

# Guide ÉlectriCité Solaire

## Exemples, expériences, mesures



Un approvisionnement énergétique efficace, durable et garanti sur le long terme constitue une condition importante de notre développement économique et social. De nos jours (et à l'avenir également), la durabilité dans le domaine énergétique implique a) une efficacité élevée, b) une utilisation parcimonieuse des ressources non renouvelables et c) une intégration croissante des sources renouvelables dans l'économie énergétique. Parmi ces dernières, en Suisse, l'hydraulique joue déjà un rôle important. La géothermie et l'usage de la chaleur ambiante sont également répandus. La biomasse, le vent et le soleil offrent la possibilité de diversifier et de consolider notre portefeuille énergétique. Dans ce contexte, les communes sont appelées à jouer un rôle important, par exemple en utilisant les ressources indigènes et en accroissant ainsi la valeur ajoutée locale. Cette publication a pour objectif de présenter les diverses possibilités offertes par le photovoltaïque.

Le photovoltaïque – soit la production d'électricité solaire – présente quatre avantages principaux:

- **Écologie:** Le photovoltaïque est écologique. Il transforme la lumière en électricité, que l'on nomme souvent « électricité solaire ». L'exploitation des installations solaires n'engendre aucune émission nocive. Pendant sa durée de service, une installation fournit cinq à quinze fois plus d'énergie que ce que sa fabrication a nécessité.
- **Utilisation optimale de l'espace urbain:** Le photovoltaïque utilise efficacement l'espace construit. Il peut être intégré aux bâtiments et aux infrastructures. Il n'y a guère d'autre technologie énergétique qui recèle un tel potentiel de production électrique en milieu bâti. En conciliant planification énergétique, urbanisme et aménagement du territoire, le photovoltaïque permet une utilisation optimale de l'espace urbain.
- **Potentiel futur d'approvisionnement électrique:** Malgré son coût relativement élevé, le photovoltaïque constitue un investissement dans l'avenir. Le développement technologique et l'évolution économique de ce secteur sont dynamiques et prometteurs. Le photovoltaïque n'est plus un produit de niche mais une technologie et une industrie déterminantes pour un futur qui n'est plus si éloigné. C'est la raison pour laquelle l'industrie électronique et le secteur énergétique investissent dans le photovoltaïque, tandis que le secteur public soutient les réalisations prometteuses.
- **Valeur ajoutée locale:** Le photovoltaïque offre déjà – et offrira de plus en plus – aux acteurs privés, publics ou industriels de nombreuses possibilités de contribuer localement au développement économique, social et écologique. Concrètement, le photovoltaïque utilise les ressources indigènes et renforce donc aussi la valeur ajoutée locale.

Le photovoltaïque est considéré comme l'une des pierres angulaires de l'approvisionnement énergétique futur. Son fonctionnement technique ne pose plus aucun problème. Chaque deux à trois ans, ce marché double de volume. Ces évolutions positives ne vont toutefois pas de soi. Le photovoltaïque a besoin de soutien. Chaque personne et chaque commune peut faire quelque chose pour lui.

Le *Guide ÉlectriCité Solaire* s'adresse aux communes et à leurs autorités, ainsi qu'aux décideurs de la planification et de l'approvisionnement énergétiques, de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. Son premier objectif est d'informer et de présenter le monde du photovoltaïque de manière illustrée. Cette technologie connaît un développement très rapide, ce qui explique que les connaissances du public soient souvent lacunaires et dépassées.

Cette publication souhaiterait également inciter à l'action. Des exemples et des expériences concrets mettent en évidence les possibilités qui s'offrent aux communes et aux décideurs. Le guide fournit des connaissances de base et des éléments complémentaires aux communes qui souhaiteraient faire leurs premiers pas – et les suivants – vers un avenir plus ensoleillé.

Les communes jouent un rôle central dans le déploiement du photovoltaïque. Les modes d'action possibles sont très divers. Ils vont de l'achat de courant solaire à la construction d'une installation, mais la commune peut aussi créer des conditions favorables à la mise en œuvre du photovoltaïque. En ce sens, le *Guide ÉlectriCité Solaire* a une double fonction: il doit montrer ce que les communes peuvent faire de leurs compétences, mais il doit aussi illustrer comment d'autres acteurs – dans les entreprises et au sein de la population – peuvent se mobiliser.

La publication « Solar Electricity Guide » – soutenue par l'Office fédéral de l'éducation et de la science (aujourd'hui Secrétariat d'État à l'éducation et à la recherche) et par la Commission européenne – a servi de fondement à la rédaction du *Guide ÉlectriCité Solaire*. Le programme SuisseÉnergie a permis de réviser la publication originale et de l'adapter aux spécificités suisses. Enfin, plus de 100 personnes et organisations ont contribué à cette publication. Qu'elles en soient toutes vivement remerciées.

Le résultat de ce travail est une collection riche et variée – et pour le moment unique – d'exemples, de mesures prises et d'expériences réalisées. Ceux-ci montrent comment la Suisse utilise le photovoltaïque au plan local et ouvre progressivement ses portes à l'électricité solaire.

<b>1 Applications</b>	<b>4</b>
1.0 Applications et modes d'action possibles	5
1.1 Alimenter les infrastructures de manière autonome et à bon compte grâce au photovoltaïque	6
1.2 Une utilisation multifonctionnelle des infrastructures et des espaces publics	8
1.3 Mettre en valeur les bâtiments publics grâce au solaire	9
1.4 Des entreprises électriques locales proposent du courant photovoltaïque	11
1.5 Construire des bâtiments aux normes de l'avenir	12
1.6 Optimiser le développement urbain du point de vue de l'énergie et de la durabilité	13
1.7 Développer et soutenir l'innovation et les initiatives privées	15
<b>2 Projets et programmes</b>	<b>17</b>
2.0 Modes d'action possibles pour les projets et les programmes	18
2.1 Motivation	19
2.2 Réalisation de projets	20
2.3 Exemple d'une installation appartenant à la commune	23
2.4 Définir des objectifs	26
2.5 Réalisation de programmes	27
<b>3 Bases et cadre général</b>	<b>38</b>
3.0 Modes d'action possibles pour la mise en place des bases et du cadre général	39
3.1 Recenser les ressources locales	40
3.2 Favoriser un développement urbain efficace et durable	44
3.3 Influencer favorablement l'architecture et le processus de conception	47
3.4 Contribuer à un cadre général adapté pour le marché et les investissements	51
3.5 Soutenir les initiatives prises dans le domaine solaire	54
<b>Informations complémentaires</b>	<b>56</b>

Le *Guide ÉlectriCité Solaire* est conçu de manière à ce que chaque section puisse être lue indépendamment.

### Questions traitées

- Quelles sont les possibilités d'utilisation du photovoltaïque dans les communes?
- Où et comment peut-on recourir au photovoltaïque de manière judicieuse?
- Pourquoi le photovoltaïque s'intègre-t-il si bien dans l'environnement construit?

### Objectif

Des exemples présentent les nombreuses possibilités d'utilisation du photovoltaïque. Cette technologie offre des avantages particulièrement intéressants dans l'environnement urbain, parce qu'elle permet de donner un caractère multifonctionnel aux surfaces bâties. En outre, si on le compare à d'autres technologies énergétiques, le photovoltaïque se distingue par a) des applications potentielles particulièrement nombreuses et diversifiées et b) le fait que l'on peut l'utiliser dans pratiquement toutes les communes.

### Contenu et structure

La technologie photovoltaïque est relativement jeune. Elle transforme la lumière en électricité, sans aucun bruit ni aucune émission. Le photovoltaïque a trouvé ses premières applications dans l'espace, où il continue de fournir de l'électricité aux

satellites. Entre-temps, les efforts des milieux de la recherche et de l'industrie ont permis de mettre sur le marché une large palette de technologies et de produits. De nos jours, le photovoltaïque offre dans presque chaque commune de nombreuses possibilités d'applications qui vont des automates à titres de transport fonctionnant de manière autonome aux centrales solaires situées sur les toits des bâtiments.

Au-delà de son aspect technique, le photovoltaïque est devenu le symbole d'une architecture innovante et durable. En Suisse, les communes et les régions jouent souvent un rôle important par l'intermédiaire des entreprises électriques qui leur appartiennent ou qui leur sont proches. Ces dernières peuvent par exemple installer des systèmes photovoltaïques ou commercialiser du courant solaire. Elles font le lien entre les producteurs et les consommateurs d'électricité. Pour de nombreux acteurs du marché de l'électricité, le courant photovoltaïque est devenu un instrument de marketing qui permet aussi de diversifier l'offre.

Les sept chapitres qui suivent illustrent l'étendue des possibilités d'utilisation du photovoltaïque, de l'alimentation électrique des parcomètres jusqu'aux cités solaires. Il s'agit d'applications déjà réalisables, qui offrent diverses possibilités de participation aux communes.

#### 1.0 Applications et modes d'action possibles

- 1.1 Alimenter les infrastructures de manière autonome et à bon compte grâce au photovoltaïque
- 1.2 Une utilisation multifonctionnelle des infrastructures et des espaces publics
- 1.3 Mettre en valeur les bâtiments publics grâce au solaire
- 1.4 Des entreprises électriques locales proposent du courant photovoltaïque
- 1.5 Construire des bâtiments aux normes de l'avenir
- 1.6 Optimiser le développement urbain du point de vue de l'énergie et de la durabilité
- 1.7 Développer et soutenir l'innovation et les initiatives privées

On appelle « photovoltaïque » la transformation directe de la lumière en électricité à l'intérieur d'une cellule solaire. Cet effet ne provoque ni mouvement, ni bruit, ni émission. Découvert en 1839, le photovoltaïque n'a pourtant été utilisé qu'à l'ère des semi-conducteurs: la première cellule solaire a été développée aux États-Unis en 1954.

Les cellules solaires sont constituées de plusieurs fines couches de matériaux semi-conducteurs. De nos jours, elles sont composées à 98 % de silicium. Ce matériau a l'avantage d'être écologique et d'être disponible en grandes quantités (il s'agit du deuxième élément le plus abondant de la croûte terrestre). Les cellules solaires utilisent des technologies très variées. Lorsqu'on accouple plusieurs d'entre elles et qu'on les emballe pour les protéger des intempéries, on obtient un module solaire. On utilise du verre et du plastique comme matériaux d'emballage (généralement du verre sur la partie antérieure et du plastique à l'arrière). Une installation solaire peut être composée d'un nombre indéterminé de cellules et de modules solaires.

Dans la pratique, on distingue principalement deux types d'installations photovoltaïques:

- Les installations photovoltaïques raccordées au réseau public peuvent y injecter le courant produit. Les installations intégrées aux bâtiments sont généralement raccordées au réseau, ce qui rend ceux-ci multifonctionnels. Les éléments photovoltaïques peuvent être combinés à des matériaux de construction classiques ou les remplacer.
- Les installations photovoltaïques autonomes (« installations en îlot ») stockent le courant, par exemple dans une batterie ou un autre accumulateur. Elles constituent une solution simple, fiable et souvent bon marché pour les parcomètres, les cabines de téléphone, l'éclairage des rues, les tableaux d'information, la signalisation routière et d'autres équipements urbains. Les éléments incorporés produisent, stockent et fournissent le courant nécessaire. Les installations en îlot nécessitent peu d'entretien et peuvent aussi être utilisées de manière mobile.

En raison de la grande diversité des applications et des partenaires potentiels, les communes peuvent choisir et combiner différentes possibilités. Exemples:

- Pour les **équipements d'infrastructure**, la commune joue un rôle central en prenant en compte le photovoltaïque comme solution pour des applications particulières (parcomètres, tableaux d'information, signalisation routière, etc.). Le photovoltaïque permet de mettre en place des solutions très économiques puisqu'il n'est pas nécessaire de creuser pour installer un raccordement au réseau. (voir chapitre 1.1)

- Dans l'**espace public**, de nombreuses autres infrastructures offrent de la place pour une installation photovoltaïque. La mise en place d'une telle installation permet une utilisation multifonctionnelle de ces espaces et infrastructures (centres sportifs, murs antibruit, couverts, etc.). (voir chapitre 1.2)
- Des installations exemplaires sur les **bâtiments communaux** existants (écoles, par exemple) peuvent familiariser la population avec cette technologie nouvelle et écologique. La commune peut par exemple mettre à disposition les toits de certains de ses immeubles ou investir dans sa propre installation. (voir chapitre 1.3)
- Un nombre croissant d'**entreprises locales d'approvisionnement énergétique** font preuve de dynamisme en s'engageant dans le domaine de l'électricité solaire. La commune a la possibilité de soutenir des initiatives ou des projets d'installations photovoltaïques ou de commercialisation de l'électricité. Les entreprises électriques locales ont souvent des liens étroits avec les communes (auxquelles elles appartiennent parfois). Elles peuvent se lancer dans la production solaire pour le compte des communes. Il est également possible de créer des partenariats avec des entreprises électriques privées dans le but de promouvoir une économie énergétique durable. (voir chapitre 1.4)
- Lorsqu'elle élabore un projet, qu'elle adjuge une construction ou qu'elle cède du terrain en zone à bâtir, la commune peut par exemple prendre en compte ou favoriser des **critères de durabilité** et des **produits novateurs**. Il peut être exigé que les bâtiments respectent des normes d'un niveau élevé, par exemple le standard Minergie avec de l'énergie solaire. (voir chapitre 1.5)
- Si elle fait preuve de plus d'ambition, la commune peut aussi s'engager en faveur d'un **développement urbain optimal du point de vue de la politique énergétique et de la durabilité**. De nos jours, l'efficacité énergétique n'implique plus de perte de confort, elle peut au contraire contribuer à la qualité de vie. Exemples: zones Minergie et cités solaires. (voir chapitre 1.6)
- La variante minimale consiste à ne pas mettre d'obstacles inutiles aux **initiatives privées**, en particulier dans le domaine des bâtiments résidentiels. Une attitude constructive aide par exemple à trouver des solutions esthétiquement acceptables pour les nouveaux bâtiments et les rénovations. Le photovoltaïque n'est plus alors considéré comme un corps étranger mais comme une partie intégrante du développement durable. (voir chapitre 1.7)

Enfin, la commune peut aussi couvrir une partie de sa consommation électrique grâce à l'acquisition de courant d'origine solaire. C'est là un autre moyen de soutenir l'utilisation du photovoltaïque.

Les parcomètres, les tableaux d'information, les automates à titres de transport, les appareils mobiles, les lampadaires et les lampes LED sont quelques exemples d'utilisations typiques et fréquentes des installations photovoltaïques en îlot.

Les installations alimentées en courant photovoltaïque dans l'espace public ont un prix avantageux, parce qu'il n'est pas nécessaire de creuser pour les raccorder au réseau. C'est là un argument de poids pour les autorités communales.



Illustrations 1 et 2: **Des parcomètres autonomes grâce au photovoltaïque.** Le modèle le plus répandu à Fribourg, avec un gros plan sur le module solaire intégré. Source: M. Gutschner, Fribourg.

Illustration 3: **Borne d'appel de taxi à Munich (Allemagne).** Source: M. Gutschner, Fribourg.



Illustrations 4 et 5: **Automates à titres de transport.** Les entreprises de transports de Genève et de Fribourg utilisent des automates alimentés en courant photovoltaïque. Gros plan: l'inclinaison du module facilite l'écoulement de l'eau (et de la neige), maintenant la surface propre. Source: M. Gutschner, Fribourg.

Illustration 6: **Lampadaire autonome.** De la lumière sans raccordement au réseau près du lac de Wohlen (BE). Source: M. Gutschner, Fribourg.



Illustrations 7 à 9: **Cabanes et autres exploitations.** Restaurant d'alpage d'Auta Chia (FR), installation solaire autonome (3 kW) sur un bâtiment annexe de la famille Blattner (vin bio) à Soyhières (JU) et chapelle du Höllbach (FR). Sources: M. Gutschner, Fribourg; B. Bezençon, Lausanne (photo du milieu).



Illustrations 10 à 12: **Autres utilisations.** Électrificateur de clôture dans le Val Müstair (GR), appareil de mesure près du Guggersbach (BE/FR) et station météorologique avec webcam sur le Vounetse, au sommet du domaine skiable de Charmey (FR). Source: M. Gutschner, Fribourg.



Illustrations 13 à 15: **Utilisation avec des véhicules.** Autocaravane à Bamberg (Allemagne), poste de police mobile pour les quartiers de Lausanne avec installation photovoltaïque ne provoquant ni bruit ni émissions pour alimenter les appareils embarqués, ainsi que station de recharge mobile pour vélos et scooters électriques. Sources: M. Gutschner, Fribourg; SIL; Newride.



Illustrations 16 à 18: **Mobilité sur l'eau.** Voilier de plaisance dans le port de Cheyres (FR), catamaran de location Zholar à Zurich et bateau d'excursion MobiCat avec toit et station de recharge solaires à Bienne (BE). Sources: M. Gutschner, Fribourg (illustration 16); NET, St-Ours (illustrations 17 et 18).

Dans l'espace public, différents éléments d'infrastructure peuvent être utilisés de manière multifonctionnelle grâce au photovoltaïque.

C'est notamment le cas des toits et des parois antibruit. Le courant produit peut être soit utilisé sur place, soit injecté dans le réseau.



Illustrations 19 à 22: **Infrastructures et surfaces urbaines multifonctionnelles.**  
 Parking relais: Le toit semi-ouvert du bâtiment du parking relais de Genève produit du courant photovoltaïque (143 kW) pour les Services industriels de Genève (SIG).  
 Source: Sunwatt Bio Énergie, Chêne-Bourg.

Gradins: La commune de Riehen (BS) exploite l'installation de 34 kW située sur le toit des tribunes du stade de Grendelmatte. Source: Commune de Riehen.

Paroi antibruit: La paroi antibruit qui longe le chemin de fer à Zurich-Oerlikon produit aussi du courant photovoltaïque. Source: TNC, Erlenbach.

Autoroute couverte: L'Office des ponts et chaussées du canton de Berne exploite à Sonnenhof une installation de 126 kW qui produit chaque année environ 110 000 kWh de courant « Premium Solar ». Source: Energie Wasser Bern (ewb).



Les bâtiments publics sont intéressants pour le photovoltaïque, car ils permettent de familiariser le public avec cette technologie. En intégrant de telles installations à leurs bâtiments et aux édifices utilisés par le public, les autorités ne se contentent pas de présenter une technologie, elles montrent aussi l'exemple en

matière d'exploitation judicieuse de l'énergie. Pour plus d'efficacité, on prendra des mesures d'information, de communication et de formation. Les installations photovoltaïques «publiques» se trouvent souvent sur les maisons de communes, les écoles, les bâtiments d'exploitation ou les homes.



Illustration 23: **École cantonale à Stadelhofen (ZH)**. Des modules solaires partiellement transparents créent une ambiance particulière en combinant lumière, ombre et production de courant électrique. Source: NET, St-Ours.



Illustration 24: **École d'ingénieurs de Lullier à Jussy (GE)**. L'École d'ingénieurs de Lullier ne se contente pas d'enseigner le photovoltaïque, elle l'intègre aussi à ses bâtiments. Source: Sunwatt Bio Énergie, Chêne-Bourg.



