

# Indice de performance

Facteur de qualité pour l'installation photovoltaïque



## Contenu

L'indice de performance est l'une des valeurs les plus importantes pour l'évaluation de l'efficacité d'une installation photovoltaïque.

Concrètement, l'indice de performance désigne le rapport entre le rendement énergétique réel et le rendement énergétique théoriquement possible. Il est en grande partie indépendant de l'orientation de l'installation photovoltaïque et du rayonnement sur l'installation photovoltaïque. Ceci étant, l'indice de performance permet de comparer des installations photovoltaïques reliées au réseau sur différents emplacements, à travers le monde entier.

Ce document vous explique ce qu'est l'indice de performance, et quelle est sa fonction. Il vous apprend également à calculer l'indice de performance pour votre installation photovoltaïque et à connaître les facteurs qui peuvent l'influencer.

## 1 Qu'est ce que l'indice de performance?

---

L'indice de performance (Performance Ratio) est une valeur indépendante du lieu et mesurant la qualité d'une installation photovoltaïque; ce faisant, cet indice de performance est aussi souvent appelé facteur de qualité. L'indice de performance (PR) est indiqué en pourcentage et désigne le rapport entre le rendement réel et le rendement théorique de l'installation photovoltaïque. Ainsi, il indique la part d'énergie réellement disponible après déduction des pertes d'énergie (par exemple pertes thermiques et pertes de conductivité) et de la consommation propre au fonctionnement pour l'alimentation.

Plus la valeur d'une installation photovoltaïque se rapproche des 100 %, plus cette installation photovoltaïque présente un fonctionnement efficace. Cependant, il n'est pas possible d'atteindre la valeur de 100 % en pratique, car le fonctionnement de l'installation photovoltaïque engendre toujours des pertes, qui sont inévitables (par exemple pertes thermiques suite au réchauffement des panneaux photovoltaïques). Les installations photovoltaïques performantes atteignent toutefois un indice de performance pouvant aller jusqu'à 80 %.

## 2 Quelle est la fonction de l'indice de performance?

---

L'indice de performance vous informe sur le rendement énergétique et la fiabilité de votre installation photovoltaïque.

L'indice de performance vous permet de comparer le rendement de votre installation photovoltaïque à celui d'autres installations photovoltaïques, ou de contrôler l'état de votre installation photovoltaïque sur une longue période.

Dans le cas de la détermination de l'indice de performance effectuée à des intervalles de temps définis et réguliers, il n'est toutefois pas question d'effectuer une comparaison dans l'absolu, mais plutôt d'avoir la possibilité de contrôler le déroulement et le rendement: lors de la mise en service d'une installation photovoltaïque, si l'on part du principe que l'installation photovoltaïque fonctionne de façon optimale à un moment déterminé, avec une valeur initiale de 100 % pour l'indice de performance, alors, en déterminant les autres valeurs PR au fil du temps, on peut détecter les écarts et prendre les mesures nécessaires à temps. Des écarts de la valeur PR sous forme de valeurs inférieures au domaine normatif vous indiquent un possible dysfonctionnement de votre installation photovoltaïque.

Le chapitre 4 « Quels sont les facteurs influençant l'indice de performance? » (Page 7) décrit les facteurs pouvant engendrer un écart de la valeur PR.

## 3 Comment calculer l'indice de performance?

---

Pour pouvoir calculer l'indice de performance de votre installation photovoltaïque, vous nécessitez différentes valeurs. D'une part, vous avez besoin des valeurs d'ensoleillement correspondant au lieu de l'installation photovoltaïque. Ces valeurs peuvent être obtenues à l'aide d'un appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox), qui mesure la quantité d'énergie rayonnée pour votre installation photovoltaïque. D'autre part, vous avez besoin des dimensions de la surface modulaire de votre installation photovoltaïque, et du coefficient de rendement de vos panneaux photovoltaïques. Le coefficient de rendement des panneaux est indiqué dans la fiche technique du panneau photovoltaïque.

Vous pouvez calculer vous-même l'indice de performance (cf. page 4) ou le faire calculer de façon automatique (cf. page 6).

