

16. INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

16.1 DOMAINE D'APPLICATION

L'installation solaire photovoltaïque est prise en compte dans le calcul du coefficient C uniquement si elle est prévue dans le permis de construire.

Elle ne couvre donc pas les installations indépendantes sur châssis (champs photovoltaïques) ou mobilier urbain en périphérie du bâtiment.

La méthode de calcul vise les installations photovoltaïques connectées à un point du réseau électrique de distribution basse, moyenne ou haute tension, selon les termes de l'arrêté du 13 mars 2002, et fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000.

La méthode de calcul :

Concerne uniquement les systèmes en connexion pure. C'est-à-dire les installations dont l'objectif est de pouvoir revendre tout ou partie de sa production sur le réseau électrique. Aucun système de stockage de l'énergie n'est donc considéré,

Ne concerne pas les installations photovoltaïques à concentration,

Ne permet pas de prise en compte spécifique pour les installations photovoltaïques hybrides,

Ne traite pas spécifiquement les couplages des systèmes photovoltaïques et des façades double peau.

16.2 PRINCIPE DE CALCUL

Le principe de calcul est le suivant :

L'énergie électrique E_{pv} produite par les modules photovoltaïques est calculée au niveau du bâtiment.

On affecte à la contribution photovoltaïque E_{pv} un coefficient de conversion $C_{ep,pv}$ égal à celui de l'électricité. Cette contribution corrigée est alors soustraite au coefficient C du bâtiment.

L'énergie produite par les modules photovoltaïques apparaît donc comme une réduction directe du coefficient C_{ep} . En revanche, dans le calcul de la référence la contribution des modules photovoltaïques est nulle.

16.3 METHODE DE CALCUL

La formule de la quantité d'énergie annuelle produite par le système photovoltaïque est donnée par :

$$E_{pv} = H_i \cdot P_0 \cdot R_p$$

Avec

E_{pv} : énergie totale délivrée par le système photovoltaïque [kWh]

H_i : énergie incidente annuelle dans le plan des modules [kWh/m²]

P_0 : puissance crête [kWc] d'après NF C 57-100

R_p : Indice de performance

Note : la puissance crête [kWc] représente la puissance d'un module de surface A_{pv} , maintenu à 25 °C sous un ensoleillement de 1000 W/m².

16.3.1 ENERGIE INCIDENTE H_i

La détermination de l'énergie incidente annuelle (mensuelle) dans le plan des modules est donnée par la formule :

$$H_i = H_{\text{hor,zone}} \cdot FT$$

Avec :

$H_{\text{hor,zone}}$: énergie incidente annuelle sur un plan horizontal par région géographique [kWh/m²],

FT : Facteur de transposition.

Pour le calcul de l'énergie incidente annuelle sur un plan horizontal par région géographique $H_{\text{hor,zone}}$, on adopte par convention la répartition suivante :

PACA, Languedoc-Roussillon : 1500 kWh/m²

Rhône-Alpes, Midi-Pyrénées : 1350 kWh/m²

Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Aquitaine, Limousin, Auvergne : 1250 kWh/m²

Bretagne, Basse-Normandie, Centre, Bourgogne, Franche Comté : 1150 kWh/m²

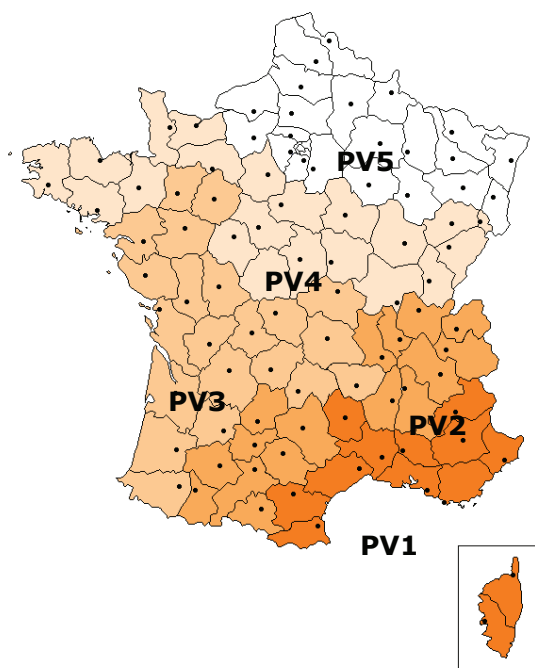
Nord-Pas-de-Calais, Haute-Normandie, Picardie, Ile de France, Champagne-Ardenne, Lorraine, Alsace : 1050 kWh/m²

Le facteur de transposition FT traduit la variation d'énergie incidente dans un plan incliné par rapport à l'énergie incidente dans un plan horizontal. Les valeurs du tableau ci-dessous ont été calculées par le logiciel PVSYST et représentent la moyenne arithmétique obtenue pour différentes stations météorologiques d'une même zone. Ces valeurs sont calculées par la formule :

$$FT = H_{i,\text{inclinaison, orientation}} / H_{i,\text{horizontal,sud}}$$

Zone	Régions associées	Départements	Energie solaire sur plan horizontal [kWh/m ² /an]
PV1	PACA, Languedoc-Roussillon Corse ??	04-05-06-13-83-84 11-30-34-48-66	1500
PV2	Rhône-Alpes, Midi-Pyrénées	01-07-26-38-42-69-73-74 09-12-31-32-46-65-81-82	1350
PV3	Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Aquitaine, Limousin, Auvergne	44-49-53-72-85 16-17-79-86 24-33-40-47-64 19-23-87 03-15-43-63	1250
PV4	Bretagne, Basse-Normandie, Centre, Bourgogne, Franche Comté	22-29-35-56-14-50-61 18-28-36-37-41-45 21-58-71-89-25-39-70-90	1150
PV5	Nord-Pas-de-Calais, Haute- Normandie, Picardie, Ile de France, Champagne-Ardenne, Lorraine, Alsace	59-62-27-76 02-60-80 77-78-91-92-93-94-95+Paris 08-10-51-52 54-55-57-88-67-68	1050