Illustration 25: **Des élèves montent une installation photovoltaïque sur le toit d'une salle de gymnastique à Kreuzlingen (TG)**. Nadin Bill a réalisé ce projet dans le cadre de son travail de diplôme. Source: N. Bill, Kreuzlingen.



Illustration 26: **À Zoug, une centrale solaire qui croît chaque année**. Sur la terrasse de l'école secondaire de Loreto, les nouvelles classes ajoutent chaque année un nouveau module à l'installation solaire. Source: Stadtökologie Zug.



Illustration 27: **Stade de Suisse à Berne**. L'installation produit, en moyenne annuelle, de quoi alimenter 200 ménages suisses en électricité. Source: FMB.



*Illustration 28: Un centre d'entretien de Gossau (SG) fournit du courant à la commune. Celle-ci propose du courant photovoltaïque à ses habitants par l'intermédiaire de ses services industriels. L'installation peut aussi alimenter un véhicule électrique des services industriels. Source: services industriels de Gossau.*



*Illustration 29: La Rade Solaire à Genève. L'installation « Les Corsaires » fait partie de la Rade Solaire, qui inclut différentes applications du photovoltaïque le long de la rive urbaine du lac. Les panneaux de l'illustration alimentent un train touristique et plusieurs bateaux solaires. Source: ScanE.*



*Illustration 30 et 31: Local des scouts « Weiermatt » à Köniz (BE). Le centre scout de Köniz utilise du courant photovoltaïque. La photo de gauche montre les panneaux solaires qui recouvrent tout un pan du toit du local. La photo de droite montre l'allocation des conseillères communales durant la fête d'inauguration.*



*À l'arrière-plan, les capteurs solaires ne couvrent qu'une partie du toit du bâtiment mitoyen pour produire de l'eau chaude. Devant le bâtiment: un lampadaire photovoltaïque. La puissance de l'ensemble de l'installation est de 15 kW. Source: NET, St-Ours / H. Jenni, Köniz.*



*Illustration 32: Foyer pour étudiants « Rhodanie » à Lausanne. Le bâtiment de la Fondation Maisons pour étudiants frappe par sa composition particulière et ses couleurs vives. Il produit du courant photovoltaïque pour les Services industriels de Lausanne (SIL). Source: SIL.*

De nombreuses entreprises électriques locales proposent du courant vert. Parce qu'il bénéficie d'une image positive auprès de la clientèle, le courant solaire constitue un produit intéressant. En Suisse, où la proportion de locataires est très élevée,

l'achat de ce type d'électricité permet de soutenir indirectement le développement du photovoltaïque. Dans ce domaine, les entreprises électriques jouent un rôle d'intermédiaires important et dynamisent ainsi le marché solaire suisse.



Illustration 33: **Stade de football à Bâle.** L'installation photovoltaïque du Parc Saint-Jacques à Bâle livre quelque 130 MWh d'électricité par an à la bourse solaire des services industriels de Bâle (IWB). Source: energiebüro Zürich.



Illustration 34: **Immeuble locatif à Lausanne.** L'installation de 38 kW produit du courant pour les Services industriels de Lausanne (SIL) et confère un caractère moderne à un immeuble déjà ancien. Source: NET, St-Ours.



Illustration 35: **Le quartier de Wittigkofen à Berne abrite la plus grande centrale solaire d'Europe à être intégrée dans une façade.** Elle produit 80 kW de courant pour Energie Wasser Bern (ewb). Source: NET, St-Ours.



Illustration 36: **Centre commercial à Zurich.** Le toit du hall comprend une installation photovoltaïque (30kW), intégrée au verre isolant, qui alimente les entreprises électriques de la ville de Zurich (ewz). Source: energiebüro Zürich.

En Suisse, près de 40 % de la consommation d'énergie sont imputables aux bâtiments, mais de grands progrès ont été réalisés ces dernières années. Il y a peu, les constructions profitant de l'énergie solaire passive (standard Minergie, par exemple) restaient exceptionnelles. Désormais, divers cantons et de nombreuses communes appliquent le standard Minergie aux édifices publics. Dans le secteur privé, les maisons passives sont de plus en plus populaires. En général, le surcoût engendré est amorti en quelques années. Ces bâtiments se caractérisent par une efficacité énergétique accrue et par l'utilisation du rayonnement solaire, ce qui réduit fortement les besoins en énergie de chauffage. La part de l'électricité dans la consommation énergétique totale de la maison s'en trouve encore augmentée.



Illustration 37: **Minergie et photovoltaïque à Gams (SG).** Le bâtiment du « Synergiepark » abrite des bureaux et des ateliers. Ses balustrades de balcon et son toit sont équipés de modules solaires. Source: Heizplan / Synergiepark.

L'évolution est aussi intéressante en ce qui concerne les coûts. À partir d'un certain niveau, les surcoûts engendrés par les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique deviennent excessifs, si bien qu'il vaut nettement mieux produire de l'énergie renouvelable pour couvrir les besoins restants. Dans ce contexte, le photovoltaïque présente un potentiel important, puisqu'il permet de produire du courant directement dans le bâtiment concerné. Avec 30 m<sup>2</sup> de cellules solaires, la technologie actuelle permet de produire autant de courant, sur une année, que ce que consomme un ménage suisse moyen – sans effort particulier d'efficacité. En outre, le photovoltaïque peut aussi être utilisé dans le domaine thermique: il suffit pour cela de lui confier l'alimentation de la pompe à chaleur.



Illustration 38: **Du photovoltaïque pour un immeuble produisant sa propre énergie de chauffage à Zurich Höngg.** L'eau chaude et le chauffage sont fournis par la pompe à chaleur alimentée par l'installation photovoltaïque. Source: Beat Kämpfen, René Naef, Zurich.



Illustration 39: **À Bubendorf (BL), le bâtiment industriel WATTWERK est le premier au monde à produire davantage d'énergie qu'il n'en consomme.** Chauffage, eau chaude, lumière, informatique et véhicules électriques: toute l'énergie provient du bâtiment. Celui-ci est très bien isolé (solaire passif, technique Minergie) et particulièrement économique. L'installation photovoltaïque produit

24 000 kWh par an. Les utilisateurs du bâtiment consomment 16 000 kWh. Elektra Baselland exploite la pompe à chaleur écologique équipée d'une sonde géothermique à CO<sub>2</sub>, et rachète l'excédent de courant. L'office cantonal compétent, l'Office fédéral de l'énergie et d'autres partenaires ont soutenu la réalisation du bâtiment. Source: Holinger Solar, Bubendorf.

L'efficacité énergétique, la durabilité et la qualité de vie peuvent être améliorées pour un bâtiment, mais elles doivent aussi être recherchées pour les ensembles architecturaux de plus grande importance. En Suisse, certaines communes ont déjà délimité des zones Minergie. Prendre en compte l'énergie solaire a des conséquences positives pour l'habitat, sous la forme de lumière naturelle et de chaleur. Comme le photovoltaïque combine la technologie énergétique à des éléments de construction, il peut contribuer à un développement urbain durable et à une gestion optimale de l'énergie.

Bien que cela ne soit pas encore le cas en Suisse, on trouve déjà à l'étranger des exemples de « cités solaires » utilisant l'énergie photovoltaïque à grande échelle. Il serait intéressant de s'inspirer de certaines réalisations, même si les modes de construction et les goûts architecturaux ne sont pas toujours les mêmes en Suisse et à l'étranger. Le photovoltaïque permet souvent de réaliser des ensembles résidentiels novateurs qui attirent des personnes accordant une grande importance à la qualité de vie et à la durabilité.



*Illustration 40: Habiter et travailler dans les appartements solaires de Beddington (Grande-Bretagne). Ces bâtiments ne consomment pas d'énergie fossile. L'ensemble comprend une première étape de 82 unités utilisant un*

*concept énergétique novateur incluant le photovoltaïque. Ce dernier sert aussi d'argument de vente. Les appartements sont construits pour les personnes – sans cesse plus nombreuses – qui travaillent à domicile. Source: Bill Dunster Architects.*



*Illustrations 41 et 42: 50 ensembles résidentiels solaires en Rhénanie-du-Nord-Westphalie (Allemagne). Dans ce land, 50 cités solaires caractérisées par une utilisation intensive de l'énergie solaire active et passive seront construites ces prochaines années. Le projet est soutenu par trois ministères du land (urbanisme,*



*habitat, culture et sport; transport, énergie et aménagement du territoire; science et recherche). Les illustrations montrent la cité de Köln-Böcklemünd. Celle-ci a gagné en qualité grâce à l'assainissement de l'ancien bâtiment et au photovoltaïque. Sources: D. Slawski, Essen (D) / Landesinitiative Zukunftsenergien NRW.*



Illustrations 43 à 45: **Cité solaire à Amersfoort (Pays-Bas)**. Dans la cité « Nieuwland », plusieurs centaines de bâtiments (maisons individuelles, jardins

d'enfants, etc.) sont équipés de photovoltaïque. Grâce à une bonne planification, les divers besoins sont bien coordonnés. Source: Ecofys, Pays-Bas.



Illustrations 46 et 47: **Cités solaires « spontanées » à Batschuns (Autriche) et Richtersmatt (BE)**. Des citoyens bien informés recourent à l'énergie solaire,

ce qui donne des idées à leurs voisins, qui privilégient à leur tour cette source d'énergie. Sources: M. Gutschner, Fribourg; K. Marti, Schüpfen.

Le photovoltaïque bénéficie d'une image positive et intéresse de nombreuses personnes. Une bonne partie des installations sont construites sur une base privée. Les initiateurs et les investisseurs potentiels sont très divers et incluent aussi bien le propriétaire de maison individuelle que l'exploitant de grandes installations placées sur des toits. Les communes entrent en contact de manière indirecte avec le photovoltaïque, par l'intermédiaire du permis de construire et/ou du raccordement au réseau.

Il peut être très utile de connaître les possibilités du photovoltaïque et d'être disposé à comprendre cette technologie. Les maîtres d'ouvrage et les investisseurs bénéficient ainsi d'un déroulement de projet optimal, avec des solutions d'intégration réussies et satisfaisantes pour toutes les personnes concernées. En outre, on favorise ainsi la durabilité et l'innovation, ce qui profite également aux entreprises locales.



*Illustration 48: Bâtiment administratif à Manno (TI), avec un concept énergétique incluant le photovoltaïque. Le nouvel édifice de l'UBS est un modèle du point de vue écologique et énergétique. Les divers modules de l'installation photovoltaïque, répartis sur différentes surfaces de l'enveloppe du bâtiment, ont une puissance totale de 183 kW: 102 kW sur le toit plat, 47 kW sur les pare-soleil et 34 kW sur les deux façades sud. Source: Enecolo, Mönchaltorf.*



*Illustration 49: Bâtiment administratif de Gastro Ticino à Lugano, avec des pare-soleil photovoltaïques. Les cellules solaires sont montées sur des panneaux mobiles. Leur orientation automatique remplit deux fonctions: faire de l'ombre aux fenêtres et orienter les cellules de manière à optimiser le rendement énergétique. La façade comprend aussi des capteurs solaires (thermiques, en bleu). Source: B. Gerber, SSES, Berne.*



*Illustration 50: Maison typique du standard Minergie avec du photovoltaïque et une installation solaire thermique à Malix (GR). Source: ARTHAUS Raum und Linie Rhazüns.*



*Illustration 51: Maison individuelle à Untersiggenthal (AG) avec installation photovoltaïque couvrant tout un pan de toit. En moyenne annuelle, la production de l'installation dépasse d'environ 15 % les besoins totaux d'énergie de la maison (chauffage et eau chaude inclus). Source: G. Erni, Untersiggenthal.*



*Illustration 52: Hall baigné de lumière chez STMicroelectronics à Plan-les-Ouates (GE). L'installation photovoltaïque semi-transparente crée aussi une ambiance agréable. Source: AMA Group / Engeco Synergies, Italie.*



*Illustration 53: Voile solaire – le photovoltaïque intégré à une œuvre d'art. Située sur le terrain du centre psychiatrique de Münsingen (BE), cette installation appartient à une coopérative. Source: NET, St-Ours.*



*Illustrations 54 et 55: Des solutions d'intégration novatrices produites en Suisse pour les toits du centre professionnel de Trevano (TI) et de la fabrique Flumroc à Flums (SG). Sarnasol Photovoltaik System (exemple de Trevano) soude des stratifiés photovoltaïques flexibles avec des bandes d'étan-*



*chété thermoplastiques pour les rendre résistantes et imperméables. Eurodach (exemple de Flums) est le nom donné à une combinaison de toit en tôle plissée et d'isolation thermique en laine minérale, que l'on peut équiper d'éléments solaires. Sources: Sarnafil, Sarnen / NET, St-Ours.*



### Questions traitées

- Quelles motivations sous-tendent les projets et les programmes qui incluent le photovoltaïque?
- Quels rôles peut jouer une commune pour soutenir des projets de photovoltaïque?
- Quels buts et quelles stratégies les programmes de photovoltaïque permettent-ils de poursuivre?
- Quels types de programmes de photovoltaïque existe-t-il? À quoi ressemble un programme adapté à la situation locale?

### Objectif

On admet que le potentiel du photovoltaïque est considérable et que cette technologie jouera un rôle incontournable à l'avenir. Par ailleurs, de nombreux autres arguments parlent en faveur des projets et programmes incluant le photovoltaïque.

En général, la préparation et la réalisation de ces projets ne présentent pas d'exigences spécifiques complexes. Certaines particularités doivent toutefois être prises en compte dans la procédure. Des expériences montrent comment on peut influencer positivement le déroulement des projets. En outre, un exemple détaillé explique comment les communes peuvent accompagner un projet dans la pratique.

Des programmes réalisés en Suisse et à l'étranger fournissent des éléments essentiels pour mettre en place une stratégie efficace et ciblée de soutien au photovoltaïque. La grande variété des exemples doit inciter à trouver des approches individuelles pour adapter le programme à la situation locale.

### Contenu et structure

En Suisse, des milliers d'installations photovoltaïques ont déjà été mises en place. De nombreuses solutions montrent que cette technologie peut être incorporée au bâtiment de manière très variée. Dans la plupart des communes, l'intégration dans

les projets et dans le déroulement de la construction n'est pas encore la règle. Il faut donc faire particulièrement attention aux exigences parfois spécifiques des projets. Principale condition d'une intégration réussie de l'installation photovoltaïque: prendre en compte ces exigences suffisamment tôt lors de la planification et de la réalisation. Cela permet également d'assurer le respect du cadre financier, technique et juridique du projet.

Passer du soutien de projets individuels à un véritable programme de photovoltaïque constitue une étape significative. Certaines communes et régions ont élaboré des stratégies durables d'encouragement du photovoltaïque, ou sont en train de le faire.

Les interactions avec l'aménagement du territoire et la planification énergétique sont nombreuses. D'une part, le photovoltaïque, comme élément architectural, s'intègre bien à la structure des villes et des villages. D'autre part, il peut produire du courant presque n'importe où. La mise en œuvre concrète de l'aménagement du territoire et de la planification énergétique se fait surtout localement. C'est aussi le cas du photovoltaïque.

Les chances de succès d'un programme photovoltaïque augmentent lorsqu'il tient précisément compte des possibilités techniques et que ses projets s'intègrent aux planifications et activités de la commune.

Les chapitres de cette section correspondent aux différentes phases et aux diverses ambitions affichées par les communes. Ces activités peuvent se limiter à un projet précis ou au contraire déboucher sur un programme plus important. Un exemple montre de quelle manière les communes peuvent être impliquées dans un projet. La section aborde encore la question de la définition des objectifs, avant de proposer un aperçu de programmes concrets.

## 2.0 Modes d'action possibles pour les projets et les programmes

### 2.1 Motivation

### 2.2 Réalisation de projets

### 2.3 Exemple d'une installation appartenant à la commune

### 2.4 Définir des objectifs

### 2.5 Réalisation de programmes

Les communes suisses disposent déjà d'une certaine expérience en matière d'énergie et de programmes énergétiques. C'est notamment le cas des « Cités de l'énergie », qui mènent une politique énergétique exemplaire dans les domaines de l'aménagement et de la construction, de l'eau et des eaux usées, de l'approvisionnement énergétique, des transports et de la communication. Plus d'une centaine de communes et régions suisses se sont déjà vu attribuer le label « Cité de l'énergie » par l'Office fédéral de l'énergie. Pour la plupart d'entre elles, le solaire constitue un champ d'activité important. À l'étranger également, des expériences fournissent des informations et suggèrent de nouvelles solutions, que ce soit au niveau des projets ou des programmes.

Dans l'ensemble, on peut distinguer trois domaines dans lesquels les autorités locales peuvent apporter un soutien efficace:

- **Information et communication, conseil et motivation:** Le photovoltaïque a déjà démontré son efficacité à d'innombrables reprises, pour les applications et les domaines les plus divers. Le niveau d'information reste toutefois largement insatisfaisant au vu des nombreuses utilisations possibles, mais aussi compte tenu de la nécessité d'impliquer les acteurs les plus divers. Dans ce domaine, les autorités et les organismes qui leur sont proches peuvent apporter une contribution très importante par leurs activités d'information et de communication. Les modes d'action possibles sont très variés: article dans le bulletin communal sur l'achat de courant solaire ou sur une installation photovoltaïque, manifestations plus générales sur la durabilité, conseils compétents octroyés par l'entreprise électrique locale et/ou les services régionaux de conseil en énergie, etc. Pour cela, il faut toutefois que la commune sache elle-même quelles informations sont disponibles chez quels partenaires.
- **Bases de la planification communale:** On peut aller au-delà de la simple transmission d'information en élaborant les bases d'une politique énergétique et d'un aménagement du territoire efficaces et durables au niveau local. Pour cela, il convient d'évaluer le potentiel des ressources (énergétiques) locales, et en particulier le potentiel photovoltaïque du parc immobilier. Les mesures prises dans les domaines de l'énergie et de l'aménagement du territoire peuvent également contribuer à améliorer la qualité de vie dans la commune. Les mesures envisageables vont d'un simple catalogue de critères – pour les installations solaires ne nécessitant pas de permis de construire – à la planification d'un développement urbain de qualité incluant le solaire. Le catalogue de critères peut réduire le travail administratif pour les projets de construction; le développement urbain peut améliorer la durabilité et la qualité de vie.
- **Investissements:** Pour les communes et leurs différents acteurs, il est possible d'investir efficacement dans la durabilité et le photovoltaïque, directement ou indirectement, ce qui contribue à la valeur ajoutée au plan local. La commune peut acquérir elle-même du courant photovoltaïque, soutenir la construction d'une installation ou même choisir l'un de ses bâtiments pour produire du courant solaire.

Les possibilités sont donc très variées. Ci-après, les modes d'action sont présentés aussi bien au niveau des projets (chapitres 2.2 et 2.3) que des programmes (chapitre 2.5). Les différents motifs qui justifient la promotion du photovoltaïque (chapitre 2.1) et les principales réflexions stratégiques précédant la définition d'objectifs pour les programmes (chapitre 2.4) sont également exposés. La section 3 présente des modes d'action thématiques permettant d'améliorer les bases et le cadre de la mise en œuvre du photovoltaïque sur le territoire communal.



