



# FICHE D'INFORMATION PHOTOVOLTAÏQUE

---

## En un coup d'œil

Dans le monde, depuis 2007, davantage de puissance provenant du solaire a été installée que de puissance provenant du nucléaire. Le courant solaire est inépuisable, respectueux de l'environnement et représente une part importante de l'approvisionnement électrique futur de la Suisse et de la planète. En Suisse, le potentiel réalisable et respectueux de l'environnement s'élève à 30 TWh. **Au moins 15.6 TWh peuvent être réalisés d'ici 2035.**

En sus de l'augmentation de l'efficacité électrique, le courant solaire de nos toits est le pilier central d'un tournant énergétique décentralisé, écologique et abordable et doit couvrir 25 pour cent de notre approvisionnement électrique d'ici 2035. Pour y parvenir, 93 km<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques sont nécessaires en Suisse. Ce qui représente, avec la population actuelle de 7.86 mio de personnes, environ 12 m<sup>2</sup> par tête.

## Portrait

Les rayonnements solaires arrivant sur la terre sont transformés en électricité par les cellules solaires. Les cellules solaires (ou photovoltaïques) sont composées de matériaux semi-conducteurs (le plus souvent du silicium) et transforment la lumière du soleil directe ou diffuse en tension. La tension générée par les contacts métalliques crée un courant continu qui est transformé en courant alternatif par un onduleur. Le courant alternatif peut être utilisé directement ou être injecté dans le réseau de distribution.

Mais il existe aussi d'autres techniques de production de courant solaire: **la centrale chaleur-force solaire** qui concentre l'énergie du rayonnement solaire direct par des miroirs ou des lentilles afin de faire chauffer un liquide; la vapeur produite fait ensuite tourner des turbines. De telles installations, appelées souvent CSP (Concentrated Solar Power), peuvent produire du courant solaire jour et nuit, car la chaleur peut être stockée dans des citernes. Ces centrales nécessitent un ensoleillement important et sont par conséquent surtout réalisées dans les pays du sud. En Suisse, le courant solaire est presque exclusivement produit par le biais de cellule solaires.

Les cellules solaires sont rassemblées par groupe de 30 à 60 sur un module d'une taille allant d'un à deux mètres carrés. Les cellules de silicium représentent les 95 pour cent environ du marché suisse de modules solaires. Les modules solaires les plus fréquemment utilisés (environ 53 pour cent du marché) sont les cellules solaires au silicium polycristallin, de couleur bleuâtre, d'une efficacité de 12 à 20 pour cent.

Il existe d'autres technologies comme les cellules en couches minces en silicium amorphe ou d'autres semi-conducteurs comme le tellure de cadmium (cellules CdTe) ou des alliages de cuivre, d'indium, de gallium et de soufre ou de sélénium (cellules CIGS ou CIS). De telles cellules en couches minces atteignent une efficacité de 5 à 12 pour cent.

