

ARCHI—
TECTURE
SOLAIRE

AUJOURD'HUI
ET POUR DEMAIN

IMPRESSUM

ÉDITEUR

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale: CH-3003 Berne
Infoline 0848 444 444, www.infoline.suisseenergie.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.suisseenergie.ch,
twitter.com/energieschweiz

LA PRÉSENTE PUBLICATION ET SON CONTENU SONT LE FRUIT D'UNE COOPÉRATION ENTRE

CREnergie GmbH
BS2 AG
SWISSOLAR Association suisse des professionnels de l'énergie solaire
Driven GmbH

DISTRIBUTION

www.publicationsfederales.admin.ch
Numéro d'article 805.522.F



GROSSPETER TOWER, BÅLE 2017

Burckhardt+Partner AG



L'ARCHITECTURE SOLAIRE – AUJOURD'HUI ET POUR DEMAIN

QUAND LES ARCHITECTES CONSTRUISENT L'AVENIR DU SOLAIRE	6
ÉNERGIE	10
TECHNOLOGIES	14
UN CONCEPT INTÉGRATIF	22
CONCEPTION	24
CONSTRUCTION	32
ÉCOLOGIE ET ÉCONOMIE	36
PROJETS	40

QUAND LES ARCHITECTES CONSTRUISENT L'AVENIR DU SOLAIRE

En tant qu'architecte, vous avez une influence significative sur l'aménagement de notre environnement, allant du simple objet à l'aménagement du territoire. Le processus de création architecturale intègre les perspectives et les défis les plus divers des corps de métiers impliqués dans le projet et les réunit en un ensemble composé avec soin. L'architecture s'inscrit depuis toujours dans un continuum culturel, économique et technologique, et s'inspire du passé et du présent pour construire le monde de demain.

La maison durable n'est pas une maison à énergie zéro. Néanmoins, elle consomme beaucoup moins d'énergie et tire cette dernière principalement de sources propres et locales. La maison durable est une maison ordinaire, et non une machine. L'architecture solaire a abandonné son caractère expérimental et devient peu à peu la norme. L'aventure n'est pas encore terminée et offre la possibilité d'une adhésion active et concrète.



IMMEUBLE SOLARIS, ZÜRICH 2017

huggenbergerfries Architekten AG, EPF/SIA/FAS



UNE CHANCE POUR TOUS

La transformation du parc immobilier est une tâche herculéenne, mais elle possède en même temps un immense potentiel pour toutes les parties prenantes : allant des propriétaires immobiliers et des usagers jusqu'aux entreprises de planification et d'installation en passant par les scientifiques et les fabricants. Toutefois, même les technologies et les systèmes les plus efficaces ne suffisent pas à fonder une architecture. La dissociation des deux univers généralement opérée jusqu'à présent engendre de nombreux préjugés et conduit parfois à des contre-exemples dissuasifs. Sur la base de réalisations réussies, cette brochure montre qu'il existe d'autres options et met en lumière les tenants et les aboutissants du succès. Elle décrit de manière succincte les principaux fondements de l'architecture solaire en guise d'incitation à des processus créatifs autonomes et au perfectionnement.

POURQUOI L'ARCHITECTURE SOLAIRE ?

La maison à énergie zéro n'existe pas aujourd'hui et n'existera pas demain non plus. De la construction au démantèlement en passant par l'exploitation, chaque bâtiment nécessite beaucoup d'énergie, et depuis la nuit des temps, celle-ci provient principalement du soleil, directement ou indirectement. Seuls le type d'utilisation de cette source d'énergie inépuisable, les technologies et les processus nécessaires à son usage ainsi que sa quantité, ont évolué en permanence tout en exerçant une influence à la fois sur l'architecture et sur les structures de l'habitat, puis, plus tard, sur celles des villes. Les technologies nécessaires ont dépassé leur statut initial de niches spécialisées grâce à des baisses de coûts massives et à des gains d'efficacité. Et beaucoup d'eau a coulé sous les ponts également dans le domaine de l'intégration aux bâtiments : c'est ainsi qu'aujourd'hui, les panneaux photovoltaïques et les capteurs solaires sont proposés sur le marché comme des composants sur mesure déclinés dans une grande variété de surfaces et de couleurs. Intégrés dans la construction et dans l'architecture, ils remplissent plusieurs fonctions propres à l'enveloppe du bâtiment ; ce faisant, ils améliorent tant le bilan d'exploitation que le bilan d'énergie grise et celui des coûts. Ces nombreuses synergies font de ces technologies une composante logique de l'ouvrage architectural.

UN CONCEPT INTÉGRATIF

L'architecture solaire représente plus que la somme de l'architecture et des technologies solaires. L'architecture solaire utilise les énergies disponibles localement de manière passive (par ex. via les fenêtres) ou active (installation photovoltaïque et capteurs solaires), stocke ces dernières et les met à disposition au moment opportun et sous une forme appropriée. Outre l'intégration énergétique et technique, l'intégration en termes de construction, de conception et d'économie prend une place de plus en plus importante. La technologie peut s'afficher et contribuer au design du bâtiment. Elle peut aussi rester totalement invisible. Quant à l'énergie produite, elle peut être autoconsommée et/ou vendue aux locataires ou aux résidents du voisinage. Tous ces aspects contribuent de manière non négligeable à l'acceptation de la part de la population et des autorités, tout en favorisant l'intérêt économique des installations. C'est pourquoi ils doivent être pris en compte à un stade précoce du projet et affinés en continu. Comme toute autre technologie, les différents systèmes photovoltaïques possèdent leurs particularités propres. Connaître leurs principes et les principaux paramètres est donc la clé d'une coopération efficace et passionnante avec les planificateurs spécialisés et les entreprises chargées de l'exécution. Nous nous proposons d'examiner ci-après les différents aspects de l'architecture solaire plus en détail.

L'ARCHITECTURE SOLAIRE EST UNE SOLUTION JUDICIEUSE

Approches architecturales intéressantes dans la mise en oeuvre de nouveaux éléments de conception

+

Technologies matures, concepts éprouvés et innovations passionnantes

+

Nombreuses surfaces potentielles pour la production d'énergie sur et contre les bâtiments

+

Haute valeur écologique et tissage d'un nouveau lien émotionnel avec les bâtiments pour les résidents

+

Énergie locale, création de valeur sur site et potentiels économiques

Dans le cadre de l'accord de Paris sur le climat, la Suisse s'est engagée à s'unir aux efforts visant à contenir le réchauffement climatique mondial en deçà de 2 °C, voire, dans la mesure du possible, de la barre critique de 1,5 °C. Cet objectif appelle des ajustements drastiques à tous les niveaux de la société. Sur la base des principes d'égalité et de responsabilité, au regard de son histoire, et en comparaison avec d'autres pays, la Suisse se devrait d'afficher un bilan carbone neutre d'ici à fin 2038, ce qui correspondrait à une réduction linéaire de 3,6 % par an. (« Bilan carbone de la Suisse », EBP, 2017)

Nul ne saurait contester que le parc immobilier a besoin d'une transformation du fait de ses besoins en énergie et des émissions nocives pour le climat qui en découlent, et qu'il mérite par conséquent d'être placé dans une trajectoire de développement pérenne. Outre l'efficacité énergétique, la migration vers des sources d'énergie renouvelables – avant tout l'énergie solaire – joue un rôle prééminent.