### Conditions préalables pour le calcul

Dans le cas où vous utilisez un appareil de mesure mesurant le rayonnement solaire direct pour votre installation photovoltaïque (par exemple Sunny SensorBox), les panneaux photovoltaïques et l'appareil de mesure doivent être orientés à l'identique afin que la valeur PR puisse être correctement calculée. Ainsi, assurez-vous que les panneaux photovoltaïques et l'appareil de mesure soient soumis à la même quantité de rayonnement solaire et les mêmes températures.

### Période d'observation

La période d'observation optimale pour le calcul de l'indice de performance est d'1 an. Cependant, vous pouvez également choisir des intervalles de temps plus courts, par exemple si vous souhaitez directement comparer votre installation photovoltaïque avec une autre installation photovoltaïque. Toutefois, vous devez sélectionner une période d'observation d'au moins 1 mois afin de s'assurer que les conditions d'environnement, comme des positions basses du soleil, de faibles températures et des ombrages des panneaux photovoltaïques et/ou de l'appareil de mesure n'influencent pas trop la mesure.

### 3.1 Calcul manuel

Si vous souhaitez calculer vous-même l'indice de performance, vous pouvez appliquer la formule simplifiée suivante:

<b>Formule pour le calcul manuel de l'indice de performance</b>	
PR =	$\frac{\text{Rendement de l'installation réel affiché en kW/h par an}}{\text{Rendement de l'installation nominal calculé en kW/h par an}}$

Le rendement de l'installation réel, indiqué en kWh, doit être lu à la fin de l'année sur le compteur de production.

Le rendement de l'installation nominal calculé pour l'année se compose comme suit:

<b>Formule pour le calcul du rendement nominal de l'installation</b>
Rayonnement annuel sur la surface génératrice de l'installation photovoltaïque x rendement des panneaux de l'installation photovoltaïque.

La valeur du rayonnement mesuré par l'appareil de mesure est enregistrée au niveau du panneau, et sur une année entière dans l'idéal. Afin de déterminer cette valeur de rayonnement, il faut calculer la valeur moyenne de rayonnement solaire pour la période d'observation, à partir des valeurs de rayonnement enregistrées par l'appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox). Il faut ensuite faire une estimation de la valeur de rayonnement par m<sup>2</sup> ainsi déterminée, pour la surface totale des panneaux de l'installation photovoltaïque (surface génératrice). Le coefficient de rendement des panneaux figure sur la fiche technique du panneau photovoltaïque.

#### **Exemple: calcul de l'indice de performance pour une période d'observation de 1 an**

Cet exemple explique le calcul manuel de l'indice de performance, au moyen des données du Sunny SensorBox et du Sunny WebBox. Le calcul manuel doit être envisagé en tant qu'alternative. SMA Solar Technology AG vous propose le calcul automatique de l'indice de performance sur le Sunny Portal (voir page 6). Pour savoir comment enregistrer votre installation photovoltaïque sur le Sunny Portal, suivez les instructions de la notice d'utilisation du Sunny WebBox.

Si vous souhaitez quand même calculer manuellement l'indice de performance, procédez comme suit:

Les informations suivantes sont nécessaires en vue du calcul manuel:

- Période d'observation  
Vous devez auparavant déterminer la période d'observation. La période d'observation optimale est d'1 an.
- Surface génératrice de l'installation photovoltaïque  
La surface génératrice de votre installation photovoltaïque est connue.
- Coefficient de rendement des panneaux photovoltaïques  
Le coefficient de rendement de votre installation photovoltaïque figure sur la fiche technique du panneau photovoltaïque.

- Rendement de l'installation réel, lu sur le compteur.  
Vous devez relever cette valeur sur le compteur de production, à la fin de l'année.
- Rendement de l'installation nominal calculé.  
Pour déterminer cette valeur, vous avez besoin de la formule pour le calcul du rendement nominal de l'installation (voir page 4).
- Rayonnement solaire mesuré durant la période d'observation  
Afin de calculer cette valeur, vous avez besoin des valeurs de rayonnement transmises par le Sunny SensorBox au Sunny WebBox.