Illustration 56: **Prix solaire suisse.** Les projets et les programmes de qualité peuvent se voir attribuer le très recherché Prix solaire suisse. Source: Enecolo, Mönchaltorf.

Les possibilités d'application du photovoltaïque sont très vastes. Les raisons de recourir à cette technologie en sont d'autant plus variées. Les arguments en faveur du courant solaire sont à la fois de nature objective et subjective.

Pour le secteur public et les entreprises électriques, les arguments principaux sont a) l'aspect écologique, b) le potentiel d'approvisionnement énergétique à long terme et c) les possibilités de création de valeur au plan local. Les avantages suivants sont également souvent mentionnés:

- Une énergie propre: L'exploitation de l'installation et la production de courant photovoltaïque n'engendrent ni bruit, ni gaz toxiques, ni déchets.
- Une énergie locale: Le soleil est une source d'énergie renouvelable disponible gratuitement au plan local.
- Une énergie écologique: Au cours de leur utilisation, les installations produisent entre cinq et quinze fois plus d'énergie que ce que leur fabrication a nécessité.
- Valeur ajoutée et nouveaux marchés au plan local: Le photovoltaïque offre de nouvelles activités aux entreprises locales.
- Potentiel à long terme: Le photovoltaïque est considéré comme un élément important de l'approvisionnement énergétique du futur.
- Expérience locale: L'utilisation de courant solaire ne soutient pas seulement le développement de cette technologie; les expériences réalisées préparent aussi le terrain à une mise en œuvre plus large du photovoltaïque au plan local.
- Un approvisionnement énergétique diversifié et sûr: Le photovoltaïque permet d'élargir le portefeuille énergétique et contribue à un approvisionnement durable.
- Efficacité de l'espace urbain: Le photovoltaïque s'intègre bien à l'espace urbain (bâtiments et infrastructures), de sorte que l'on peut produire davantage d'énergie sans pour autant sacrifier des surfaces agricoles ou naturelles.



Illustration 57: **École d'ingénieurs de Lullier à Jussy (GE).** L'installation photovoltaïque constitue aussi un support d'apprentissage concret pour les futurs ingénieurs. Source: Sunwatt Bio Énergie, Chêne-Bourg.

Pour certaines applications, comme pour les installations en îlot (parcomètres, tableaux d'information, etc.), le coût très compétitif des solutions photovoltaïques constitue le principal argument.

Des entreprises, des institutions publiques et des particuliers soutiennent ou mettent en place des installations photovoltaïques pour toute une série d'autres raisons:

- Caractère exemplaire: Le secteur public assume son rôle de modèle dans les domaines énergétique et architectural.
- Design novateur: Le photovoltaïque permet de mettre en valeur une architecture particulière et novatrice.
- Image et prestige: Les entreprises mettent volontiers leur nom en relation avec des projets novateurs qui contribuent à améliorer leur image.
- Intérêt pour l'avenir: Le photovoltaïque symbolise la durabilité et le futur.
- Autonomie: Bien que l'installation située sur le toit soit reliée au réseau, son propriétaire est fier de produire lui-même l'ensemble ou une partie de sa consommation électrique. Une partie de la surface du toit suffit généralement à produire chaque année de quoi couvrir la consommation moyenne d'un ménage suisse.
- Sentiment de sécurité: Le photovoltaïque est une technologie douce. Par rapport à d'autres sources d'énergie, la construction et l'exploitation de l'installation ne nécessitent aucune intervention nuisible à la nature ou à ses cycles. Même l'élimination de l'installation se fait proprement et sans danger.
- Enthousiasme: Le photovoltaïque fascine par sa capacité à transformer la lumière en électricité.



Illustration 58: **Des partenaires conquis par le design.** L'architecture particulière du hall des pompiers de Houten (Pays-Bas) a incité différents acteurs à soutenir (financièrement) le projet. Source: Samyn & Partners / R. Schropp, Pays-Bas.



Illustrations 59 et 60: **Architecture novatrice combinant la technologie des maisons passives avec du photovoltaïque à Pratteln (BL).** Aperçu des enveloppes externe et interne du bâtiment, avec des volets coulissants solaires.



La puissance totale des divers éléments photovoltaïques de cette maison individuelle se monte à 3,1 kW. Source: R. Miloni, Mülligen.

## 2.2 Réalisation de projets

Diverses possibilités s'offrent à la commune pour influencer favorablement le contexte et la procédure de réalisation des projets incluant du photovoltaïque:

- Échange d'information: Informer à temps les différents acteurs (participants au projet et autorités) et les personnes concernées (voisins) au moyen de fiches d'information ou de rencontres.
- Coordination: Le succès des projets est étroitement lié à la coordination des procédures entre les différents acteurs.
- Activités d'information: Inclure des informations objectives et positives sur le photovoltaïque dans les médias (dans le bulletin communal ou dans un courrier de l'entreprise d'approvisionnement en électricité, notamment).
- Présentation: Montrer des installations exemplaires (accès à l'installation ou tableau d'information, par exemple).
- Répertoires: Établir une liste de contact de spécialistes fiables.
- Directives: Établir des principes d'aménagement clairs et/ou des directives simplifiées.
- Formation: Soutenir des journées d'information, des congrès spécialisés ou des filières de formation.

L'information et la communication se révèlent souvent être des facteurs-clés pour améliorer la coordination entre les acteurs d'un projet et les autorités, accroître l'intérêt de la population et obtenir la confiance des personnes concernées.

Pour les projets de construction, il est conseillé d'étudier les exigences d'intégration du photovoltaïque avant même les premières esquisses. L'approche intégrée complique quelque peu la phase de conception et de planification, parce qu'elle se différencie sur quelques points de la pratique habituelle. Il vaut la peine d'impliquer des professionnels expérimentés dès la

phase de préparation, afin d'assurer un déroulement parfaitement coordonné de l'installation. Les questions techniques, financières et juridiques doivent être abordées très tôt, de même que les aspects de processus:

- Les thématiques techniques concernent par exemple le site, les dimensions et l'intégration de l'installation.
- Les questions financières concernent les coûts (projetés) ainsi que la possibilité d'obtenir un soutien du secteur public ou d'entreprises d'approvisionnement en électricité. En règle générale, la demande de soutien doit être déposée et approuvée avant le début des travaux.
- Le raccordement d'installations au réseau est soumis à des exigences techniques et juridiques. Il faut notamment prendre contact avec l'exploitant du réseau (pour les installations de 2 kW et plus) et avec l'Inspectorat des installations à courant fort (3,3 kW et plus) pour obtenir les prescriptions en vigueur et se soumettre au contrôle.
- Les aspects technico-financiers concernent par exemple les garanties présentées par le fournisseur et l'installateur. Celles-ci doivent être formulées clairement et respecter les intérêts du client.
- Les questions de coordination des processus sont par exemple les suivantes: La structure porteuse de l'installation photovoltaïque peut-elle être construite par les entreprises déjà engagées? Quelles parties des installations électriques du bâtiment et des éléments liés au système solaire peut-on monter simultanément?
- Enfin, il faut également respecter les prescriptions locales concernant les constructions ainsi que la procédure d'autorisation. Dans ce domaine, les autorités communales jouent dans tous les cas un rôle important.



Illustrations 61 à 63: **Montage à Pfäffikon (SZ).** Les trois étapes du montage d'une installation photovoltaïque (32 kW) sur le toit plat végétalisé de l'immeuble

« Huob » de Swiss Re: plaques ondulées et gravier, montage des supports et installation des modules. Source: Enecolo, Mönchaltorf.



Illustrations 64 et 65: **Membranes solaires flexibles.** Des stratifiés photovoltaïques flexibles sont installés sur un toit. Le montage se fait selon les normes et les techniques habituelles. Les membranes sont sorties de la caisse de transport

puis posées à l'emplacement prévu, où elles sont soudées à leur support. Ces éléments flexibles peuvent aussi être livrés sous la forme de rouleaux. Source: Laboratorio Energia Ecologia Economia (LEEE).



Illustrations 66 et 67: **Plaques de couverture solaires.** Sur le toit plat de l'entrepôt Trisa à Triengen (LU), des plaques de couverture sont posées pour former une toiture inversée. Ces éléments se composent d'une couche d'isolation

de 5 cm avec à chaque fois deux modules solaires sans cadre. La puissance de l'installation est de 62,4 kW. Source: Zagsolar, Kriens (LU).



Illustration 68: *Sentier solaire de Suisse orientale*. Source: Appenzeller Energie – Vereinigung zur Förderung umweltfreundlicher Energien.



Illustration 69: *Le « Clean Energy Tour » de St-Moritz (GR)*. Source: Office du tourisme de St-Moritz.

### Le tourisme et les sentiers énergétiques

Les sentiers énergétiques font connaître l'énergie solaire et ses applications possibles. Diverses communes et régions ont mis en place des sentiers qui mènent d'une installation solaire à l'autre. Des brochures informent sur les différents points d'intérêt ainsi que sur les sentiers ou itinéraires cyclistes solaires. En voici quelques exemples:

- « Solarweg Ostschweiz » en Suisse orientale;
- « Sonnenwege – Ein Ausflug zu 35 Solaranlagen » dans la région de Worblental (BE);
- « Clean Energy Tour » de St-Moritz (GR), qui présente diverses technologies énergétiques.

Informations: <http://www.appenzeller-energie.ch>, <http://www.sses.ch>, <http://www.repower.ch>



Illustration 70: *Bâteaux solaires à Genève*. Les Mouettes genevoises de navigation (MGN) utilisent trois bateaux solaires sur le Léman. Source: ScanE, Genève.

### La « Rade Solaire » et les « Mouettes » de l'énergie solaire pour le Léman

Diverses installations et des bateaux solaires permettent d'expérimenter l'énergie solaire et ses applications. Depuis 1999, les Mouettes genevoises de navigation (MGN) ont modifié trois bateaux pour les faire passer du diesel au photovoltaïque le jour et au courant vert la nuit. Économie: 21 000 l de diesel par an, sans parler du bruit. Informations: <http://www.geneve.ch/scane/>, <http://www.ecotourisme.ch>.

### Collaboration étroite dès le début du projet à Wettingen (AG)

En raison de la protection du site, les premières esquisses ont été discutées avec l'administration. L'architecte qui conseille Wettingen dans ce domaine a été consulté pour cette installation photovoltaïque située sur un bâtiment de 1965 au cœur de la localité. Diverses variantes ont été simulées.

Matériaux, couleurs et agencement des modules ont été discutés avec l'administration, l'architecte, le responsable de l'installation et le maître d'ouvrage, puis consignés en détail dans la demande de permis. Résultat: un tramage simple et clair soulignant les modules, qui recouvre entièrement le pan sud du toit et donne une touche moderne à l'édifice. Le permis a été octroyé sans opposition deux mois après la mise à l'enquête publique. Informations: <http://www.skk.ch>



Illustrations 71 et 72: **Communication avant et après la réalisation de l'installation solaire de Wettingen (AG).** Contact entre les autorités et le maître d'ouvrage dès le début du projet; tableau indiquant les performances de



l'installation en service. Source: Hans-Dietmar Koeppel, SKK Landschaftsarchitekten AG, Wettingen.

## 2.3 Étude de cas: projet d'installation photovoltaïque appartenant à la commune

La mise en place de l'installation photovoltaïque d'Andwil (SG, 1700 habitants) illustre parfaitement les différentes phases d'un projet de photovoltaïque intégré au bâtiment, avec une commune très impliquée. Cette étude de cas rend compte du déroulement du projet tel qu'il est perçu par le conseil communal (extraits des procès-verbaux de ses séances) et

permet de se faire une idée de la diffusion de l'information et du processus de décision. Il est structuré en quatre étapes:

- Motivation et élément déclencheur
- Préparation
- Planification et réalisation
- Fin des travaux

### Motivation et élément déclencheur pour l'installation photovoltaïque d'Andwil

En septembre 2002, le conseil communal adopte l'idée de concevoir une installation photovoltaïque. Principales motivations de la commune et de la société Elektra Andwil (qui appartient à la commune):

- produire soi-même de l'électricité et en vendre,
- s'engager pour une production énergétique novatrice et écologique.

Concrètement, c'est la construction d'une double salle de gymnastique dans l'enceinte du centre scolaire d'Ebnat qui offre l'occasion de réaliser une telle installation. En novembre 2002, l'assemblée communale extraordinaire qui discute de la construction de la salle de sport approuve un crédit pour la conception d'une installation photovoltaïque.

**Extraits de procès-verbaux du conseil communal:  
Les raisons qui justifient la construction d'une  
installation photovoltaïque à Andwil (SG)**

« Une nouvelle ère commence pour Elektra Andwil, qui va désormais produire elle-même de l'électricité et la vendre. Comme on ne peut envisager une éolienne et que l'hydraulique et le nucléaire n'entrent pas non plus en ligne de compte, c'est l'énergie solaire qui sera choisie. La nouvelle double salle de gymnastique d'Ebnat constitue une bonne occasion de réaliser une installation photovoltaïque.

La plus grande partie du courant consommé en Suisse est produite dans des centrales hydrauliques ou nucléaires. Les cellules solaires, bien qu'elles ne livrent encore qu'une fraction d'un millième de l'énergie consommée, constituent l'un des éléments de notre futur énergétique. Elektra Andwil veut désormais proposer un tel service.

Le client peut couvrir une partie de ses besoins énergétiques

en achetant du courant photovoltaïque écologique au prix coûtant. Ainsi, il soutient aussi le développement de cette technologie. Le courant peut être écoulé de différentes manières. » (Septembre 2002)

« Avec l'énergie éolienne, le photovoltaïque constitue l'un des piliers de l'approvisionnement énergétique du futur. L'énergie solaire est déjà encouragée de différentes manières. De gros efforts sont consentis pour poursuivre le développement du photovoltaïque comme énergie de l'avenir. Les expériences déjà réalisées dans le domaine de l'exploitation montrent que le courant solaire est une énergie complémentaire précieuse. Elle ne peut toutefois concurrencer l'énergie hydraulique ou nucléaire du point de vue de sa puissance et de son coût de production. La part du photovoltaïque à la consommation totale reste donc minime. Il est d'autant plus important que le secteur public s'engage en faveur de ce type de production énergétique. Dans ce contexte, une importance particulière est accordée à la protection de l'environnement. » (Février 2003)

### Préparation de l'installation photovoltaïque d'Andwil

En approuvant le principe de la conception d'une installation photovoltaïque d'une puissance d'environ 7 kW, le conseil communal demande aux services industriels de Gossau de mener des études préliminaires techniques, architectoniques, administratives et financières. Le mandataire est déjà expérimenté dans la construction et l'exploitation d'installations photovoltaïques.

L'installation planifiée puis construite présente les caractéristiques suivantes: 60 modules sur une surface totale de 52 m<sup>2</sup>, pour une puissance de 7,2 kW et une production prévue de 5650 kWh par an. La garantie de performance des modules est de 20 ans. On part de l'idée que la durée de service de l'installation sera d'au moins 20 ans. Les frais totaux se montent à 82 000 francs.

**La perspective du conseil communal:  
Financement de l'installation d'Andwil (SG)**

C'est essentiellement Elektra Andwil qui assume les coûts d'investissement. Différentes approches sont possibles pour le financement de l'installation fonctionnant à l'aide de modules à base de silicium cristallin. Les possibilités sont étudiées dès la conception de l'installation. L'entreprise énergétique AXPO constitue un partenaire important d'Elektra Andwil. La demande de cette dernière concernant une aide du fonds d'AXPO pour l'encouragement des énergies renouvelables est toutefois rejetée, parce que les aides sont limitées à la technologie des couches minces en raison du grand nombre de demandes. En revanche, l'électricité produite à Andwil pourra être intégrée au

programme de courant écologique (« Naturstrom ») d'AXPO et vendu dans le pool de la région du Fürstenland. Les clients peuvent y acheter du courant solaire pour 1 franc par kWh ou du courant vert incluant aussi d'autres agents énergétiques renouvelables. Pour Elektra Andwil, il y a là une raison de plus de continuer à faire de la publicité pour les produits « Naturstrom ». Dans le cadre d'une convention signée après la fin des travaux, Elektra Andwil et AXPO spécifient qu'AXPO rachète environ deux tiers du courant photovoltaïque et qu'Elektra Andwil vend directement le tiers restant.

En ce qui concerne les coûts de construction, le conseil communal exige une séparation claire entre ceux qui sont liés à la salle de gymnastique et ceux qui sont imputables à l'installation photovoltaïque.



En février 2003, le conseil communal approuve le projet et le budget de construction d'une installation photovoltaïque sur le toit de la double salle de gymnastique. Le mois suivant, l'assemblée communale approuve le budget d'investissement et le crédit peut être octroyé.

La demande de permis de construire pour la salle de gymnastique est déposée en avril 2003. L'installation solaire figure également dans les plans. On garantit ainsi une mise à l'enquête publique conforme à la législation sur les constructions. On s'attend à ce que l'autorisation de construire soit accordée.

### La perspective du conseil communal: Construction de l'installation photovoltaïque d'Andwil (SG)

La construction de l'installation photovoltaïque ne constitue pas un projet très complexe. Pour que tout se passe bien, il est toutefois important de coordonner parfaitement le travail des architectes, de la direction du chantier et de la planification électrique. Les participants doivent prévoir assez tôt les différentes étapes et les coordonner de manière suffisamment détaillée. À côté des spécialistes du photovoltaïque, il est recommandé de prendre en compte les partici-

pants au projet et les entreprises locales pour l'exécution des travaux. Cela renforce la coordination, tout en permettant à ces entreprises de faire leurs expériences en matière de nouvelles technologies énergétiques.

« Si possible, les travaux doivent être confiés aux entreprises déjà actives dans la construction de la salle. En raison du choix des composants, certains fournisseurs sont déjà déterminés. Il convient de négocier des conditions d'achat optimales. Dans les autres cas, les mandats doivent être confiés de gré à gré aux entreprises d'Andwil. » Conseil communal, mai 2003



*Illustration 73: Installation photovoltaïque à Andwil (SG). Le conseil communal a lancé l'idée d'une installation photovoltaïque dans le cadre de la construction d'une nouvelle salle de gymnastique. Pour la commune et pour*

*Elektra Andwil, la mise en service de l'installation en septembre 2004 a marqué le début de la production locale d'électricité. Source: commune d'Andwil / services industriels de Gossau.*

L'installation mise en service le 13 septembre 2004 injecte de l'électricité à basse tension dans le réseau d'Elektra Andwil. Lors de sa conception, on a prévu suffisamment de place – sur le toit et dans l'armoire de contrôle – pour pouvoir doubler sa capacité en temps voulu. Les mesures et les examens confirment le fonctionnement technique de l'installation et permettent d'établir le rapport de sécurité au sens de l'ordonnance sur les installations à basse tension (OIBT).

Une visite des lieux convainc le conseil communal de la qualité des travaux d'installation. La partie technique des travaux est ainsi officiellement achevée. C'est le début d'une nouvelle ère pour Elektra Andwil et le conseil communal: Andwil produit une petite partie de son propre courant. La commune respecte ainsi son engagement de soutenir cette forme novatrice de production énergétique.

