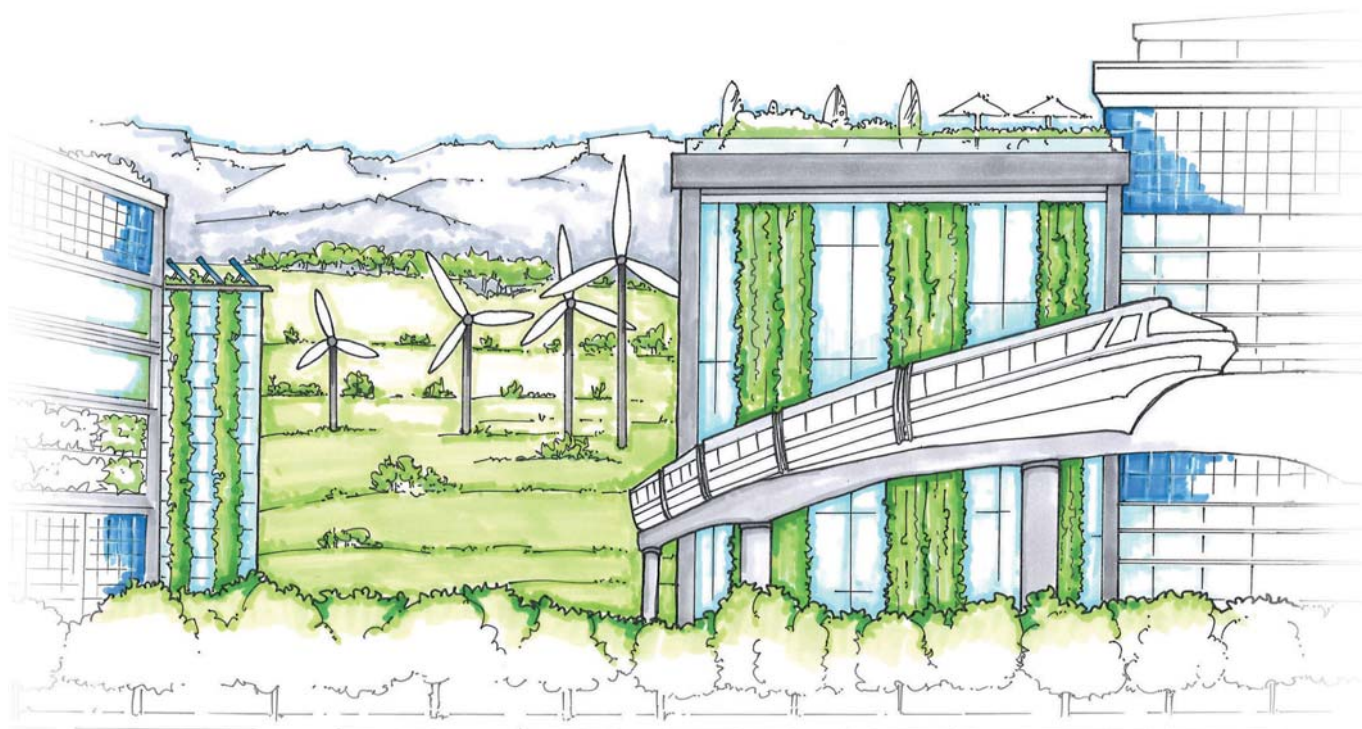




SCHWEIZERISCHE FACHVEREINIGUNG GEBÄUDEBEGRÜNUNG  
ASSOCIATION SUISSE DES SPECIALISTES DU VERDISSEMENT DES EDIFICES

## ToitureEnergieVerte & FaçadeEnergieVerte – défis et opportunités

Mitige du paysage, densification du bâti, transition énergétique –  
des défis qui demandent des solutions constructives et durables



Cette brochure a été créée avec le soutien de:

**SWISSOLAR** 

Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie  
Association suisse des professionnels de l'énergie solaire  
Associazione svizzera dei professionisti dell'energia solare  
Swiss Solar Energy Professionals Association

