

# L'INTÉGRATION ARCHITECTURALE DU SOLAIRE

UNE ARCHITECTURE  
EXCLUSIVE QUI PRODUIT  
DE L'ÉNERGIE



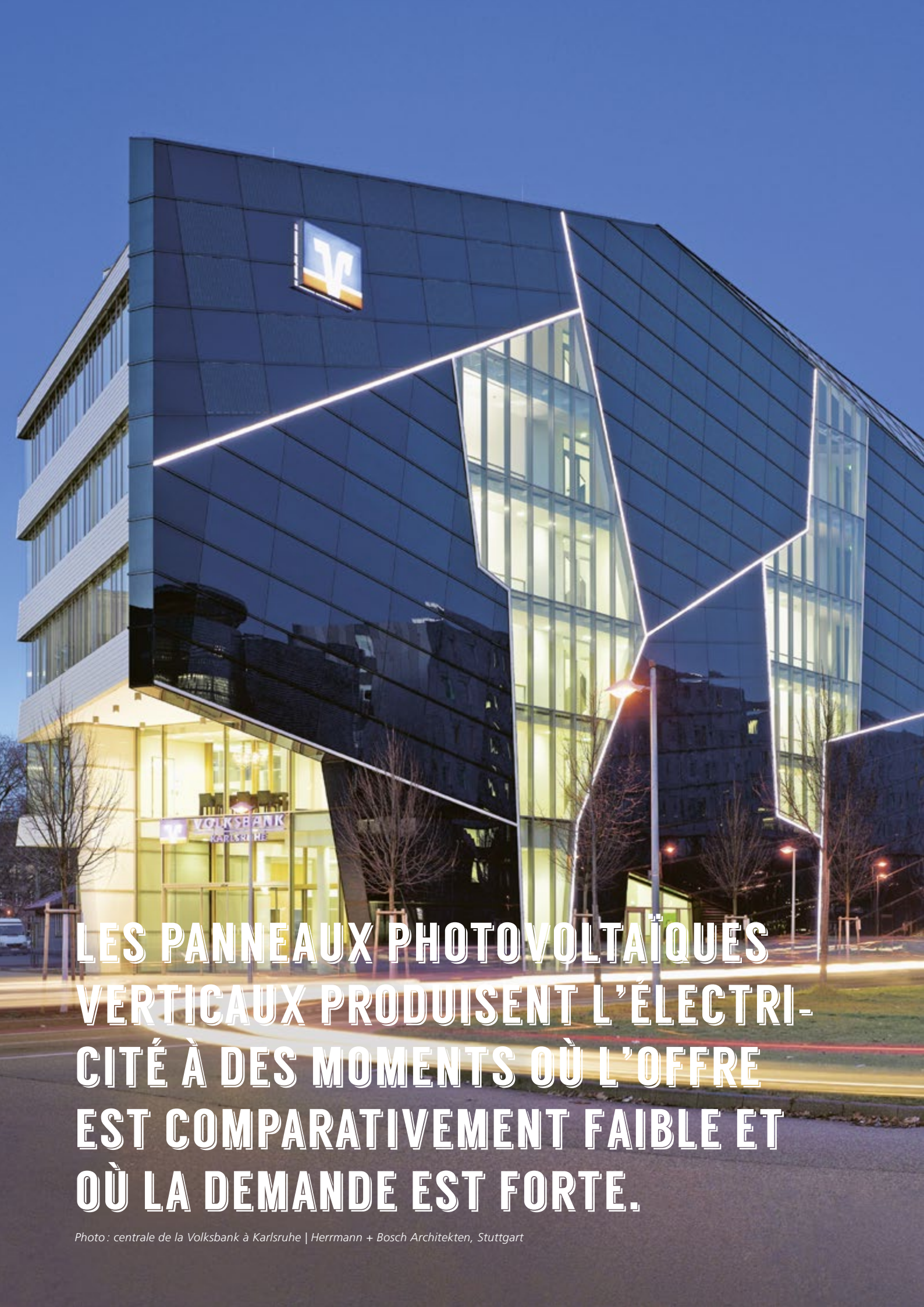
**suisse énergie**

Notre engagement : notre futur.

**MINERGIE®**

Meilleure qualité de vie, faible consommation d'énergie  
Mehr Lebensqualität, tiefer Energieverbrauch





LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES  
VERTICAUX PRODUISENT L'ÉLECTRI-  
CITÉ À DES MOMENTS OÙ L'OFFRE  
EST COMPARATIVEMENT FAIBLE ET  
OÙ LA DEMANDE EST FORTE.

