



## Introduction aux installations photovoltaïques pour les particuliers

Claude Alibert  
alibertc@wanadoo.fr

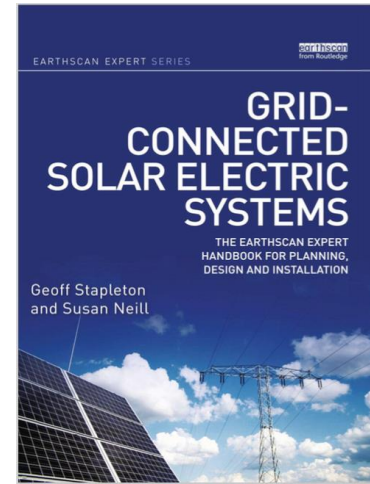
- Irradiation solaire.
- Rendement des cellules solaires.
- Caractéristiques d'un panneau solaire.
- Caractéristiques des micro onduleur intégré.
- Démarches administratives.
- Quelques devis et résultats.



## Éléments d'informations : Livre et logiciels

Livre sur Zlibrary

<https://fr.cc1lib.vip/book/2649792/9b063a?dsorce=recommend>



Sur le site web de l'union européenne

Système d'informations géographique sur le photovoltaïque :

[https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en)

Données sur l'irradiation solaire :

[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/fr/#DR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/#DR)