Le Sunny WebBox demande régulièrement les valeurs distinctes mesurées par le SensorBox. C'est à partir de ces valeurs distinctes que le Sunny WebBox calcule ensuite les valeurs moyennes journalières. Pour déterminer la valeur totale du rayonnement solaire durant la période d'observation, vous devez faire une estimation de la valeur moyenne journalière de rayonnement solaire. Pour ce faire, veuillez procéder comme suit:

Selon les réglages effectués sur l'interface-utilisateur, le Sunny WebBox enregistre les valeurs moyennes journalières de rayonnement solaire sur votre installation photovoltaïque, et ce, toutes les 5 minutes, 10 ou 15 minutes. Sunny WebBox enregistre les valeurs moyennes journalières de chaque mois avec les autres valeurs moyennes de votre installation photovoltaïque dans des dossiers nommés en conséquence, sous forme de fichier .csv ou de fichier .xml.

Pour calculer la valeur de rayonnement, par exemple pour 1 an, à partir des valeurs moyennes journalières, vous devez d'abord calculer les valeurs moyennes mensuelles. Ensuite, faites la somme des valeurs moyennes journalières sur un mois. Divisez ensuite le total ainsi obtenu par le nombre de jours du mois, et vous obtenez la valeur moyenne mensuelle. Vous pouvez procéder de cette façon pour calculer au cours de l'année les valeurs moyennes mensuelles pour l'intégralité des 12 mois. Pour calculer la valeur moyenne annuelle, vous devez faire la somme des 12 valeurs mensuelles moyennes, et diviser le total ainsi obtenu par le nombre de mois, c'est à dire par 12. Vous pouvez ainsi faire l'estimation de la valeur pour la surface génératrice de votre installation photovoltaïque. Voilà comment obtenir le rendement nominal de l'installation pour la période d'observation d'1 an, que vous pouvez utiliser dans la formule pour le calcul de l'indice de performance, avec les valeurs déjà connues.

**À titre d'exemple, on prendra les conditions et valeurs concrètes suivantes:**

- Période d'observation : 1 an
- Rayonnement solaire moyen mesuré en 1 an :  $120 \text{ kWh/m}^2$
- Surface génératrice de l'installation photovoltaïque :  $10 \text{ m}^2$
- Coefficient de rendement des panneaux photovoltaïques : 15 %
- Rendement réel produit par l'installation : 110 kW

Les valeurs de rayonnement mesurées sur place donnent un rayonnement solaire moyen de 120 kWh/m<sup>2</sup> pour la période d'observation totale. Cette valeur de rayonnement est estimée comme suit sur la surface modulaire de l'installation photovoltaïque :

$$\text{Valeur de rayonnement en kWh/m}^2 \times \text{surface de l'installation en m}^2 = 120 \text{ kWh/m}^2 \times 10 \text{ m}^2 = 1\,200 \text{ kWh}$$

Afin de calculer ensuite le rendement nominal de l'installation, on multiplie la valeur du rayonnement déterminée pour l'installation photovoltaïque par le coefficient de rendement du panneau :

$$1\,200 \text{ kWh} \times 15 \% = 1\,200 \text{ kWh} \times 0,15 = 180 \text{ kWh}$$

Pour l'ensemble de la période d'observation choisie, on obtient ainsi un rendement nominal de l'installation de 180 kWh. Ce rendement nominal correspond à un indice de performance de 100 %.

Ceci étant, la valeur lue du rendement réellement produit par l'installation photovoltaïque dans le réseau est seulement de 110 kWh. Si l'on insère cette valeur et le rendement nominal de l'installation précédemment obtenu dans la formule pour le calcul de l'indice de performance, on obtient:

$$\text{PR} = \frac{110 \text{ kWh}}{180 \text{ kWh}} = \text{env. } 0,61 = \text{env. } 61 \%$$

La valeur PR est d'env. 61 %. Ceci signifie qu'environ 39 % de l'énergie rayonnée durant la période d'observation n'ont pas pu être utilisés, suite à des circonstances telles que les pertes de conductivité, les pertes thermiques ou par exemple des défauts sur les composants. Ici, l'indice de performance sert d'indicateur et peut donner lieu à une inspection plus en détails de l'installation photovoltaïque, de sorte à éliminer des impuretés des panneaux photovoltaïques ou à réparer ou remplacer des composants défectueux.