Simultanément, il faut convaincre davantage d'habitants du bien-fondé de cette démarche. De ce point de vue, la réalisation d'une installation appartenant à la commune constitue une

étape importante. Les habitants peuvent s'informer directement: un tableau placé à l'extérieur renseigne continuellement la population – et en particulier les élèves – sur l'utilisation de courant photovoltaïque par la commune. Mais il est aussi important d'informer activement les habitants. Elektra Andwil et le bulletin d'information de la commune constituent deux canaux fiables à cet effet: Qu'est-ce que le photovoltaïque? Pourquoi produire du courant solaire? Comment le citoyen peut-il contribuer directement ou indirectement à une utilisation durable de l'énergie? Concrètement, les clients peuvent acheter du courant de leur commune (en tranches de 50 à 400 francs, ou alors pour un montant quelconque au prix de 1 franc par kWh solaire). Si la demande est suffisamment élevée, l'installation peut être agrandie. Certains habitants, dont une conseillère communale, envisagent même de construire leur propre installation. Le courant solaire commence à se faire sa place...

## 2.4 Définir des objectifs et des groupes-cibles

Fixer des objectifs clairs aide à élaborer un programme adapté, avec des mesures efficaces. On peut distinguer trois principaux types d'objectifs, qui impliquent à chaque fois des priorités différentes.

S'il s'agit...

1. ...d'augmenter la part des énergies renouvelables dans un réseau d'approvisionnement local, les partenariats avec l'économie énergétique et les milieux financiers doivent constituer les éléments-clés du programme;
2. ...de contribuer au développement technologique en augmentant surtout les connaissances techniques de pointe des entreprises locales, on préférera les projets novateurs;
3. ...de renforcer l'intérêt du public, de sensibiliser et de bénéficier d'un large soutien, il est primordial de mettre en place une bonne politique d'information.

La stratégie peut se concentrer sur l'un de ces objectifs ou miser sur une combinaison harmonieuse de certains d'entre eux. Bien qu'en principe tout le monde puisse profiter de projets de photovoltaïque, il est conseillé de concentrer les efforts sur des groupes-cibles clairs. Là encore, il est possible de distinguer trois directions principales.

S'il s'agit par exemple...

1. ...d'augmenter le plus possible le nombre d'installations et leur puissance totale, le groupe-cible devrait être constitué des architectes et des maîtres d'ouvrage. L'accent sera mis sur une procédure simple et sur des systèmes standard. De bonnes expériences ont également été réalisées dans le cadre de campagnes destinées aux citoyens – avec des kits à bricoler soi-même ou des paquets semblables à « EPSILON » (voir page 33) – lorsque l'on vise un grand nombre de (petites) installations ou une large diffusion.
2. ...d'améliorer le savoir-faire local ou d'accroître la spécialisation, ce sont les entreprises et les institutions novatrices locales qui devraient former le groupe-cible. La priorité sera accordée à des projets innovants faisant l'objet d'une publicité intense, également à l'extérieur de la commune.
3. ...d'augmenter l'intérêt du public et de le sensibiliser, c'est la population en général qui formera le public-cible. L'accent auprès du public sera mis sur des installations efficaces et jouissant d'une bonne visibilité: installations intégrées à une façade, installations situées sur les toits mais bien accessibles ou bien visibles (toit semi-transparent, par exemple), lampadaires solaires, bâtiments publics avec tableau d'information, etc.

Le photovoltaïque en arrive à jouer un rôle dans différents domaines communaux, de l'approvisionnement énergétique à l'aménagement de l'environnement construit. Les applications concrètes de cette technologie se font au niveau local. Il revient donc aux autorités locales et aux acteurs qui leur sont proches d'utiliser le photovoltaïque et, éventuellement, de le soutenir. Ci-après, un choix de programmes initiés localement doit inciter à trouver une approche individuelle pour élaborer un programme adapté à la situation communale.

Il n'existe pas de recette toute faite applicable à toutes les situations. Pour un programme efficace, il faut surtout que les autorités a) fassent preuve d'esprit d'ouverture envers les nouvelles technologies (connaissances de base et compréhension de la construction incluant du photovoltaïque), b) participent aux mesures d'information et de communication et c) soutiennent (financièrement) la mise en œuvre. Il faut aussi tenir compte de la situation locale (partenariats et ressources, notamment), afin que le programme puisse produire tous ses effets.

### Programme d'encouragement des énergies renouvelables à Hünenberg (ZG)

La commune de Hünenberg subventionne l'utilisation des énergies renouvelables et soutient une utilisation rationnelle et écologique de l'énergie et de l'eau sur son territoire. Elle encourage notamment le photovoltaïque avec un montant de 1000 francs par kW. Les recettes issues des concessions d'approvisionnement électrique permettent de consacrer 100 000 francs par an au programme d'encouragement.

En 2004, la commune est devenue une « Cité de l'énergie » et s'est même classée d'emblée au 9<sup>e</sup> rang des 117 cités reconnues. La coopérative EGH (Elektro-Genossenschaft Hünenberg) est particulièrement engagée: elle a mis en place deux installations photovoltaïques d'une puissance totale de 60 kW et fournit le courant produit à ses clients sans facturer aucun surcoût. Elle alimente en électricité environ 60 % du territoire de la commune.

Informations: <http://www.hueneberg.ch>;  
<http://www.energienetz-zug.ch>; <http://www.egh.ch>



Illustrations 74 et 75: **Installations photovoltaïques à Hünenberg (ZG).** Une installation a été posée sur le toit d'une grange, l'autre sur un centre sportif.



Source: U. Bühler, Cham.



Illustration 76: **Une publicité efficace.** L'installation de la Migros Limmat à Zurich a été très bien accueillie. Source: energiebüro Zürich.

### Une bourse du photovoltaïque à Zurich

Les entreprises électriques de la ville de Zurich (ewz) ont consenti beaucoup d'effort pour diffuser l'idée de bourse solaire. Cette bourse sert d'intermédiaire entre producteurs et clients. Les installations sont choisies dans le cadre d'une mise au concours. Le courant est acheté à un prix fixe durant 20 ans. Il est ensuite revendu aux clients (il est actuellement subventionné par un fonds pour les économies d'énergie). Dans ce cadre, des installations exemplaires ont vu le jour.

Source: <http://www.ewz.ch>

### « Consommer mieux et moins » à Genève: objectifs ambitieux pour les produits « Vitale »

Dans sa constitution, le canton de Genève se donne pour mandat d'utiliser l'énergie de manière parcimonieuse et écologique et de promouvoir en priorité les sources d'énergie renouvelables. Sur cette base, différents objectifs ont été formulés, que l'on peut résumer dans la formule « consommer mieux et moins ». Le canton de Genève s'est donné jusqu'en 2006 pour faire passer la puissance du photovoltaïque de 1,5 MW (état fin 2004) à 5 MW, ce qui correspondrait à 12 W par habitant. D'ici à 2015, le plan directeur vise 12 MW. La planification énergétique prévoit également des objectifs à long terme.

En 2002, les Services industriels de Genève (SIG) ont renouvelé leur assortiment (voir l'illustration 77). Ils ont distingué

différents produits et différents tarifs: SIG Vitale Bleu est devenu l'électricité par défaut, qui coûte 1 centime de moins par kWh qu'avec le tarif unitaire utilisé précédemment. En 2004, l'assortiment a été étendu de la manière suivante:

- Offre Découverte: 80 % de SIG Vitale Bleu et 20 % de SIG Vitale Vert, avec un surcoût de 1 centime par kWh.
- Offre Engagement: 50 % de SIG Vitale Jaune et 50 % de SIG Vitale Vert, avec un surcoût de 3,5 centimes par kWh.

Ce sont avant tout les sources d'énergies indigènes et renouvelables qui profitent de la modification de l'assortiment. Les SIG se sont fixé pour objectif de faire passer leur production de courant photovoltaïque à 5 millions de kWh en 2006 et d'améliorer sa commercialisation dans le cadre de SIG Vitale.

### Devenez producteur de courant photovoltaïque dans le canton de Genève !

Les Services industriels de Genève (SIG) soutiennent les installations photovoltaïques d'une puissance inférieure à 10 kW. Ils s'engagent à racheter le courant produit pendant

vingt ans au prix le plus élevé possible (actuellement 85 centimes par kWh). Le producteur est par ailleurs invité à couvrir sa propre consommation avec le courant écologique SIG Vitale vert (dont le surcoût est actuellement de 5 centimes par kWh).

Informations: <http://www.sig-ge.ch>

#### Les consommateurs

##### La gamme de produits „VITALE”

- Bleu: garanti d'origine hydraulique
- Jaune: du courant renouvelable d'origine genevoise
- Vert: du courant renouvelable garanti de qualité écologique par le label naturemade star (hydraulique + >2,5% de nouvelles énergies renouvelables)

#### Le distributeur

##### Rachat de l'énergie produite par SIG

- Base légale (loi, art 21A), prix compris entre 15 à 60 cts/kWh
- Démarche volontaire, cas du photovoltaïque à 85 cts/kWh (en 2004) avec garantie de rachat et d'exploitation sur 20 ans

#### Les sites

##### Inventaire des sites potentiels par le ScanE

- Portail énergie (cadastre des toits éligibles et de l'énergie en général)
- SITG (système d'information du territoire genevois)

#### Les financements

##### Partenariat bancaire et financements de l'Etat

- Prêts
- Cautionnement
- Subventions
- Contracting
- Achat volontaire des produits VITALE

*Illustration 77: Instruments et mesures pour l'encouragement du photovoltaïque dans le canton de Genève.*

### Produire du photovoltaïque et acheter du courant « Premium Solar » avec « Energie Wasser Bern »

Dans le cadre du soutien aux formes durables de production énergétique, Energie Wasser Bern (ewb) subventionne la construction d'installations photovoltaïques. L'aide est destinée aux maîtres d'ouvrage de la zone d'approvisionnement qui décident de construire une installation décentralisée mais raccordée au réseau. L'énergie excédentaire est rachetée à un tarif déterminé (actuellement 15 centimes par

kWh). Le montant de la subvention est le suivant (pour une puissance allant jusqu'à 15 kW):

- 3500 francs par kW de puissance pour les installations superposées aux toits plats ou inclinés;
- 4500 francs par kW de puissance pour les installations intégrées aux bâtiments (toits, façades ou pare-soleil).

De plus, ewb achète 762 000 kWh par an à neuf installations photovoltaïques totalisant 861 kW. Cette énergie est revendue sous la forme de courant « Premium Solar » certifié « naturemade star ». Informations: [www.ewb.ch](http://www.ewb.ch)



Illustrations 78 et 79: **Installations photovoltaïques à Berne.** Des installations intégrées aux claires-voies d'un dépôt de locomotives et à des toitures à redans dans le parc industriel de Felsenau produisent respectivement 50 000 et



225 000 kWh de courant « Premium Solar » pour Energie Wasser Bern (ewb).  
Source: NET, St-Ours; S.A.G. Solarstrom, Berne.

### Courant vert: Zoug finance 50 % du surcoût

La ville de Zoug s'engage au côté des consommateurs pour soutenir le courant vert et photovoltaïque. Elle finance

50 % de la majoration de prix du courant écologique. Les clients des « Wasserwerke Zug » (WWZ) qui habitent la ville peuvent ainsi acheter du courant solaire majoré de 50 centimes par kWh (au lieu de 100 cts / kWh).

Infos: <http://www.wwz.ch>



Illustrations 80 et 81: **Courant photovoltaïque à Zoug.** Montage de l'installation sur le toit de la clinique d'altitude Adelheid à Unterägeri (ZG). Les « Wasserwerke Zug » (WWZ) exploitent cette installation et vendent le courant



directement à leurs clients. Elles achètent aussi du courant issu d'une installation appartenant à un particulier à Neuheim (ZG). Source: WWZ.



Illustrations 82 et 83: **Installations photovoltaïques à Bâle.** Foire de Bâle et Parc Saint-Jacques. Les deux installations ont été construites dans le cadre de la politique d'encouragement et fournissent de l'électricité à la bourse solaire des

services industriels de Bâle (IWB). Source: M. Walthard, Foire suisse de Bâle / energiebüro Zürich.

### Politique de l'énergie solaire à Bâle-Ville

Dans le canton de Bâle-Ville, le soutien public au photovoltaïque s'intègre à une large politique d'encouragement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Une taxe d'incitation (sans incidence sur la quote-part de l'État) alimente un fonds destiné aux économies d'énergie. De plus, une redevance d'encouragement est perçue par l'intermédiaire de la facture électrique. La priorité est donnée à l'enveloppe et à la technique du bâtiment, ainsi qu'à l'énergie solaire.

Le programme de soutien au photovoltaïque comprend des aides à l'investissement (jusqu'à 50 % de la somme investie), ainsi qu'une bourse solaire gérée par les services industriels de Bâle (IWB). En soutenant cette technologie sur le long terme, on espère l'aider à percer.

Par l'intermédiaire de leur bourse, les IWB s'engagent envers les producteurs à racheter leur électricité à prix coûtant pendant 20 ans. Depuis 1999, les installations sont encouragées jusqu'au contingent annuel de construction fixé à 300 kW. Pour éviter que ce contingent soit rapidement épuisé par quelques grandes installations et garantir

la continuité de l'aide, seules les constructions dont la puissance ne dépasse pas 50 kW ont automatiquement le droit de vendre leur production à prix coûtant. Les installations plus importantes font l'objet d'un appel d'offres annuel. Le candidat le moins cher est ensuite retenu. À fin 2004, la bourse solaire liait plus de 4000 clients à 50 installations présentant une puissance totale de 1,6 MW.

En janvier 2005, l'exécutif cantonal a décidé d'étendre la bourse solaire à 2,7 MW avant la fin 2007.

En se basant sur les coûts d'investissements maximaux imputables et sur un taux d'intérêts du capital de 3,25 % (actuellement) pour le calcul du prix de rachat, les maxima suivants ont été fixés pour la première année de service:

- Installations jusqu'à 5 kW: investissement de 12 000 francs par kW, tarif d'achat de 78 centimes par kWh (TVA comprise);
- Installations de 5 à 20 kW: investissement de 10 500 francs par kW, tarif d'achat de 72 centimes par kWh\*;
- Installations de 20 à 50 kW: investissement de 10 000 francs par kW, tarif d'achat de 69 centimes par kWh\*.

\* Sans TVA pour les producteurs soumis à la TVA.

Infos: <http://www.aue-bs.ch>; <http://www.bonusbasel.ch>

### À Bâle, des stations-service fournissent du courant photovoltaïque aux vélos électriques

Parce qu'ils se déplacent sans faire de bruit et sans polluer, les véhicules électriques peuvent faire le plein gratuitement auprès des IWB. Chaque véhicule, scooter ou vélo élec-

trique peut stationner quatre heures gratuitement tout en remplissant ses accumulateurs de courant photovoltaïque. Plus de 1000 vélos électriques font de Bâle la capitale européenne en la matière. La promotion des vélos électriques peut aussi être combinée avec l'abonnement au courant photovoltaïque. Informations: <http://www.iwb.ch>



Illustrations 84 à 86: Installations solaires du pool photovoltaïque thurgovien. Installations sur toit incliné de 11 kW à Amriswil et de 4,8 kW à Frauenfeld, et installation sur toit plat de 10,8 kW à Kreuzlingen. Source: Solarstrom-Pool Thurgau.



Illustration 87: Carte solaire du canton de Thurgovie. Le pool thurgovien comprend plusieurs dizaines d'installations. Sources: Solarstrom-Pool Thurgau.

**Le pool photovoltaïque thurgovien**

Le pool photovoltaïque encourage la construction de nouvelles installations. Il vend également le courant produit aux entreprises électriques, qui le livrent à leurs clients. Les recettes permettent de soutenir de nouvelles installations. En contrepartie, les exploitants laissent au pool le soin de commercialiser le courant solaire pendant quelques années. Le service de l'énergie du canton de Thurgovie constitue l'instance de surveillance qui garantit que les clients reçoivent vraiment du courant provenant des installations photovoltaïques locales. Informations: <http://www.solarstrom-pool.ch>



Illustration 88: Le photovoltaïque constitue l'une des pierres d'angle de la Cité de l'énergie de Riehen (BS). Couverture de la brochure « Éléments pour une qualité de vie durable » (Bausteine nachhaltiger Lebensqualität), qui présente notamment les applications envisageables. Source: commune de Riehen.

**Le photovoltaïque à Riehen (BS)**

Riehen et Lausanne ont été les premières communes à obtenir le label « European Energy Award Gold ». La commune bâloise poursuit une stratégie exemplaire en matière d'utilisation et d'approvisionnement énergétiques. Elle considère qu'il faut utiliser le photovoltaïque de manière constante pour contribuer à développer cette technologie. Le territoire communal abrite plusieurs installations, qui appartiennent à la commune ou à des privés. Les véhicules électriques légers peuvent également faire le plein en courant photovoltaïque. Les objectifs de législature du conseil communal de Riehen précisent ce qui suit: « L'énergie solaire constitue la principale source d'énergie de l'avenir. Elle est une des rares formes d'énergie à pouvoir être utilisée durablement, sans dégrader aucune ressource. Le conseil communal a l'intention de réaliser d'autres projets dans ce domaine... ». Source: <http://www.riehen.ch>



Illustration 89: *Installations photovoltaïques réalisées dans le cadre du programme tessinois d'encouragement. Ce programme a déclenché la*

*construction de nombreuses installations dans toutes les régions, impliquant les principaux acteurs. Source: Laboratorio Energia Ecologia Economia (LEEE).*

### Programme de photovoltaïque au Tessin

De 2002 à 2004, le Tessin a réalisé un premier programme de photovoltaïque. Un soutien a été apporté à 46 installations qui répondaient aux exigences suivantes: puissance comprise entre 1 et 20 kW, raccordement au réseau, permis de construire déjà obtenu et accès possible aux données d'exploitation. L'aide maximale était de 9000 francs par

kW, avec une limite de 36 000 francs par requérant. Le programme a été bien accueilli dans tous les districts et tous les secteurs d'approvisionnement. Il a permis la construction de nombreuses installations de taille moyenne dans un laps de temps réduit. Un grand nombre d'acteurs (entreprises électriques, installateurs, architectes, etc.) ont ainsi eu l'occasion de faire leurs propres expériences avec cette nouvelle technologie. Informations: <http://www.ti.ch>



### EPSILON: une installation photovoltaïque compacte accessible à tous

EPSILON a été développé pour permettre à la population de participer activement à la production de courant photovoltaïque. Disponible sous la forme d'un kit, l'installation comprend deux panneaux de 53 W chacun, ainsi qu'un onduleur. Les Services industriels de Lausanne ont assuré le montage de l'installation et de son support. L'onduleur, d'un nouveau type, a la taille de deux jeux de cartes. Dès qu'il est raccordé à une prise, il transforme en courant alternatif le courant continu du module solaire. On garantit ainsi la

sécurité de l'installation tout en simplifiant son maniement, qui devient désormais accessible au profane. Diverses régions de Suisse romande (notamment Lausanne, Neuchâtel et Fribourg) ont mené une telle campagne, tout comme le canton d'Argovie. Plusieurs centaines de ces installations ont pu être acquises à bon prix par la population, grâce aux rabais accordés par des commerçants et à des aides publiques. Avec un prix de catalogue de 1000 francs par set, les commerçants et les pouvoirs publics peuvent par exemple assumer chacun un quart du prix.