## Le ROI SOLEIL

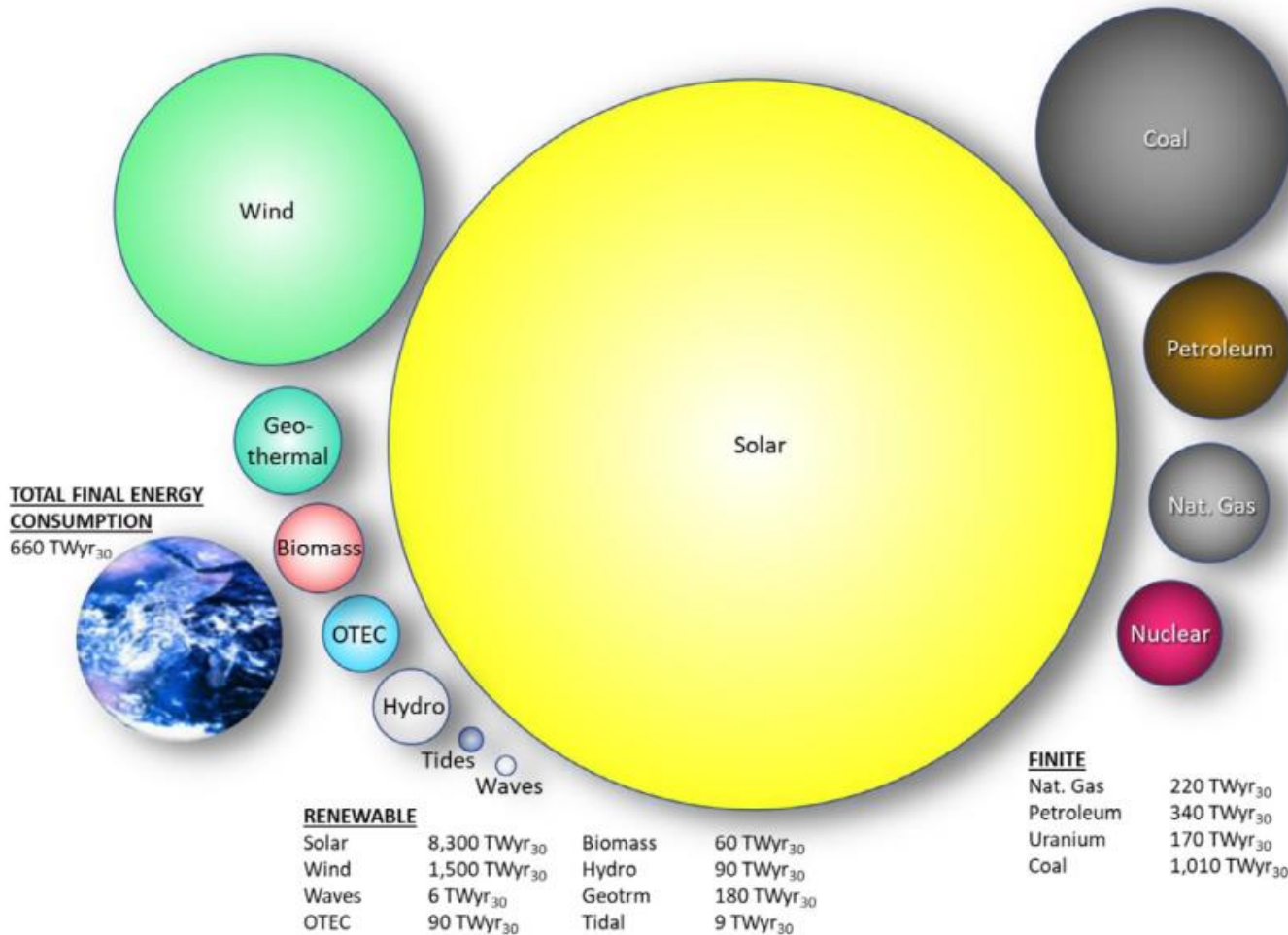


Râ le Dieu soleil des égyptiens :  
Je suis le seul dieu qui fait La pluie et le beau temps et des miracles chaque jours.

# Énergies renouvelables et non renouvelables qui peuvent être raisonnablement extraites en 30 ans

Perez et al.  
<https://doi.org/10.1016/j.seja.2022.100014>

Solaire Total 23000 TWyr/y.  
 Exploitable 8300 TWyr<sub>30</sub>  
 (6% des terres)



OTEC : Ocean Thermal Energy Conversion.  
 TIDAL : Marées  
 Production photovoltaïque : 0.15 TW.year

$$1 \text{ TW.an} = 10^{12} \times 8.76 \text{ kWh}$$

## L'énergie (kWh) sous toutes ses formes.

1 kWh = 1000 x 3600 J = 3,6 MJ.

1 kg de charbon = 8.2 kWh.

1 litre de pétrole = 10 kWh.

1 m<sup>3</sup> de gaz = 9.0 kWh.

1 baril de pétrole (159 l) = 1590 kWh.

### Conversion du kWh en huile de coude

Puissance musculaire moyenne d'un homme = 100 W. (Pendant une courte durée).

Pour produire 1 kWh (861 kcal) il faut travailler 10 h. Le rendement énergie musculaire/énergie consommée est de l'ordre de 20 %, l'homme doit absorber  $861 \text{ kcal} / 0,2 = 4305 \text{ kcal}$  soit 5 l de rouge !

### Surface d'une installation solaire pour produire l'équivalent d'un litre de pétrole en une heure ?

À midi le soleil a une irradiation de l'ordre  $1000 \text{ W/m}^2$ .

Avec un rendement de 20 %, une CS de  $1 \text{ m}^2$  produit par heure une énergie de 200 Wh.