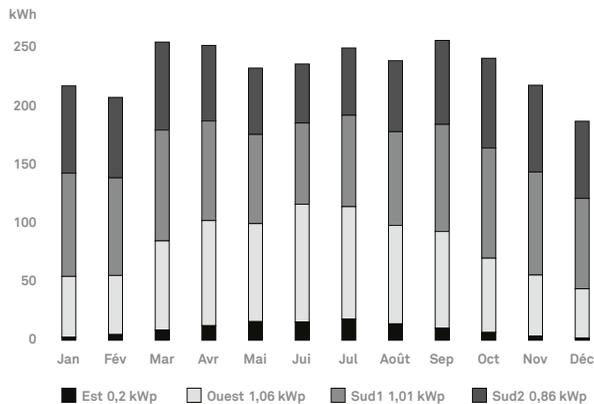
MAISON À ABSORPTION SOLAIRE DIRECTE, ZWEISIMMEN 2014

n11 Architekten



POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE

Selon une étude récente de Meteotest réalisée pour le compte de Swissolar, le potentiel de l'énergie solaire en Suisse est très élevé. Dans le cas d'une combinaison optimale du photovoltaïque et du solaire thermique, il est possible d'atteindre une production annuelle remarquable d'un point de vue technique, économique et social dans les proportions suivantes : 10,8 TWh pour le solaire thermique (8,2 TWh en toiture et 2,6 TWh en façade) et 17 TWh pour le photovoltaïque. Dans un scénario 100 % photovoltaïque, le potentiel annuel de production durablement acceptable serait de 24,6 TWh en toiture et de 5,6 TWh en façade, soit 51 % de la production suisse d'électricité en 2017. (Meteotest Suisse, 2017)



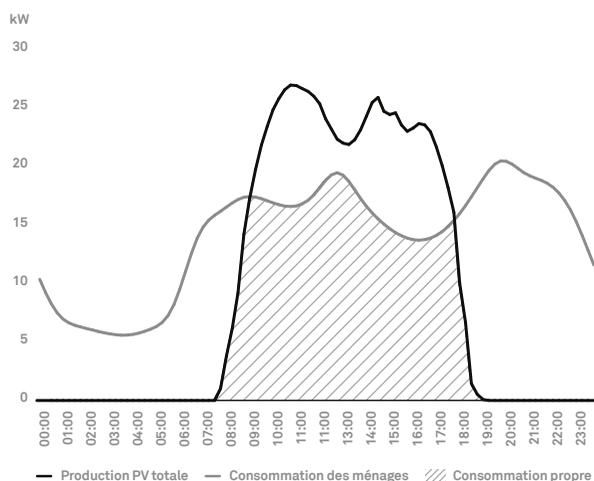
SIMULATION DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE ANNUELLE

Production mensuelle constante d'une façade photovoltaïque

Source : CREnergie Sàrl

CONSOMMATION PROPRE D'ÉLECTRICITÉ

La consommation propre d'énergie solaire est ancrée dans la loi sur l'énergie et est donc autorisée dans toute la Suisse. La consommation propre signifie que l'énergie solaire produite est consommée directement sur place. Les coûts de revient sont généralement plus faibles que les tarifs de l'énergie du réseau public. L'énergie solaire excédentaire, en revanche, est rémunérée par le fournisseur d'énergie à des prix généralement bas. En d'autres termes : une consommation propre élevée peut augmenter considérablement la rentabilité de l'installation photovoltaïque.



CONSOMMATION PROPRE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Immeuble de Sihlweid avec panneaux PV sur les quatre façades

Source : PVLab de la HTA Burgdorf

PLANIFICATION STRATÉGIQUE

Les possibilités d'exploitation de ce potentiel ainsi que les formes possibles de production et d'utilisation de l'énergie dans et sur le bâtiment doivent être définies dans le concept énergétique et architectural global du projet de construction. Cela doit se faire autant que possible au cours de la première phase de planification. Divers outils en ligne permettent d'estimer en quelques étapes les rendements énergétiques potentiels et la consommation propre. Dans le cas de projets complexes ou de grande envergure, il est recommandé de s'attacher les services d'un planificateur spécialisé dans le solaire et ce, dès la phase de planification stratégique ou d'étude préalable.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

www.toitsolaire.ch

www.facade-au-soleil.ch

www.suisseenergie.ch/calculateur-solaire

TROUVEZ UN SPÉCIALISTE QUALIFIÉ SUR

www.prosdusolaire.ch

ÉTUDE PRÉALABLE

Afin de définir plus avant tous les aspects d'un projet de construction, les calculs et informations suivants sont pertinents :

- Détermination des surfaces solaires avec calcul des rendements de production
- Simulations de production sur la base de modèles d'ombrage pour les façades souvent privées d'ensoleillement
- Estimation des coûts de la structure porteuse, des panneaux solaires et des composants électriques, y compris leur assemblage ; les interfaces avec les métiers adjacents devraient être définies aussi précisément que possible
- Calculs de rentabilité avec prise en compte des sensibilités des coûts énergétiques ainsi que de l'augmentation possible de la consommation propre, par exemple du fait de la mobilité électrique

REGROUPEMENT DANS LE CADRE DE LA CONSOMMATION PROPRE (« RCP »)

Depuis début 2018, plusieurs terrains adjacents peuvent être regroupés au même titre que les immeubles d'habitation. Le RCP (auss appelé communauté d'autoconsommation) ainsi constitué fait office de client vis-à-vis du fournisseur d'énergie. Le mélange de différents types de foyers et de bâtiments conduit à une hausse de la consommation propre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

« Guide pratique de la consommation propre »

Une publication SuisseEnergie, 2018

« Consommation propre de courant solaire :

de nouveaux horizons pour les immeubles

d'habitation et les lotissements »

Une publication SuisseEnergie, 2018

Les technologies solaires ont été perfectionnées au fil des décennies et se sont développées pour devenir efficaces et bien établies. Les composants du solaire PV et du solaire thermique sont proposés par divers fabricants dans d'innombrables variantes pour couvrir toute une panoplie d'applications. Il est important de choisir la technologie appropriée en fonction de la finalité du projet de construction et de la destination de l'immeuble. Conjugué à des solutions de stockage d'énergie, à des équipements de commande et d'autres technologies énergétiques auxiliaires, le système énergétique du bâtiment peut être optimisé en termes d'efficacité, de confort et de rentabilité.



MAISON SCHNELLER BADER, TAMINS 2016

Bearth & Deplazes Architekten

Valentin Bearth – Andrea Deplazes – Daniel Ladner



PHOTOVOLTAÏQUE (PV)

Le photovoltaïque convertit directement l'énergie lumineuse en énergie électrique – en courant continu – au moyen de cellules solaires constituées de divers matériaux semi-conducteurs. Le courant est collecté par le biais de contacts métalliques et utilisé localement ou bien stocké sous cette forme. Il est cependant géné-

ralement converti en courant alternatif par l'intermédiaire d'un onduleur et utilisé sur place ou injecté dans le réseau public. Le matériau semi-conducteur le plus souvent utilisé est le silicium, le deuxième élément de la croûte terrestre le plus répandu après l'oxygène.

