

Roger Cadiergues

MémoCad mC31.a

ÉVALUER LA PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE

SOMMAIRE

mC31.1. La norme de référence

mC31.2. Les paramètres climatiques

mC31.3. Les paramètres technologiques



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

mC31.1. LA NORME DE RÉFÉRENCE

LA NORME DE RÉFÉRENCE

Il existe une norme sur la calcul des performances énergétiques des systèmes photovoltaïques, curieusement classée dans les «systèmes de chauffage» :

- . NF EN 15316-4-6 (Août 2008) Systèmes de chauffage dans les bâtiments Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes Partie 4-6 : Systèmes de génération de chaleur, systèmes photovoltaïques.

Cette norme est préfacée comme suit (Introduction) : «La présente Norme européenne constitue la partie spécifique portant sur les systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments d'une série de normes EN 15316 sur les méthodes de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes de chauffage des locaux et des systèmes de production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments.

La présente Norme européenne fournit une méthode de calcul de la production d'électricité des systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments. Le calcul se base sur les caractéristiques de performance des produits données dans les normes de produits, ainsi que sur d'autres caractéristiques requises pour évaluer la performance des produits comme éléments inclus dans le système».

LA FORMULE DE BASE

La norme propose que l'énergie fournie W_{pv} [kWh/an] soit donnée par la formule générale suivante :

$$W_{pv} = E_{sol} \cdot P_{cr} \cdot f_{perf}$$

Les différents facteurs intervenant dans cette formule sont les suivants :

- . E_{sol} [kWh/m² an] est l'irradiation solaire annuelle,
- . P_{cr} [kW] est la puissance de crête du capteur en cause,
- . f_{perf} est le coefficient de performance énergétique du système.

Il est fréquent que l'on ait quelques difficultés à fixer ces paramètres : dans ce cas on peut utiliser les valeurs indiquées plus loin, par la norme, en données purement informatives.

L'IRRADIATION SOLAIRE ANNUELLE

Le paramètre E_{sol} [kWh/m² an] dépend :

- . du plus ou moins fort ensoleillement annuel du site,
- . de l'orientation et de l'inclinaison du capteur.

En l'absence de données plus précises la norme (version française) propose les valeurs indiquées à la fiche **mC31.2** suivante.

LA PUISSANCE DE CRÊTE

La puissance de crête du capteur photovoltaïque, P_{cr} [kW] est, normalement, indiquée par le fournisseur du panneau, les essais ayant été effectués dans des conditions normalisées. En l'absence de cette donnée on peut en faire une évaluation en utilisant la valeur indiquée à la fiche **mC31.3** suivante.

Celle-ci tient compte :

- . du type de cellule photovoltaïque utilisé,
- . et de la surface du capteur.

LA PERFORMANCE DU SYSTÈME

Le facteur f_{perf} (le coefficient de performance énergétique du système) intervenant dans la formule générale ci-dessus dépend :

- . du la performance du système de conversion du courant continu issu des cellules en courant alternatif,
- . de la température (réelle, mais moyenne annuelle) à laquelle fonctionne le capteur,
- . de l'intégration de ce capteur dans le bâti.

En l'absence de données plus précises on peut en faire une évaluation en utilisant la valeur indiquée à la fiche **mC31.3** suivante.

ATTENTION : les symboles de grandeur adoptés dans ce livret ne sont pas ceux de la norme.

mC31.2. LES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

LES ZONES SOLAIRES

L'énergie solaire reçue annuellement par le capteur dépend de la région. Pour le calcul la France est découpée en cinq zones (table ci-dessous).

Zone	Régions administratives
PV1	Provence Alpes Côte d'Azur, Languedoc Roussillon
PV2	Roussillon
PV3	Roussillon
PV4	Roussillon
PV5	Nord Pas de Calais, Hte Normandie, Picardie, Ile de France, Champagne Ardenne, Lorraine, Alsace

L'IRRADIATION SOLAIRE

L'énergie surfacique reçue annuellement par le capteur E [kWh/m² an] dépend :

- . de la zone solaire,
- . de l'orientation et de l'inclinaison du capteur,

la formule de calcul étant la suivante : $E = f_c E_0$

E_0 [kWh/m² an] étant l'irradiation horizontale et f_c un facteur dépendant de l'orientation et de l'inclinaison.

L'IRRADIATION HORIZONTALE

L'irradiation horizontale E_0 [kWh/m² an] dépend de la zone (voir table ci-dessous).

Zone :	PV1	PV2	PV3	PV4	PV5
E_0 [kWh/m ² an]	1500	1350	1250	1150	1050

LE FACTEUR D'INCLINAISON ET D'ORIENTATION

Ce coefficient f_c possède les valeurs indiquées au tableau suivant, selon la zone

Valeurs de f_c pour PV1					
Inclinaison	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

Valeurs de f_c pour PV2					
Inclinaison	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

Valeurs de f_c pour PV3					
Inclinaison	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

Valeurs de f_c pour PV4					
Inclinaison	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

Valeurs de f_c pour PV5					
Inclinaison	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

mC31.3. LES PARAMÈTRES TECHNOLOGIQUES

L'ÉVALUATION DE LA PUISSANCE DE CRÊTE

Pour évaluer, en l'absence de données certifiées, la **puissance de crête** d'un panneau photovoltaïque vous pouvez utiliser les données informatives retenues par la norme NF EN 15316-4-6, données regroupées dans le tableau suivant et basées sur la formule :

$$P_{cr} = K_{cr} A$$

- . P_{cr} [kW] étant la puissance de crête estimée,
- . K_{cr} [kW/m²] le coefficient de puissance de crête fourni par la table ci-dessous,
- . A [m²] étant la surface du capteur.

Coefficients de puissance de crête (K_{cr})	
Matériau de base des cellules	K_{cr} [kW/m²]
silicium monocristallin (1)	0,12 à 0,18
silicium polycristallin (1)	0,10 à 0,16
silicium amorphe (couche mince)	0,04 à 0,08
autres couches minces	0,035
couche mince de diséléniure de cuivre-gallium-indium	0,105
couche mince de tellure de cadmium	0,095
(1) avec densité de cellules photovoltaïques d'au moins 80 %	

L'ÉVALUATION DU FACTEUR DE PERFORMANCE

En l'absence de données mieux justifiées, le facteur de performance du système peut être pris égal aux valeurs indiquées dans la table ci-dessous.

Facteur de performance (f_{perf})	
Conditions d'installation	f_{perf} [-]
modules non ventilés	0,70
modules ventilés ou faiblement ventilés	0,75
modules très ventilés ou à ventilation forcée	0,80