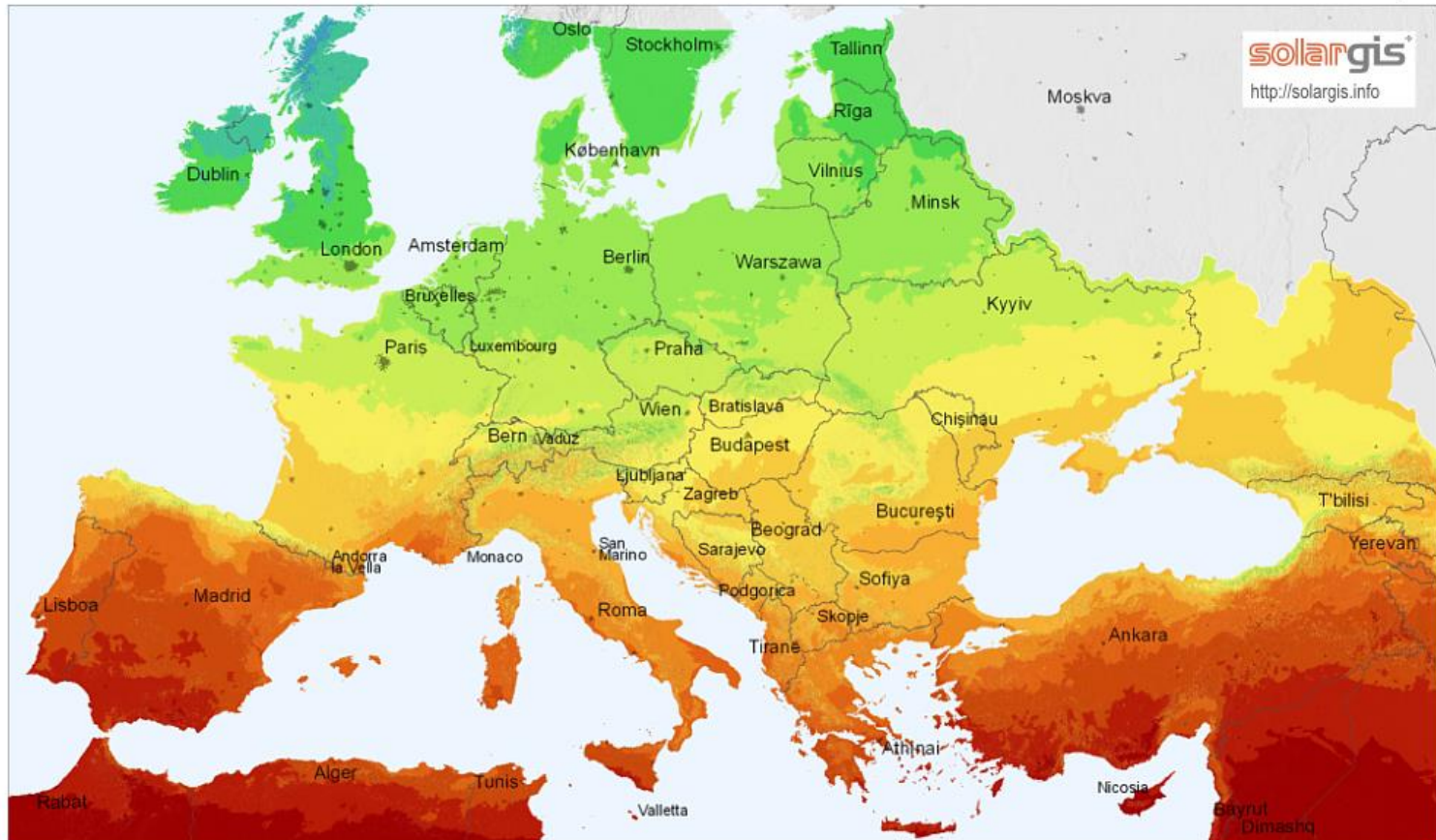
Pour produire l'équivalent d'un litre de pétrole il faut une installation de  $50 \text{ m}^2$  dans le meilleur des cas.