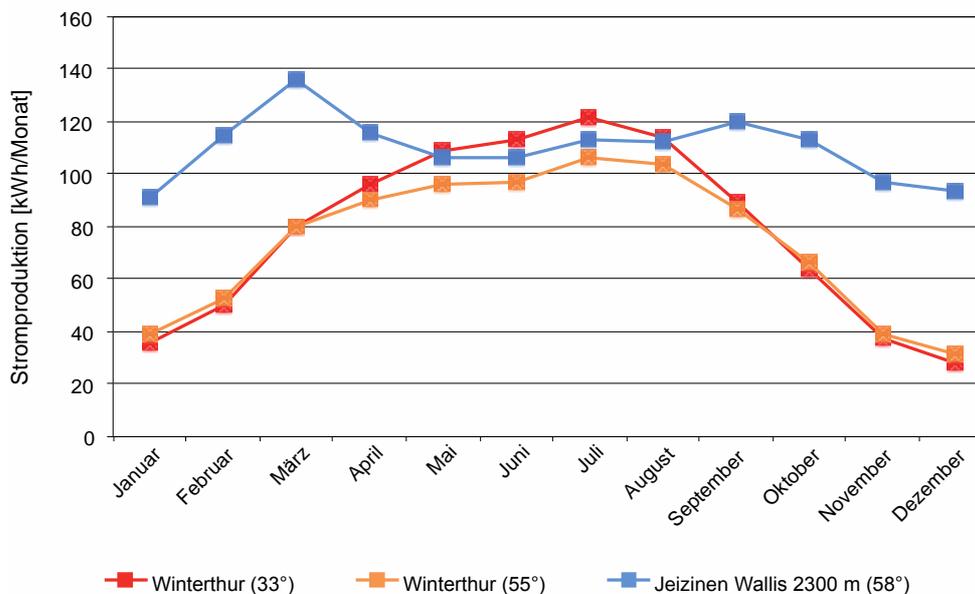
## Site suisse

Chaque année, en Suisse, chaque mètre carré reçoit environ 1'100 kWh d'énergie solaire. Le degré d'efficacité des systèmes qui convertissent l'énergie solaire en courant alternatif se situe entre 5 et 19 pour cent, en fonction des composants utilisés. Avec un rayonnement solaire horizontal d'environ 1'100 kWh/m<sup>2</sup>, la Suisse bénéficie de meilleures conditions que l'Allemagne. Dans les Alpes, nous atteignons des valeurs proches de celles de l'Espagne avec 1600 kWh/m<sup>2</sup>. Les Alpes ne se distinguent pas uniquement par un rayonnement solaire élevé mais également par des rendements hivernaux importants: alors que les installations photovoltaïques du Plateau produisent en été deux fois plus de



courant qu'en hiver, les installations situées dans les Alpes produisent autant de courant durant la saison froide qu'en été.

### Graphique: comparaison de la production PV sur le Plateau et dans les Alpes



**Commentaire:** la production attendue d'une installation PV de 1 kW sur le Plateau (Winterthur), avec une inclinaison de 33° et 55°, en comparaison avec celle d'une installation située dans les Alpes (Jeizinen, VS) à 2'300 mètres d'altitude, avec une inclinaison de 58°. La production totale sur le plateau atteint 950 kWh par an. Celle des Alpes est 40 pour cent plus élevée avec 1'320 kWh par année. La production importante de l'installation alpine durant les mois d'octobre à avril est notoire. (Source: [1], page.50)

## Potentiel

L'Agence internationale de l'énergie (IEA) a étudié en 2002 les toits et les façades de Suisse adaptés à la production de courant solaire et a estimé que le potentiel de production de courant pouvait atteindre 18 TWh par an, avec un degré d'efficacité constant de 10 pour cent [2]. Cela représente 30 pour cent de la consommation d'électricité actuelle. Si l'on considère que le degré d'efficacité est en augmentation et que l'IEA n'a pas pris en compte dans son évaluation les nouveaux toits existants ainsi que toutes les surfaces utiles sur les infrastructures comme les murs antibruit, les pare-avalanches et les murs de barrage, le potentiel du courant solaire peut être augmenté à 30 TWh par an.

### Où le développement est-il facilement réalisable ?

Les immenses surfaces disponibles sur le parc immobilier (toits, façades) doivent être utilisées en priorité.

Les nouvelles constructions devraient être bâties de manière à profiter le plus possible du soleil et des surfaces devraient être prévues pour le photovoltaïque et le solaire thermique. L'utilisation de surfaces sur et le long d'infrastructures est cohérente (comme les murs antibruit, les bornes centrales des autoroutes, les pare-avalanches et les places de parking).

### Où le développement soulève-t-il des interrogations ?

Pour les surfaces de conversion, à savoir les surfaces libres d'anciens sites militaires, industriels ou commerciaux, qui ne sont plus utilisées et ne peuvent plus être utilisées à d'autres fins, un processus d'appréciation doit être mis en place pour trouver la solution optimale. Il en est de même pour l'utilisation de la surface de plans d'eau artificiels et des bandes herbeuses le long des autoroutes ou des voies de chemin de fer. De telles surfaces offrent un potentiel pour des grandes installations qui peuvent produire du courant solaire bon marché. Ce potentiel est toutefois faible en comparaison avec le potentiel facilement réalisable.

### Où le développement n'est-il pas adapté ?



L'utilisation d'espaces verts en général, mais plus particulièrement de surfaces agricoles n'est pas nécessaire. Si de telles surfaces venaient à être utilisées pour produire de l'énergie, elles devraient être réservées au photovoltaïque qui est bien plus efficace et plus cohérent que des cultures énergétiques.

Tableau - Potentiel du photovoltaïque

Potentiel	TWh par an
Installé jusqu'en 2010	0.09
Potentiel respectueux de l'environnement et „cohérent“	30
D'ici 2025	12
D'ici 2035	15
Potentiel sur des surfaces critiques avec une pesée obligatoire des intérêts	PETIT
Potentiel sur des espaces verts ou des surfaces agricoles	NUL

**En concentrant le développement du PV sur des surfaces facilement utilisables et qui ne posent pas de problèmes, nous pouvons réaliser un développement rapide et durable du photovoltaïque, en collaboration avec les professionnels des installations électriques, de la planification, de la domotique et du solaire.**