## 3.2 Calcul automatique

Vous pouvez également faire calculer l'indice de performance de façon automatique, en transmettant les données correspondantes de votre installation photovoltaïque au Sunny Portal. Sur le Sunny Portal, vous pouvez également avoir une représentation graphique de l'indice de performance, sous forme de diagrammes.

Pour savoir comment calculer automatiquement l'indice de performance et présenter les valeurs PR sous forme de diagrammes, reportez-vous à la notice d'utilisation du Sunny Portal, sur [www.SunnyPortal.com](http://www.SunnyPortal.com)

### Conditions préalables pour le calcul automatique sur le Sunny Portal

Afin de pouvoir calculer automatiquement l'indice de performance sur le Sunny Portal, les conditions suivantes doivent être remplies:

- Vous devez avoir un Sunny WebBox transmettant les données nécessaires au Sunny Portal.
- Un Sunny SensorBox est relié à votre Sunny WebBox.
- Vous utilisez les capteurs de rayonnement du Sunny SensorBox.
- Sur le site de votre installation photovoltaïque, le Sunny SensorBox mesure un rayonnement minimal de 60 W/m<sup>2</sup> par heure.

Pour savoir comment vous enregistrer sur le Sunny Portal via Sunny WebBox, suivez les instructions de la notice d'utilisation du Sunny WebBox.

## 4 Quels sont les facteurs influençant l'indice de performance?

---

L'indice de performance est une grandeur de définition pure, qui, sous l'action de certains facteurs, peut même atteindre des valeurs supérieures à 100 %. Ceci s'explique par le fait que, lors du calcul de l'indice de performance, on utilise, pour les panneaux photovoltaïques, des caractéristiques qui ont été déterminées dans des conditions de test standard (1 000 W/m<sup>2</sup> pour le rayonnement et 25 °C pour la température des panneaux). Dans la réalité, des conditions différentes influent ainsi sur l'indice de performance.

Les facteurs suivants peuvent avoir une influence sur la valeur PR:

- Facteurs environnementaux
  - Température des panneaux photovoltaïques
  - Rayonnement solaire et dissipation d'énergie
  - Ombrage ou encrassement de l'appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox).
  - Ombrage ou encrassement des panneaux photovoltaïques
- Autres facteurs
  - Période d'enregistrement
  - Pertes dans les lignes
  - Coefficient de rendement des panneaux photovoltaïques
  - Coefficient de rendement de l'onduleur
  - Différentes technologies solaires de l'appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox) et des panneaux photovoltaïques
  - Orientation de l'appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox)

### 4.1 Facteurs environnementaux

#### Température des panneaux photovoltaïques

La puissance et l'efficacité d'une cellule solaire varient, entre autres, en fonction de la température du panneau photovoltaïque. Lorsque la température est faible, le panneau photovoltaïque est particulièrement performant. Par exemple, le panneau photovoltaïque est froid en hiver, par temps nuageux. Dans ces conditions, en présence d'un rayonnement solaire total sur le panneau photovoltaïque qui est froid, celui-ci fonctionne alors de façon très efficace. Ceci peut engendrer une valeur PR élevée en peu de temps. Cependant, après un certain temps, le panneau photovoltaïque se réchauffe et son efficacité diminue à nouveau.

### **Rayonnement solaire et dissipation d'énergie**

Le matin, le soir et surtout en hiver, lorsque le soleil est bas, la valeur du rayonnement solaire s'approche davantage de la valeur de la dissipation d'énergie (= différence entre la puissance absorbée et la puissance fournie) que durant les autres moments de la journée et de l'année. Par conséquent, la valeur PR calculée durant ces périodes est plus faible qu'habituellement.

