quantité de matériaux au strict minimum, le recours à la préfabrication et le recyclage anticipé du système. Il en résulte un système démontable de construction légère, qui intègre un nombre restreint d'éléments métalliques. Les stratégies actives, quant à elles, visent à intégrer des modules BIPV en tenant compte de leurs contraintes spécifiques : ventilation à l'arrière des panneaux, étude de l'orientation de la façade, définition d'objectifs de production énergétique et compatibilité avec les différentes tailles de modules présents sur le marché.



1 Le projet PV 2050 est mené dans le cadre du Programme national de recherche « Virage énergétique » (PNR 70) du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS).

2 Clua Longas A., Lufkin S., Rey E., « Towards a new prospective basis for the design strategies of active façades ». PLEA 2016, Los Angeles, juillet 2016.

3 Clua Longas A., Lufkin S., Rey E., « Towards advanced active façades. Analysis of the façade requirements and development of a new construction system ». PLEA 2017, Edinburgh, juillet 2017.



- 1 **Système constructif AAF.**
Détail du système constructif AAF.
- 2 **Bâtiment de logement dans le contexte suisse, construit avec le système constructif AAF.**
- 3-5 **Prototype AAF.**
- 6 **Comparaison de la production d'énergie des différentes technologies BIPV présentées sur le prototype AAF.**
- 7 **Ecobilan comparatif.**

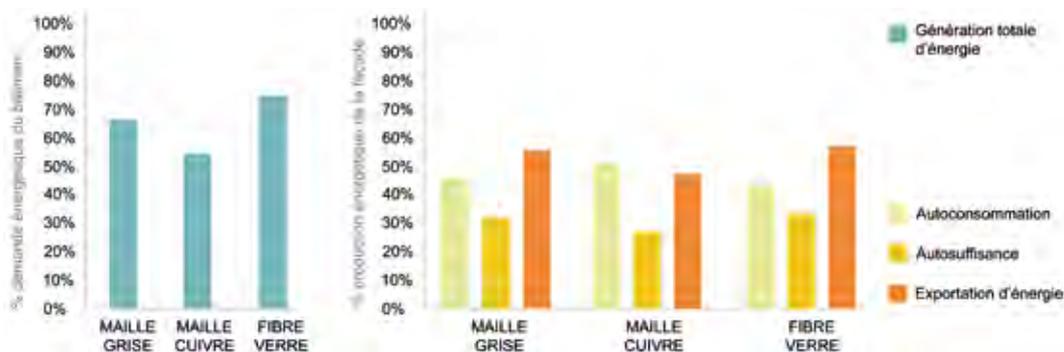
Plusieurs scénarios de projet ont ensuite été élaborés afin de tester le potentiel d'intégration architecturale du système constructif AAF au processus de conception d'immeubles résidentiels dans le contexte helvétique. Ces différents scénarios permettent de simuler la performance énergétique du concept AAF³. A titre d'exemple, dans le cas du bâtiment illustré sur la figure 2, la façade génère 66 MWh par année et réduit la consommation énergétique du bâtiment à 113 MWh, ce qui représente une économie totale d'énergie de 39 % par rapport à la pratique courante pour les constructions de bâtiments résidentiels en Suisse.

PROTOTYPE DU SYSTÈME CONSTRUCTIF

Afin d'évaluer la performance énergétique et constructive du système AAF, de même que ses qualités visuelles et expressives, un prototype à l'échelle réelle a été construit en collaboration avec le laboratoire CSEM à Neuchâtel et l'entreprise H. Glass. Il s'agit d'un démonstrateur du système constructif AAF mettant en œuvre les plus récents panneaux photovoltaïques (PV) développés et fabriqués par le CSEM (fig. 3). L'objectif principal est de présenter une façade

BIPV dans sa totalité, sans se limiter aux seuls modules photovoltaïques, afin d'illustrer explicitement les enjeux liés à l'intégration architecturale. L'exposition de ce prototype à l'occasion du Forum Ecoparc 2017 a permis de soumettre à l'appréciation d'un large public, composé notamment de maîtres d'ouvrage, d'architectes, de spécialistes et de chercheurs, différentes expressions possibles pour une telle façade active. Plusieurs jeux de composition à partir des nouvelles technologies photovoltaïques ont pu ainsi être présentés.

Le prototype met en œuvre deux types de panneaux : opaques pour les parties aveugles de la façade et translucides pour le garde-corps. Les panneaux opaques intègrent différents filtres qui offrent la possibilité de varier les textures, couleurs et reflets selon la lumière et le contexte environnant de la façade (fibre de verre, grille métallique argentée et maille métallique cuivrée). Une fois le prototype construit, l'impact environnemental du système constructif AAF a été évalué en comparaison avec deux autres pratiques constructives courantes dans le contexte suisse (façade en bois correspondant aux exigences du label Minergie et façade



6



7

commune en briques correspondant aux exigences de la norme SIA 380/1). Le calcul de l'écobilan de ces trois systèmes constructifs souligne sans équivoque les avantages du nouveau système AAF en termes d'impact environnemental (fig. 6).

Les trois filtres ont été testés et leur performance respective a pu être évaluée. Avec un filtre en fibre de verre, le panneau génère jusqu'à 155 W/m². Avec un filtre en grille métallique argentée, la production d'énergie passe à 120 W/m². Enfin, l'intégration d'une maille métallique cuivrée, dont le maillage est plus serré que la grille précédente, réduit légèrement la performance du panneau (110 W/m²)⁴. La performance énergétique des différents panneaux a également été évaluée à l'aide de simulations avec Design Builder. Les résultats de génération totale d'énergie, d'autoconsommation, d'autosuffisance et d'exportation d'énergie sont synthétisés dans la figure 5.

