



Le Photovoltaïque

écologique,
fiable,
rentable

Sommaire :

Comment ça fonctionne

- 1 électron pour 1 photon, rendement théorique
- Spectre et puissance solaire
- Énergie grise et recyclage

Planification

- Besoins, surface et production annuelle
- Aspects pratiques
 - Panneaux
 - Onduleur
 - Batteries
- Garantie

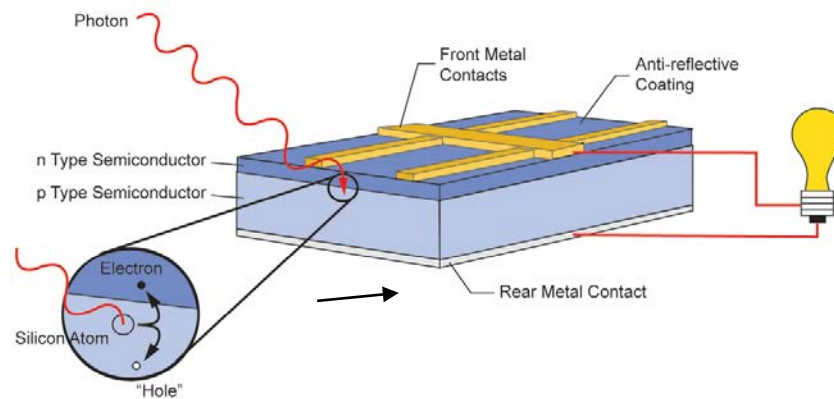
Financement

- Coût d'une installation
- Rachat de la production
- Subsidés et avantages fiscaux

Comment ça fonctionne

1 électron pour 1 photon

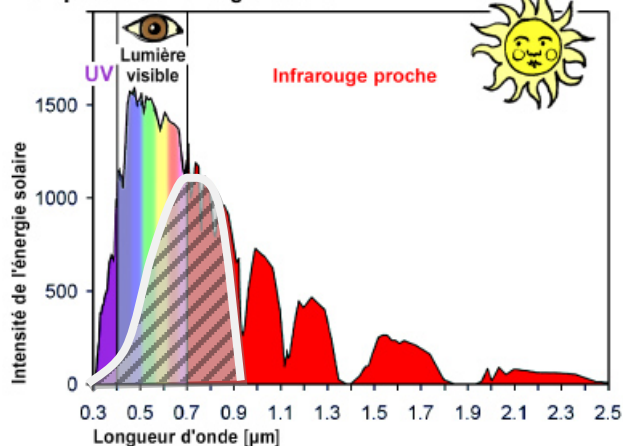
Lorsque les photons du soleil éclairent une cellule photovoltaïque en silicium, photons et électrons interagissent un peu comme au billard. Si le photon incident a moins d'énergie que l'électron (un photon infrarouge), son énergie ne produira pas de courant électrique car il n'arrivera pas à déloger l'électron pour le pousser à rejoindre l'électrode. Si le photon incident a plus d'énergie que l'électron (un photon visible ou ultraviolet), il arrivera à déloger l'électron pour produire du courant, mais le surplus d'énergie du photon sera aussi perdu. Ainsi, le rendement d'une cellule photovoltaïque en silicium ne peut physiquement pas dépasser 29%, en pratique le rendement est d'env. 19%.




Spectre et puissance solaire

Sur les 1100 w/m² généreusement offerts par notre soleil, un panneau délivre donc environs 200w/m² d'électricité. Le reste de l'énergie est transformé en chaleur. Il est donc impératif de dissiper cette chaleur avec une bonne ventilation des panneaux.

Le spectre de l'énergie solaire



 Partie de l'énergie transformée en électricité

Il existe des panneaux monocristallin ou polycristallin, les poly-cristallins ont un rendement plus faible de 3% env. car les électrons peuvent se faire piéger aux joints entre les cristaux. L'énergie grise requise pour les produire ainsi que leur coût est par contre plus faible. On compare donc

souvent les panneaux en fonction de leur prix par Watt crête (Wp) qui est aujourd'hui (2018) de 0.8 CHF/Wp à 1.0 CHF/Wp quel que soit le type de panneau.

Une cellule photovoltaïque produit une tension de 0.6v. Dans un panneau, les cellules sont donc connectées en série pour augmenter la tension à 32v (tension de fonctionnement). Les panneaux sont à leur tour connectés en série pour augmenter la tension jusqu'à 400v – 700v. Les panneaux produisent donc du courant continu (DC) à haute tension qu'il faut transformer en courant alternatif (AC) 220v avec un onduleur électronique pour connecter l'installation au réseau électrique.