PANNEAUX CRISTALLINS

Polycristallins
Monocristallins

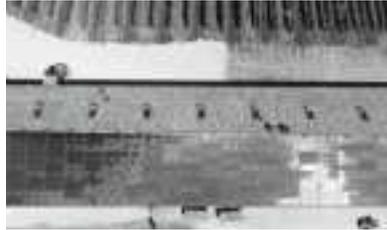
TECHNOLOGIE COUCHE MINCE

Silicium amorphe
Séléniure de cuivre-indium-(gallium)
(CIS, CIGS)

SOLAIRE THERMIQUE (ST)

Le solaire thermique transforme le rayonnement solaire en chaleur. Les installations solaires thermiques sont principalement utilisées pour le chauffage de l'eau chaude sani-

taire ou pour le chauffage d'appoint. Les capteurs solaires peuvent être facilement intégrés dans un système de chauffage et combinés avec d'autres générateurs de chaleur.

CAPTEURS PLANS**CAPTEURS À TUBES SOUS VIDE****TOIT****BÂTIMENT DE SERVICE
DU CHÂTEAU D'AUVERNIER**

Produit : ISSOL Suisse SA, Neuchâtel
Entreprise solaire : Gottburg SA, Boudry

**PARKING POUR VÉHICULES ÉLECTRIQUES
AVEC MODULES SOLAIRES FLEXIBLES**

Produit : Flisom SA, Niederhasli

FAÇADE**LETZIPARK ZÜRICH**

Produit : Megasol Energie SA, Deitingen
Planificateur PV : Energiebüro AG, Zurich
Installateur PV : Planeco GmbH, Münchenstein

**STATION DE SKI SANKT MARTIN, LAAX**

Produit : NICE Solar Energy GmbH,
Schwäbisch Hall (D)
Distribution : Solarmarkt GmbH, Aarau

TOIT**IMMEUBLE D'HABITATION OBERBURG**

Produit : Jenni Energietechnik AG,
Oberburg (Berthoud)

FAÇADE**IMMEUBLE D'HABITATION
« EICHHALDE », ZÜRICH**

Produit : DOMA Solartechnik, Satteins (A)

**IMMEUBLE D'HABITATION
« HOHES HAUS WEST », ZÜRICH**

Architecture : Loeliger Strub
Architektur GmbH, Zurich
Produit : Conergy, Hambourg

**IMMEUBLE D'HABITATION, ZÜRICH HÖNGG**

Architecture : kämpfen für architektur AG,
Zurich

TECHNOLOGIE SOLAIRE HYBRIDE (PVT)

Le photovoltaïque (PV) et le solaire thermique (ST) peuvent également être combinés au sein d'un module collecteur. L'aspect extérieur des éléments ressemble à des panneaux photovoltaïques standards, à ceci près qu'un absorbeur monté à l'arrière permet de générer également de la chaleur. L'absorbeur refroidit le module

photovoltaïque et augmente par là-même le rendement électrique. En raison du niveau des températures, plus basses qu'avec les capteurs solaires conventionnels, ce type d'installation convient surtout pour le préchauffage, par exemple en combinaison avec des sondes géothermiques ou pour les piscines.

TOIT INCLINÉ



ÉGLISE SAINT-FRANÇOIS (ST.-FRANZISKUS-KIRCHE), EBMATINGEN

Architecture : Daniel Studer, Villnachern

Produit : BS2 AG, Schlieren

TOIT PLAT



SUURSTOFFI, ROTKREUZ

Produit : 3S Solar Plus SA, Gwatt

VOUS TROUVEREZ UNE VUE D'ENSEMBLE ACTUELLE DES PANNEAUX SOLAIRES

DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ SUR : WWW.SOLARCHITECTURE.CH

EXPLOITATION PASSIVE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

L'exploitation passive de l'énergie solaire a pour but d'optimiser, grâce à des mesures de construction, l'utilisation du rayonnement solaire naturel disponible sous la forme d'énergie thermique ou lumineuse. La conception de l'enveloppe et de la volumétrie du bâtiment, la pose d'éléments transparents tels que les fenêtres et les vitrages ainsi que le recours à

des éléments de construction massifs à l'intérieur du bâtiment permettent d'optimiser le rayonnement solaire en réception et en émission ainsi que le stockage de l'énergie solaire. L'accent est mis sur l'optimisation énergétique au travers de l'orientation des bâtiments et des plans en fonction de la course du soleil et des zones ombragées ainsi que des variations saisonnières.



CENTRE TOBEL

Utilisation de l'énergie solaire : l'air frais présent dans la façade est préchauffé et dirigé de manière 100 % naturelle à l'intérieur du bâtiment, sans installation technique. Lotissement BEP (Bâtiments à Energie Positive) conforme au plan directeur de la Société à 2000 watts, architecture : Fent Solare Architektur, Wil



IMMEUBLE D'HABITATION HOFWIESEN-ROTHSTRASSE, ZURICH 2016

Viridén + Partner AG



ÉNERGIE SOLAIRE EN TANT QUE SYSTÈME

Les systèmes à énergie solaire sont divers et variés : de la simple douche solaire au système combiné de chauffage et de rafraîchissement sophistiqué à l'échelle d'un quartier, avec stockage saisonnier et communauté d'autoconsommation. Leur point commun est la prise en compte du contexte énergétique local pour les bâtiments. Ils se composent d'un système intégré de surfaces d'absorption pour la conversion du rayonnement solaire, d'une solution de stockage à court, moyen ou long terme, d'un système de distribution et de l'unité de commande de ce dernier. La topologie du système dépend dans une large mesure des conditions locales, de l'usage souhaité, des surfaces disponibles (enveloppe du bâtiment), des objectifs énergétiques et, bien entendu, des investissements financiers ainsi que des frais de fonctionnement attendus.

STOCKAGES ÉLECTRIQUE ET THERMIQUE DÉCENTRALISÉS

L'efficacité et la consommation propre d'un système énergétique peuvent être augmentées grâce à l'utilisation de solutions de stockage décentralisé. Les systèmes de stockage par batterie peuvent stocker temporairement le courant solaire excédentaire pour des bâtiments individuels, voire pour des lotissements entiers, et le rendre à nouveau disponible en cas de besoin. À cet égard, les véhicules électriques, qui peuvent être utilisés comme

alternative ou pour remplacer les batteries domestiques, constituent un exemple d'application intéressant. L'utilisation de batteries de stockage permet d'augmenter la consommation propre d'environ 50 % à 80 %. Les accumulateurs thermiques permettent de stocker le surplus d'énergie issue du solaire thermique ou le courant photovoltaïque excédentaire par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.

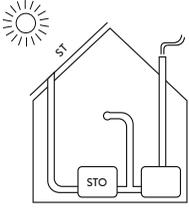
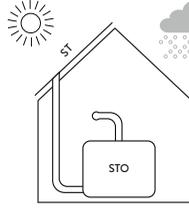
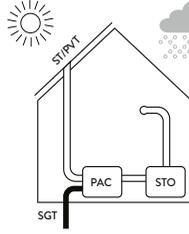
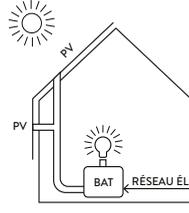
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

« Batteries stationnaires dans les bâtiments »
Brochure SuisseEnergie, 2018
« Installations PV avec batteries »
Brochure Swissolar, 2016

DOMOTIQUE

La planification systémique de la technique du bâtiment est elle aussi en mesure d'accroître sensiblement l'efficacité du système de gestion énergétique des bâtiments. Concrètement, cela peut prendre la forme soit d'une interaction coordonnée de la production et du stockage d'énergie, soit d'une solution de commande coordonnée des appareils consommateurs. Les gros appareils ménagers notamment – tels que les lave-linge et les sèche-linge – devraient être programmés pour tourner pendant la journée, durant la période de production d'énergie.