VERS UNE INTÉGRATION QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DU BIPV

Les résultats intermédiaires de cette recherche en cours mettent en évidence la possibilité d'explorer

diverses possibilités d'intégration du photovoltaïque en façade, tout en respectant diverses approches projetuelles et en visant une véritable qualité architecturale. Parallèlement, comme le souligne l'analyse de l'impact environnemental de la façade considérée dans son ensemble, les avantages de l'utilisation du système constructif AAF sont évidents par rapport à une façade conventionnelle.

Dans ce sens, les nombreux retours favorables et stimulants obtenus à l'occasion du Forum Ecoparc 2017 permettent d'envisager la poursuite de cette recherche avec une perspective d'impact sur les pratiques actuelles. Les résultats devraient en effet être à même d'encourager de manière significative l'intégration du BIPV dans la conception et la construction des futures façades actives bas carbone.

- Clua Longas A., Lufkin S., Rey E., « Towards advanced active façades. Analysis of the façade requirements and development of a new construction system ». PLEA 2017, Edinburgh, juillet 2017.
- Clua Longas A., Lufkin S., Rey E., « Introducing the Advanced Active Façade: Towards Near-Zero Energy Buildings, incorporating BIPV expressive issues ». PVSEC 2017, Amsterdam, septembre 2017.

ASSOCIATION ECOPARC

L'association Ecoparc se profile depuis plus de quinze ans comme une vitrine et un laboratoire du développement durable dans l'environnement construit. Elle se situe au cœur d'un réseau dense et professionnel, composé d'acteurs des milieux public, privé, académique et associatif. Elle propose un regard pertinent et proactif, en concevant différents événements et outils de communication qui favorisent les réflexions et les échanges entre particuliers et organisations. Elle se situe au carrefour d'une information fiable et de qualité, notamment par le biais d'une newsletter électronique, recensant l'actualité de l'environnement construit durable, d'expositions, de conférences, de débats, de plateformes et de forums.

L'association Ecoparc se positionne également en tant que pépinière de projets novateurs et génératrice de réseaux d'acteurs de l'environnement construit. Emblématique de cette démarche, la plateforme de l'urbanisme durable «urbaine.ch» promeut ainsi le dialogue entre experts et grand public en mettant en valeur des projets d'urbanisme ayant des composantes de durabilité. Neutre, apolitique et sans but lucratif, l'association est un interlocuteur privilégié pour conduire des plateformes collaboratives, à l'instar du programme Energie du Réseau des Villes de l'arc jurassien, de la plateforme neuchâteloise de l'urbanisme durable urbaine.ch, du réseau de management durable remad.ch, ou encore la plateforme Mobilité durable des entreprises neuchâteloises.

Informations détaillées sur www.ecoparc.ch

Quelques références :

- www.urbaine.ch
- www.holistic-ne.ch
- www.remad.ch



Partenaires officiels de l'association Ecoparc



ACTIVE INTERFACES

Piloté par le Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et regroupant une dizaine de groupes de recherche, le projet de recherche interdisciplinaire ACTIVE INTERFACES est réalisé dans le cadre du Programme national de recherche «Virage énergétique» (PNR 70) du Fonds national suisse (FNS). Portant sur les stratégies opérationnelles permettant une intégration quantitative et qualitative du BIPV (photovoltaïque intégré au bâtiment) aux processus de renouvellement urbain, il a pour ambition d'apporter une contribution significative à la «Stratégie énergétique 2050». Au travers d'une approche holistique, de la production industrielle jusqu'à la mise en œuvre locale, le projet vise à dépasser les obstacles actuels liés à l'intégration du BIPV et à proposer des actions novatrices et ciblées pour la rénovation active des bâtiments existants.

Informations détaillées sur www.activeinterfaces.ch

Partenaires du projet de recherche interdisciplinaire ACTIVE INTERFACES :

- LAST, EPFL, Lausanne | last.epfl.ch
- PV-LAB, EPFL, Neuchâtel | pvlab.epfl.ch
- LIPID, EPFL, Lausanne | lipid.epfl.ch
- CSEM, Neuchâtel | www.csem.ch
- ISAAAC, SUPSI, Canobbio | www.supsi.ch/isaac
- CC EASE, HSLU, Lucerne | www.hslu.ch
- IBI, ETHZ, Zurich | www.ibi.ethz.ch
- IWÖ, FHSG, Saint-Gall | iwoe.unisg.ch
- IEnergy, EIAFR, Fribourg | energy.heia-fr.ch
- econcept AG, Zurich | www.econcept.ch

//// active
interfaces

Financement du projet de recherche ACTIVE INTERFACES



FONDS NATIONAL SUISSE
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Virage énergétique
Programme national de recherche

IMPRESSUM

Cahier spécial de *TRACÉS* –
Bulletin technique de la Suisse romande
Supplément à *TRACÉS* n° 23-24 | 08.12.2017

Production et diffusion

TRACÉS – Bulletin technique
de la Suisse romande
Rue de Bassenges 4, 1024 Ecublens
Tél. 021 693 20 98
www.espazium.ch/traces

Editeur

espazium – Les éditions pour la culture
du bâti
Zweierstrasse 100, 8003 Zurich
Tél. 044 380 21 55, fax 044 380 21 55
verlag@espazium.ch

Katharina Schober, directrice des éditions
katharina.schober@espazium.ch
Hedi Knöpfel, assistante
hedi.knoepfel@espazium.ch
Martin Heller, président

Impression

Stämpfli SA, Berne

Abonnements

Stämpfli SA, Berne
Tél. 031 300 62 53
abonnemente@staempfli.com

La reproduction totale ou partielle
des images et du texte est autorisée unique-
ment avec la permission écrite de l'éditeur.



//// active
interfaces