Informations: <http://www.lausanne.ch/sil>;  
<http://www.fr.ch/ste>; <http://www.ne.ch>



Illustrations 90 à 93: **Kits solaires.** Des installations EPSILON dans la zone d'approvisionnement des Services industriels de Lausanne (SIL) et du Groupe E. Les illustrations montrent le kit solaire monté au-dessus d'un store protégeant

une terrasse à Jouxens (VD), sur le toit d'un garage à Belfaux (FR), contre une façade à Guin (FR) et à la balustrade d'un balcon à Fribourg. Source: SIL (première illustration); M. Gutschner, Fribourg.

### Une campagne visant les propriétaires: des achats groupés dans un environnement stimulant

Un consortium de quatre membres issus des domaines de l'ingénierie, de l'installation et du marketing propose des kits d'installations photovoltaïques prêtes à être montées. Cette campagne se distingue par le principe de l'achat groupé (voir page 53): en réunissant plusieurs commandes d'installations standardisées (d'une puissance d'environ 2 kW), celles-ci peuvent être revendues à meilleur prix. Cette promotion était destinée en premier lieu aux clients de la zone d'approvisionnement des entreprises électriques

de la ville de Zurich (ewz). Lors d'une première phase, en 2004, plus de 20 commandes ont été enregistrées (dont près de 90 % en ville de Zurich). Une bonne partie des clients ont même souhaité une installation plus grande (généralement d'une puissance de 3 kW) sur leur toit. Au-delà de la motivation personnelle des clients et du prix attractif, l'environnement des « ewz » rend cet investissement particulièrement intéressant. Le fonds pour les économies d'énergie a fourni 5000 francs par kW en 2004 (et 3000 francs pour la deuxième série en 2005). Le montant net investi peut aussi être déduit du revenu imposable sur quatre ans. Informations: <http://www.solarstrom.ch>



Illustration 94: **Installation photovoltaïque sur une étable à Zurich.** Avec 120 modules, la plus grande installation de cette campagne solaire peut fournir 19,8 kW. Source: BE Netz, Lucerne.



Illustration 95: **Installation photovoltaïque sur le pan incliné d'un toit de maison individuelle à Zurich.** Avec 3,3 kW, la puissance de cette installation est typique de cette campagne solaire. Source: BE Netz, Lucerne.



Illustration 96: **Installation photovoltaïque sur le toit plat d'une maison individuelle à Zurich.** Puissance de l'installation: 5,76 kW. Source: BE Netz, Lucerne.

### Campagne « 100 toits bleus » à Delft (Pays-Bas)

Cette campagne a eu pour objectif de sensibiliser la population et de lui donner une image positive du courant solaire. Les installations les plus diverses témoignent des vastes possibilités d'intégrer le photovoltaïque aux bâtiments: façades, toits, solutions standard, systèmes novateurs du point de vue architectural, installations de différentes couleurs, systèmes visibles ou dissimulés... Les habitants de Delft constituent le principal groupe-cible.

Les installations sont montées sur des bâtiments publics ou privés dans les endroits les plus divers: écoles, immeubles d'habitation, homes pour personnes âgées, bâtiments historiques, etc. La ville de Delft assure la coordination. Le projet est financé par les propriétaires des systèmes photovoltaïques, l'entreprise régionale d'approvisionnement en électricité, le gouvernement central ainsi que la ville de Delft. La campagne a finalement stimulé l'installation de 400 systèmes grâce à l'intérêt dont a fait preuve la population. Informations: <http://www.delftenergy.nl>



Illustrations 97 et 98: « 100 toits bleus » à Delft (Pays-Bas). La population découvre les diverses manières d'intégrer le photovoltaïque dans un bâtiment.

Source: Delfts Energie Agentschap, Pays-Bas.

### Une « Rue de l'énergie solaire » et des infrastructures durables à Gleisdorf (Autriche)

La commune de Gleisdorf (Styrie, Autriche) et ses 5300 habitants s'engagent en faveur d'infrastructures énergétiques à la fois efficaces et durables, en collaboration avec les entreprises électriques municipales. Dans le cadre du programme « Énergie et environnement », des projets solaires sont réalisés avec l'aide de diverses institutions (privées).

L'objectif est de démontrer la diversité et l'utilité des applications photovoltaïques. Avec la « Rue de l'énergie solaire », qui comprend 80 installations, le public peut découvrir les possibilités offertes par le photovoltaïque sur un parcours de 3,5 kilomètres traversant la ville. Ces installations ont été mises en place par les entreprises énergétiques locales sur mandat de la commune de Gleisdorf, avec le soutien du land de Styrie.

Informations: <http://www.feistritzwerke.at>



Illustrations 99 à 103: « Rue de l'énergie solaire » à Gleisdorf (Autriche). Les installations sont placées intentionnellement de manière à ce qu'on les remarque: a) colonne solaire; b) station-service pour vélos (outils d'entretien) et véhicules

électriques (recharge solaire); c) parc avec exposition permanente présentant diverses applications; d) arbre solaire artistique; e) cadran solaire. Source: W. Schiefer, Feistritzwerke, Gleisdorf, Autriche; Ville de Gleisdorf (illustration 102).

### Programme Sol-300: des installations standard pour habitations existantes au Danemark

Le programme danois Sol-300 comprenait le montage d'installations photovoltaïques standard sur des bâtiments d'habitation existants, afin de faciliter le développement commercial des systèmes de ce type. Objectifs principaux: une baisse des coûts, le développement technologique, l'assurance-qualité et surtout l'implication des principaux

acteurs, en particulier les entreprises électriques locales, les autorités, les propriétaires de maisons et les installateurs. L'accent est mis sur a) des installations standard, b) des habitations existantes et c) des régions choisies (régions prioritaires pour un réseau plus solide). Dans l'ensemble, 300 installations totalisant une puissance de 750 kW ont été montées. Le programme suivant, baptisé Sol-1000, vient de s'achever. Objectif atteint: 1000 installations. Informations: <http://www.sol300.dk>



*Illustrations 104 et 105: Installations photovoltaïques standard pour habitations existantes au Danemark. Le programme Sol-300 mise sur des installations standard construites sur des habitations existantes afin d'optimiser le*

*prix des systèmes photovoltaïques. Il vise aussi à mettre en place un réseau solide dans certaines régions choisies. Source: Energimidt, Danemark.*

### « Stad van der Zon » – la cité du soleil

La « Stad van der Zon » (cité du soleil) de Heerhugowaard (Pays-Bas) est un programme incluant la construction d'un quartier de 1410 maisons construites selon le principe « énergie zéro – émissions zéro ».

Le photovoltaïque y a été pris en compte dès le début de la conception et constitue l'une des pierres angulaires de l'approvisionnement électrique. Au total, la nouvelle cité abrite des installations solaires totalisant 2,45 MW de puissance. Source: C. Bakker, Pays-Bas.

Informations: <http://www.heerhugowaard.nl>



*Illustrations 106 et 107: Des maisons « émissions zéro » dans la cité solaire de Heerhugowaard (Pays-Bas). Le photovoltaïque constitue l'un des*

*éléments centraux de ce nouveau quartier de 1410 logements (photos prises peu avant l'achèvement des travaux). Source: C. Bakker, Pays-Bas.*

### Questions traitées

- Quelle contribution le photovoltaïque peut-il fournir à l’approvisionnement énergétique au plan local?
- Quelles sont les principales possibilités d’intégration du photovoltaïque dans les différentes structures urbaines?
- Comment l’aménagement du territoire peut-il accroître l’efficacité énergétique et mettre en œuvre l’énergie solaire de manière judicieuse?
- De quelles solutions d’intégration dispose-t-on lorsque l’on veut construire ou rénover en incluant du photovoltaïque?
- Comment les communes peuvent-elles soutenir les constructions incluant le photovoltaïque?
- Quelles sont les possibilités de financement et de commercialisation du courant photovoltaïque au plan local?

### Objectif

Des informations générales sur l’ensoleillement ainsi que des études de cas concernant Fribourg, Zurich et Genève illustrent l’importance du potentiel photovoltaïque.

Des expériences spécifiques et quelques principes (solaires) simples montrent comment l’aménagement du territoire peut influencer le développement urbain pour augmenter la qualité de vie, la durabilité et l’efficacité.

Des exemples illustrent les possibilités d’intégrer la technologie solaire à une architecture moderne et durable.

Le photovoltaïque unit des matériaux de construction à la production électrique, si bien qu’il bénéficie de nombreuses possibilités d’application et de financement. Une présentation des principaux mécanismes et instruments permet de s’en faire une vue d’ensemble.

### Contenu et structure

L’expansion du photovoltaïque dépend de manière décisive d’un cadre général et de bases qui ne sont pas de nature technologique. Au plan local, les communes peuvent donc se charger de tâches importantes dans ce domaine.

La mise en œuvre du photovoltaïque concerne en tous les cas les domaines de la planification énergétique et de l’aménagement du territoire. S’y ajoutent le financement et la commercialisation du courant photovoltaïque, deux domaines dans lesquels les communes peuvent adopter des mesures ou profiter de mesures prises par des tiers. Enfin, les communes peuvent aussi soutenir des initiatives dans le domaine solaire.

Cette section se penche sur cinq thèmes:

**Potentiel du photovoltaïque:** Des études de cas concernant Fribourg, Zurich et Genève soulignent de manière exemplaire l’importance du potentiel photovoltaïque.

**Développement urbain et aménagement du territoire:** Les structures urbaines les plus diverses se sont formées dans l’environnement construit. Or le potentiel solaire est étroitement lié à la structure urbaine. Des mesures d’aménagement du territoire permettent d’optimiser le développement urbain en général et le potentiel solaire en particulier.

**Architecture et conception des bâtiments:** L’intégration de systèmes photovoltaïques dans les bâtiments doit répondre de manière optimale à certaines exigences. Du point de vue de l’architecture et du solaire, une optimisation doit permettre de trouver des solutions assurant à la fois la qualité physique et esthétique du bâtiment et la production photovoltaïque. Par ailleurs, le déroulement du projet et le calendrier doivent être bien coordonnés entre les différents acteurs.

**Financement et commercialisation:** Le courant photovoltaïque peut être produit, acheté et utilisé presque en tous lieux. Les possibilités de financement du courant solaire en sont d’autant plus diverses. Elles vont de l’achat régulier de courant auprès des entreprises électriques locales aux investissements faits pour construire une installation sur les bâtiments communaux. Pour cela, divers instruments et mécanismes existent. Les communes peuvent les mettre elles-mêmes à disposition ou les utiliser pour la réalisation de leur propre installation.

**Initiatives dans le domaine solaire:** La commune peut soutenir des initiatives lancées par des associations ou des privés.

#### 3.0 Modes d’action possibles pour la mise en place des bases et du cadre général

##### 3.1 Recenser les ressources locales

##### 3.2 Favoriser un développement urbain efficace et durable

##### 3.3 Influencer favorablement l’architecture et le processus de conception

##### 3.4 Contribuer à un cadre général adapté pour le marché et les investissements

##### 3.5 Soutenir les initiatives prises dans le domaine solaire

Des possibilités intéressantes s'offrent aux communes qui souhaitent améliorer la mise en œuvre du photovoltaïque en adaptant les bases et le cadre général:

- **Recenser les ressources locales** (voir chapitre 3.1): Une analyse ou un inventaire constitue le fondement de mesures concrètes de mise en œuvre. De manière générale, plus on recense et on utilise concrètement le parc immobilier du point de vue de son potentiel solaire, plus le rôle joué par la commune est important. Le recensement du potentiel photovoltaïque local tient compte des conditions d'ensoleillement, de l'architecture et de la protection des bâtiments ainsi que de la technologie. La commune peut poursuivre deux objectifs principaux avec une telle analyse:
  - 1) Vue d'ensemble pour établir une stratégie dans le cadre d'un plan sectoriel énergétique ou d'un projet de marketing. Pour le recensement, il faut compter deux à trois minutes de travail par bâtiment. Grâce aux informations dont la commune dispose sur son propre parc de bâtiments, elle peut adapter sa stratégie aux conditions locales.
  - 2) Inventaire des bâtiments utilisables pour le solaire (p. ex. inventaire des constructions publiques disposant d'un toit adapté) avec indication de la faisabilité technique d'installations solaires. Il faut compter environ deux à trois heures de travail par (fiche de) bâtiment.
- **Favoriser un développement urbain efficace et durable** (voir chapitre 3.2): Diverses possibilités s'offrent aux autorités locales pour influencer positivement le développement urbain, notamment:
  - 1) Les dispositions concernant les constructions ou l'aménagement du territoire (p. ex. hauteur et largeur des bâtiments, distances, indice d'utilisation) peuvent reprendre directement ou indirectement des critères liés à l'énergie solaire et adaptés au site, ou des principes architecturaux concernant le solaire.
  - 2) Des zones solaires peuvent être délimitées dans le cadre de la planification énergétique. Dans celles-ci, les réglementations locales peuvent contribuer non seulement à rendre le patrimoine bâti et l'utilisation de l'énergie plus efficaces et plus durables, mais aussi à améliorer la qualité de vie. L'aménagement du territoire au niveau local joue un rôle indirect mais important puisqu'il détermine le développement et l'organisation des structures urbaines pour une très longue durée.
- **Influencer favorablement l'architecture et le processus de conception** (voir chapitre 3.3): Les communes peuvent aussi jouer un rôle positif en dehors de leurs compétences liées au droit des constructions. Par exemple en publiant et/ou en appliquant des directives simples ou des normes de durabilité. De manière générale, l'information et la communication sont essentielles, qu'il s'agisse d'architecture solaire voyante et de conception novatrice ou au contraire d'une intégration discrète.
- **Contribuer à un cadre général adapté pour le marché et les investissements** (voir chapitre 3.4): Le photovoltaïque constitue à la fois un élément de construction et une technologie énergétique. Les instruments et les mécanismes permettant de financer une installation ou de commercialiser du courant photovoltaïque sont d'autant plus nombreux. Les communes et les acteurs qui leur sont proches (notamment les entreprises électriques locales) peuvent mettre eux-mêmes à disposition de tels instruments ou les utiliser pour réaliser leur propre installation.
- **Soutenir les initiatives prises dans le domaine solaire** (voir chapitre 3.5): Souvent, des tiers issus du secteur privé ou (semi-)public jouent déjà un rôle important dans les initiatives concernant l'énergie solaire. Les communes peuvent soutenir ces initiatives.

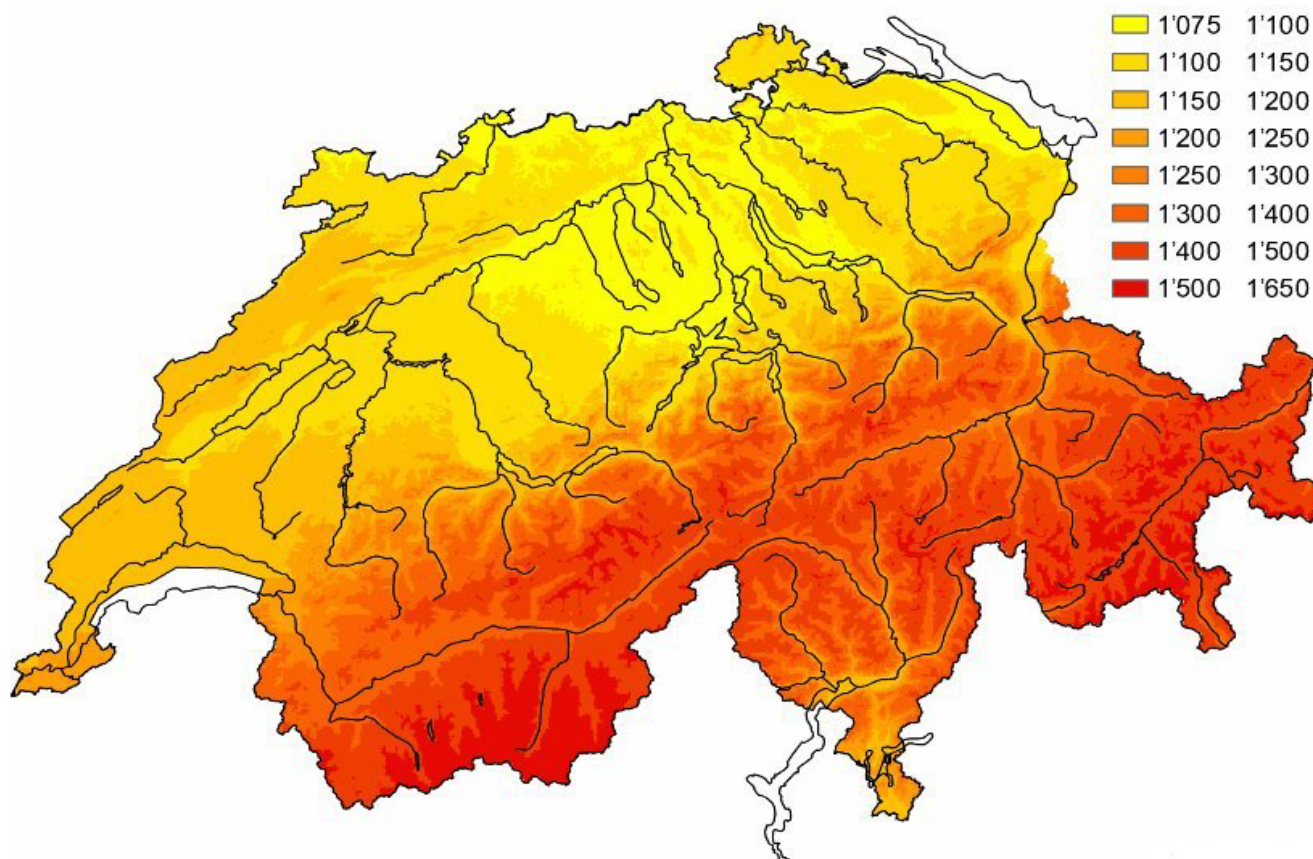
Notre société a fortement urbanisé le territoire. L'habitat, le travail, la mobilité et les loisirs consomment beaucoup d'énergie et occupent de grandes étendues. Dans ce contexte, le photovoltaïque offre la possibilité de donner un caractère multifonctionnel aux surfaces bâties. Les sites qui consomment de l'énergie peuvent ainsi contribuer à l'approvisionnement en produisant du courant photovoltaïque.

En tenant compte de la technologie, de l'architecture des bâtiments, de l'ensoleillement et de la protection du patrimoine (monuments historiques et sites), il est possible de délimiter des surfaces appropriées pour la production photovoltaïque. À eux seuls, les toits adéquats peuvent garantir une partie non négligeable de l'approvisionnement électrique: dans une commune suisse moyenne, des installations photovoltaïques permettraient de produire l'équivalent de 15 à 25 % de la consommation électrique finale. La commune peut jouer un rôle décisif dans le recensement et l'exploitation des ressources locales (et notamment du potentiel photovoltaïque). Lorsqu'elle procède à l'analyse de potentiel, elle peut donc poursuivre principalement deux objectifs:

- Vue d'ensemble pour établir une stratégie dans le cadre d'un plan sectoriel énergétique ou d'un projet de marketing. Pour le recensement, il faut compter deux à trois minutes de travail par bâtiment. Grâce aux informations dont la commune dispose sur son propre parc de bâtiments, la stratégie peut être adaptée aux conditions locales.
- Inventaire des bâtiments utilisables pour le solaire (p. ex. inventaire des constructions publiques disposant d'un toit adapté) avec indication de la faisabilité technique d'installations solaires. Il faut compter environ deux à trois heures de travail par (fiche de) bâtiment.