TOPOLOGIES LES PLUS COURANTES DE SYSTÈMES

DÉNOMINATION	SYSTÈME A	SYSTÈME B	SYSTÈME C	SYSTÈME D
TYPE D'ÉNERGIE	Énergie thermique (chaleur/froid)			Énergie électrique (électricité)
SYSTÈME	ECS/chauffage combiné	ECS/chauffage saisonnier	ECS/chauffage/ rafraîchissement saisonnier	Photovoltaïque
SCHÉMA				
DESCRIPTION	Système pour la couverture partielle des besoins en eau chaude sanitaire et/ou en chauffage	Système pour la couverture complète des besoins en eau chaude sanitaire et/ou en chauffage, stockage saisonnier	Système pour la couverture complète des besoins en eau chaude sanitaire et/ou en chauffage et rafraîchissement, stockage saisonnier, conversion via une PAC	Photovoltaïque pour la production d'électricité, stockage à court terme
CONDITIONS CADRES	Production d'énergie supplémentaire (si possible renouvelable !) requise, dans l'idéal avec radiateurs	Vastes surfaces en toiture ou en façade et suffisamment d'espace de stockage disponible, dans l'idéal avec radiateurs	Vastes surfaces en toiture ou en façade, sondes géothermiques ou accumulateurs de glace possibles, dans l'idéal avec chauffage de surface ou convecteurs	Combinaison possible avec tout type de système thermique, dans l'idéal avec pompe à chaleur et d'autres gros consommateurs d'électricité
PRODUCTION D'ÉNERGIE	Chaleur, températures élevées avec capteurs solaires thermiques recouverts (plans ou capteurs à tubes) ECS : de 30 à 50 % Chauffage : de 20 à 30 %	Chaleur, températures élevées avec capteurs solaires thermiques recouverts (plans ou capteurs à tubes) ECS : 100 % Chauffage : 100 %	Chaleur et froid, températures basses avec capteurs solaires thermiques ou PVT non recouverts ECS : de 60 à 100 % Chauffage : de 75 à 100 % (100 % lorsque l'électricité est également produite sur site)	Électricité, modules photovoltaïques Électricité : de 10 à plus de 100 % Dépend principalement du concept financier de l'exploitation (investissements, consommation propre, tarifs d'injection)
PRINCIPAUX ATOUTS	Système simple, peu encombrant (toit et stockage)	100 % solaire, pas de système d'appoint requis	Jusqu'à 100 % solaire, accumulateur interne de petite taille, rafraîchissement possible	Système simple, électricité pour la consommation propre ou la revente

BAT Batterie
SGT Sonde géothermique

PV Photovoltaïque
PVT PV et ST

STO stockage (accumulateur de chaleur)
ST Capteur solaire thermique

PAC Pompe à chaleur
ECS Eau chaude sanitaire

L'ARCHITECTURE SOLAIRE, UN CONCEPT INTÉGRATIF

Le potentiel d'exploitation des technologies solaires appliquées à l'architecture est très important, car le rayonnement solaire frappe la quasi-totalité des toits et la plupart des façades. Toutefois, le mode d'intégration est fortement dépendant des spécificités de chaque projet. Les arguments écologiques et énergétiques – indiscutables dans la plupart des cas – peuvent avoir

des conséquences sur l'urbanisme. Inversement, l'homogénéité de l'enveloppe du bâtiment est très appréciée dans de nombreux contextes. Toutefois, cette homogénéité se traduit par une orientation inefficace des panneaux. Comme cela est toujours la règle en architecture, il convient de prendre en compte différents aspects en parallèle et d'en tirer une solution optimale :

ÉNERGIE

Fort potentiel pour l'énergie solaire
+
Augmentation de la rentabilité
par la consommation propre
+
Intégration des objectifs énergétiques
dans la planification stratégique
ou l'étude préalable

ARCHIT
SOLA

TECHNOLOGIES

Technologies matures et efficaces
+
Composants pour le PV et
le solaire thermique
déclinés dans d'innombrables variantes
+
En combinaison avec d'autres
technologies, possibilité d'exploitation
maximale des potentiels

**ECTURE
AIRE**

CONCEPTION

Travail à différentes échelles

+

La réalisation d'une façade photovoltaïque peut être influencée par l'architecture ou par les technologies

+

Les technologies solaires se prêtent à une grande variété de modèles et de possibilités d'intégration

ÉCOLOGIE ET ÉCONOMIE

Les aspects tels que l'énergie grise, l'impact sur l'environnement et l'analyse du cycle de vie font partie intégrante de la branche du bâtiment

+

Les investissements et les coûts doivent être mis en regard des recettes et de l'amortissement

+

L'énergie solaire intégrée peut générer des rentrées d'argent

CONSTRUCTION

Les technologies solaires sont aussi des matériaux de construction

+

De nombreuses formes d'intégration sont possibles

+

Les caractéristiques spécifiques des capteurs solaires et des modules PV sont à prendre en compte et à intégrer lors de la phase de planification

+

Utilisation de systèmes standards ou sur mesure

La conception architecturale intégrant les technologies solaires implique un travail à différentes échelles, allant de l'urbanisme à chaque cellule solaire individuelle.

Le succès du processus repose sur une culture architecturale qui décrit avec clarté et précision les objectifs, les stratégies et les moyens de conception. Cette culture doit être constamment affinée et assurer une bonne communication, tant au sein de l'équipe de planification que lors des entretiens avec le maître d'ouvrage ou les autorités.



ÉGLISE ET CENTRE PAROISSIAL, RIF-TAXACH (A) 2013

Georg Kleeberger, Walter Klasz



CULTURE ARCHITECTURALE

Pendant des années, la seule méthode d'utilisation active de l'énergie solaire pour l'exploitation des bâtiments consistait à poser (a posteriori) sur le toit des produits industriels n'offrant aucune liberté de conception. Grâce à la réduction drastique des coûts et aux gains d'efficacité d'une part, et à une demande accrue en produits sur mesure divers et variés d'autre part, le champ des possibilités s'est élargi côté offre, ouvrant dans le même temps la voie à une grande liberté en matière de concepts architecturaux. Le processus de conception d'une façade solaire peut être influencé par l'architecture et les technologies. Pour la conception de la façade, les technologies existantes offrent de nombreuses possibilités (par ex. l'installation d'un



UNE TECHNOLOGIE EXPOSÉE AU GRAND JOUR

Façade solaire adaptative de l'EPF de Zurich, architecture et systèmes de gestion du bâtiment, professeur Arno Schlüter
Première réalisation sur le campus de l'EPF de Zurich, 2015

module photovoltaïque spécifique), et vice versa, la conception individuelle des façades permet elle-même de perfectionner les produits ou les technologies existants. Le design lui-même peut être exploré plus en profondeur, jusqu'au niveau des cellules, par exemple en composant une mosaïque à partir des différents reflets et couleurs découlant de la distribution des cellules. Montrer ou ne pas montrer, cacher ou suggérer, explorer toute la profondeur du matériau ou tout lisser derrière une couche homogène ? Comme pour d'autres technologies introduites dans l'architecture par le passé, ces interrogations se posent également pour la conception et le design des façades photovoltaïques.