Photo : centrale de la Volksbank à Karlsruhe | Herrmann + Bosch Architekten, Stuttgart

## UNE CONSTRUCTION AUX FORMES ABOUTIES ET UNE EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ÉLEVÉE

En plus de leur rôle d'aménagement visuel de l'espace construit, les architectes doivent aujourd'hui concilier leurs moyens d'expression créative avec une efficacité énergétique maximale. L'intégration du photovoltaïque (PV) dans les éléments de construction verticaux et horizontaux a bénéficié d'une optimisation esthétique et fonctionnelle, ce qui permet de maximiser le rendement du solaire photovoltaïque tant en été qu'en hiver.

Les installations solaires disposent incontestablement d'un énorme potentiel pour produire de l'énergie renouvelable. Afin de l'exploiter, les nouveaux bâtiments – et à l'avenir également les plus anciens – doivent être équipés d'installations photovoltaïques et utiliser au maximum toutes les surfaces disponibles.

### Plus d'électricité au bon moment

Les installations photovoltaïques en toiture sont généralement orientées vers le sud. Les systèmes verticaux placés en façade exploitent en revanche également le rayonnement est-ouest, ce qui reporte la production vers les heures du matin ou de l'après-midi et amortit les pointes du milieu de la journée.

### Un rendement optimal tout au long de l'année

En hiver, le soleil est nettement plus bas qu'en été de sorte que le positionnement à la verticale des cellules solaires augmente la production électrique pendant la saison froide. Cette solution permet ainsi d'améliorer le rendement en hiver et de garantir une production électrique plus constante tout au long de l'année.

Cet avantage est dans l'intérêt des sociétés de réseau et de distribution. Dans les bâtiments administratifs, commerciaux et industriels, où les besoins en énergie sont très élevés, produire soi-même son électricité peut être source d'économies substantielles.



# DEPUIS LE XIX<sup>E</sup> SIÈCLE, LES FAÇADES EN VERRE FONT PARTIE INTÉGRANTE DE L'ARCHITECTURE.

Photo : Crystal Palace, Londres, projet de Joseph Paxton | © Keystone



## LA MAGIE DU VERRE : FIGURE DE STYLE ARCHITECTURALE

---

Le verre est considéré comme l'un des plus anciens matériaux créés artificiellement par l'homme. Des découvertes archéologiques indiquent qu'il a été utilisé dès le VII<sup>e</sup> millénaire avant J.-C. pour le glaçage de la céramique. Dès lors que le progrès technique a finalement permis de produire des plaques de verre transparentes, ce matériau hors du commun a commencé à conquérir l'univers du bâtiment.

Un nouveau genre de bâtiment voit le jour au début du XIX<sup>e</sup> siècle, en particulier en Angleterre : son enveloppe est faite d'acier et de verre. Construit pour l'exposition universelle de 1851 à Londres, le Crystal Palace en est un exemple majeur.

### **Le verre et l'architecture contemporaine**

La taille surdimensionnée (600 mètres de long, 133 mètres de large et 36 mètres de haut) de cet ouvrage alors futuriste impressionne aujourd'hui encore. Son ouverture et ses structures claires ont inspiré de nombreuses constructions modernes aux façades de verre dont l'architecture contemporaine ne saurait se passer.

Les nombreuses caractéristiques du verre, sa légèreté visuelle ou encore la magie des jeux de lumière engendrés par le reflet du soleil, les nuages et l'environnement, inspirent spectateurs et concepteurs. Certains gratte-ciels et autres constructions prestigieuses, tout comme certains complexes immobiliers ou villas mondaines en sont les preuves ostentatoires.

### **L'émergence d'une nouvelle ère**

Actuellement, les parois vitrées deviennent des façades photovoltaïques laissant libre cours à une vaste palette de possibilités. Cette évolution apporte un large panel créatif et permettra, à l'avenir, d'utiliser sans compromis l'enveloppe du bâtiment comme producteur efficace d'énergie sans aucune restriction esthétique.





## DES POSSIBILITÉS VARIÉES POUR DES FORMES D'EXPRESSION INDIVIDUELLE

---

Des architectes de renommée internationale, tels que Norman Foster, Zaha Hadid ou le bureau norvégien Snøhetta, ne sont pas les seuls à employer des éléments photovoltaïques comme figures de style esthétiques. En Suisse aussi, certains concepteurs innovants élaborent de nouvelles idées afin de construire le bâtiment solaire de demain.