La commune peut également établir un inventaire des bâtiments communaux appropriés et le mettre à disposition de tiers. En estimant le potentiel, elle peut contribuer au développement d'une stratégie locale. Le recensement des ressources et des potentiels solaires locaux constitue un élément central pour la durabilité de l'aménagement du territoire et de la planification énergétique.

Des informations de base et les résultats de diverses études sur le thème du potentiel photovoltaïque sont présentés ci-après.



*Illustration 108: Carte d'ensoleillement. L'énergie solaire (en kWh par m<sup>2</sup> et par an) se répartit de manière plutôt homogène sur le territoire fortement urbanisé de la Suisse. Les sommes annuelles d'ensoleillement présentent des variations relativement faibles. La Suisse romande et le Tessin enregistrent 1200 kWh par m<sup>2</sup>*

*et par an (zone orange), alors que la moyenne est d'environ 1100 kWh par m<sup>2</sup> et par an dans le triangle Bâle-Berne-Zurich (zones jaune foncé). Les vallées de l'intérieur des Alpes présentent un ensoleillement supérieur à la moyenne (environ 1300 kWh par m<sup>2</sup> et par an, zones orange foncé). Source: données Meteornorm.*



Le soleil est la source d'énergie de la Terre. Dans l'ensemble, le rayonnement qu'il lui envoie en une demi-heure correspond à la consommation énergétique annuelle de l'humanité. Le potentiel théorique est donc considérable. La technologie actuelle permet aux hommes d'utiliser de plus en plus cette source d'énergie inépuisable, notamment grâce au photovoltaïque.

Il est vrai que les différentes régions ne reçoivent pas toutes le même rayonnement. Il ne faut pourtant pas en tirer des conclusions hâtives au sujet de l'utilisation de l'énergie solaire. Ces différences sont limitées: Même le désert le plus ensoleillé ne reçoit qu'un peu plus du double des 1200 kWh par m<sup>2</sup> et par an qui constituent la moyenne suisse. À l'intérieur de notre territoire, le rayonnement ne varie que de  $\pm 10\%$ . Les zones de haute altitude sont les seules à présenter une valeur plus élevée de 20 à 30%. Toutefois, l'énergie solaire reçue dans les déserts ou au sommet des montagnes est difficile à exploiter en raison du manque d'infrastructures.

Dans les zones urbaines, le rayonnement solaire constitue une source d'énergie facilement utilisable. La quantité d'énergie captée dépend surtout de l'orientation (verticale et horizontale) de la surface qui capte le rayonnement solaire.

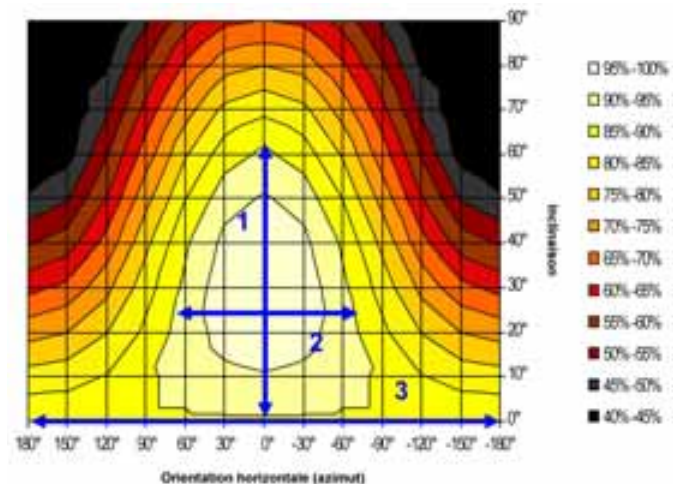
En fonction de l'ensoleillement, les surfaces appropriées 41 peuvent être classées en deux catégories de rendement solaire:

- rendement solaire élevé: surfaces dont l'ensoleillement annuel dépasse 90% du maximum local;
- rendement solaire satisfaisant: surface dont l'ensoleillement annuel correspond à 80 à 90% du maximum local.

En raison du taux élevé de lumière diffuse en Europe centrale, il est possible, dans la plupart des régions fortement urbanisées, de dévier parfois nettement de l'orientation « idéale » sans pour autant que le rendement baisse de manière inacceptable. On l'exprime souvent en indiquant que « le ciel est tolérant ».

- Dans une bonne partie des zones fortement urbanisées de Suisse, une surface horizontale peut atteindre un rendement énergétique correspondant à près de 90% de l'ensoleillement annuel maximal.
- Sur les toits inclinés, les surfaces strictement orientées vers le sud ne sont pas les seules à atteindre un rendement de plus de 90%. Avec une inclinaison de 25°, les surfaces orientées vers l'est-sud-est ou vers l'ouest-sud-ouest présentent aussi un rendement solaire élevé.
- Sur les toits orientés vers le sud, les surfaces dont l'inclinaison est inférieure à 60° bénéficient d'un rendement solaire élevé.

*Illustration 109: Rendement solaire relatif, à l'exemple de Genève. « Le ciel est tolérant. » Ensoleillement annuel en % du maximum pour le site de Genève-Cointrin, représenté en fonction de l'orientation horizontale (azimut: 0° = sud) et de l'inclinaison (0° = horizontal; 90° = vertical). Les deux zones jaune clair incluent les surfaces dont le rendement solaire est supérieur à 90% du maximum. L'axe bleu 1 indique qu'une surface orientée vers le sud atteint un rendement élevé si son inclinaison est comprise entre 2 et 62°. L'axe 2 montre que, pour une surface inclinée de 25°, le critère définissant le rendement élevé est rempli lorsque l'azimut est compris entre ouest-sud-ouest (67°) et est-sud-est (-67°). Les secteurs jaune foncé comprennent les surfaces présentant un rendement solaire satisfaisant (entre 80 et 90% du maximum). Source: ScanE / NET, St-Ours / Données Meteonorm, Berne.*



## Potentiel photovoltaïque des bâtiments publics du canton de Genève

L'étude du potentiel solaire des bâtiments publics couvrant une surface de plus de 300 m<sup>2</sup> a fourni différents résultats:

- Statistiquement, on compte environ 1 m<sup>2</sup> de surface de toit utilisable du point de vue solaire pour 3 m<sup>2</sup> d'emprise au sol.
- Pour les bâtiments publics, le potentiel photovoltaïque est souvent nettement plus important que le potentiel solaire thermique.
- Si le potentiel thermique immédiat est plutôt limité, c'est d'une part que la consommation d'eau chaude est faible (bâtiments administratifs, par exemple) et d'autre part qu'il est souvent compliqué de relier les capteurs solaires à l'installation de chauffage de l'eau ou des locaux (il faudrait souvent poser de longues conduites). Certaines des surfaces et applications les plus intéressantes du point de vue du solaire thermique sont déjà utilisées, par exemple pour des piscines en plein air.
- Le potentiel plus important du photovoltaïque s'explique par le fait que l'électricité produite peut être injectée directement dans le réseau. En théorie, les surfaces potentielles peuvent donc être utilisées sans restrictions pour le photovoltaïque.
- Les bâtiments publics étudiés ont une grande proportion de toits plats (environ 50 %). Près d'un quart des objets ont un toit à deux pans, et un dixième un toit à quatre pans.
- Environ deux tiers des surfaces délimitées ont entre 100 et 1000 m<sup>2</sup> et offrent suffisamment de place pour une installation de taille moyenne (de 10 à 100 kW). Une installation d'une puissance de 10 kW nécessite environ 100 m<sup>2</sup> et sa production de courant équivaut à la consommation de deux à trois ménages moyens.
- Environ un bâtiment à toit plat sur dix et un bâtiment à toit incliné sur vingt présentent un potentiel de plus de 1000 m<sup>2</sup>. On peut à chaque fois y mettre en place une installation d'une puissance supérieure à 100 kW.



Illustrations 110 et 111: **Visualiser le potentiel solaire.** Comment recenser le potentiel? La statistique des bâtiments, les plans cadastraux et les photos aériennes constituent les principales sources pour estimer le potentiel. L'interprétation des photos aériennes et des données statistiques sur les bâtiments per-

met de vérifier que l'architecture convient au solaire. Les illustrations montrent les bâtiments publics d'une surface supérieure à 300 m<sup>2</sup> dans la commune de Plan-les-Ouates (GE), ainsi qu'une sélection d'écoles genevoises. Source: Service d'information du territoire genevois. Informations: <http://www.sitg.ch>

Tableau 1: **Inventaire des bâtiments publics pour une utilisation photovoltaïque à Genève.** L'inventaire permet une utilisation photovoltaïque ciblée par la collectivité publique ou par des privés (les données individuelles ont été rendues anonymes). Source: ScanE, Genève.

Code	Année de construction	Rénovation (réalisée / prévue)	Type de toit	Qualité photovoltaïque du bâtiment	Surface utilisable brute en m <sup>2</sup>	Surface de modules installables en m <sup>2</sup>	Puissance installable en kW	Production en MWh par an
1	1970	-	Toit plat	***	4558	4103	492	453
2	1965	1999	Toit plat	**	2955	2659	319	294
3	1982	-	Toit plat	*	1013	912	109	101
4	1962	2005	Toit plat	***	3427	2840	341	314
5	1977	-	Toit à deux pans	***	9903	5745	689	634
6	-	2006	Toit plat	**	4051	3646	437	402

### Potentiel photovoltaïque en ville de Zurich

En ville de Zurich (quelque 360 000 habitants et 47 000 bâtiments couvrant près de 10,7 km<sup>2</sup>), on trouve environ 2,7 km<sup>2</sup> de toits adaptés au solaire et susceptibles de fournir un rendement élevé (90 % de la somme maximale d'ensoleillement annuel). Cela correspond à une production potentielle approximative de 270 GWh. Environ 2,1 km<sup>2</sup> de toits supplémentaires présentent un rendement potentiel d'au moins 80 %, pour une production potentielle de 210 GWh. Total: 480 GWh. Les productions potentielles de 270 et de 480 GWh correspondent respectivement à un dixième et à un sixième de la consommation électrique.

L'étude du potentiel dynamique montre que de nombreuses surfaces sont transformées, rénovées ou nouvellement construites chaque année. Parmi celles-ci, les surfaces suivantes sont utilisables par le photovoltaïque:

- entre 20 000 et 30 000 m<sup>2</sup> pour les nouveaux bâtiments;
- entre 6000 et 11 000 m<sup>2</sup> pour les transformations,
- entre 24 000 et 33 000 m<sup>2</sup> pour les rénovations.

Ces surfaces sont généralement construites de manière conventionnelle, sans souci d'optimiser le potentiel photovoltaïque.

Informations: <http://www.ewz.ch>

### Potentiel photovoltaïque dans le canton de Fribourg

Dans le canton de Fribourg (quelque 250 000 habitants et 100 000 bâtiments couvrant plus de 19 km<sup>2</sup>), on trouve environ 5,6 km<sup>2</sup> de toits adaptés au solaire et présentant un rendement solaire potentiel élevé (90 % de l'ensoleillement

annuel maximal), pour une production potentielle approximative de 560 GWh. La production potentielle des surfaces offrant un rendement compris entre 80 et 90 % – soit 3,3 km<sup>2</sup> – atteint 300 GWh. Total: 860 GWh. Ces montants correspondent respectivement à un tiers et à la moitié de la consommation électrique finale.

Informations: <http://www.fr.ch/ste>

Tableau 2: *Électricité issue de sources indigènes dans le canton de Fribourg.* Source: plan sectoriel Énergie / Service des transports et de l'énergie, Fribourg.

Agent énergétique	Production indigène actuelle en GWh/a	Potentiel indigène supplémentaire en GWh/a	Potentiel indigène total en GWh/a	En % de la consommation
Force hydraulique	627,00	59,0	686,0	41,0
<b>Photovoltaïque</b>	<b>0,02</b>	<b>560,0</b>	<b>560,0</b>	<b>33,5</b>
Force éolienne	0,00	16,0	16,0	1,0
Incinération des déchets	9,00	70,0	79,0	4,7
Stations d'épuration des eaux	3,30	3,3	0,2	
Électricité totale	639,32	705,0	1344,3	80,4

### Variations du potentiel photovoltaïque entre espaces urbains et zones rurales

Les zones rurales se caractérisent généralement par une faible intensité de la consommation énergétique. Dans ces secteurs, le photovoltaïque peut donc souvent couvrir une partie bien plus importante des besoins électriques que dans les espaces urbains. C'est aussi ce qu'illustre la comparaison entre la ville de Zurich et le canton – moins urbanisé – de Fribourg.

Dans la ville de Zurich, l'intensité de consommation électrique (kWh par mètre carré d'emprise au sol) correspond à environ 250 % de celle du canton de Fribourg. Ce dernier, avec 82 m<sup>2</sup>, présente 2,7 fois plus d'emprise au sol par habitant que la ville de Zurich (30 m<sup>2</sup>). D'autres facteurs jouent également un rôle, notamment la qualité des surfaces de bâtiments pour le photovoltaïque et l'ensoleillement annuel (voir le tableau ci-après).

Informations: <http://www.fr.ch/ste>, <http://www.ewz.ch>

Facteurs	Ville de Zurich	Canton de Fribourg
Consommation annuelle d'énergie électrique par mètre carré d'emprise au sol	243 kWh / m <sup>2</sup>	99 kWh / m <sup>2</sup>
Emprise au sol des bâtiments, par habitant	30 m <sup>2</sup> / habitant	82 m <sup>2</sup> / habitant
Rapport « surfaces adéquates à rendement élevé (90 %) / surface de bâtiments » (sans protection du patrimoine)	0,25 m <sup>2</sup> / 1 m <sup>2</sup>	0,30 m <sup>2</sup> / 1 m <sup>2</sup>
Énergie annuelle du rayonnement par surface orientée de manière optimale	1167 kWh / m <sup>2</sup>	1250 kWh / m <sup>2</sup>
Rapport « potentiel annuel de production photovoltaïque (80 %) / consommation finale annuelle » (en %)	1 / 6 (16%)	1 / 2 (50%)

### 3.2 Favoriser un développement urbain efficace et durable

Inclure les principes du solaire dans l'aménagement du territoire et le développement urbain permet non seulement d'optimiser l'environnement construit, mais aussi d'améliorer la qualité de la vie, la durabilité et l'efficacité. Dans ce contexte, l'aménagement du territoire et sa mise en œuvre locale jouent un rôle-clé, puisqu'ils déterminent aujourd'hui un développement et un aménagement qui se feront sur le long terme.

Qu'il s'agisse de bâtiments isolés ou d'ensembles plus importants, les principes suivants sont primordiaux du point de vue de l'énergie solaire:

- Compacité des éléments construits: optimisation du rapport entre le volume et la surface extérieure;
- Orientation des façades (principales) en fonction des espaces d'habitation et de travail: optimisation de l'utilisation active et passive de l'énergie solaire;
- Conception du toit: optimisation de la forme extérieure du toit, optimisation de l'utilisation active et passive de l'énergie solaire;
- Ombre portée par des bâtiments, par la végétation et par la topographie: optimisation du rapport entre distance à ces objets et hauteur de la construction, optimisation des conditions d'ombrage.

Les dispositions du droit des constructions ou de l'aménagement du territoire peuvent intégrer directement ou indirectement les principes du solaire et de l'efficacité énergétique (p. ex. indice d'utilisation, hauteur et largeur des bâtiments, distances).

En matière d'efficacité énergétique et de durabilité des bâtiments, des progrès peuvent être réalisés grâce aux conventions et aux mesures librement consenties. Il y a quelques années en Suisse, le standard Minergie constituait plutôt une exception réservée à des réalisations individuelles. Or ce label est devenu la règle en maints endroits. Combinée au standard Minergie, l'énergie solaire constitue un choix encore plus judicieux (voir chapitre 1.5). Exemples de mesures possibles: prescriptions simples et claires sur les installations solaires, conventions solaires pour les bâtiments et les ensembles construits sur terrain communal. En ce qui concerne les plans de quartier, il vaut la peine de tenir compte des particularités locales. Un agencement et une desserte adaptés à la topographie créent non seulement de meilleures conditions d'efficacité énergétique et d'intégration du solaire à l'architecture mais augmentent aussi la qualité de vie grâce à un meilleur ensoleillement et davantage de lumière.

#### Classeur « Énergie » du canton de Zurich: dispositions concernant les installations solaires

À Zurich, les installations solaires peuvent être mises en place sans autorisation (<http://www.energie.zh.ch>) si:

- l'installation est montée sur un toit;
- le bâtiment concerné est en zone à bâtir (centre

historique excepté) et n'entre pas dans le champ d'application d'une autre ordonnance ou d'un inventaire des sites ou des monuments;

- la surface de l'installation solaire est d'un seul tenant et ne dépasse pas 35 m<sup>2</sup>;
- l'installation dépasse les autres surfaces du toit de 10 cm au maximum.



Illustration 112: **Minergie et photovoltaïque à Neuchâtel.** La salle de gymnastique Minergie de l'école des Acacias accueille les 69 m<sup>2</sup> de modules d'une installation photovoltaïque multifonctionnelle qui fait de l'ombre tout en produisant du courant. Source: Service de l'urbanisme de la ville de Neuchâtel.



Illustrations 113 et 114: **Exemple d'optimisation pour une conception efficace du point de vue énergétique et solaire: plus de lumière et moins de consommation d'énergie.** La situation topographique se caractérise par une pente d'environ 6 % en direction de l'est et, au sud et à l'est, des constructions de 3 à 8 étages. L'approche retenue pour l'optimisation (à droite) inclut des distances plus élevées entre les bâtiments, une profondeur admise augmentée à 12 m (qui permet de réduire le nombre de barres de quatre à trois) ainsi qu'une optimisation de la hauteur des bâtiments. Résultat: pour une surface habitable identique,

## Minergie et énergie solaire à Neuchâtel

La ville de Neuchâtel a fait œuvre de pionnier en matière de durabilité énergétique. Elle a été la première ville de Suisse romande à devenir une Cité de l'énergie. Par exemple, lorsqu'elle a révisé le règlement de construction du quartier du Pré des Noyers, elle a exigé le standard Minergie pour les nouveaux bâtiments.