INTÉGRATION SOIGNÉE : ASSAINISSEMENT D'UNE MAISON DE VITRIER DATANT DE 1765, AFFOLTERN IM EMMENTAL

Produit : 3S Solar Plus SA, Gwatt
Architecture : Christian & Elisabeth Anliker, Affoltern im Emmental
Planification et réalisation : clevergie AG, Wyssachen

URBANISME

En toute logique, le concept se construit dans un premier temps à une échelle urbanistique. L'environnement spatial immédiat et le contexte énergétique sont autant de critères déterminants. Quels sont les flux d'énergie disponibles et sont-ils exploitables ? Quels sont les moyens de faire émerger des synergies au niveau du réseau local : par exemple l'utilisation des rejets de chaleur du voisinage ? Ou la réunion de plusieurs bâtiments par la création d'une communauté d'autoconsommation ? Une fois ces différentes options étudiées (la question de la couverture des besoins énergétiques n'est pas résolue pour autant), reste encore à évaluer le potentiel du bâtiment : en ce qui concerne les rendements solaires, il convient d'analyser précisément



IMMEUBLE D'HABITATION À CHIGNY, INTÉGRÉ AU COEUR HISTORIQUE ET AUX VIGNOBLES

Architecture : dieterdietz.org, Zurich et Lausanne | Dieter Dietz, Vincent Mermod et Manuel Potterat

l'orientation des panneaux et l'ombrage, pour les utilisations tant passive qu'active de l'énergie solaire. En milieu urbain, l'ombrage dû à la présence des bâtiments voisins doit être soigneusement pris en considération, notamment en tenant compte de l'évolution future du bâti. Si, par exemple, le droit de la construction autorise la surélévation d'un immeuble bas voisin de deux étages supplémentaires, cela peut avoir un impact majeur sur la production d'une installation en façade. Il en va de même pour la végétation située à proximité immédiate. Bien que ce ne soit pas le cas en milieu urbain, en milieu rural la végétation et, le cas échéant, la topographie sont déterminantes pour l'ombrage.

PERMIS DE CONSTRUIRE ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

L'article 18a de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) régit la pratique d'autorisation des installations solaires dans les zones bâties et agricoles. Pour les installations solaires « suffisamment adaptées », une annonce à l'autorité de construction suffit ; un permis de construire n'est pas nécessaire. Toutefois, le droit cantonal peut exiger un permis de construire dans certains types de zones protégées clairement définies, notamment dans les zones centrales.

RATIO ENVELOPPE-VOLUME (RAPPORT S/V)

Le modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) exige qu'une part de la consommation d'électricité des constructions neuves soit couverte par production propre dans, sur ou contre le bâtiment. Dans la plupart des cas, le photovoltaïque s'affirme comme un choix judicieux. Dans le cas de bâtiments comportant de nombreux étages, l'intégration d'une installation PV en façade est même explicitement recommandée. En d'autres termes, les enveloppes de bâtiments généreusement dimensionnées avec un rapport S/V non optimal remplissent les exigences minimales grâce à leur bilan énergétique positif, précisément grâce à la présence de façades solaires, et augmentent ainsi la liberté de conception architecturale.

DOUBLE USAGE DES HABILLAGES DE FAÇADE

En tant que composant élémentaire de l'architecture, la façade remplit une fonction protectrice pour le bâtiment. L'utilisation de modules solaires comme habillage de façade donne naissance à un ouvrage multifonctionnel, qui assure par ailleurs l'alimentation en énergie du bâtiment. Les modules solaires, la structure porteuse comprise, doivent satisfaire aux exigences des façades ventilées, c'est-à-dire qu'ils doivent tenir compte de la statique du bâtiment, de la protection contre l'humidité et de la protection anti-incendie. Les modules solaires intégrés au bâtiment sont généralement constitués de verre de sécurité feuilleté (VSF). La longévité des produits correspond à celle des revêtements de façade VSF, et la stabilité attendue de la puissance électrique peut dépasser 80 %, y compris après 25 ans d'exploitation. Un module présentant un défaut technique peut être remplacé pour compenser la perte de production d'énergie. Toutefois, il est également possible de laisser sur la façade des modules présentant un défaut électrique, étant donné qu'ils continuent à remplir leur fonction de protection contre les intempéries.

ORIENTATION DES PANNEAUX SOLAIRES

Les champs de panneaux orientés dans différentes directions génèrent des pics de production qui évoluent au fil de la journée et de l'année. Ainsi, la conception de la toiture et de l'enveloppe du bâtiment, de même que l'utilisation de ces surfaces, peuvent influencer fortement sur les capacités de production d'énergie. Les installations solaires orientées vers l'est et vers l'ouest peuvent « relever le pari » des pointes de midi et rapprocher ainsi la production de la demande. L'intégration de la technologie solaire en façade permet de lisser la production annuelle et donc de produire davantage d'électricité en hiver dans les proportions correspondantes.

CHOIX DES MODULES SOLAIRES : PRODUITS DE MASSE OU HABILLAGE DE FAÇADE SUR MESURE

Lors du choix de modules solaires adaptés aux façades, il existe essentiellement deux options :

- L'utilisation de produits standardisés bon marché issus de la production de masse. L'aspect très « technique » que ces produits donnent au bâtiment et leurs dimensions extérieures fixes imposent des exigences particulières en termes de conception architecturale de même qu'en matière de connexion au reste de l'ouvrage. L'aptitude de ces produits comme matériaux de construction doit être clarifiée avec le fabricant et un planificateur spécialisé.
- L'autre option est de faire appel à l'un des nombreux fabricants européens de modules solaires proposant des produits sur mesure. Des dimensions spéciales, des nuances de couleur et des propriétés de surface spécifiques peuvent être définies en fonction des exigences architecturales. La libre conception des produits permet de donner à chaque façade photovoltaïque un caractère distinctif. Côté inconvénients, mentionnons une puissance électrique diminuée – souvent, les surfaces ne sont pas couvertes au maximum par les cellules solaires –, les pertes de puissance dues aux revêtements colorés (pouvant atteindre jusqu'à 20 %), les coûts de produit comparativement plus élevés, ou encore l'augmentation des coûts de planification.



MODULES STANDARDS : STATION DE DÉPART DU PETIT CERVIN

Produit : Megasol Energie SA, Deitingen
 Entreprise solaire : Bouygues E&S InTec Suisse SA,
 Unité opérationnelle Helion, Zuchwil



SUR MESURE : IMMEUBLE SOLARIS, ZURICH

Modules développés en interne avec verre de sécurité ondulé dont la couleur est accordée à l'environnement (Rote Fabrik, Zurich).
 Architecture : huggenbergerfries Architekten AG, EPF/SIA/FAS, Zurich
 Produit : ertex solartechnik GmbH, Amstetten (A) en collaboration avec un partenaire de recherche, professeur Stephen Wittkopf, Haute École de Lucerne



HOF 8, WEIKERSHEIM (D) 2014

Bureau d'architecture Klärle, Rolf Klärle, ingénieur diplômé,
architecte indépendant BDA (Fédération allemande des architectes)



LES POSSIBILITÉS DE DESIGN DU PHOTOVOLTAÏQUE COMME « MATÉRIAU DE CONSTRUCTION »

Outre les propriétés physiques et techniques des technologies solaires, le matériau offre également un certain nombre de caractéristiques qui peuvent être utilisées comme éléments de conception architecturale. La conception des composants PV offre de nombreuses possibilités, influence la conception et a un impact substantiel sur la production d'énergie et sur les coûts. Le tableau ci-dessous décrit six paramètres de design et de conception différents, mettant ainsi en évidence toute l'étendue des déclinaisons possibles.

DIMENSIONS La plupart des fabricants proposent des dimensions standards, mais il est également possible de choisir parmi une vaste gamme de dimensions spéciales.