*Le nouvel opéra d'Oslo (inauguré en avril 2008) représente la plus grande installation photovoltaïque intégrée à un bâtiment en Europe du Nord; elle a été réalisée par le bureau d'architecture Snøhetta. Les cellules solaires translucides sont intégrées de telle façon à la façade qu'elles n'altèrent pas la vue malgré un ombrage partiel.*

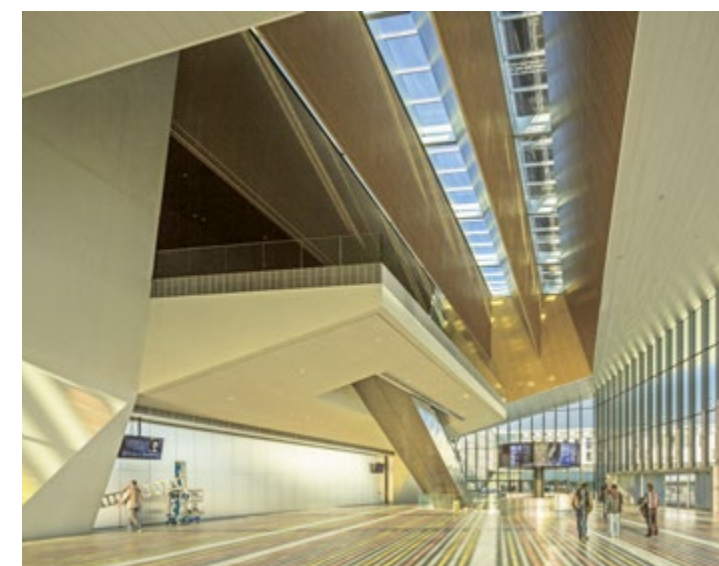
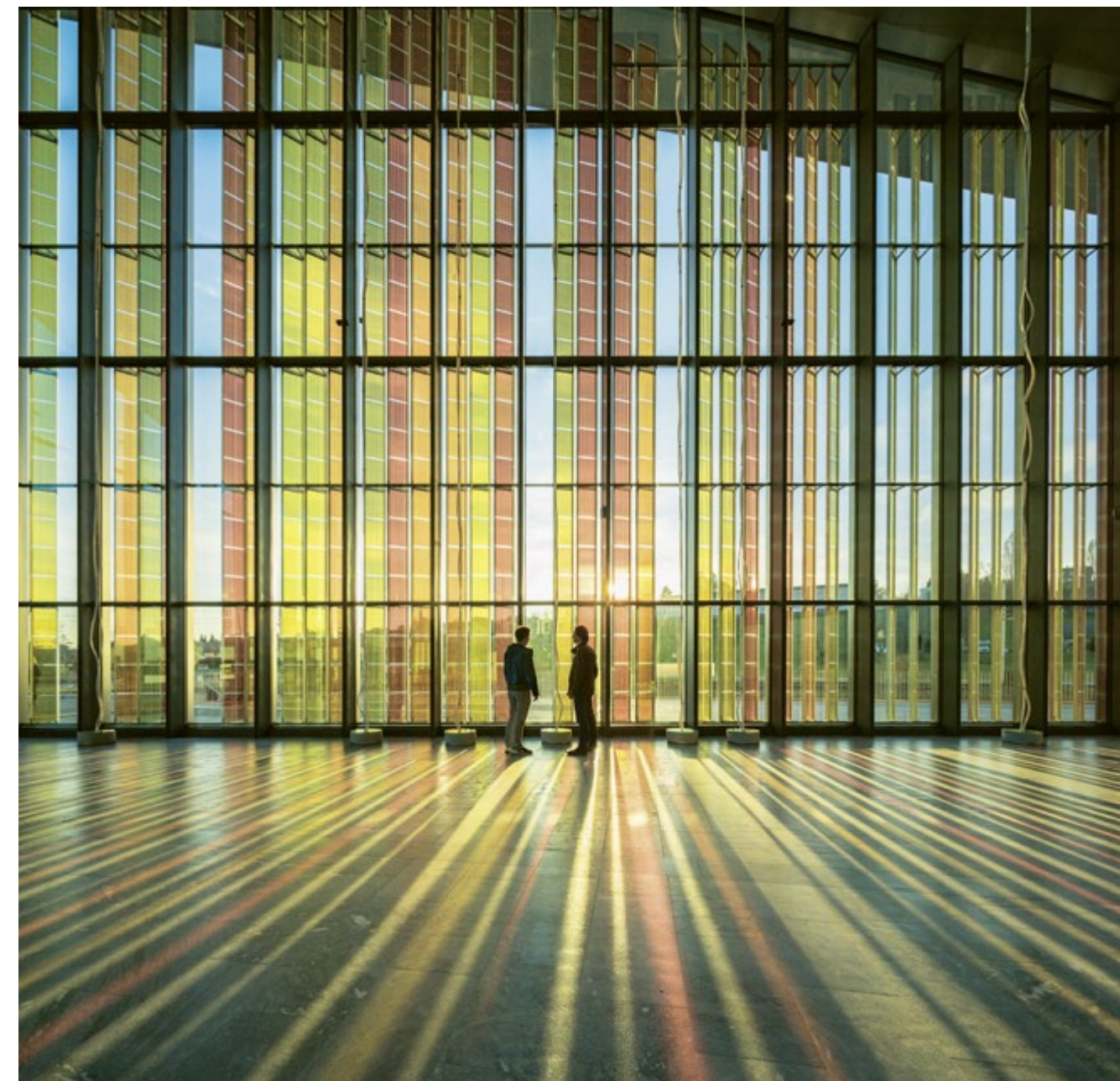
*Photos: Norwegian National Opera and Ballet  
Page 6 © Snøhetta | En haut © Keystone | À gauche © Jiri Havran*