**FONDATION**  
**Nature & Economie**

**SFS**  
energiestiftung.ch

**SWISS**   
**CLEANTECH**



**Jardin Suisse**

Unternehmervverband Gärtner Schweiz  
Associazione svizzera imprenditori giardinieri  
Association suisse des entreprises horticoles

  
**GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ**  
**ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE**  
**INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA**  
ASSOCIATION DES ENTREPRENEURS DE L'ENVELOPPE DES ÉDIFICES

**solarspar**   
Sonnenergie gewinnen

**h e p i a**

Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève

## Auteur:

Fritz Wassmann-Takigawa, 8225 Siblingen

## Editeur:

Association Suisse des Spécialistes du Verdissement  
des Edifices  
Waisenhausstrasse 2, 3600 Thun  
info@sfg-gruen.ch, www.sfg-gruen.ch

## Graphique et design:

Roman Lampart  
Steiner & Partner Landschaftsarchitektur GmbH, 3600 Thun

## Rédaction:

Hansruedi Amrein-Gerber – Rédaction technique «Bau»  
Erich Steiner – Gérant ASVE

## Traduction:

Géraldine Wälchli, hepia Genève

## Relecture et correction:

Eric Amos, hepia Genève

## 1<sup>ère</sup> édition:

3'000 exemplaires (05.2018)

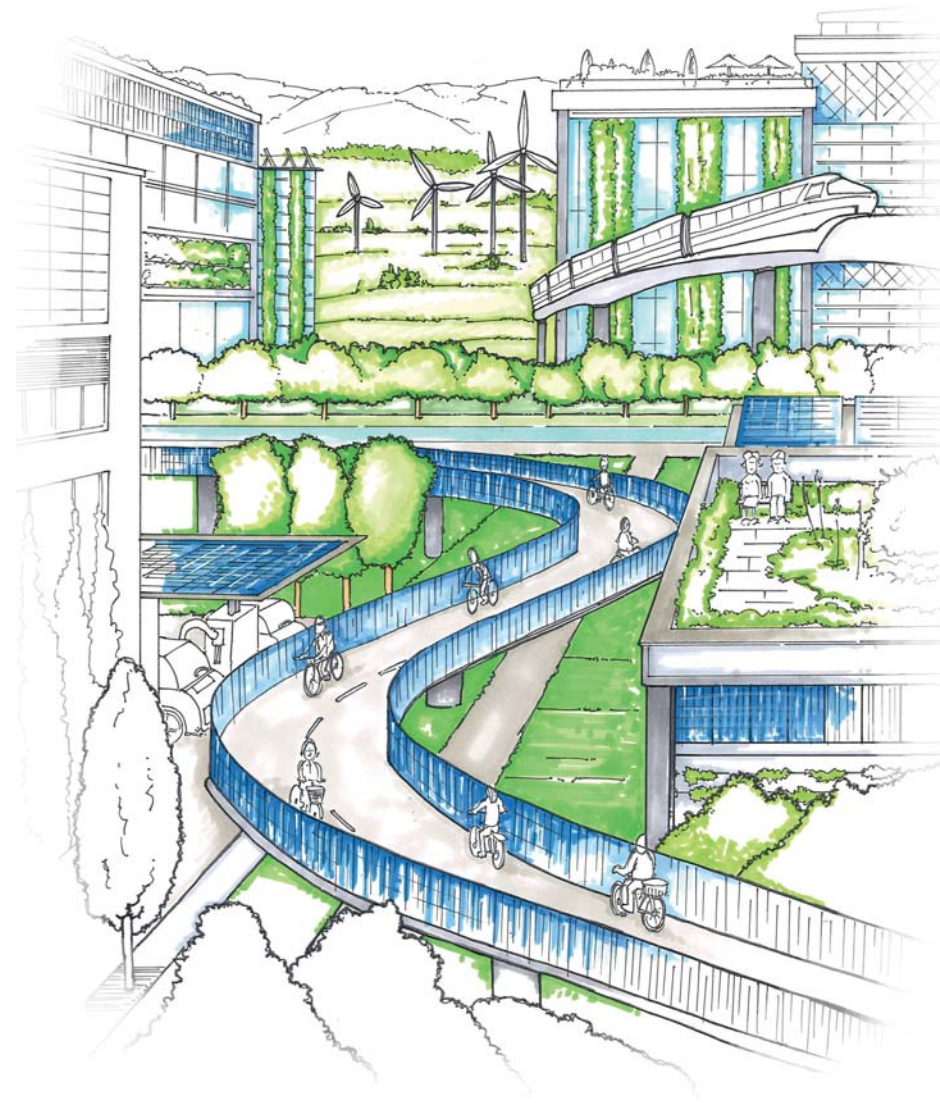
## Crédits photographiques:

Page 4: Contec AG  
Page 5: Irene Zluwa  
Page 6: Bauder AG  
Page 7: Fritz Wassmann  
Page 8: Fritz Wassmann  
Page 9: Contec AG  
Page 10: Andreas Dreisiebner  
Page 12: Fritz Wassmann  
Page 13: Contec AG  
Page 14: Heizplan AG (1), Fritz Wassmann (2, 3, 4),  
Optigrün International AG (5)

D'éventuelles corrections, commentaires et ajouts à cette brochure peuvent être consultés sur [www.sfg-gruen.ch](http://www.sfg-gruen.ch).

## La brochure a été développée en collaboration avec les organisations et associations

Enveloppe des Edifices Suisse, 9240 Utzwil  
Fondation Nature & Economie, 6004 Luzern  
Fondation Suisse de l'Energie (SES), 8005 Zürich  
JardinSuisse, 5000 Aarau  
Plante & Cité Suisse, Genève  
Solarspar, 4450 Sissach  
Swisscleantech, 8004 Zürich  
Swissolar, 8005 Zürich  
WWF Suisse, 8010 Zürich





# Introduction

## Situation

La progression des zones bâties ainsi que la **perte de sols perméables** continuent d'augmenter et nous obligent à prendre des dispositions pour compenser cette situation portant atteinte à l'environnement.

**Environ 450 km<sup>2</sup>** – telle est la surface non valorisée sur les toits en Suisse. Cela correspond presque au double de la superficie du canton de Zug.

**L'énergie solaire** est devenue une source d'énergie rentable économiquement, en particulier l'auto-consommation des commerces et industries.

De grandes entreprises comme Migros, Coop, Lidl et Aldi misent sur la transition énergétique, sur l'efficacité des nouvelles technologies, le photovoltaïque et d'autres énergies renouvelables.

La combinaison de panneaux solaires et leurs différentes orientations – est/sud/ouest – régulent en grande partie la variabilité du rendement. Par ailleurs, l'intégration de systèmes intelligents de haute efficacité, l'énergie hydraulique, éolienne et de biomasse, tout comme la gestion de la charge et le stockage local (électromobilité, batteries domestiques) assurent de manière fiable l'approvisionnement à long terme en électricité verte.

### L'avenir avec les énergies renouvelables:

L'efficacité des technologies actuelles de production d'énergies renouvelables permettent déjà d'envisager l'avenir avec confiance. La recherche et le développement continus ouvrent sans cesse la voie pour de nouvelles perspectives. La multiplication des modes de production de l'énergie nous rend également indépendants de l'approvisionnement en énergie étrangère.

**Coûts:** Les sources d'énergie conventionnelles limitées (pétrole, gaz, charbon, uranium) sont de plus en plus chères, malgré les fluctuations des

prix, alors que les énergies renouvelables deviennent moins chères.

