

Installations Photovoltaïque – détermination de l'énergie produite par unité de temps

Ce document a pour but de donner un bon aperçu d'une méthode pouvant être utilisée afin de déterminer la production électrique [kWh] qui aurait dû être générée par une installation photovoltaïque au cas où celle-ci subirait, pour de diverses raisons, une mise à l'arrêt durant un intervalle de temps donné.

Le Performance Ratio (PR)

Le PR est un indicateur d'efficacité d'une installation PV. Il peut être comparé à un rendement.

Il correspond au rapport entre l'énergie électrique produite pendant une période de temps considérée et l'énergie solaire incidente captée par les panneaux durant cette même période de temps.

$$PR = \frac{Y_f \text{ (Normalized energy production)}}{Y_r \text{ (Reference yield)}} = \frac{E / P_0 \text{ (kWh/kWc)}}{H / G \text{ (kWh/m}^2\text{) / (1 kW/m}^2\text{)}}$$

- E : Energie produite par l'installation PV durant la période considérée.
P₀ : Puissance crête de l'installation PV.
H : Irradiation globale appliquée au panneau durant la période considérée (l'irradiation est mesurée dans le plan des panneaux).
G : Irradiation de référence.

Détermination de l'énergie produite durant une période considérée

La détermination de l'énergie produite durant une période donnée E [kWh] peut être faite sur base de la formule précédente :

$$E = PR \cdot P_0 \cdot H / G$$

Ce calcul impose de connaître les valeurs suivantes :

- Le PR de l'installation considérée [-]
- La puissance crête de l'installation considérée [kWc]
- L'irradiation incidente dans le plan des panneaux [kWh/m²]