## LUMIÈRE ET COULEUR GRÂCE AUX PANNEAUX PV HIGH-TECH

Les grandes cellules photovoltaïques translucides intégrées à la façade en verre permettent d'accentuer certains éléments de l'architecture futuriste et offrent une harmonie lumineuse aux couleurs sobres à l'intérieur du nouveau centre de congrès de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).



*Le nouveau bâtiment en forme de crystal de l'EPFL utilise pour la première fois des cellules Grätzel de grande taille. L'installation apporte de nouvelles connaissances sur cette technologie. Les cellules Grätzel produisent un rendement relativement faible mais augmentent la protection du bâtiment contre la chaleur.*

*Photos : Swiss Convention Center, Écublens  
© Richter · Dahl Rocha & Associés architectes SA,  
Lausanne*





## DU PV EN FAÇADE POUR DES BÂTIMENTS À ÉNERGIE POSITIVE

Les façades solaires permettent également aux immeubles plus anciens d'acquiescer le statut de bâtiment à énergie positive. Par exemple, depuis sa rénovation, le siège de l'entreprise Flumroc SA couvre non seulement les besoins de son administration en énergie propre mais aussi ceux de sa cantine ouverte au public. Ce magnifique bâtiment de Romanshorn a été réaménagé et abrite des bureaux et des logements. Il atteint en moyenne un taux d'approvisionnement en énergie propre de 107 %.



Photo page 10 : bâtiment administratif de Flums | © Flumroc AG, Flums

Le bâtiment administratif rénové par le bureau d'architectes Viridén + Partner à Flums a été certifié selon les standards Minergie-A et Minergie-P. Des modules à couche mince offrent à cette façade photovoltaïque un aspect parfaitement lisse sans laisser apparaître la structure des cellules solaires.

Le bâtiment à énergie positive de Romanshorn, récompensé en 2013 par le prix Norman Foster Solar Award, intègre idéalement des modules photovoltaïques monocristallins et illustre parfaitement l'effet valorisant des façades solaires soigneusement aménagées sur l'image d'une ville et d'une rue.

Photo en haut : après la rénovation  
Photo à droite : avant la rénovation  
Alleestrasse 44, Romanshorn | © Viridén + Partner AG, architectes, Zurich





# AVEC LEURS CONCEPTS ESTHÉTIQUES ET ÉCOLOGIQUES, LES ARCHITECTES INFLUENCENT SENSIBLEMENT LA QUALITÉ DE VIE ET L'ÉVOLUTION DE LA SOCIÉTÉ.

Photo : bâtiment administratif et ateliers de Dinslaken | Bob Gysin + Partner BGP Architekten ETH SIA BSA, Zurich



## PROFITER DE TOUS LES POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ SOLAIRE

Au cours des cinq dernières années, le prix des panneaux photovoltaïques a diminué de moitié et les fournisseurs proposent aujourd'hui une très grande variété de produits. Raison de plus pour ne pas se permettre le luxe de renoncer à l'intégration du photovoltaïque dans le bâtiment et laisser en friche ses énormes potentiels de production d'énergie écologique.