**Batterie de voiture typique** : 50 kWh, 14 000 €, 300 kg, 200 cm x 140 cm x 30 cm, 0,170 kWh/kg.

# Irradiation solaire intégrée sur un an en Europe (kWh/m<sup>2</sup>)

Global horizontal irradiation

Europe



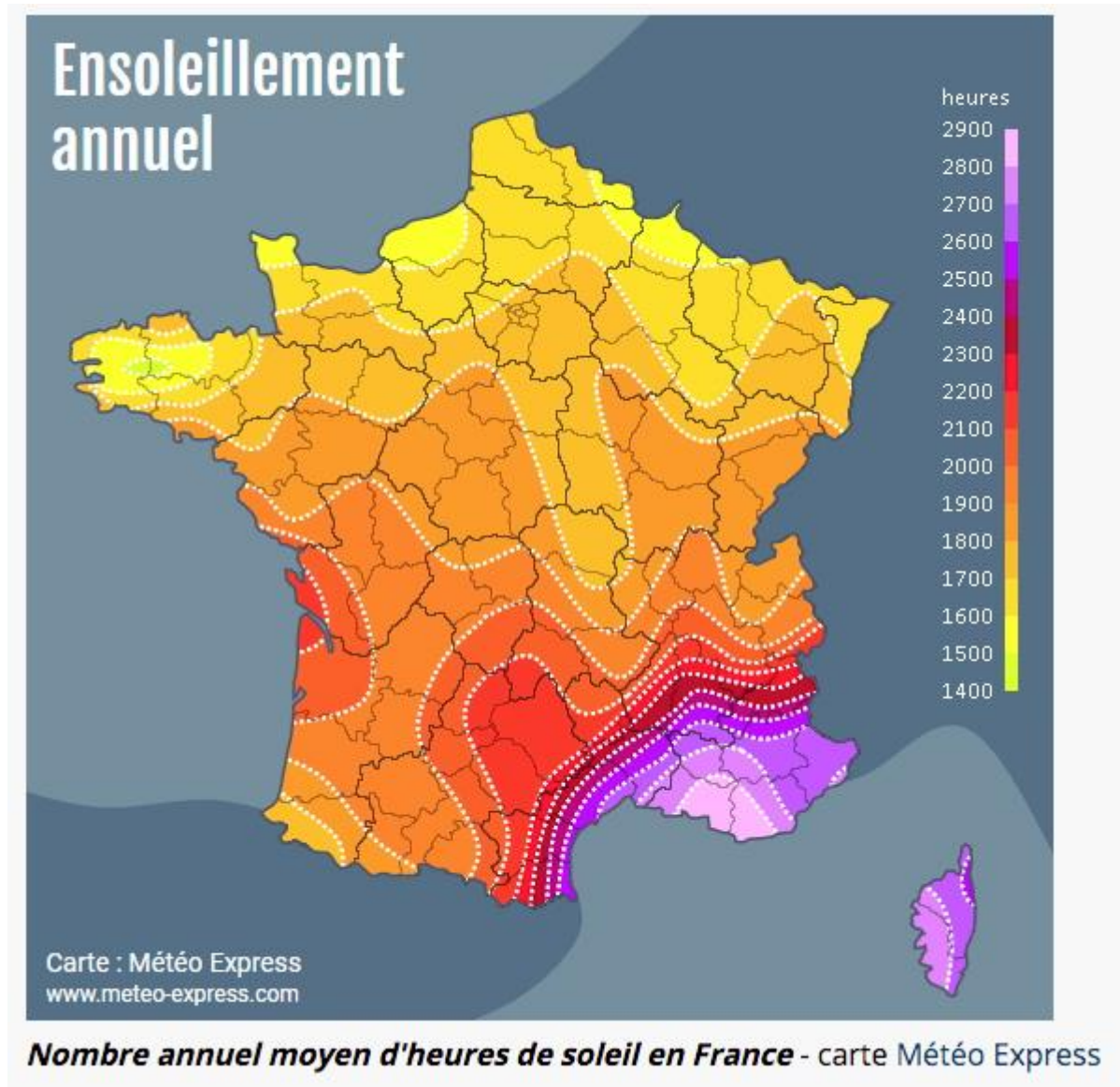
Average annual sum (4/2004 - 3/2010)