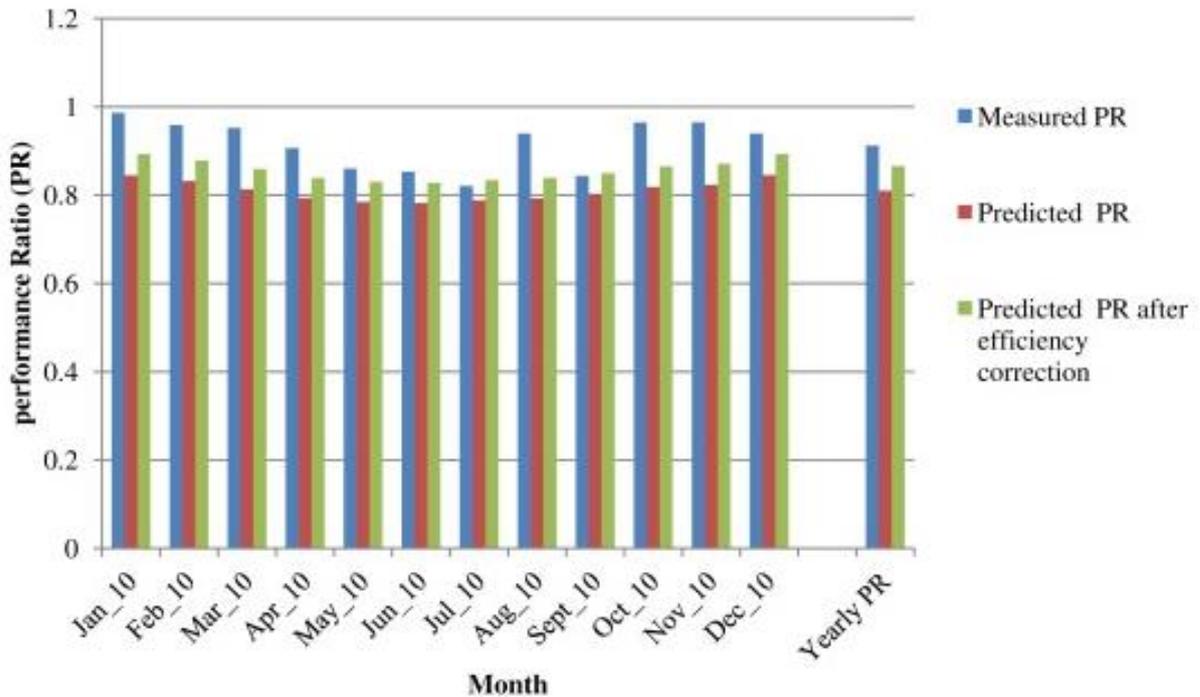
PR des installations PV

La détermination du PR des installations PV représente un travail long et bien spécifique à chaque site. A moins d'avoir procédé à des relevés sur site et à une simulation à l'aide d'un logiciel spécialisé, cette valeur est la plupart du temps inconnue (dans le cadre des installations résidentielles. Cela est différent pour les installations de plus grandes ampleur).

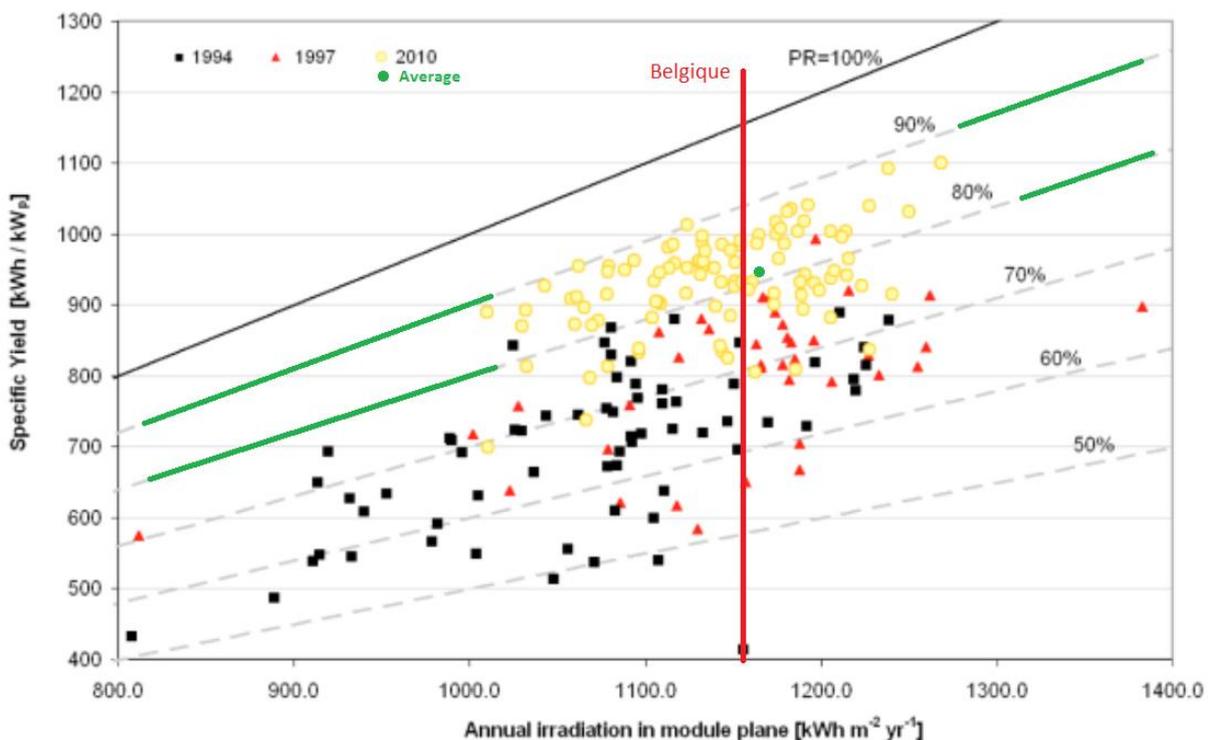
Cependant, les constatations suivantes peuvent être faites :

- Le PR d'une installation donnée varie peu durant l'année. Une forte variation du PR est le signe d'un problème technique devant faire l'objet d'une réparation.