Tableau 99 : Valeurs de $H_{\text{hor,zone}}$



FT – Zone PV1		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30°	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
	45°	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
	60°	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90°	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59	

FT – Zone PV2		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30°	0,93	1,06	1,10	1,06	0,93
	45°	0,87	1,02	1,08	1,02	0,87
	60°	0,79	0,95	1,00	0,95	0,79
90°	0,60	0,70	0,71	0,70	0,60	

FT – Zone PV3		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30°	0,93	1,07	1,13	1,07	0,93
	45°	0,87	1,05	1,11	1,05	0,87
	60°	0,79	0,98	1,04	0,98	0,79
90°	0,60	0,73	0,76	0,73	0,60	

FT – Zone PV4		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30°	0,93	1,06	1,11	1,06	0,93
	45°	0,87	1,03	1,09	1,03	0,87
	60°	0,79	0,96	1,02	0,96	0,79
90°	0,60	0,72	0,74	0,72	0,60	

FT – Zone PV5		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30°	0,94	1,06	1,11	1,06	0,94
	45°	0,88	1,03	1,08	1,03	0,88
	60°	0,80	0,96	1,01	0,96	0,80
90°	0,61	0,72	0,74	0,72	0,61	

Tableau 100 : Valeurs de FT

16.3.2 PUISSANCE CRÊTE P₀

La valeur de la puissance crête P₀ des modules photovoltaïques (cristallins ou amorphes) est déterminée conformément aux normes :

IEC 61215 : "Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval", pour les modules cristallins.

IEC 61646 : "Thin Film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval", pour les modules amorphes.

La valeur de la puissance crête P₀ est obtenue sous des Conditions de Test "Standard" (STC) : T_{ref} = 25 °C ± 2 °C, G_{ref} = 1000 W/m² avec la répartition spectrale de l'éclairement solaire de référence.

Deux cas sont distingués :

On dispose d'un procès verbal d'essai émanant d'un laboratoire accrédité selon la norme EN 45011 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation (European Cooperation for Accreditation, ou ECA)", On utilise la valeur de P₀ indiquée sur le procès verbal,

On ne dispose pas d'un tel procès verbal. P₀ est calculée en multipliant la valeur de R_s donnée dans le tableau suivant en fonction du type de module par la surface S du module, en excluant le cadre de celui-ci.

Type de module	R _s [Wc/m ²]
Mono cristallin	125
Multi cristallin	115
Silicium Amorphe	55
Couches Minces	35

Tableau 101 : Valeurs par défaut de la puissance crête par m²

$$P_0 = R_s \cdot S$$

16.3.3 INDICE DE PERFORMANCE R_p

La valeur de l'indice de performance R_p qui est un facteur de correction du rendement global des modules photovoltaïques, dépend :

du système de conversion DC/AC,

- de la température réelle de fonctionnement des modules,
- du type d'intégration des modules dans le bâtiment.

Dans ce dernier cas, on peut distinguer différents types d'intégration en fonction de la catégorie de ventilation des modules :

non ventilés ou isolés (tout type d'intégration)

ventilés ou faiblement ventilés (pose sur toiture)

très ventilés ou ventilation forcée (pose sur toiture terrasse, brise-soleil, double peau)

Les valeurs prises dans la méthode de calcul sont :

	R _p
Modules non ventilés	0,70
Modules ventilés ou faiblement ventilés	0,75
Modules très ventilés ou ventilation forcée	0,80

Tableau 102 : Valeurs de R_p

16.3.4 EXEMPLES

Données du projet	Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3
Région administrative	Rhône-Alpes PV2	Languedoc- Roussillon PV1	Ile de France PV5
Orientation	Sud	Sud	Sud
Inclinaison	30°	90°	60°
Technologie	Mono-cristallin	Multi-cristallin	Amorphe
Puissance crête [kWc]	1,1	10	22
Ventilation des modules	Non ventilés	Ventilation forcée	Ventilés faiblement
Calculs préliminaires	Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3
$H_{hor,zone}$ [kWh/m ² /an] <i>selon Tableau 1</i>	1350,0	1500,0	1050,0
FT <i>selon Tableau 2</i>	1,10	0,77	1,01
Hi [kWh/m ² /an] <i>selon Equation 2</i>	1485,0	1155,0	1060,5
Rp <i>selon Tableau 4</i>	0,70	0,80	0,75
Résultats Règles TH-C	Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3
E _{pv} [kWh/an] <i>selon Equation 1</i>	1143,5	9240,0	17498,3
A _{pv} [m ²] <i>selon Equation 6</i>	8,80	86,96	400,00

Tableau 103