Par le passé l'utilisation du photovoltaïque dans les façades s'opposait souvent aux réflexions esthétiques.

### Bon marché et varié

Les progrès effectués par la production d'éléments photovoltaïques ont considérablement amélioré l'efficacité et la rentabilité de ces derniers, mais pas seulement. Ils ouvrent aujourd'hui aux créateurs de façades en verre de toutes nouvelles possibilités pour ce qui est des formes, des couleurs, de la lumière et de la structure des éléments de bâtiments verticaux. Ainsi, créer une architecture solaire innovante et esthétique ne s'oppose plus à aucun obstacle économique, formel ni technique.

### Les modules photovoltaïques : des éléments architecturaux

L'industrie propose des versions extrêmement variées de verre photovoltaïque performant :

- Modules individualisés avec film EVA ou PVG sur verre de sécurité feuilleté
- Grands panneaux jusqu'à 2,44 x 5,10 mètres de formes et de types différents
- Verre isolant en différents formats et différentes épaisseurs
- Vitrages translucides et verre fin bombé
- Cellules perforées et colorées
- LED intégrées ou systèmes SSG
- Options de décor par sérigraphie, films intermédiaires de couleur et sélection individuelle des types de cellules et de la distance entre elles
- Différents systèmes de fixation ou points de montage invisibles
- Installation photovoltaïque directement couplée à un capteur thermique



# LE PHOTOVOLTAÏQUE : PARTIE INTÉGRANTE DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT



Photo : Swiss Convention Center, Écublens © Richter · Dahl Rocha & Associés architectes SA, Lausanne

L'intégration du photovoltaïque dans l'enveloppe du bâtiment s'est jusqu'ici largement limitée aux questions énergétiques. Les aspects esthétiques, structurels et fonctionnels du projet architectural occupaient alors une place de second rang. Pour l'architecte, l'offre de cellules solaires à l'esthétique variée ouvre aujourd'hui de multiples possibilités pour l'intégration créative de cette technologie.

## Des concepts architecturaux intégrant des éléments photovoltaïques fonctionnels

La directive européenne 2010/31 prévoit que toutes les nouvelles constructions soient des « bâtiments dont la consommation d'énergie est quasi nulle » dès 2020. En Suisse, cela s'applique déjà grâce aux standards Minergie.

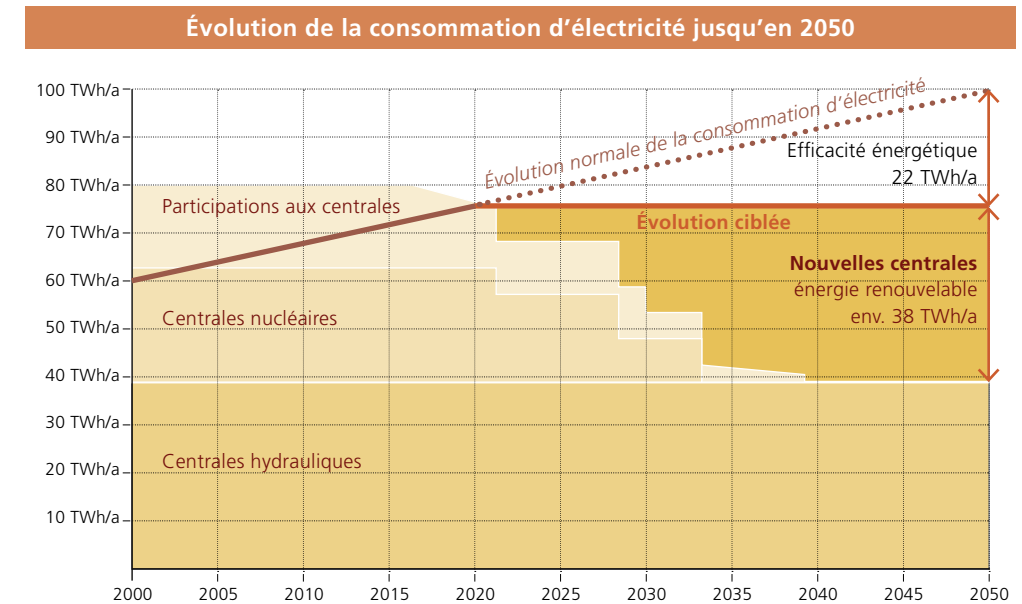
Cet objectif requiert de diminuer les besoins énergétiques des nouvelles constructions et implique que les bâtiments produisent eux-mêmes sur place une partie de l'énergie nécessaire. Cette utilisation du photovoltaïque est appelée BiPV, « Building-integrated Photovoltaics » soit : systèmes photovoltaïques intégrés au bâtiment. Dans ce contexte, la technologie solaire n'est pas considérée comme une simple installation technique uniquement destinée à produire de l'énergie, mais comme une partie