FORME La plupart des composants solaires sont enchâssés dans une vitre plane rectangulaire, mais il est également possible de créer d'autres formes, voire des éléments incurvés. Les technologies à couches minces, qui offrent une plus grande flexibilité, peuvent également être utilisées pour des formes complexes.

COULEURS La palette de couleurs et de techniques proposée est vaste. Actuellement, la couleur est généralement appliquée sur le vitrage de façade et recouvre ainsi tout ou partie des cellules, avec une baisse de rendement pouvant atteindre 20 % en fonction du procédé utilisé.

TEXTURE DU VERRE Il existe différentes textures de verre. Le verre comme matériau porteur se décline dans de nombreuses variantes : du verre simple et lisse au verre ondulé en passant par le verre satiné ou structuré.

TRANSPARENCE Outre les éléments opaques bien connus, il est également possible d'obtenir des modules semi-transparents ou hautement transparents en jouant sur l'espacement des cellules.

GRAPHISME La structure interne des modules peut être exposée ou totalement dissimulée. Il suffit pour cela de jouer sur l'espacement des cellules et de varier à discrétion les câblages électriques, soit pour les dissimuler, soit pour les laisser apparents. Les structures avec modules sans cadre offrent un aspect particulièrement homogène.

POSSIBILITÉS D'APPLICATIONS

Les composants solaires peuvent être intégrés dans la façade ou sur le toit. Mais pas seulement. Ils peuvent également être utilisés à dessein dans d'autres variantes multifonctionnelles des composants, comme l'ombrage, le contrôle de la lumière du jour et le rafraîchissement.



COMMANDE DE L'ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR DE LA BIBLIOTHÈQUE DE STUTTGART AVEC MODULES PV EN TOITURE
Architecture : Eun Young Yi, Cologne/Séoul



GARDE-CORPS DE BALCONS AVEC MODULES PV POLYCRISTALLINS POUR L'IMMEUBLE D'HABITATION DE LA ZWYSSIGSTRASSE, ZÜRICH
Architecture : kämpfen für architektur AG, Zürich



VOLETS COULISSANTS SOLAIRES POUR IMMEUBLE D'HABITATION, WIESENSTRASSE, KÜSNACHT
Architecture : Vera Gloor, Zürich
Partenaire spécialisé, photovoltaïque : Leutenegger Energie Control, Küsnacht

Les capteurs solaires et les modules photovoltaïques sont des matériaux de construction possédant des propriétés spécifiques à prendre en compte lors des phases de planification et de construction. Par exemple, ils ne peuvent pas être modifiés sur le chantier et la planification hydraulique ou électrique doit être effectuée en amont. Lorsqu'il a été bien préparé, l'assemblage est néanmoins comparable à celui d'une façade en verre conventionnelle.

Les possibilités d'intégration constructive dans le bâtiment sont multiples et ne se limitent pas à l'intégration en toiture. Les composants solaires actifs peuvent également être utilisés en façade, comme éléments d'ombrage ou comme garde-corps. Il existe des systèmes de fixation standards et des options d'intégration constructive sur mesure. Ainsi, l'intégration constructive s'accompagne aujourd'hui déjà d'une grande liberté d'expression en matière de design.



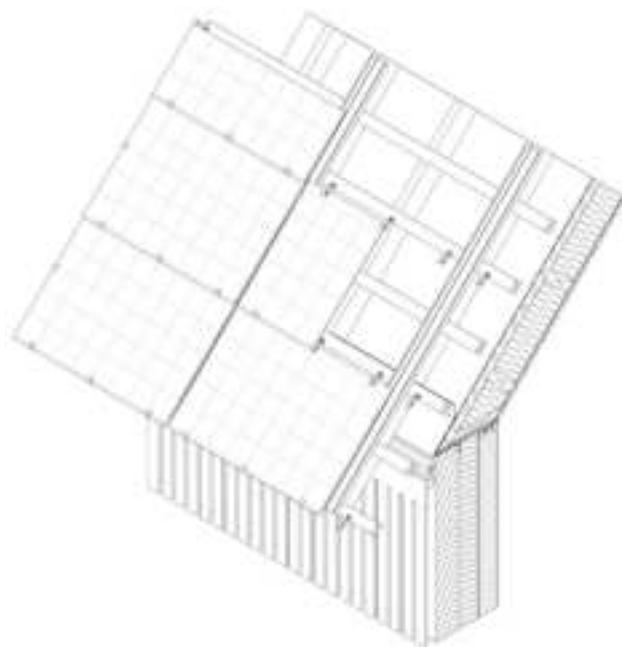
IMMEUBLE D'HABITATION, ZÜRICH-SCHWAMENDINGEN 2017

kämpfen für architektur AG



INTÉGRATION EN TOITURE

Les solutions avec toiture solaire intégrée remplacent les systèmes de couverture de toiture traditionnels. La mise en oeuvre des produits implique le respect des exigences du fabricant vis-à-vis de la structure de la toiture. À partir d'une certaine inclinaison, le montage nécessite en effet une sous-toiture sans jointures capable d'évacuer la condensation ou les infiltrations d'eau dues à la pluie battante et aux chutes de neige. Important lors du choix de la feuille de sous-toiture : sa résistance à la chaleur doit être adaptée à la construction. Pour chaque projet, l'aptitude du produit doit être vérifiée en tenant compte des probabilités locales de charge de neige et de pression du vent conformément à la norme SIA 261 « Actions sur les structures porteuses ». Afin de garantir le bon fonctionnement de la toiture, l'intégralité des travaux exécutés en toiture et sur les raccords et les terminaisons doivent être confiés à des couvreurs et/ou des ferblantiers professionnels.

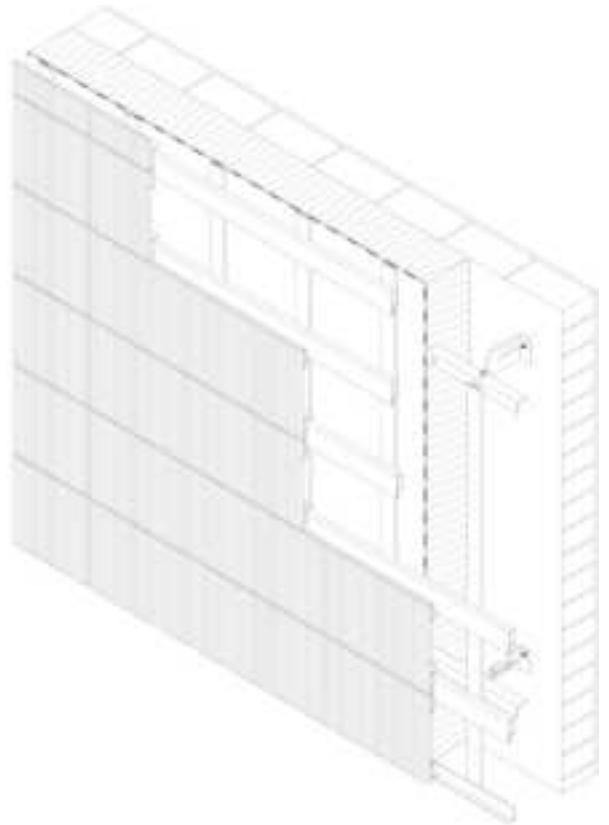


ISOMÉTRIE DU SYSTÈME DE LA « MAISON SCHNELLER BADER », TAMINS
Source : www.buk.arch.ethz.ch/Solardatenbank

INTÉGRATION EN FAÇADE

Les systèmes de façades ventilées de type rideau servent de base pour la fixation des modules photovoltaïques ou solaires thermiques montés en façade. En fonction de l'architecture et du budget du projet, il existe différents types de fixations : rondes, linéaires ou collées. L'attestation statique de la structure porteuse constituée d'un habillage et d'une armature de fixation doit obligatoirement être présentée par le fournisseur. Le tracé des câbles électriques ou la tuyauterie des capteurs doivent être intégrés suffisamment en amont dans la phase de planification, ce afin que les passages requis à travers la structure de fixation soient, le cas échéant, pris en compte et que

le montage puisse se dérouler sans accroc. Le choix des matériaux de la structure porteuse et de l'isolation doit être conforme aux prescriptions en matière de protection anti-incendie de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AECA).