### Exemples de chiffres

- 12TWh/an de photovoltaïque correspondent, avec la technologie actuelle, à une surface d'environ 12 m<sup>2</sup> par habitant. La surface nécessaire sera peut être diminuée, car elle dépend du degré d'efficacité moyen du module solaire installé.
- Les surfaces utilisables en toiture ou en façade pour la production de courant solaire représentent environ 25 m<sup>2</sup> par habitant. Selon l'IEA-PVPS, en Suisse, environ 140 km<sup>2</sup> de surface de toits et 52 km<sup>2</sup> de surfaces en façade peuvent être facilement utilisables pour l'énergie solaire.
- En Suisse, il y a environ 400 m<sup>2</sup> de surface construite par habitant. La surface nécessaire à l'énergie solaire ne représente que 3% de toute la surface construite disponible.
- La surface au sol des bâtiments s'élève à 60 m<sup>2</sup> par habitant en Suisse. Cette surface s'étend chaque année de 4.5 km<sup>2</sup>, donc 0.6 m<sup>2</sup> par habitant. Si la moitié de cette valeur annuelle était utilisée pour la production de courant solaire, chaque année des modules d'une puissance d'environ 320 MW pourraient être installés avec une production de 0.32 TWh/an environ. On pourrait ainsi faire passer la production de courant solaire entre 2013 et 2025 à 4 TWh/an. Mais à noter que pour des raisons environnementales, la vitesse de densification du territoire devrait être massivement diminuée.
- Environ 14 m<sup>2</sup> de cellules solaires par habitant du canton de Berne permettraient de remplacer la production de la centrale nucléaire de Mühleberg. 14 m<sup>2</sup> représentent à peu près la moitié de la surface en toiture utilisable facilement (surface qui permet d'atteindre au moins 80% du rendement maximal).

### Mesures

L'atout du photovoltaïque est qu'il peut être rapidement développé. En Bavière, le solaire a été très rapidement développé depuis 2004 – même si au début les coûts étaient trois fois plus élevés que maintenant et que les conditions d'ensoleillement sont moins bonnes qu'en Suisse. Si nous prenons comme modèle le développement par habitant de la Bavière, nous aurions couvert en Suisse, fin 2011, 7.7 pour cent des besoins ou produit 4'600 GWh de courant solaire par an [6]. Au lieu de cela, la Suisse ne disposait fin 2011 que de 149 GWh par an (d'après les statistiques de fin 2011) [7] ainsi que d'une liste d'attente en 2012 comportant 18'476 projets photovoltaïques qui pourraient livrer 809 GWh de courant solaire par an ([8], état au 3.9.2012).

Pendant ce temps, le gouvernement de Bavière va de l'avant: d'ici 2021, quelque 14'000 MW provenant d'installations solaires sont prévus qui devraient couvrir 16% des besoins en électricité [9]. De son côté, la Suisse veut produire, d'ici 2020, 535 GWh solaires par an, donc moins de 1 pour cent des besoins en électricité. Le nombre d'installations PV prévues d'ici 2035 correspond au nombre d'installations construites en Allemagne en décembre 2011 (environ 3000 MW) [10].

### Mesures concrètes:



- Parlement, Confédération, cantons, entreprises électriques doivent prendre au sérieux l'énergie solaire et revoir leurs plans symboliques de développement. Il faut un système d'encouragement pour un développement rapide et bon marché qui couvre l'ensemble de la Suisse.
- La RPC doit être réformée: la plafonnement et les contingentements doivent être supprimés.
- La rétribution par kilowattheure doit être diminuée pour financer le plus possible d'installations.
- Les 18'476 projets PV qui figurent sur la liste d'attente de la RPC (état au 3.9.2012) doivent être débloqués [8].

### Paramètres économiques

L'accélération du développement demandé par les organisations environnementales ne va-t-elle pas conduire à une explosion des coûts ? Grâce à la baisse massive des coûts des installations PV (depuis le début des subventions en Allemagne, les coûts ont chuté d'un tiers [13]) et à l'optimisation de la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) proposée par les organisations environnementales, la réponse à cette question est négative. Les chiffres montrent une diminution de moitié des coûts depuis 2009 et une diminution future des coûts attendue en Suisse.

De plus, les facteurs suivants sont centraux pour évaluer la compétitivité économique:

- Le remplacement du courant provenant de centrales à énergies fossiles ou de centrales nucléaires par du courant solaire réduit les coûts externes.
- Le courant solaire génère de la valeur ajoutée et des places de travail dans la région concernée. Actuellement, la moitié des dépenses sont attribuées à des entreprises de la région. Avec la diminution des coûts du matériel la part régionale augmentera.
- Le courant solaire diminue les coûts du courant, car, en cas de forte demande, le courant solaire détrône les centrales coûteuses (effet de l'ordre de mérite).
- Le courant solaire réduit la dépendance à la fluctuation des prix des matières premières énergétiques importées.