intégrante de l'enveloppe du bâtiment : élément de parement, surface vitrée, élément architectural fonctionnel, etc.

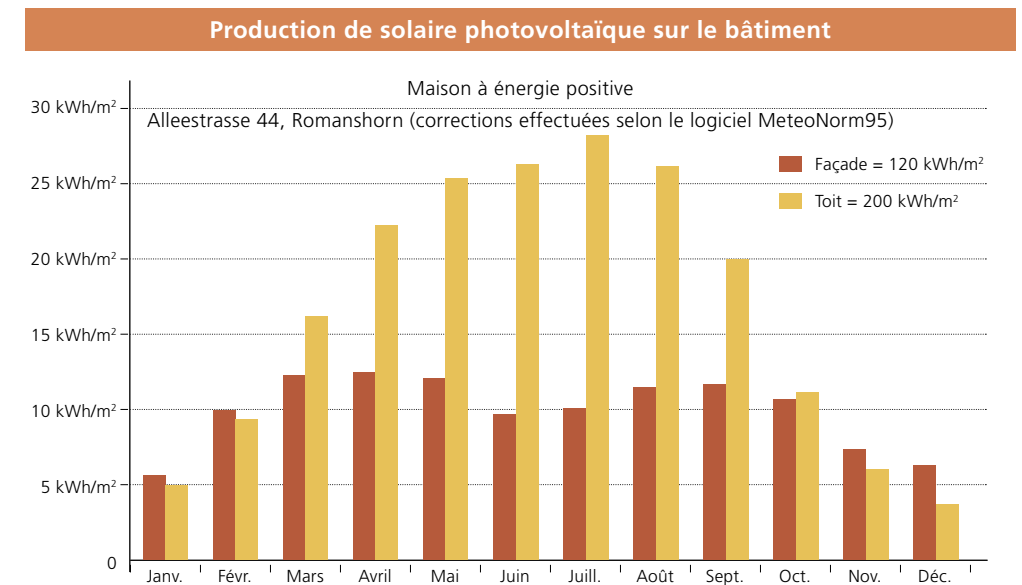
## Une architecture solaire palpitante pour un avenir durable

Outre les préjugés en matière de rentabilité et d'efficacité, l'énergie solaire se bat toujours contre les réticences esthétiques. Une intégration visuellement optimisée dans le projet architectural permet de contrer efficacement ses opinions préconçues.

Bien entendu, la beauté d'un bâtiment ne se définit pas simplement selon des critères objectifs. L'architecte décide comment intégrer les caractéristiques d'un système photovoltaïque (position et taille des cellules, textures et couleurs des surfaces, fixations, joints) de manière élégante et cohérente dans le projet d'ensemble.



L'utilisation rigoureuse de l'énergie photovoltaïque sur les bâtiments apporte en Suisse une contribution fondamentale pour remplacer les centrales nucléaires jusqu'en 2050 (source : Prognos).



L'évaluation des installations photovoltaïques de cette maison à énergie positive de Romanshorn (voir page 11) démontre que la façade apporte, tout au long de l'année, une contribution régulière au rendement total et qu'elles dépassent la production des installations en toiture dans les mois d'hiver, de novembre à février.



# DES INVESTISSEMENTS DURABLES ET UNE AUGMENTATION DE LA VALEUR MARCHANDE



Photo : modules PV en façade dans le cadre d'une rénovation Minergie-P d'un immeuble à Wettingen | © Miloni Solar AG, Wettingen

Grâce à l'utilisation maximale du photovoltaïque, les bâtiments ne sont plus de simples consommateurs d'électricité, mais deviennent des producteurs importants. Des solutions d'intégration d'une grande qualité architecturale apportent une contribution décisive à l'augmentation de l'efficacité énergétique des immeubles. Parallèlement, la durabilité des investissements immobiliers progresse elle aussi.