Energie grise et recyclage

Grâce à l'optimisation continue des processus de fabrication, l'énergie grise utilisée pour fabriquer, transporter et installer un panneau photovoltaïque est actuellement (2016) restituée par ce même panneau en seulement un peu plus d'une année. Les matériaux utilisés pour le produire sont abondants : essentiellement du verre, du silicium, et de l'aluminium, un peu de cuivre, de plastique sans fluor et de quelques autres métaux sans plomb. Ils sont non toxiques contrairement à d'autres technologies comme les films minces. En plus de cela, à travers le monde les acteurs de la branche se sont unis pour mettre en place dans chaque pays une filière de recyclage (PVcycle). Certes, les quantités recyclées sont aujourd'hui encore très faible vu la longue durée de vie des panneaux, mais la filière photovoltaïque se veut très éco-responsable.

Empreinte écologique de panneaux photovoltaïques

<http://www.nature.com/articles/ncomms13728#f3>

La filière PV Cycle <http://www.pvcycle.org/fr/>

Planification

Besoins, surface et production annuelle

La consommation électrique annuelle d'un ménage de 4 personnes (villa individuelle sans chauffage) est de env. 4000 kWh. La facture électrique typique est de env. 1000.- CHF/an (20 ct/kWh plus autres frais). Sachant qu'une installation de 1 kWp produit annuellement en moyenne 1000 kWh, faut donc une installation de 4 kWp pour couvrir ses besoins annuels, soit une surface de 25 m² de panneaux photovoltaïques. L'électricité produite de jour en surplus peut être réinjectée dans le réseau, mais celle-ci vous est achetée à un prix plus faible que celle consommée la nuit. Il faut compter produire env. 2 fois sa consommation, soit une installation de 8 kWp, ou installer des batteries pour espérer ne plus avoir de facture électrique à payer.

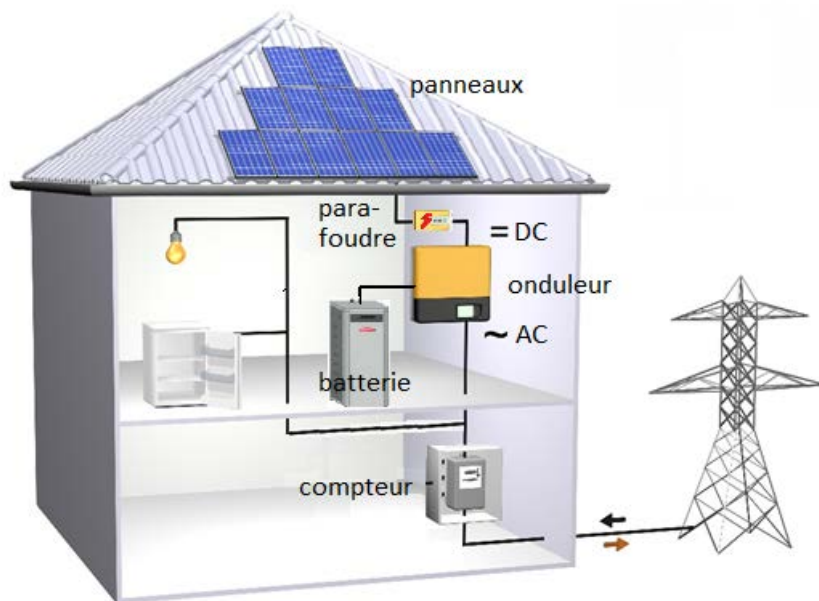
Les chiffres ci-dessus sont arrondis pour faciliter les calculs. La feuille Excel en annexe et les informations qui suivent permettent un calcul plus précis. Lors d'une demande d'offre, un calcul détaillé est aussi généralement inclus.

Au jour le jour, on ne peut pas prédire la production électrique d'une installation, mais il est aisé de prédire la production mensuelle et annuelle moyenne grâce à des [sites de simulations](#) très simple à utiliser. Il suffit d'entrer la surface et l'orientation des panneaux photovoltaïques. Une orientation non optimale des panneaux n'a souvent pas une influence dramatique sur le rendement de

l'installation. On peut même envisager de monter des panneaux verticalement sur les murs ou les balustrades de balcons.