### Projets de développement innovants et durables:

Avec des densités d'habitats de plus en plus élevées, il est nécessaire et aujourd'hui possible, de concevoir des aménagements extérieurs de qualité, économes en ressources et contribuant à une réelle production énergétique locale associée à la végétalisation des édifices.





## La toiture végétalisée

### Avantages

La **rétenion d'eau** des toitures végétalisées soulage le réseau des canalisations (certaines communes abaissent d'ailleurs les taxes des eaux usées pour cette raison).

Les toits verts **protègent contre la chaleur** en été et aident à maintenir une température ambiante plus agréable. Ils réduisent également la température à l'extérieur des bâtiments grâce à l'évapotranspiration des plantes; ils filtrent et absorbent poussières, polluants et CO<sub>2</sub> et améliorent ainsi la qualité de l'air et le climat urbain.

Les toitures végétalisées représentent aussi des **habitats de remplacement** précieux pour de

nombreuses espèces d'animaux ou de plantes rares. Les résultats de différentes études de terrain démontrent une richesse en insectes exceptionnelle sur les toits possédant une flore variée.

Les toits verts prolongent considérablement la **durée de vie de l'étanchéité** du toit et retardent ainsi les travaux de rénovation de la toiture.

Les toitures végétalisées réalisées professionnellement ont une **valeur esthétique** supérieure aux toits en graviers et apportent une dimension végétale et vivante précieuses dans les zones urbaines.



## Le jardin sur le toit (végétalisation intensive)

### Avantages

Les toitures végétalisées offrent de nouveaux **milieux de vie** où les habitants peuvent bénéficier d'un espace récréatif supplémentaire au sein de la ville. Elles peuvent aussi servir de surface commerciale ou d'exposition pour les entreprises. Des paysages de toits verts attrayants dans des zones densément habitées augmentent la qualité de vie et du travail.

Les toits verts sont intéressants d'un point de vue **économique**. Les surfaces construites, jusque là non exploitées, sont rendues utilisables, les pertes de sol sont réduites et la valeur du bâtiment augmente.

Grâce à des couches de substrat plus épaisses (30 cm et plus), l'effet **d'isolation thermique** accroît et la capacité de **stockage hydrique** augmente.

Avec des potagers installés sur les toitures, des légumes et fruits de saison peuvent être produits localement et récoltés sur place. La tendance est à l'«**Urban Gardening**» et ouvre la voie à de nombreux échanges et partages entre les habitants.



## La source d'énergie solaire

### Sur les surfaces des bâtiments

De nombreuses toitures en pente sont disponibles pour l'énergie solaire. Façades, parapets, panneaux photovoltaïques intégrés dans des vitres ou couvertures de pavillons – il existe aujourd'hui beaucoup de possibilités pour produire de l'énergie. Les toits plats végétalisés avec des systèmes surélevés pour les panneaux solaires, orientés vers le sud, est ou ouest obtiennent les meilleurs résultats dans la production d'énergie solaire.

La production d'énergie solaire est propre et respectueuse de l'environnement, elle ne provoque pas de pollution de l'air et son efficacité n'est plus à prouver.

Grâce à divers modèles de financement et de rentabilité, l'utilisation d'énergie solaire constitue un investissement attractif. La consommation directe de l'électricité produite sur son toit est particulièrement intéressante pour les entreprises, les bureaux et l'industrie.

Cela conduit à une plus grande sécurité et un approvisionnement énergétique indépendant.

Le volume d'affaire et les capitaux restent en grande partie dans la région, au profit de l'industrie locale.

Des modules solaires de couleurs et d'aspects différents ouvrent de nouvelles possibilités de conception intéressantes.

Le stockage d'énergie à grande échelle, les centrales hydroélectriques, les systèmes Power-to-gaz, les piles à combustible, les centrales thermiques combinées et autres systèmes assurent l'alimentation électrique, été comme hiver. Un stockage localement efficace d'énergie renouvelable garantit l'alimentation complémentaire et autonome pendant plusieurs jours.