### Qu'en est-il... ?



#### **Les cellules solaires nécessitent-elles plus d'énergie pour leur fabrication que celle qu'elles produiront ?**

En un à quatre ans, les installations solaires produisent l'équivalent de l'énergie qui a été nécessaire à leur fabrication. La durée de vie d'une installation s'élève à 30 ans [5,11].



#### **Impact sur l'environnement**

Le courant solaire, comme toute production de courant, engendre des nuisances environnementales. Le calcul de l'écobilan, selon les dernières données de la méthode de la saturation écologique de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), montre que le courant solaire engendre certes des nuisances plus importantes que l'éolien ou la force hydraulique, mais son bilan est bien meilleur que celui des centrales nucléaires ou de l'énergie fossile [5,11].



#### **Matières premières critiques et recyclage**

95% des cellules solaires sont composées de silicium [9]. Une petite partie des modules est composée d'autres semi-conducteurs. Ils peuvent contenir des matières premières toxiques ou rares par exemple le cadmium, le gallium, le sélénium ou l'indium qui ont valu certaines critiques. L'utilisation de ces matières premières diminue nettement. Le silicium, le deuxième élément le plus abondant de la croûte terrestre, est fabriqué à partir de sable de quartz et est non toxique. Le silicium et les métaux utilisés dans les appareils électroniques comme le cuivre, le plomb ou l'aluminium sont entièrement recyclables après utilisation. L'entreprise à but non lucratif pvcycle [12], financée par l'industrie, assure aujourd'hui le recyclage en Europe.

### Sources

[1] Académies suisses 2012: Quel avenir pour l'approvisionnement en électricité de la Suisse?



- [2] IEA PVPS 2002: Potential for Building Integrated Photovoltaics, téléchargement sous: <http://www.netenergy.ch/pdf/BipvPotentialSummary.pdf> (accès août 2012)
- [3] Agence pour les énergies renouvelables 2010: Evolution des prix et de l'efficacité des cellules solaires (en allemand)
- [4] Alliance Environnement 2011: Sortir concrètement du nucléaire. Potentiels, mesures et bénéfices.
- [5] Frischknecht et al. 2011: R. Frischknecht, M. Tuchschnid et R. Itten: Facteurs d'énergie primaire des systèmes énergétiques (en allemand) V 2.2 avril 2011, ESU-Services, Uster (<http://www.esu-services.ch/>)
- [6] EnergyMap.info (accès 7.9.2012): <http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/111.html>
- [7] Statistiques suisses de l'électricité 2011
- [8] Swissgrid: [www.guarantee-of-origin.ch/](http://www.guarantee-of-origin.ch/) (accès 3.9.2012)
- [9] Ministère Bavarois de l'Economie, des infrastructures, des transports et de la technologie, 2012: Bayrisches Energiekonzept „Energie Innovativ“ (accès 5.9.2012)
- [10] Stratégie énergétique 2050 de la Confédération: état au 18.4.2012
- [11] Jungbluth et al 2012: N. Jungbluth, M. Stucki, K. Flury, R. Frischknecht und S. Büsser: Life Cycle Inventories of Photovoltaics, étude sur mandat de l'office fédéral de l'énergie, ESU-services, Uster.
- [12] [www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)
- [13] Agence pour les énergies renouvelables 2012: Bilan positif: l'utilisation des énergies renouvelables l'emporte de loin sur les coûts (Communiqué de presse en allemand 7.9.2012)
- [13] Fraunhofer ISE 2012: Fraunhofer ISE 2012: Faits actuels sur le photovoltaïque en Allemagne (en allemand)

## Liens

<http://www.pvtest.ch/index.php?id=366&L=1>

## Personne de contact

Georg Klingler

Expert pour les énergies renouvelables, Greenpeace Suisse

Tél. +41 44 447 41 88

Courriel: [georg.klingler@greenpeace.org](mailto:georg.klingler@greenpeace.org)

ÉNERGIE 2035  
**100%**  
**POUR**  
 INDIGÈNE  
 RENOUVELABLE  
 EFFICIENT

## L'énergie c'est „NOUS“

Concrétiser la mission 100% POUR (indigène, renouvelable, efficient) nous concerne tous. La route est longue et difficile. Nous pouvons nous approvisionner totalement en courant provenant de sources indigènes et renouvelables. Nous pouvons créer ce nouveau «NOUS» suisse: sûr, abordable et efficient. La voie vers une souveraineté électrique, sans nucléaire et sans centrales à gaz, apporte des avantages importants à l'industrie, au savoir-faire et à l'emploi en Suisse. Les ingénieurs, les chercheurs, les artisans, les politiciens, les autorités et les protecteurs de la nature sont concernés; mais «NOUS» aussi, particuliers avec nos habitudes de consommation, nous pouvons participer à un avenir électrique sûr, un avenir 100% POUR.