Aspects pratiques

Tous les types de toit peuvent être équipés, qu'ils soient plats, pentu ou à plusieurs pans. Pour un toit pentu, les panneaux sont fixés sur des barres qui sont elles accrochées aux lambris juste sous les tuiles. Pour un toit plat, le système de barres supportant les panneaux est simplement posé et lesté sur le toit. Ainsi, l'enveloppe étanche du toit n'est pas touchée. Pour un toit en pente, on peut choisir d'intégrer les panneaux dans le toit pour avoir un rendu plus esthétique. Des subsides plus importants sont donnés pour ce cas. Des panneaux de couleur noir uniforme permettent aussi d'améliorer l'esthétique du toit mais ils ont un rendement de quelques pourcents plus faible car ils chauffent plus.



Les panneaux étant placés sur le toit, ils peuvent être touchés par la foudre. Il est donc important d'empêcher la foudre d'entrer à l'intérieur du bâtiment et de protéger le réseau électrique. Un « fusible » parafoudre est donc connecté entre les panneaux et l'onduleur.

L'onduleur est généralement placé à l'intérieur du bâtiment, à côté du tableau électrique, mais il peut aussi prendre place à l'extérieur sous un endroit abrité. En Suisse, l'onduleur doit être triphasé pour répartir la puissance sur les 3 phases du réseau. L'onduleur permet généralement de transmettre les données de production en ligne, à un pc ou à un smartphone. Si l'ensoleillement du toit n'est pas homogène, il est nécessaire de connecter ensemble uniquement les panneaux ayant le même ensoleillement (strings). Les onduleurs peuvent généralement connecter 2 ou 4 groupes de panneaux (strings). Si l'ensoleillement est très inhomogène, il existe aussi la solution d'utiliser des micro-onduleurs placés derrière chaque panneau.

L'énergie fournie par les panneaux peut être directement consommée dans la maison ou réinjectée dans le réseau électrique. Un compteur électrique bidirectionnel doit être installé. En Suisse, le fournisseur de réseau a l'obligation de vous racheter l'énergie réinjectée dans le réseau avec une plus-value écologique. Il est cependant plus intéressant financièrement de pouvoir consommer l'énergie sans passer par le réseau, par exemple en la stockant dans des batteries. Celles-ci sont encore onéreuses mais un calcul précis permet de connaître le temps nécessaire à son amortissement.

Il est important de mentionner que les panneaux photovoltaïques sont très fiables et bénéficient généralement d'une garantie de rendement de 80% après 20 ans. Les onduleurs sont souvent garantis 10 ans et les batteries de 5 ans ou plus. Il n'y a en principe pas d'entretien à prévoir, juste surveiller sa production mensuelle pour être sûr que tout fonctionne normalement.

Liens :

Simulateur de production solaire en ligne de la commission européenne :

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Production électrique des installations photovoltaïques de la commune :

<http://www.corminboeuf.ch/amenagement-environnement/energie/production-electrique.html>

Production d'une villa familiale à Corminboeuf : [http://www.rendement-](http://www.rendement-solaire.eu/fr/corminboeuf/bricolux/20013/19171.html)

[solaire.eu/fr/corminboeuf/bricolux/20013/19171.html](http://www.rendement-solaire.eu/fr/corminboeuf/bricolux/20013/19171.html)

Aspects financiers

Coût d'une installation

Une installation typique de 6 kWp coûte env. 18'000.- CHF (2018).

Depuis les années 1990, le prix du photovoltaïque a drastiquement baissé grâce à la montée en force de la production chinoise. Aujourd'hui, le 95% des cellules est fabriquée en chine. Depuis 2016, les prix semblent stagner autour de 1.00 CHF/Wp. Certes, chaque installation est différente, mais de manière grossière, le prix des panneaux photovoltaïques représente alors 6000.- CHF, donc 1/3 du prix de l'installation. Le reste du matériel, soit le système de fixation des panneaux, l'onduleur, le parafoudre et les câbles électriques, représentent aussi 1/3, tandis que la main d'œuvre pour l'installation et les frais administratifs représente le dernier 1/3.

Il ne faut pas hésiter à demander plusieurs offres pour comparaison. Souvent, les petits installateurs sont moins cher et d'égal conseils que les grandes enseignes. N'hésitez pas à confronter le prix du matériel aux prix que l'on trouve sur les revendeurs en ligne. -Vous aurez ainsi une idée de la marge que s'octroie votre installateur car les prix catalogue surfaits en suisse sont malheureusement une réalité.