## La ToitureEnergieVerte

### La complémentarité idéale

**Faire avec plutôt que contre:** La combinaison de toitures végétalisées et de panneaux solaires offre des avantages avérés.

Les systèmes combinés se sont révélés convainquants dans de multiples projets et montrent que la planification, la réalisation et l'entretien peuvent être simplifiés.

Les supports des panneaux solaires sont ancrés dans le substrat et les nattes de rétention d'eau. Aucune charge supplémentaire autre que celle des panneaux, ni aucune perforation de la toiture sont nécessaires pour le montage des modules.

Une végétation dense et basse sous les panneaux inhibe la germination et le développement de plantes indésirables et crée un habitat ombragé et frais avec son propre spectre d'espèces.

Les espaces entre les panneaux représentent des surfaces idéales pour le développement de plantes

adaptées aux conditions arides sur les toits. Le feuillage argenté de certaines espèces protège contre la chaleur et reflète les rayons de soleil. Cette propriété est actuellement l'objet d'une expérimentation à l'Université des Sciences Appliquées de Zurich ZHAW à Winterthur et tente de démontrer une corrélation entre une potentielle augmentation du rendement des panneaux inclinés ou verticaux et la réflexion de la végétation.

Une autre possibilité serait d'installer des grilles claires à mailles fines au-dessus des plantes. Les grilles reflètent la lumière et permettent une végétation foisonnante bien que basse, puis inhibe la croissance de plantes non désirées.

**Remarque:** Une végétalisation en combinaison avec des panneaux montés à plat n'est pas judicieuse, même pour les toits inclinés. Dans ces cas, une séparation spatiale entre le végétal et les panneaux solaires s'avère être une solution raisonnable.





# Réalisation

## Principes de base pour la construction d'un toit vert-énergétique:

**Utilisation du toit:** Les concepteurs ont à disposition une multitude de modes d'utilisation: (extensif, intensif, jardin résidentiel ou public etc.) voir brochures à [www.gh-schweiz.ch](http://www.gh-schweiz.ch).

**Statique:** La capacité de charge doit correspondre au mode d'utilisation et de végétalisation.

**Exposition et ensoleillement:** A l'ombre, le rendement des panneaux solaire diminue rapidement. Vérifiez les différentes orientations – est/sud/ouest et l'utilisation de panneaux à deux faces bifaciaux avec supports verticaux ou inclinés. Les panneaux verticaux restent généralement sans neige en hiver. Vous trouvez les informations sur l'aptitude solaire de votre bâtiment, la production annuelle, la durée d'amortissement, les subventions, les procédures etc. sur [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch).

**Choix du système solaire:** L'énergie solaire peut être utilisée de plusieurs manières. Pour la production d'eau chaude ou de chauffage (thermique), pour la production d'électricité (photovoltaïque) et en combinaison eau-électricité (hybride). La collaboration avec une entreprise expérimentée dans l'énergie solaire aide à clarifier la question rapidement. ([www.solarprofis.ch/fr](http://www.solarprofis.ch/fr)).

**Isolation thermique:** Les toits verts énergétiques nécessitent une isolation thermique (exceptés les bâtiments non chauffés comme des carports etc). Dans le cas de végétalisations intensives avec des épaisseurs de substrat de 20 cm et plus, il existe un fort potentiel d'isolation et de stockage d'eau.

**Panneaux surélevés:** La distance entre les panneaux surélevés et la surface du substrat ne doit pas être inférieure à 30 cm.

**Qualité des modules:** L'efficacité des cellules de silicium est de 15 à 22% aujourd'hui, tendance à la hausse. La durabilité, le rapport prix-performance ainsi que la garantie et le service sont également à prendre en compte. Les panneaux solaires de haute qualité ont une durée de vie d'au moins 30 à 40 ans.