## Durabilité = efficacité énergétique

Conformément à une étude d'Ernst & Young (analyse 2012), la valeur marchande d'un portefeuille immobilier dépend directement de son efficacité énergétique. 90% des personnes interrogées étaient d'avis qu'il s'agissait là du plus important aspect de la construction durable. Pour être garantie, la hausse du rendement requiert toutefois que la durabilité et l'efficacité énergétique se traduisent par une réduction des coûts d'exploitation.

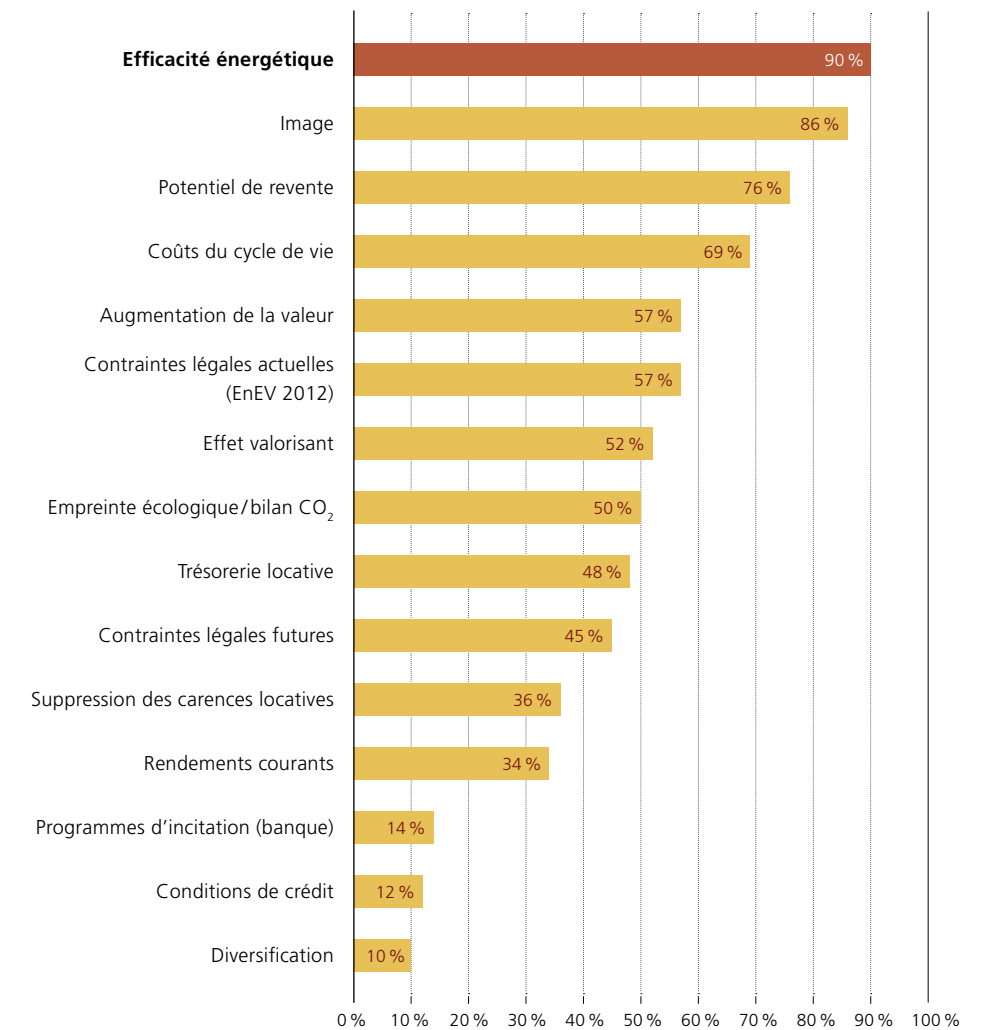
## Augmenter son taux d'auto-alimentation

Depuis avril 2014, la loi permet de consommer sa propre production d'électricité photovoltaïque sans avoir à injecter dans le réseau électrique dans sa totalité.