ISOMÉTRIE DU SYSTÈME DE L'IMMEUBLE
D'HABITATION SOLARIS, ZURICH
Représentation schématique
Source : www.buk.arch.ethz.ch/Solardatenbank

INTÉGRATION DANS LES GARDE-CORPS ET LES STRUCTURES VERRE-MÉTAL

Dans la plupart des cas, des modules solaires spécifiques à chaque bâtiment sont nécessaires pour l'intégration photovoltaïque dans les garde-corps ou les toits vitrés. La transmission lumineuse des éléments est déterminée par l'écartement entre les cellules en silicium ou par la perforation des cellules en couche mince. La statique requise est fonction du type de verre, de son épaisseur et de son type de collage. La conformité aux exigences de la norme SIA 261 « Actions sur les structures porteuses » et de la norme SIA 358 « Garde-corps » doit être respectée et prouvée. Dans l'idéal, les connexions électriques et les câbles doivent être intégrés dans une construction métallique. Résultat : des constructions d'une grande qualité esthétique et des câbles bien protégés contre les contacts intempêtes, contre l'humidité et contre l'eau. Pour une intégration sans souci des câbles, ces derniers doivent être pris en compte dès la phase de planification du projet.

Les énergies renouvelables influencent également l'environnement à différents niveaux. Il convient d'analyser systématiquement cet impact sur l'environnement et de le mettre en regard des coûts et des potentiels techniques de ces énergies. Si l'on considère son prix, les possibilités techniques qu'elle offre et son faible impact sur l'environnement, l'énergie solaire est de loin la source d'énergie qui recèle le plus grand potentiel.



IMMEUBLE D'HABITATION D'AVENIR ÉNERGÉTIQUE, ZÜRICH 2017

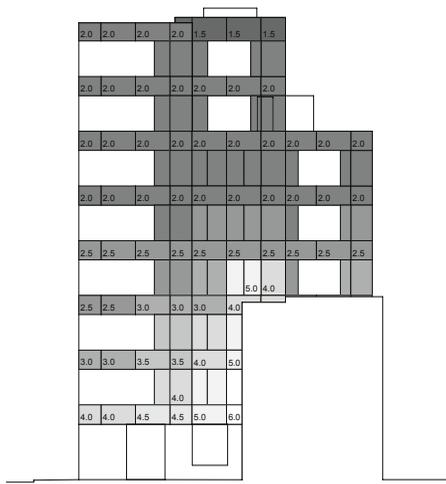
Un projet de l'Umwelt Arena Schweiz

avec le concours de René Schmid Architekten AG



ÉNERGIE GRISE

La construction d'un bâtiment consomme beaucoup d'énergie, c'est ce qu'on appelle l'« énergie grise ». Les installations de production d'énergie solaire ou d'autres énergies renouvelables sont capables d'amortir l'énergie grise nécessaire à leur construction. L'utilisation de technologies solaires actives recèle donc un potentiel intéressant : la transformation d'un bâtiment purement consommateur d'énergie en un bâtiment producteur d'énergie. Le facteur déterminant pour le calcul du temps de retour (amortissement) de l'énergie grise est la quantité d'énergie produite par l'installation solaire. Ainsi, le bilan énergétique du système dépend du rendement des composants, de l'emplacement, du type d'intégration et de l'orientation de l'installation.



SIMULATION DU TEMPS DE RETOUR DE L'ÉNERGIE GRISE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES EN FAÇADE AU FIL DES ANNÉES

Projet : Office de l'environnement et de l'énergie, Bâle
Architecture et source : jessenvollenweider architektur, Bâle

RÉPERCUSSIONS SUR L'ENVIRONNEMENT

L'impact environnemental est généralement analysé en termes de temps de retour de l'énergie grise ou d'émissions de CO₂, ou à l'aide d'un bilan environnemental global, et prend également en compte d'autres critères, tels que la consommation de ressources ou de sol. Diverses études révèlent que les énergies renouvelables affichent de meilleurs résultats que les énergies conventionnelles. Dans un bilan CO₂, l'énergie nucléaire peut encore tenir la comparaison avec les sources d'énergie renouvelables, mais en termes de bilan environnemental global, elle accuse un net recul. Outre l'énergie solaire, l'éolien et l'hydraulique affichent des bilans environnementaux encore meilleurs. Les différences sont relativement faibles et diminueront encore à l'avenir. Dans l'ensemble, les technologies solaires sont, de loin, celles qui affichent le plus grand potentiel pour réduire au minimum l'impact environnemental néfaste de la production énergétique, et sont de ce fait particulièrement utiles pour prévenir les émissions de CO₂.

RECYCLAGE ET ÉLIMINATION DES DÉCHETS

Au terme de leur cycle de vie, la plupart des modules photovoltaïques installés en Suisse peuvent être recyclés sans difficulté. Cela permet à la fois d'économiser de

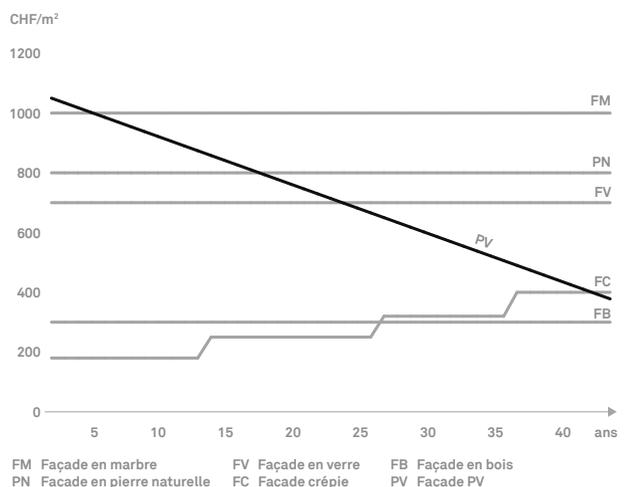
l'énergie, de réduire la facture énergétique et d'alléger la charge sur l'environnement. Les modules photovoltaïques les plus répandus sont principalement constitués de silicium, un matériau facilement récupérable d'un point de vue technique. Les cellules solaires contenant du cadmium ou d'autres métaux lourds (CIS ou CIGS) au lieu du silicium sont soumises à des prescriptions et processus d'élimination spéciaux. Derrière la marque SENS eRecycling se cache un organisme qui exploite à l'échelle de la Suisse un système de reprise des appareils électriques et électroniques. Sont notamment concernés les modules solaires et les composants qui peuvent être déposés aux centres de collecte du réseau SENS. Les fabricants ou importateurs non raccordés à un système de reprise reconnu doivent faire leur affaire personnelle de l'élimination des matériaux en fin de vie et prendre en charge les coûts associés.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

www.erecycling.ch

INVESTISSEMENTS ET RENDEMENT

Les investissements en faveur de l'intégration de la technologie solaire en toiture et dans l'enveloppe du bâtiment peuvent différer fortement du fait de la grande variété des possibilités de conception et d'application. L'investissement supplémentaire dans la façade solaire active est amorti d'une part grâce aux recettes tirées de la vente de l'énergie solaire excédentaire, d'autre part grâce aux prix bas de l'électricité utilisée pour la consommation propre. Les surcoûts liés à l'énergie photovoltaïque par rapport à une solution de façade en verre conventionnelle se chiffrent à environ 300 à 400 CHF par m². Dans le cas de systèmes de conception simple, l'investissement complémentaire peut déjà être amorti au bout de 15 ans. Quant aux systèmes plus complexes, ce délai s'allonge en conséquence. La durée de vie garantie des systèmes est de 25 ans; dans la pratique, elle s'avère beaucoup plus longue, ce qui permet de dégager un rendement sur les investissements supplémentaires dans la technique solaire.