L'énergie solaire joue un rôle considérable dans les bâtiments Minergie: des capteurs utilisent activement l'énergie solaire pour l'eau chaude et le chauffage, alors que les fenêtres captent le soleil. Le photovoltaïque complète ce bilan énergétique écologique en fournissant de l'électricité. Infos: <http://www.neuchatelville.ch>



a) la perte solaire est réduite de plus de 50 %, b) le besoin de chauffage diminue de plus de 40 % et c) la durée d'ensoleillement des rez-de-chaussée est jusqu'à huit fois supérieure. La surface utilisable par le photovoltaïque augmente, de même que le rendement solaire, bien que le quartier ait été optimisé pour réduire le besoin de chaleur et améliorer la qualité de la lumière, et non pour la production photovoltaïque. Source: Solarfibel / Goretzki 2002. Solarbüro für energieeffiziente Stadtplanung, [www.gosol.de](http://www.gosol.de); tiré de: Solarfibel-städtebauliche Maßnahmen; éd.: Ministère de l'économie du Bade-Wurtemberg.



Illustration 115: **Maison solaire BET-EL à Bitsch (VS).** La famille Anthamatten mise sur l'efficacité énergétique et les technologies modernes. Sur la photo: une installation photovoltaïque autonome. Source: H-P. Anthamatten, Bitsch.

## Le « village solaire » de Bitsch (VS)

Tous les bâtiments appartenant à la commune sont chauffés aux énergies renouvelables. Le bois, l'énergie solaire et les pompes à chaleur sont largement utilisés dans le village. Les autorités font preuve d'ouverture aux énergies renouvelables et à l'architecture durable.

Les maisons de vacances du hameau d'Oberried présentent souvent un module photovoltaïque tourné vers le soleil, qui alimente une radio, des lampes ou un téléviseur. À la fin des années 1990, le réseau électrique public a été mis en place, mais une bonne partie des propriétaires n'ont pas voulu y être raccordés. La solution solaire avait fait ses preuves.

Informations: <http://www.bitsch.ch>



Illustration 116: **Choix de zones urbaines typiques du point de vue de leur structure à Fribourg.** Source (photo non modifiée): Édilité de Fribourg.

Tableau 4: **Potentiels et structures urbaines: exemples typiques en ville de Fribourg.** On décrit les caractéristiques typiques des diverses structures urbaines. Le potentiel solaire indique la marge de variation typique du taux de couverture solaire (rapport entre le potentiel de production photovoltaïque et la consommation finale d'électricité du bâtiment, sur une base annuelle). Source: NET, St-Ours.

Structure urbaine	A Habitat avec bâtiments de plus petite taille	B Habitat avec bâtiments de plus grande taille	C Zone industrielle	D Centre moderne	E Vieille ville
Bâtiments	maisons individuelles et petits immeubles	grands immeubles élevés	grands bâtiments larges	bâtiments moyens à grands (très variable)	bâtiments de taille moyenne mais profonds
Disposition	espacé	espacé	espacé, étendu	dense	très dense
Forme des toits	toits inclinés généralement simples (surtout à deux pans, parfois à quatre)	toits plats généralement simples, quelques toits légèrement inclinés	toits plats, toits à redans, plus rarement toits inclinés	toits plats ou inclinés, souvent occupés par d'autres éléments	toits inclinés, plutôt étroits voire imbriqués
Potentiel des toits	*** très élevé	*** élevé à très élevé	*(***) variable	* plutôt modeste	(*) très modeste
Potentiel des façades	* modeste	*** très élevé	* modeste à moyen, publicité ponctuelle	* modeste, mais publicité élevée	- presque nul (bâtiment protégé)
Potentiel solaire	50 à 150 %	30 à 70 %	10 à 100 %	0 à 30 %	0 à 10 %

Une planification complète des systèmes photovoltaïques intégrés au bâtiment permet de les combiner intelligemment avec l'enveloppe existante ou même de remplacer les matériaux de construction conventionnels. On citera pour exemple les revêtements de façade, les façades en verre photovoltaïque, les tuiles solaires ou les pare-soleil. Les éléments photovoltaïques peuvent être discrets ou bien visibles.

Les modules solaires peuvent assumer les mêmes fonctions qu'un bon matériau de construction, mais ils ont en outre l'avantage de produire du courant. Le photovoltaïque permet des utilisations multiples grâce à ses propriétés variées:

- protection contre les intempéries;
- protection contre le soleil;
- protection contre le bruit;
- isolant thermique;
- écran contre les ondes électromagnétiques;
- protection contre les regards indiscrets.

Par rapport aux systèmes superposés à la construction, les installations véritablement intégrées ont divers avantages: esthétique, caractère multifonctionnel, potentiel de baisse des coûts et sécurité (protection contre le vol).



Illustrations 117 et 118: **Le photovoltaïque dans sa version manifeste et dans sa version discrète.** Comparaison de deux casernes de pompiers. L'architecture particulière du hall de Houten (Pays-Bas) a incité différents acteurs à soutenir

Les schémas de la page suivante résument les nombreuses possibilités d'intégration dans et sur différentes surfaces de bâtiments. La solution intégrée couvrant toute une surface constitue l'une des options les plus efficaces. Un grand nombre de solutions ne couvrant qu'une partie d'une surface offrent des solutions suffisamment esthétiques. Ce sont généralement les arrangements compacts, réguliers et/ou symétriques qui s'avèrent les plus esthétiques.

En leur accordant une oreille attentive et compétente, les communes peuvent avoir une influence positive sur les projets individuels de photovoltaïque, en respectant leur originalité.

- Des principes d'organisation et des directives simples facilitent le processus pour les personnes impliquées et contribuent à des solutions de bonne qualité (exemple du classeur d'exécution zurichois « Énergie »).
- Les spécialistes des domaines de l'énergie et de l'architecture devraient être intégrés dès le début de la conception.
- Les attentes et exigences doivent être identifiées à temps.
- Le photovoltaïque peut être mis en évidence pour donner une touche moderne et durable à un bâtiment.
- Le photovoltaïque s'intègre sans problème à la substance existante des bâtiments.



(financièrement) le projet. À Köniz (BE), l'installation photovoltaïque a été posée plutôt discrètement sur le toit plat. Source: Samyn & Partners / R. Schropp, Pays-Bas / M. Gutschner, Fribourg.

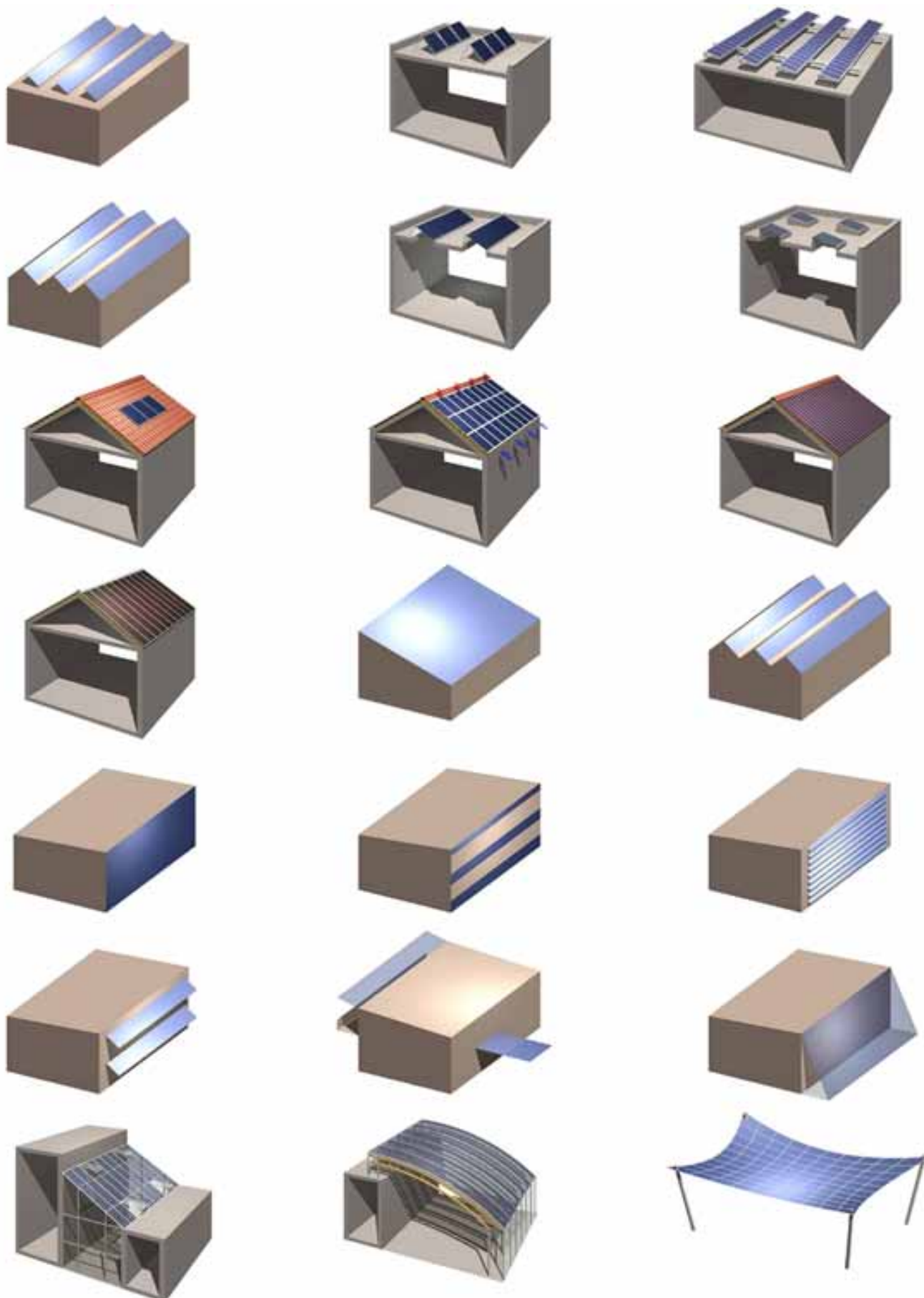


Illustration 119: **Solutions d'intégration.** Les éléments photovoltaïques peuvent recouvrir tout ou partie d'une surface. Ils peuvent être semi-transparents ou opaques, horizontaux, verticaux ou obliques. On peut les intégrer directement dans un toit, une façade ou une autre structure. Source: IEA-PVPS, design M.ART.





Illustration 120: **Solution intégrée au toit.** Source: Ecofys, Pays-Bas.



Illustration 121: **Solution posée sur le toit.** Source: BE Netz, Lucerne.



Illustration 122: **Solution intégrée à tout un pan de toit.** Sekisui House propose une maison japonaise préfabriquée. Pour 21 000 francs supplémentaires, elle peut être équipée d'une installation photovoltaïque de 4 kW et d'un système d'eau chaude très efficace. Source: Sekisui, Japon.



Illustration 123: **Solution posée sur une partie d'un pan de toit.** Ce bâtiment de Lyss (BE) comporte une installation posée sur le toit – qui a bénéficié du soutien du « franc solaire » des anciennes entreprises communales de Lyss (1 franc par kWh solaire garanti pendant dix ans). Source: M. Gutschner, Fribourg.



Illustration 124: **Intégration au toit « Freestyle » avec des modules incluant la technologie des couches minces à Lutry (VD).** Cette maison individuelle neuve a été construite en intégrant des modules avec cellules à couches minces. L'installation de 5,5 kW est invisible depuis le sol. Source: NET, St-Ours.



Illustration 125: **Solution superposée à un toit végétalisé à Zurich.** La structure de montage Solgreen offre une solution intéressante (distance par rapport à la surface, fixation du support sur le toit) sur ce bâtiment de la « Zürcher Wohn- und Baugenossenschaft ». Source: NET, St-Ours.

### Technologie ou esthétique?

Lorsqu'une installation photovoltaïque est visible, deux dimensions au moins se rencontrent: d'une part le souci esthétique et le respect du bâtiment existant, et d'autre part l'utilisation du solaire et la production écologique de l'énergie. Les solutions réussies tiennent compte de ces deux aspects de manière appropriée. Pour certains projets individuels, des difficultés peuvent toutefois apparaître:

- En général, le maître d'ouvrage est convaincu de faire une bonne action en optant pour une installation solaire. C'est effectivement le cas, mais des difficultés peuvent survenir lorsque ces bonnes intentions ne débouchent pas sur une installation convaincante du point de vue esthétique.
- Les prescriptions exigent généralement une « apparence satisfaisante » ou une « impression générale satisfaisante » pour les installations solaires des bâtiments conventionnels. Les dispositions sont plus sévères pour les bâtiments protégés. Des difficultés peuvent ainsi survenir lorsque les exigences des autorités ou des voisins sont trop élevées.

Une commune du canton de Fribourg a par exemple rendu un avis défavorable en arguant que l'intégration de l'installation solaire ne respectait pas l'article 155 de la loi cantonale sur l'aménagement du territoire et les constructions. Les alinéas 1 à 3 de cet article stipulent ce qui suit: « Toute construction doit être conçue selon les règles de l'art et présenter un aspect satisfaisant du point de vue de l'architecture. Elle doit tenir compte des caractéristiques particulières d'un site naturel ou bâti, d'une localité, d'un quartier ou d'une rue, ainsi que de l'aspect d'un édifice ou d'un ensemble de valeur intrinsèque. Les constructions qui, du point de vue de leur nature, de leur situation, de leurs dimensions, ont un effet important sur leur environnement, doivent répondre à des exigences de qualité architecturale accrues. »

Ces dernières années, deux tendances ont toutefois contribué à réduire les conflits juridiques. Tout d'abord, les installations solaires, de plus en plus courantes, ne sont plus perçues comme des « corps étrangers » (effet d'accoutumance). Ensuite, la technologie et la conception se sont améliorées, si bien que l'on trouve un grand nombre de solutions adaptées et esthétiquement convaincantes.



*Illustration 126: « Intégration »: exemple critique dans le Richenbachtal. Ce chalet près de Rosenlaur (BE) attire tout d'abord le regard en raison de son aspect pittoresque et de sa collection de cloches. Mais on est ensuite dérangé par la manière dont a été fixé le module solaire central. N'est-il pas possible de mieux intégrer l'installation sans grande perte de rendement? Un arrangement symétrique avec un nombre pair de modules le long de l'arête du toit n'aurait-il pas un effet plus harmonieux? Source: M. Gutschner, Fribourg.*



*Illustration 127: « Intégration »: exemple critique à Krailling (Allemagne). Les habitants ont certainement voulu s'engager en faveur de l'énergie solaire. Mais on est en droit de se demander si les capteurs solaires et les modules photovoltaïques n'auraient pas pu être intégrés de manière plus esthétique. Le rendement énergétique supplémentaire dû à l'inclinaison plus marquée des surfaces justifie-t-il vraiment un pareil assemblage? Source: M. Gutschner, Fribourg.*

Le photovoltaïque engendre un courant précieux mais encore relativement cher, ce qui peut rendre sa diffusion et son financement plus difficiles, malgré le gros potentiel qu'il présente au plan technique. Cela dit, il offre déjà des applications compétitives et des marchés intéressants – pour la commune et pour l'accroissement de la valeur ajoutée locale. Le marché des sources d'énergie renouvelables et en particulier celui du photovoltaïque se sont développés de manière très dynamique ces dernières années, avec des taux de croissance globaux oscillant entre 30 et 40 %. Quatre facteurs principaux ont contribué à cette évolution positive:

- la demande de produits écologiques de la part des clients et des consommateurs;
- les efforts des milieux politiques et économiques pour donner un caractère durable au secteur énergétique et pour encourager les technologies novatrices dans ce domaine;
- l'intérêt du secteur financier pour l'investissement durable;
- le grand choix de systèmes.

Les stratégies financières peuvent être développées de manière indépendante ou en collaboration avec des entreprises privées (ou semi-privées) comme les entreprises d'approvisionnement en électricité, l'industrie de la construction ou les instituts financiers.

La création de partenariats entre le public et le privé permet de réaliser un grand nombre de projets solaires – notamment grâce à leur effet multiplicateur.

Les communes disposent de trois possibilités principales pour soutenir cette évolution. Elles peuvent:

- acquérir du courant photovoltaïque certifié,
- soutenir la construction d'installations solaires,
- ou réaliser une installation solaire sur un de leurs bâtiments.

Pour les entreprises locales d'approvisionnement en électricité, le photovoltaïque offre la possibilité:

- de produire leur propre électricité d'origine solaire,
- de commercialiser du courant produit localement,
- d'utiliser le courant photovoltaïque à des fins de marketing,
- de mettre en place un portefeuille énergétique diversifié,
- de s'ouvrir de nouveaux marchés (mise en place d'installations, nouveaux produits, etc.) et/ou
- de répondre au souci de durabilité exprimé par les milieux politiques, les autorités et/ou la population.

Dans ce domaine, les communes peuvent soutenir des tiers, mais la plupart du temps, elles ont aussi l'occasion de profiter elles-mêmes des instruments et mécanismes d'encouragement.

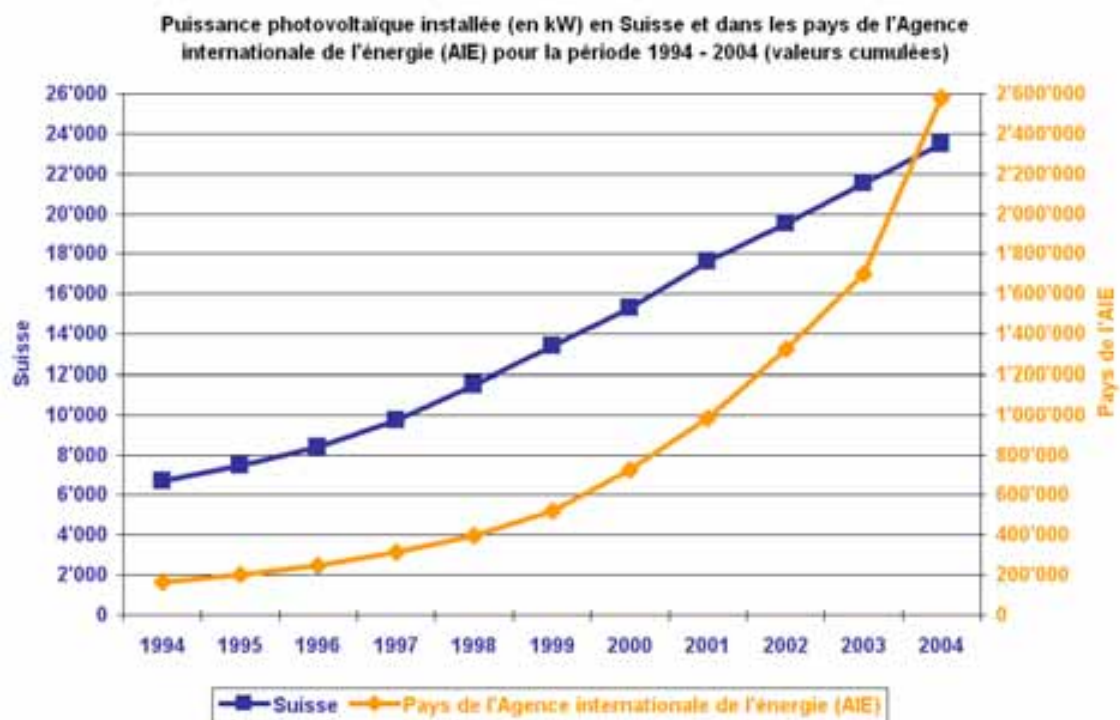
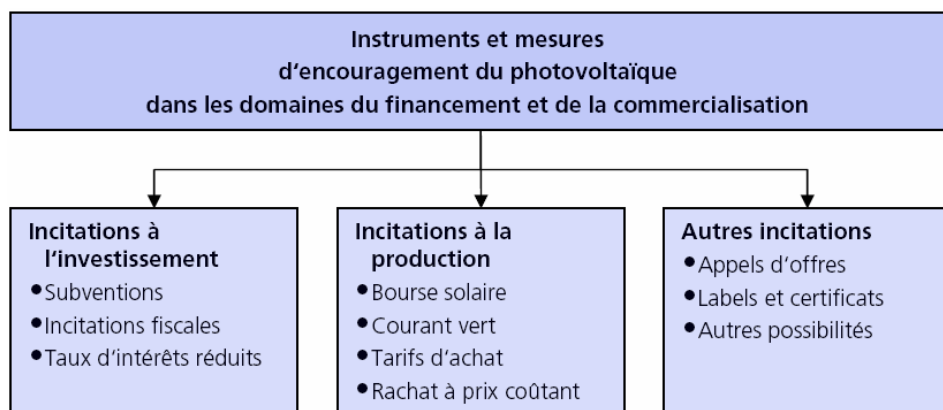


Illustration 128: **Évolution du marché du photovoltaïque.** Puissance photovoltaïque installée en Suisse et dans les pays de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). La Suisse présente une croissance plutôt stable mais limitée. Au plan international (notamment en Allemagne et au Japon), le marché évolue de manière beaucoup plus dynamique depuis quelques années. Notons que les

échelles utilisées pour la puissance installée ne sont pas les mêmes pour la Suisse que pour l'AIE (facteur 100). Les pays de l'AIE inclus sont l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, le Canada, la Corée du Sud, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grande-Bretagne, Israël, l'Italie, le Japon, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la Suède et la Suisse. Source: OFEN, IEA-PVPS.