**Utilisation du soleil d'hiver:** Surtout dans les zones enneigées cela peut considérablement contribuer à une alimentation sécurisée pendant le semestre d'hiver (panneaux bifaciaux). Les systèmes photovoltaïques qui dégagent la neige automatiquement sont un objectif important de la recherche actuelle.



**Choix et épaisseur du substrat en fonction de la végétation souhaitée:** Teneur en éléments nutritifs, capacité de rétention d'eau et taux de PH sont à définir. Les substrats clairs ont une valeur de réflexion (albédo) plus élevée.

**Choix des plantes:** Afin d'éviter de faire de l'ombre aux modules, semez uniquement des espèces basses (max. 20 cm de hauteur) devant les panneaux. Les plantes doivent être tolérantes à l'ombrage en dessous des panneaux et de préférence ne pas dépasser environ 30 cm de hauteur, de sorte que l'air puisse circuler et refroidir.

**Modélisation du sol:** Les différentes épaisseurs de substrats influent sur la diversité des espèces et déterminent le type de végétation. Pour éviter l'ombrage des panneaux par les plantes, une épaisseur maximale de la couche, de 4 à 7 cm selon la pluviométrie du lieu, doit être garantie sur les 50 premiers centimètres devant les modules.

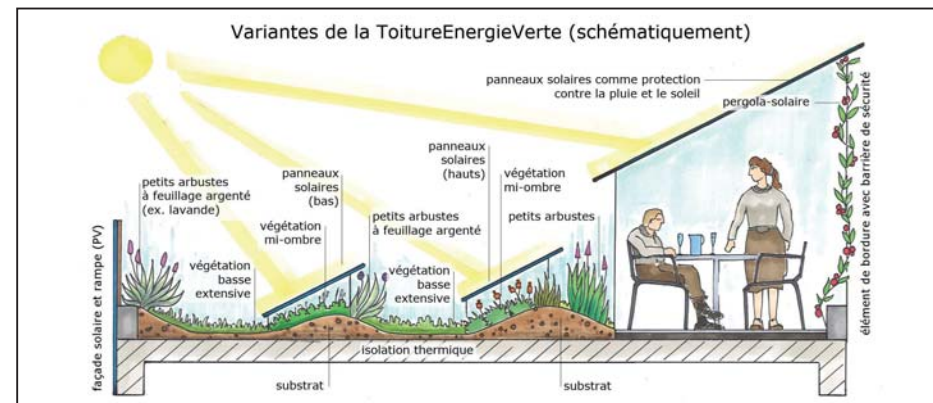
**Irrigation:** Indispensable pour la végétation intensive, en règle générale elle est non nécessaire pour les végétalisations extensives pour autant que le choix des plantes soit adapté aux conditions du

site. Dans les régions à sécheresse prononcée (Valais, vallées intérieures alpines), un système d'irrigation peut être utile.

**Végétation:** Elle peut être semée, plantée, épanchée avec des boutures ou déroulée (tapis pré-cultivés). Un entretien professionnel ainsi qu'une fraction granulométrique fine suffisante dans le substrat minimisent les pertes sur la semence et créent rapidement une couverture végétale significative. Pour un meilleur résultat, l'approvisionnement en eau est crucial les premiers mois.

**Premiers soins:** Les soins apportés à la création et le suivi selon le plan et contrat d'entretien sont très importants pour le succès de la végétalisation, en particulier le contrôle d'espèces indésirables (néophytes) et la hauteur des plantes.

**Design:** De belles réalisations de ToituresEnergie-Vertes renforcent l'image et procurent beaucoup d'avantages et de satisfactions.



## La FaçadeEnergieVerte

### Ça fonctionne aussi

Les façades bien ensoleillées, plans inclinés ou autres structures verticales sont idéales pour l'utilisation solaire:

- En hiver le rendement énergétique des panneaux verticaux est plus élevé que sur des surfaces horizontales (comme sur les toits) dû au faible angle d'inclinaison des rayons du soleil.
- Les surfaces verticales restent généralement exemptes de neige.