### **Ombage ou encrassement de l'appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox)**

Selon leur emplacement, les végétaux et les édifices peuvent projeter de l'ombre sur l'appareil de mesure de votre installation photovoltaïque (par exemple Sunny SensorBox), et engendrer ainsi un ombage temporaire ou même permanent de l'appareil de mesure. De plus, les propres éléments de l'installation photovoltaïque peuvent également projeter des ombres sur l'appareil de mesure, surtout lorsque le soleil est bas à l'horizon. L'ombage partiel ou complet de l'appareil de mesure peut conduire à des valeurs PR supérieures à 100 %. En outre, certains facteurs environnementaux, comme la neige, la poussière ou le pollen, peuvent encrasser l'appareil de mesure de votre installation photovoltaïque, et également engendrer des valeurs PR de plus de 100 %.

### **Ombage ou encrassement des panneaux photovoltaïques**

Selon leur emplacement, les végétaux et les édifices peuvent projeter de l'ombre sur vos panneaux photovoltaïques et engendrer ainsi un ombage temporaire ou même permanent des panneaux photovoltaïques. De même, l'encrassement du par exemple à la poussière, le pollen, la neige etc. entraînent un ombage des panneaux photovoltaïques. Ces ombages ont pour conséquence que les panneaux photovoltaïques absorbent moins de rayonnements solaires. Ce faisant, l'efficacité des panneaux photovoltaïques s'en trouve amoindrie, et donc la valeur PR de l'installation photovoltaïque.

## 4.2 Autres facteurs

### **Période d'enregistrement**

Lorsque la période d'enregistrement est trop courte (c'est à dire inférieure à 1 mois), le nombre des données de mesures est insuffisant pour pouvoir calculer l'indice de performance. Ceci étant, en cas de position basse du soleil, de températures faibles et élevées, ainsi qu'en présence d'ombages, le résultat du calcul se retrouve plus fortement influencé, étant donné que ces valeurs ont seulement été enregistrées de façon incomplète.

### **Pertes dans les lignes**

Lors de la transmission d'énergie de l'onduleur au compteur de production de l'exploitant du réseau, il se produit des pertes de conductivité, qui varient selon le type et le matériau du câble utilisé. Ces pertes de conductivité peuvent réduire la valeur PR.



### **Coefficient de rendement des panneaux photovoltaïques**

Le coefficient de rendement des panneaux photovoltaïques joue un rôle décisif sur l'indice de performance de votre installation photovoltaïque. Plus le coefficient de rendement des panneaux photovoltaïques est élevé, plus la valeur PR sera élevée (dans le cas de conditions générales appropriées, comme un rayonnement solaire élevé sur le site, etc.).

### **Coefficient de rendement de l'onduleur**

Si l'onduleur installé dans votre installation photovoltaïque possède un coefficient de rendement élevé, ceci permet d'atteindre des valeurs PR élevées. Les onduleurs SMA avec un coefficient de rendement supérieur à 90 % permettent même d'obtenir des valeurs PR de plus de 80 %.

### **Différentes technologies de cellules solaires pour les panneaux photovoltaïques et l'appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox)**

Il existe différents types de cellules solaires pour les panneaux photovoltaïques. Voici les trois types de cellules solaires les plus fréquemment utilisés: cellules en silicium monocristallin, cellules en silicium polycristallin, et cellules à couches minces. Si l'appareil de mesure présent dans votre installation photovoltaïque (par exemple Sunny SensorBox) utilise une autre technologie de cellule solaire que vos panneaux photovoltaïques, des écarts peuvent apparaître lors du calcul de l'indice de performance.

### **Dégradation des cellules solaires**

La dégradation due au vieillissement des cellules solaires engendre une valeur PR moins élevée au fil des ans. Les cellules solaires monocristallines et les cellules solaires polycristallines peuvent être altérées de jusqu'à 20 % en 20 ans.

### **Orientation de l'appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox)**

Dans le cas où un appareil de mesure (par exemple Sunny SensorBox) est intégré à votre installation photovoltaïque mais n'est pas installé selon la même orientation des panneaux photovoltaïques de votre installation photovoltaïque, ceci peut entraîner des valeurs PR supérieures à 100 %, en raison des différences quant au rayonnement solaire.