*Illustration 129: Instruments et mesures d'encouragement du photovoltaïque dans les domaines du financement et de la commercialisation.*

- Les **subventions** constituent un encouragement à l'investissement largement utilisé. Elles réduisent les frais de capital et facilitent souvent l'accès à des crédits plus importants auprès des institutions financières, parce qu'elles augmentent le montant des « fonds propres ». Divers cantons et communes offrent des subventions à l'investissement pour des applications privées. Le montant de ces aides varie: il peut s'agir de montants symboliques comme de contributions en capital couvrant presque les coûts.
- **Incitations fiscales** et déductions sont accordées pour les mesures d'assainissement qui visent une utilisation rationnelle de l'énergie et le recours aux sources renouvelables (Impôt fédéral direct et fiscalité de la plupart des cantons). Indirectement, les frais d'investissement s'en trouvent légèrement réduits. Les déductions fiscales constituent un argument supplémentaire important pour les investissements des petits clients. Chez les (gros) investisseurs, elles sont directement intégrées aux calculs.
- Les **taux d'intérêts réduits** ont pour effet indirect de diminuer les coûts de production. Ils sont souvent fixés pour une durée de crédit de 10 ans, parfois 20. Il est aussi possible d'accorder un délai de grâce pour le remboursement du crédit.
- Une **bourse solaire** sert d'intermédiaire entre les producteurs et les clients. Le courant issu d'installations solaires privées – souvent choisies dans le cadre d'un appel d'offres – est acheté à prix coûtant par les entreprises électriques, pour être ensuite livré aux clients. Plus de 150 sociétés proposent du courant photovoltaïque. Ce dernier est de plus en plus présenté comme du courant vert de qualité particulièrement élevée.
- La plupart des entreprises d'approvisionnement en électricité proposent du **courant vert** ou **courant écologique**. Elles poursuivent principalement deux stratégies pour la diversification de leur assortiment: 1) Classification selon les technologies et les sources d'énergie. Les clients peuvent par exemple choisir entre le solaire, l'éolien, l'hydraulique et la biomasse. 2) Classification selon la qualité écologique et la provenance. Typiquement, les clients peuvent choisir entre des produits qui remplissent des critères écologiques plus ou moins sévères et/ou dont l'origine est locale, nationale ou internationale. Il existe aussi des formules qui mélangent ces deux stratégies. Avec la première, basée sur les technologies, le courant photovoltaïque est généralement vendu en tant que tel, comme produit spécifique. Avec la deuxième stratégie, il est le plus souvent vendu comme produit novateur et strictement écologique, généralement issu d'une installation locale.

*Illustration 130: Le système solaire et ses planètes en ville de Zurich. La bourse solaire inclut déjà 78 installations totalisant une production annuelle de 2,5 GWh. Les clients paient 85 centimes par kWh (actuellement avec un rabais sur une période de trois ans: moins 30 % = 59,5 centimes par kWh). Source: ewz, état à fin 2004.*



- Les **tarifs d'achat (prix coûtant)** correspondent au prix minimal à payer par l'entreprise électrique qui reçoit le courant, sur la base des coûts liés à la technologie photovoltaïque. Les tarifs d'achat majorés sont souvent entièrement répercutés sur les clients. Ils servent d'instruments d'incitation à la création de marchés locaux et s'adressent principalement aux investisseurs privés, dans le but de sti-

muler durablement le marché. Pour les investisseurs qui financent une installation photovoltaïque, la durée du paiement garanti est au moins aussi importante que le niveau du tarif d'achat. Pour assurer un rendement acceptable de l'investissement, les tarifs d'achat correspondant devraient être garantis pour une période suffisamment longue (15 à 20 ans).

### Rachat à prix coûtant pour l'électricité issue d'énergies renouvelables à Bâle-Campagne

Les entreprises électriques rachètent aux producteurs indépendants « les excédents d'énergie renouvelable qui peuvent être écoulés sur le marché ». Le tarif couvrant les coûts est fixé dans une ordonnance (en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2005) pour différentes catégories d'installations.

Pour les installations photovoltaïques, le tarif de 90 centimes par kWh s'applique pendant 20 ans. Par « excédents d'énergie », on entend l'énergie qui n'est pas utilisée par le producteur. Pour les installations de moins de 30 kW, un forfait de deux tiers de la production constitue les « excédents d'énergie ». Chaque année, les entreprises électriques renseignent le canton sur la production et la distribution d'électricité renouvelable. Informations: <http://www.bl.ch>

### Tarif d'achat au niveau suisse pour l'électricité renouvelable des petites centrales

Sur la base d'une proposition de la Commission pour les questions concernant les conditions de raccordement des producteurs indépendants (CRAPI), l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) émet des recommandations sur les tarifs d'achat de l'électricité renouvelable issue de petites centrales (petites centrales hydrauliques, éoliennes ou solaires privées, et autres petites centrales fonctionnant aux éner-

gies renouvelables). Le tarif est actuellement de 15 centimes par kWh. Mais les producteurs qui injectent du courant de leur installation dans le réseau public peuvent convenir librement d'un prix avec l'entreprise électrique concernée. La CRAPI comprend des représentants des cantons, des entreprises électriques, des producteurs indépendants et de l'OFEN. Cette recommandation constitue la seule réglementation financière au plan national. Elle montre que le photovoltaïque dépend des communes pour acquérir l'expérience nécessaire sur le marché. Source: <http://www.admin.ch>

- Les **appels d'offres** permettent aux autorités de comparer les différentes propositions sur la base de critères précis. La meilleure offre bénéficie de l'encouragement public. Cette procédure est utilisée par exemple dans le cadre des bourses solaires de la ville de Zurich et de Bâle-Ville (uniquement pour les grandes installations).
- Les **labels** (p. ex. *naturemade*) et les **marques** (p. ex. *Jade* du Groupe E) attestent la source et le type de production de l'énergie électrique. Ils permettent notamment de distinguer le courant écologique de ses concurrents fossiles ou nucléaire pour le commercialiser séparément. Les marques permettent en outre aux entreprises d'approvisionnement en électricité de promouvoir leurs produits sous un nom spécifique.
- Les **certificats** (p. ex. de Rätia Energie) sont plus récents. Ils permettent de commercialiser les avantages écologiques en les dissociant économiquement de la livraison physique de l'énergie. Coop, par exemple, vend des certificats pour du courant écologique Oecoplan. (<http://www.repower.ch>).
- **D'autres possibilités d'encouragement** existent. Elles vont des installations pilotes à un aménagement du territoire et une planification énergétique durables.
- **Différentes formes d'investissement** sont possibles pour les communes et leurs habitants: 1) Installations appartenant aux habitants: chaque habitant peut acheter des parts dans une installation commune. Ce modèle s'adresse surtout aux personnes qui ne peuvent pas mettre en place leur propre installation photovoltaïque. 2) Fonds solaires et placement de capitaux. Cette forme d'investissement est fréquente sur les marchés où les conditions sont particulièrement favorables. La participation à des installations de grande taille est plus anonyme et davantage axée sur le rendement financier. 3) Communautés d'achat. L'achat groupé de composants solaires fait baisser les prix. Les actions du groupe d'achat sont motivantes et donnent un sentiment de sécurité à l'investisseur. Le site <http://www.swissolar.ch> mentionne des coopératives et des sociétés de capitaux. Pour des centaines d'initiatives locales: <http://www.regiosolar.de>.

Au niveau communal et régional, on assiste souvent à la naissance d'initiatives solaires qui reprennent des parties importantes de stratégies d'encouragement du photovoltaïque ou d'autres énergies durables. Ces initiatives consistent le plus souvent en une alliance de plusieurs personnes, groupes, entreprises ou organisations qui souhaitent soutenir l'utilisation de l'énergie solaire grâce à des mesures appropriées et à des campagnes.

Le secteur public peut soutenir ces initiatives ou y participer par l'intermédiaire des autorités compétentes pour l'énergie, l'environnement, les constructions ou la promotion économique. Ses possibilités vont de la simple information au lancement de l'initiative, en passant par l'investissement et la sensibilisation.

La commune peut contribuer de manière décisive à ce que l'initiative trouve un soutien et un ancrage suffisamment larges dans la population et auprès des entreprises.

Le succès de l'initiative dépend généralement de la qualité du réseau d'acteurs. Ces derniers peuvent provenir de milieux très divers et leur motivation avoir des origines fort variables:

- individus: engagés en faveur de l'énergie solaire, avec des motifs souvent idéalistes;
- associations liées au solaire: le solaire comme raison d'être;
- groupes Agenda 21: un développement communal durable notamment grâce à l'énergie solaire;
- associations de protection de l'environnement: l'énergie solaire pour atteindre des objectifs écologiques;
- Églises: l'énergie solaire pour respecter la Création;
- écoles: projets solaires exemplaires bien visibles pour un nombre élevé de personnes;
- équipes scientifiques: participation sur la base des compétences disponibles;
- agences énergétiques: une activité parmi d'autres;
- fondations: activités d'utilité publique;
- arts et métiers: soutien au marché dans le domaine de l'artisanat, du commerce et de l'industrie;
- autres entreprises: tâches volontaires ou attribuées (p. ex. entreprises électriques locales).



Illustrations 131 et 132: **Diplôme obtenu grâce à l'énergie solaire à Kreuzlingen (TG).** Le travail de diplôme consistait à monter une installation photovoltaïque sur le toit de la salle de gymnastique de l'école normale. Des sponsors publics et privés ont permis la réalisation du projet. Les illustrations présentent une information interne à l'école et un article paru dans la presse locale. Source: N. Bill, Kreuzlingen.



Illustration 133: **Une installation solaire sur le centre communal de Rehetobels (AR), grâce à un donateur.** Un habitant souhaitait faire un geste durable en faveur de l'environnement dans sa commune. Avec l'accord de celle-ci, il a chargé une association de monter une installation solaire sur le toit du centre communal. Après la mise en service, la propriété de l'installation a été transférée à la commune. L'association entretient le matériel. En échange, elle peut vendre l'électricité photovoltaïque dans le cadre de son offre de courant vert. Source: Appenzeller Energie - Vereinigung zur Förderung umweltfreundlicher Energien.



Illustration 134: **Formation et parrainage écologique dans le domaine de l'énergie solaire.** Les apprentis de Swisscom ont aidé à monter une installation photovoltaïque de 8,5 kW à Zurich (photo). Sur le plan du parrainage écologique: Swisscom achète du courant provenant de l'installation photovoltaïque du Stade de Suisse à Berne et l'offre au Festival du Gurten. Le bilan d'émissions de ce dernier est ainsi nul en matière de consommation électrique.

Source: BE Netz, Lucerne.

### Participation des habitants à Zwischenwasser (Autriche): un credo et la clé du succès

La commune de Zwischenwasser (3000 habitants) s'engage en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, notamment du solaire thermique, du photovoltaïque, de la biomasse et des pompes à chaleur. En 1998 a été instituée la Communauté d'intérêts énergies renouvelables (IEE) sous la forme d'un groupe de projets qui conseille la commune. Avec 1800 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques et 1550 m<sup>2</sup> de modules photovoltaïques, Zwischenwasser fait partie des communes les plus « ensoleillées » d'Europe. Ce succès trouve en partie ses origines en Suisse: dans les années 1990, deux voyages de lecteurs des « Vorarlberger Nachrichten » ont mené leurs participants en Suisse, à la rencontre de pionniers du solaire. Les visiteurs ont été convaincus par ce qu'ils ont vu de la mise en œuvre du photovoltaïque (franc solaire ou bourse solaire à Zurich, notamment). Des citoyens motivés – qui ont ensuite fondé l'IEE – ont lancé diverses activités. Exemples:

- « Installation photovoltaïque des citoyens ». Pour 1000 schillings (120 francs), les habitants pouvaient acheter une « action solaire » et devenir actionnaires de l'installation. L'objectif principal de cette action était la sensibilisation: les actionnaires qui contribuent volontairement à la production photovoltaïque réfléchissent à la réduction de leur propre consommation électrique. Le kilowattheure le plus propre est celui que l'on ne consomme pas.

- Contacts et échanges d'information avec les décideurs. Un des buts importants de l'IEE est l'introduction de nouvelles technologies pour utiliser les énergies renouvelables en les combinant judicieusement. L'IEE a réussi à convaincre les parlementaires que ces efforts constituaient une tâche régionale – pour le bien de la région. Le parlement du land du Vorarlberg a ainsi voté à l'unanimité une rétribution de 10 schillings par kWh solaire injecté dans le réseau (septembre 2001). Cette mesure d'encouragement a d'ailleurs été introduite à l'échelle de l'Autriche un an plus tard, toutefois avec un plafond fixé à 15 MW.
- Conseil en énergie solaire: Au début 2005, dans trois régions du Vorarlberg, un conseil sur place gratuit a été proposé aux personnes qui envisageaient de construire une installation photovoltaïque. Utilisée à plus de 600 reprises, cette offre a aussi permis aux experts d'expliquer comment économiser de l'énergie et de l'argent dans la technique du bâtiment et le chauffage.

La commune de Zwischenwasser soutient l'utilisation des sources d'énergie indigènes. Elle informe sa population, met les toits plats des bâtiments communaux (centre de jeunesse, école, etc.) à disposition des installations photovoltaïques des citoyens, gère la comptabilité des installations financées par des actions solaires et introduit ce thème auprès des associations de communes (solaire thermique pour la piscine en plein air, p. ex.). La confiance accordée aux énergies renouvelables augmente, si bien que la biomasse et le solaire sont devenus la règle pour les nouvelles constructions et les transformations.

Informations: <http://www.zwischenwasser.at>



Illustrations 135 et 136: **Installation photovoltaïque des citoyens à Zwischenwasser (Autriche).** Sur le toit plat du centre de formation de Batschuns (en haut à gauche), une installation de 5 kW appartenant à 322 habitants (actionnaires solaires) a été montée en 1998. Le centre de formation accueille chaque année environ 15 000 visiteurs, qui entrent ainsi en contact indirect avec l'énergie solaire. À l'arrière-plan à droite, le toit de l'école obligatoire



supporte une installation à laquelle 17 personnes participent à raison de 1 kW chacune. Ce système est surtout intéressant pour les gens qui n'ont pas la possibilité de monter une installation chez eux. La commune a donc mis le toit de l'école à disposition. Les deux photos prises sur le site de Batschuns montrent que l'utilisation du solaire est devenue la règle dans la commune de Zwischenwasser. Source: IEE Zwischenwasser, Autriche; M. Gutschner, Fribourg.

### Informations thématiques

- 1) Utilisation du photovoltaïque dans les communes
- 2) Projets incluant du photovoltaïque dans les communes
- 3) Stratégies et programmes de photovoltaïque au plan local
- 4) Potentiel du photovoltaïque dans les communes
- 5) Développement urbain solaire et aménagement du territoire incluant le soleil
- 6) Architecture et solaire – Conception et mise en œuvre
- 7) Financement et commercialisation du courant solaire dans les communes

<http://www.suisse-energie.ch>

### Organismes de référence

Office fédéral de l'énergie / SuisseÉnergie

<http://www.suisse-energie.ch>

AEE – Agence des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

<http://www.aee.ch>

SWISSOLAR – Le réseau solaire pour la chaleur et l'électricité

<http://www.swissolar.ch>

SSES – Société suisse pour l'énergie solaire

<http://www.sses.ch>

Cité de l'énergie

<http://www.energiecite.ch>

Services de conseil en énergie

<http://www.e-kantone.ch>

### Publications spécialisées

Classeur Solar « Recommandations pour l'utilisation de l'énergie solaire », destiné aux professionnels du solaire (ouvrage de référence)

<http://www.swissolar.ch>

Solar Powerbox (outil didactique pratique sur le thème du photovoltaïque)

<http://www.swissolar.ch>

Énergie solaire photovoltaïque – Le manuel du professionnel, Anne Labouret et Michel Villoz, Dunod

Livre, ISBN 2 10 005610 7

Programme suisse de recherche sur le photovoltaïque, avec des comptes rendus de projets de recherche et de démonstration (en allemand)

<http://www.photovoltaiic.ch>

### Architecture et photovoltaïque (exemples d'installations)

Collection internationale (base de données avec 300 exemples, dont plus de 50 provenant de Suisse)

<http://www.pvdatabase.com>

Photovoltaïque et architecture, Othmar Humm et Peter Toggweiler, Birkhäuser Verlag (quadrilingue d/f/i/e)

Livre, ISBN 3-7643-2891-6

Gebäudeintegrierte Photovoltaik, Ingo Hagemann, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller (en allemand)

Livre, ISBN 3-481-01776-6

Integration Solaranlagen, Agence solaire suisse (bilingue d/f, environ 80 pages, une partie des exemples présentent du photovoltaïque)

<http://www.solaragency.org>

### Notices et brochures concernant le photovoltaïque

<http://www.swissolar.ch>

Électricité solaire à portée de main (4 pages)

Photovoltaïque – Du soleil, du courant (8 pages)

L'énergie solaire dans la commune – Possibilités d'encouragement

(environ 50 pages, avec des exemples concernant le photovoltaïque)

### Impressum

Éditeur: Office fédéral de l'énergie (OFEN), CH-3003 Berne

Réalisation et mise en page: NET Nowak Energie & Technologie, CH-1717 St-Ours

Traduction: Stéphane Cuennet, scriptavolant, CH-1700 Fribourg

Commande: SWISSOLAR, CH-8005 Zurich

04.06 200 860151786