## Économiser de l'argent et augmenter la valeur marchande

Produire de l'électricité PV en façade se rentabilise de multiples façons. En fonction de son positionnement et de son orientation, 1 mètre carré de modules PV génère entre 110 et 240 kilowatt-heures d'électricité par an. Si l'électricité produite est également utilisée pour l'exploitation d'un chauffage à pompe à chaleur, il en résulte un prix de combustible de 3 à 4 centimes/kilowatt-heures. Comparée à un chauffage au mazout ou au gaz, cette solution représente pour son exploitant de purs bénéfices : elle diminue les coûts d'exploitation tout en augmentant la valeur marchande à long terme du bien immobilier. Plus la surface utilisée pour le PV est grande, plus le potentiel de gain s'amplifie, de même que l'influence sur le rendement de l'immeuble. Dans l'idéal, l'installation ne produit pas uniquement de l'électricité pour son propre bâtiment, mais également pour d'autres constructions proches.

## La durabilité dans la gestion de portefeuilles immobiliers



L'image est la même au niveau des portefeuilles et des projets individuels. L'efficacité énergétique totale joue un rôle décisif, mais c'est aussi le cas de l'image et du potentiel de revente (source : Ernst & Young, thématiques de la durabilité dans les investissements immobiliers, analyse de 2012).





**TOUT COMME L'ACCEPTATION D'UN BÂTIMENT EST TRIBUTAIRE DE SA QUALITÉ ARCHITECTURALE, LES CRITÈRES ESTHÉTIQUES INFLUENCENT LARGEMENT L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS UNE CONSTRUCTION.**

Photo : projet de construction nouvelle pour Amt für Umwelt und Energie Basel, 1<sup>ère</sup> place au concours | jessenvollenweider architektur, Bâle

## AMÉNAGER LE FUTUR ÉNERGÉTIQUE SUR LE BÂTIMENT

La Stratégie énergétique 2050 du Conseil fédéral prévoit l'exploitation de toutes les possibilités pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, outre une promotion rigoureuse des sources d'énergie alternatives. Les systèmes photovoltaïques intégrés au bâtiment contribuent à ces deux objectifs : tirer parti de l'énergie solaire inépuisable et diminuer les besoins tiers en électricité nucléaire et en énergie importée provenant de centrales au charbon ou à gaz.

### **Augmentation des besoins en électricité, immenses potentiels**

Dans de nombreux domaines, l'électricité est censée substituer les énergies fossiles de sorte que la demande aura tendance à augmenter, malgré de vastes efforts pour diminuer la consommation. Cela notamment suite à l'utilisation de pompes à chaleur et à la croissance attendue de l'électromobilité.

En comparaison avec les autres pays européens, la Suisse se place aujourd'hui en bas du classement en matière de puissance photovoltaïque installée par habitant. Une utilisation rigoureuse du photovoltaïque au niveau des façades, des fenêtres, des balustrades, pourrait bientôt modifier ce constat.

### **L'architecture solaire : le système électrique intelligent du futur**

Le système électrique intelligent du futur se concentre sur les quartiers. L'objectif consiste ici à produire soi-même l'électricité nécessaire à ses besoins, et si possible en même temps qu'elle est consommée.

L'utilisation d'éléments de construction verticaux pour produire de l'énergie photovoltaïque permet à une maison de s'auto-alimenter jusqu'à 60 % en électricité même en hiver, c'est-à-dire au summum de ses besoins. Il ne lui reste ainsi plus que 40 % à acquérir auprès de producteurs centralisés. Outre l'impact positif sur l'environnement, les coûts de l'aménagement du réseau diminuent de même que la charge financière imposée à la société suisse.



# AUTRES EXEMPLES ET INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES : [WWW.BIPV.CH](http://WWW.BIPV.CH)

---



Le site Internet [www.bipv.ch](http://www.bipv.ch) vous propose les informations principales sur l'intégration de la technologie photovoltaïque dans les bâtiments contemporains. Des exemples très variés vous permettront de découvrir des projets déjà réalisés en Suisse et à l'étranger. Vous trouverez, par ailleurs, une liste des modules photovoltaïques et des systèmes de fixation qui permettent le montage d'une installation intégrée. Cette plate-forme comprend également les coordonnées de fabricants et d'installateurs ainsi que des renseignements sur les programmes actuels de subvention en matière d'énergie photovoltaïque.



Fachhochschule  
Südschweiz

## SUPSI

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale : CH-3003 Berne  
Tél. 058 462 56 11, Fax 058 463 25 00  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch)

Distribution : [www.publicationsfederales.admin.ch](http://www.publicationsfederales.admin.ch)  
Numéro d'article 805.526.F



ClimatePartner<sup>®</sup>  
climatiquement neutre

Impression | ID: 53458-1504-1035