COMPARATIF DES COÛTS DES DIFFÉRENTS TYPES DE FAÇADES

3/4

GROSSPETER TOWER, BÂLE 2017

ARCHITECTURE—Burckhardt+Partner AG, Bâle
MAÎTRISE D'OUVRAGE—PSP Real Estate AG, Zurich
PRODUIT—NICE Solar Energy, Schwäbisch Hall (D)
PLANIFICATEUR SOLAIRE—energiebüro AG, Zurich
ENTREPRISE SOLAIRE—Planeco GmbH, Münchenstein
PHOTOGRAPHIE—Adriano A. Biondo

7/8

IMMEUBLE SOLARIS, ZURICH 2017

ARCHITECTURE—huggenbergerfries Architekten AG, EPF/SIA/FAS, Zurich
MAÎTRISE D'OUVRAGE—hbf futur AG, Zurich
PRODUIT—ertex solartechnik GmbH, Amstetten (A)
PARTENAIRE DE RECHERCHE—Haute École de Lucerne /
 Centre de compétences « Envelopes & Solar Energy »
PLANIFICATEUR SPÉCIALISÉ DANS LE SOLAIRE—sundesign GmbH, Stallikon
ENTREPRISE SOLAIRE—Suntechnics Fabrisolar AG, Küssnacht
PLANIFICATION DES FAÇADES—Gasser Fassadentechnik AG, Saint-Gall
PHOTOGRAPHIE—huggenbergerfries Architekten AG, EPF/SIA/FAS

11/12

MAISON À ABSORPTION SOLAIRE DIRECTE, ZWEISIMMEN 2014

ARCHITECTURE—n11 Architekten, Zweisimmen
MAÎTRISE D'OUVRAGE—particulier
PRODUIT—toit solaire SUNSTYLE®, Ostermundigen
PLANIFICATEUR SPÉCIALISÉ—Energiebüro Hanimann, Zweisimmen ;
 Pflieger + Stöckli Architekten, Coire
PHOTOGRAPHIE—Katharina Wernli Photography

15/16

MAISON SCHNELLER BADER, TAMINS 2016

ARCHITECTURE—Bearth & Deplazes Architekten |
 Valentin Bearth, Andrea Deplazes et Daniel Ladner, Coire
MAÎTRISE D'OUVRAGE—Georgina Schneller et Sascha Bader
PRODUIT—3S Solar Plus SA, Gwatt
ENTREPRISE SOLAIRE—Bouygues E&S InTec Suisse SA,
 Unité opérationnelle Helion, Zuchwil
PHOTOGRAPHIE—Juan Rodriguez

19/20

IMMEUBLE D'HABITATION HOFWIESEN-ROTHSTRASSE, ZURICH 2016

ARCHITECTURE—Viridén + Partner AG, Zurich
MAÎTRISE D'OUVRAGE—particulier
UTILISATEUR ET INVESTISSEUR DE LA FAÇADE—EcoRenova AG, Zurich
PRODUIT—WINAICO
FOURNISSEUR DU SYSTÈME—GFT Façades SA, Saint-Gall
PLANIFICATION ET RÉALISATION DU PHOTOVOLTAÏQUE INTÉGRÉ AU BÂTIMENT (BIPV)—Diethelm Fassadenbau AG, Hermetschwil
GESTION DE CHARGE—e4plus AG, Kriens
PHOTOGRAPHIE—Nina Mann Fotografie, Zurich

25/26

ÉGLISE ET CENTRE PAROISSIAL, RIF-TAXACH (A) 2013

ARCHITECTURE—Walter Klasz, Sankt-Sigmund im Sellrain
MAÎTRISE D'OUVRAGE—église catholique romaine consacrée
 au bienheureux Albrecht
PLANIFICATEUR GÉNÉRAL—Paul Schweizer avec le concours
 de Martin Embacher, Salzburg
PHOTOGRAPHIE—Andrew Phelps

29/30

HOF 8, WEIKERSHEIM (D) 2014

ARCHITECTURE—Bureau d'architecture Klärle,
 Rolf Klärle, ingénieur diplômé, architecte indépendant BDA
 (Fédération allemande des architectes), Bad Mergentheim (D)
MAÎTRISE D'OUVRAGE—Professeure Martina Klärle et
 Andreas Fischer-Klärle
PRODUIT—Trina Solar, Aschheim/München (D)
PHOTOGRAPHIE—Brigida Gonzales

33/34

IMMEUBLE D'HABITATION, ZURICH-SCHWAMENDINGEN 2017

ARCHITECTURE—kämpfen für architektur AG, Zurich
MAÎTRISE D'OUVRAGE—particulier
PRODUIT—Capteur grande surface DOMA FLEX
 avec vitrage spécial Kromatix
INGÉNIEUR CVC—Naef Energietechnik, Zurich
SPÉCIALISTE EN ÉNERGIE—Edelmann Energie, Zurich
PHOTOGRAPHIE—Andreas Hekler

37/38

IMMEUBLE D'HABITATION D'AVENIR ÉNERGÉTIQUE, ZURICH 2017

Un projet de l'Umwelt Arena Schweiz avec le concours
 de René Schmid Architekten AG, Zurich
PRODUIT—PVP Photovoltaik, Wies (A), distributeur CH :
 Stephan Kobler, Wollerau
PLANIFICATEUR SPÉCIALISÉ,
SYSTÈME DE MONTAGE—René Schmid Architekten AG
PLANIFICATEUR SPÉCIALISÉ, ÉLECTRICITÉ—BE Netz, Ebikon
INSTALLATEUR—Max Vogelsang Holzbau AG, Wohlen

41/42

COPENHAGEN INTERNATIONAL SCHOOL, COPENHAGUE (DK) 2017

ARCHITECTURE—C.F. Møller Architects Aarhus • Copenhagen •
 Aalborg • Oslo • Stockholm • London
MAÎTRISE D'OUVRAGE—Property Foundation Copenhagen
 International School (ECIS)
PRODUIT—Emirates Insolair, Dubaï. Une coentreprise de
 SwissINSO (société issue de l'EPF de Lausanne) et d'Emirates Glass
PHOTOGRAPHIE—Adam Mørk



COPENHAGEN INTERNATIONAL SCHOOL, COPENHAGUE (DK) 2017

C.F. Møller Architects Aarhus • Copenhagen • Aalborg • Oslo • Stockholm • London



Cette publication a été produite sans incidence
sur le climat et imprimée sur du papier certifié FSC.

03.2019 3771 860437657