Les nouvelles façades solaires offrent de nombreuses possibilités de conception intéressantes. Les panneaux de couleurs différentes et transparents ainsi que les vitres dotées de cellules photovoltaïques intégrées sont très actuels. Cela ouvre de nouvelles opportunités pour des associations efficaces, attrayantes et originales.

La végétalisation de la façade apporte de nombreux avantages:

- Les façades vertes sont esthétiques et attirent l'attention.
- Elles offrent nourriture, abris et lieu de nidification pour certaines espèces d'oiseaux et d'insectes.
- Elles protègent les bâtiments contre les intempéries extrêmes, les rayonnements nuisibles et la pollution routière.



- Les façades vertes diminuent la température ambiante en été.
- Elles procurent des supports pour de nombreuses plantes grimpantes, vignes et espaliers fruitiers, contribuant ainsi au jardinage urbain.

La combinaison du végétal et de l'énergie solaire nécessite des directives précises:

- Pas de FaçadeEnergieVerte sans isolation thermique installée préalablement.
- Afin d'éviter l'ombre portée sur les modules solaires, il est recommandé de rester vigilant à la croissance vigoureuse de certaines plantes grimpantes (glycine, vigne vierge lierre, aristo-loche, bignone). A cet égard, les systèmes liés à la façade, les treillis ou espaliers sont plus sûrs.
- Concept d'entretien clair ('tâches') et consignes contractuelles (attribution des responsabilités de l'entretien).

En cas de doute, les modules solaires sont à installer en priorité sur les façades bien ensoleillées. Il reste d'ordinaire suffisamment de surfaces partiellement ensoleillées/ombragées sur les façades pour la végétalisation.



## Le changement climatique mondial

### Les EnveloppesEnergiesVertes pour des villes durables

Il est désormais largement admis que le changement climatique est une réalité et un enjeu mondial. Les effets sont d'ailleurs déjà évidents dans de nombreux et divers domaines: La fonte des glaces sur les pôles, le retrait rapide des glaciers et la multiplication d'événements météorologiques destructeurs, la sécheresse persistante, les précipitations extrêmes suivies d'inondations et de glissements de terrain, l'acidification et l'élévation du niveau de la mer.

La ToitureEnergieVerte et la FaçadeEnergieVerte sont donc des ouvrages importants pour contribuer à l'amélioration climatique. La production photovoltaïque est devenue intéressante économiquement pour une fourniture électrique autonome qui contribue à l'alimentation du commerce et de l'industrie pendant la journée. Les véhicules électriques, alimentés par leur propre système d'énergie solaire, servent également de stockage d'électricité et, en combinaison avec d'autres technologies de stockage et de gestion intelligente (Smart-Grid), garantissent la stabilité du réseau. Le couplage de secteurs, les centrales électriques virtuelles et la mise en réseau de différentes centrales génératrices contribueront également à maintenir la stabilité du réseau électrique d'ici peu.

Pour toutes ces raisons, les entreprises et investisseurs se concentrent actuellement sur les énergies renouvelables.

La rénovation énergétique des bâtiments existants est urgente et offre l'occasion de réfléchir à la végétalisation des enveloppes des bâtiments et de leur environnement immédiat.

L'association des compétences des professionnels du végétal et de l'énergie solaire contribue à améliorer le microclimat dans les zones urbaines et crée de nouveaux espaces de vie pour les habitants, les plantes et les animaux. L'engouement pour les jardins et les potagers sur les toits est incontesté, tout comme les façades généreusement végétalisées qui offrent de l'ombre et purifient l'air le long des rues. La végétation contribue à augmenter le rendement des panneaux solaires, particulièrement les plantes à feuillage argenté comme a pu le démontrer l'université des Sciences Appliquées de Zurich ZHAW à Winterthur.

Le temps est venu de proposer, de convaincre et d'installer des Toitures et Façades Vertes Energétiques!