Exemple de l'évolution du PR au fil de l'année :



- Si on compare les installations entre elles, leurs PR respectifs ne sont pas si différents les uns des autres, quelles que soient les orientations et les inclinaisons (une installation mal orientée captera moins d'énergie solaire et produira moins d'énergie électrique). Les sites présentant un PR plus bas que les autres est certainement caractérisé par une donnée particulière telle que, par exemple, un impact d'ombrage notable.



Sur base de ces deux considérations, il n'est pas erroné, et même raisonnable, de considérer, pour l'ensemble des installations PV et sur l'ensemble de l'année, une valeur constante du PR fixée à **80%**

La puissance crête de l'installation considérée

Cette valeur est une caractéristique propre à chaque installation.

Il en va de même pour l'orientation et l'inclinaison des panneaux, données qui auront également leur importance.

L'irradiation incidente dans le plan des panneaux

Cette valeur, si on la veut exacte, nécessite le placement d'un pyranomètre au droit de chaque installation, ce qui n'est ouvertement pas envisageable. Il y a cependant moyen de l'obtenir via, par exemple, l'IRM. Il existe d'autres sources possibles mais, pour la suite du document, l'option IRM sera retenue.

L'IRM permet d'obtenir l'irradiation globale [rayonnement direct et rayonnement diffus] sur un plan horizontal pour les sites suivants :

CODE	Station Name	Lat.	Long.	Alt. In meters	Lambert X	Lambert Y	Global Solar Radiation
6407	MIDDELKERKE	511153	25204	5	45138	210698	V
6414	BEITEM	505418	30723	25	62433	177770	V
6434	MELLE	505851	34903	12	111340	185616	V
6439	ST-KATELIJNE-WAVER	510403	43150	10	161395	195126	V
6447	UCCLE-UKKEL	504755	42129	100	149299	165201	V
6455	DOURBES	500547	43541	233	166302	87114	V
6459	ERNAGE	503458	44127	157	172864	141241	V
6464	RETIE	511320	50142	21	196134	212533	V
6472	HUMAIN	501141	51524	293	213454	98407	V
6476	SAINT-HUBERT	500223	52406	556	224047	81302	V
6477	DIEPENBEEK	505459	52706	39	226205	178859	V
6484	BUZENOL	493716	53519	324	238203	34949	V
6494	MONT RIGI	503042	60429	674	271048	134673	V

Le placement sur carte permet de constater que ces sites sont relativement bien répartis sur le territoire belge :



L'irradiation horizontale peut être estimée pour n'importe quel point en effectuant une interpolation au départ des trois stations de mesure les plus proches :



Finalement, l'irradiation sur un plan horizontal peut être convertie en une irradiation dans le plan des panneaux via application de la formule PEREZ :

Rayonnement direct

La composante directe dans un plan d'inclinaison quelconque i et d'orientation quelconque γ pour une hauteur h et un azimut a du soleil est:

$$I_{di} = I_1 (\sin h \cdot \cos i + \cos h \cdot \cos (\gamma - a) \cdot \sin i)$$

Rayonnement diffus

La composante du diffus dans un plan d'inclinaison quelconque i est donné par :

$$D = D^* + \frac{1 - \cos i}{2} \cdot \alpha \cdot G_h$$

$$D^* = D_h \cdot (1 - F_1) \frac{1 + \cos i}{2} + D_h \cdot F_1 \cdot a/b + D_h \cdot F_2 \cdot \sin \beta$$

Cette méthode nécessite de connaître les données de l'installation (orientation et inclinaison), ainsi que la position solaire dans le ciel au moment des coupures (ce qui peut aisément être calculé sur base de la date et de l'heure).

Les autres données telle que l'albédo (α) ou la fraction d'insolation (σ , intervenant dans le calcul de D_h) seront prises par défaut ou seront fournies, si possible, par les mesures de l'IRM.