Liens vers quelques revendeurs en ligne : <https://www.photovoltaiik-shop.com/>

<https://www.photovoltaiik4all.de/pv4all-netz/>

Rachat de la production d'électricité

Le fournisseur d'électricité a l'obligation de vous racheter votre production au prix coutant de l'électricité, soit 8.5 ct/kWh en 2018. De plus il vous rachètera vos certificats de « garantie d'origine (GO) » pour 0.8 ct/kWh en 2018 ce qui correspond à peu près au prix du marché. Vous pouvez aussi revendre ces certificats séparément de votre production à tout autre acheteur. Le prix de rachat est donc environs la moitié du prix d'achat, qui est de plus de 20 ct/kWh. Si comme la plupart des ménages, vous ne consommez pas directement toute votre énergie car vous produisez le jour et consommez essentiellement le soir, il vous faudra produire 2 fois plus d'énergie que votre consommation pour ne plus payer de facture d'électricité, ou envisager l'utilisation de batteries.

Subventions et avantages fiscaux

Aujourd'hui, la subvention d'installations photovoltaïques en Suisse se fait par l'intermédiaire de Swissgrid. A notre connaissance, plus aucun canton ou commune n'octroie de subventions supplémentaires. Swissgrid prélève la taxe RPC de 2.3ct/kWh en 2018 pour subventionner les énergies renouvelables, dont le photovoltaïque. Pour des petites installations (< 100kWp) vous avez droit à une « Rétribution Unique (RU)» qui correspond à env. 20% du prix d'une installation standard. Le montant exact de cette Rétribution Unique peut être calculé sur le site de l'Office Fédérale de l'Energie : <https://www.guarantee-of-origin.ch/swissforms/TarifAuswahl2018.aspx>. Les mauvaises langues vous diront que vous serez mis sur une liste d'attente et que vous ne recevrez jamais cet argent. Ceci est vrai pour la « Rétribution à Prix Coutant (RPC) » mis en place depuis 2009, mais avec la mise en place de la « Rétribution Unique (RU)» et de l'augmentation de la taxe ces dernières années, le versement de la RU se fait généralement dans un délai de 2 ans.

Le coût total de votre installation photovoltaïque est entièrement déductible de vos impôts, et ce de manière séparée d'autres déductions comme par exemple la déduction pour frais d'entretien d'immeuble. Le montant de cette déduction d'impôt dépend de votre taux marginal qui est fonction de votre revenu. Pour la plupart des contribuables, il se situe entre 22% et 30%.

Vous pouvez aussi retirer une partie de votre 3^e pilier pour financer votre installation photovoltaïque. Cette pratique est intéressante pour les contribuables n'ayant pas les liquidités ou la capacité financière pour mettre de côté chaque année le maximum déductible pour le 3^e pilier. Ainsi, si vous placez le montant de votre installation solaire sur un compte 3^e pilier avant de le retirer vous aurez aussi bénéficié d'une déduction d'impôt correspondant à votre taux marginal, moins l'impôt sur la fortune à payer lors du retrait du 3^e pilier, soit une déduction de pour la plupart des contribuables entre 20% et 27%.

En résumé, si vous utiliser tous ces outils, vous n'aurez effectivement payé votre installation que 30% à 45% de son prix réel, soit 6000.- CHF pour notre exemple. Vous aurez donc amorti votre installation en un peu plus de 6 ans puisque vous ne payez presque plus la facture d'électricité de 1000.- CHF/an. Au bout de 20 ans, vous aurez même presque gagné 10000.- CHF, ce qui représente l'équivalent d'un placement à 2.7%/an.

Le diable se cachant dans les détails, nous vous proposons ci-après une feuille de calcul Excel pour vous aider au calcul de l'amortissement de votre installation photovoltaïque (2018).



Les cellules de couleur peuvent être adaptées à un cas particulier.

	oui=1						
Puissance de l'installation		6 kWp					
Production annuelle		6600 kWh/an	efficacité (orientation)	1100 kWh/an/kWp			
Consommation annuelle		4000 kWh/an					
Prix des panneaux		5700 CHF	Prix des panneaux	0.95 CHF/Wp			
Prix de l'onduleur		2040 CHF					
Prix du système de fixation et câblage		4000 CHF					
Prix de la batterie	0	0 CHF	Capacité de la batterie	6 kWh			
Prix de la main d'œuvre		6000 CHF					
Prix Total estimé		17740 CHF					
Retribution unique (RU)	1	4100 CHF					
Rabais fiscal	1	4435 CHF	Taux marginal	25 %			
Financement 3e pilier	1	3902.8 CHF	Taux marginal -3%	22 %			
			valeur du 3e pilier	17740 CHF			
Reste à amortir		5302.2 CHF					
			Portion réinjectée	81.8 %			
électricité réinjectée		502.2 CHF/an	prix	9.3 ct/kWh	5400 kWh		
électricité consommée directement (non achetée)		246 CHF/an	prix	20.5 ct/kWh	1200 kWh		
Années d'amortissement		7.09 ans					
Rendement placement sur 20 ans		2.72 %					