**Dès maintenant!**







1 Heizplan AG/Gams, gagnants du Prix Solaire Suisse 2011. Les façades et les toitures produisent 448% de leurs propres besoins énergétiques!, 2 Photovoltaïque et végétation combinés, 3 Végétalisations verticales liées au sol, 4 Photovoltaïque et végétation combinés, 5 Végétalisations verticales liées à la façade

## Sponsor principal



Weiss + Appetito Spezialdienste AG  
Statthalterstrasse 46  
3018 Bern  
T 031 750 75 55, [www.weissappetito.com](http://www.weissappetito.com)

## Catégorie A



A777 Gartengestaltung  
Bahnwärterhaus  
8472 Seuzach  
T 052 338 07 76, [www.a777.ch](http://www.a777.ch)

## contec

Contec AG  
Glütschbachstrasse 90  
3661 Uetendorf  
T 033 346 06 00, [www.contec.ch](http://www.contec.ch)



Dörken AG  
Talstrasse 47  
4144 Arlesheim  
T 061 706 93 30, [www.doerken.ch](http://www.doerken.ch)



Ernst Gerber AG  
Mumenthalstrasse 5  
4914 Roggwil  
T 062 916 40 80, [www.gerber-ag.ch](http://www.gerber-ag.ch)



fenaco Genossenschaft UFA-Samen  
In der Euelwies / PF 344  
8401 Winterthur  
T 058 433 76 76, [www.ufasamen.ch](http://www.ufasamen.ch)



Forster Baugrün AG  
Kerzersstrasse  
3210 Kerzers  
T 031 755 67 07



Jakob AG  
Dorfstrasse 34  
3555 Trubschachen  
T 034 495 10 10, [www.jakob.ch](http://www.jakob.ch)

**Catégorie B** a3 Betonpumpen AG, 8910 Affoltern a.A.  
Morath AG, 4123 Allschwil



Max Möckli Kies und Beton  
Hauptstrasse 8  
8252 Schlatt  
T 052 646 20 10, [www.moecklibeton.ch](http://www.moecklibeton.ch)



Otto Hauenstein Semences  
Z.I. Les Ducats 4  
1350 Orbe  
T 024 441 56 56, [www.hauenstein.ch](http://www.hauenstein.ch)



Ricoter Erdaufbereitung AG  
Radelfingerstrasse 24-26  
3270 Aarberg  
T 032 391 63 00, [www.ricoter.ch](http://www.ricoter.ch)



Soba Inter AG  
im Grund 15  
5405 Dättwil  
T 056 483 35 20, [www.soba-inter.com](http://www.soba-inter.com)



Soprema AG  
Härdlistrasse 1-2  
8957 Spreitenbach  
T 056 418 59 68, [www.soprema.ch](http://www.soprema.ch)



TRUCHET, JARDINIER SA  
8 rue du Bois-du-Lan  
1217 Meyrin  
T 022 989 11 12, [www.truchet.ch](http://www.truchet.ch)



ZinCo AG Dachbegrünungssysteme  
Industriestrasse 28  
4622 Egerkingen  
T 062 398 01 60, [www.zinco.ch](http://www.zinco.ch)

**Catégorie C** Begrünungen Hunn AG  
Hydrosaat AG



## Avez-vous des questions?

Association Suisse des Spécialistes du Verdissement des Edifices  
Waisenhausstrasse 2, 3600 Thun  
T 033 223 37 57  
info@sfg-gruen.ch, www.sfg-gruen.ch

Swissolar  
Neugasse 6, 8005 Zürich  
T 044 250 88 33, F 044 250 88 35  
info@swissolar.ch, www.swissolar.ch  
Registre: Die Solarprofis

**Participez à construire un avenir durable  
et investissez dans les ToituresEnergieVertes  
et les FaçadesEnergieVertes!**



**Climatiquement neutre  
Impression**  
ClimatePartner.com/53460-1804-1001