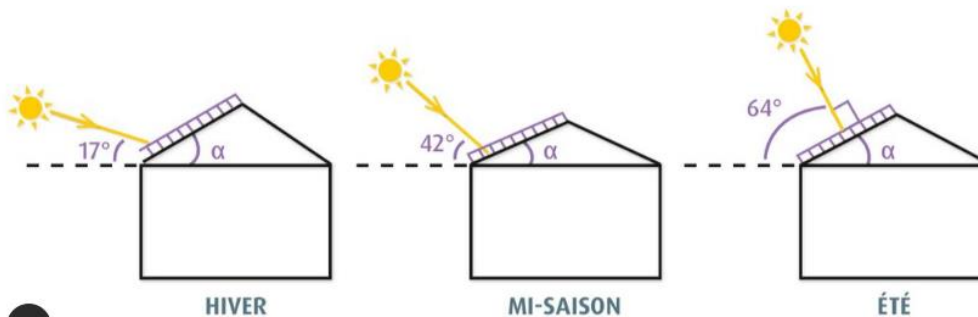
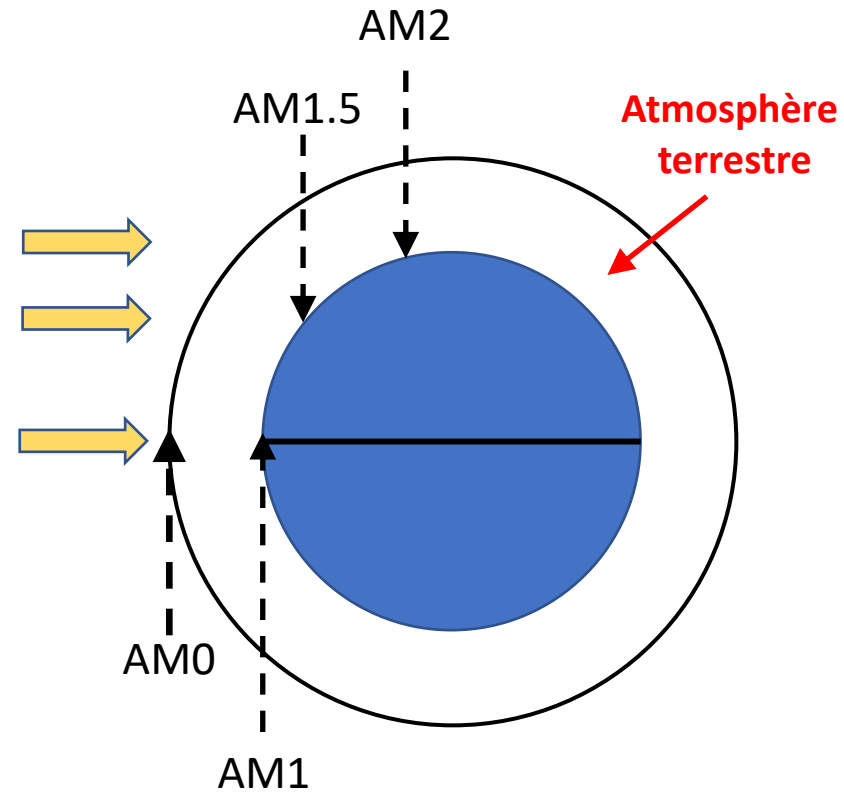
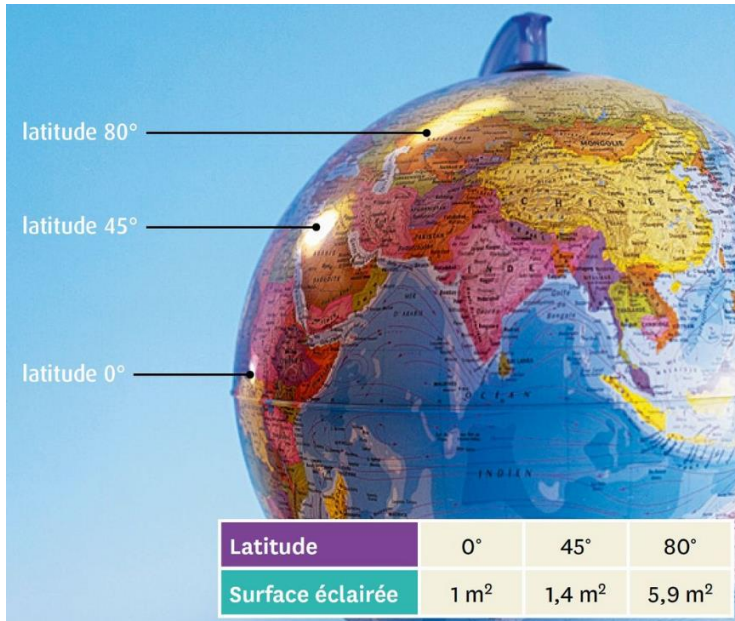
0 250 500 km

© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

# Nombre annuel moyen d'heures de soleil en France



# Influence de la latitude, de l'atmosphère terrestre et de l'inclinaison du panneau



Intensité intégrée en W/m<sup>2</sup> :

AM0 : 1367

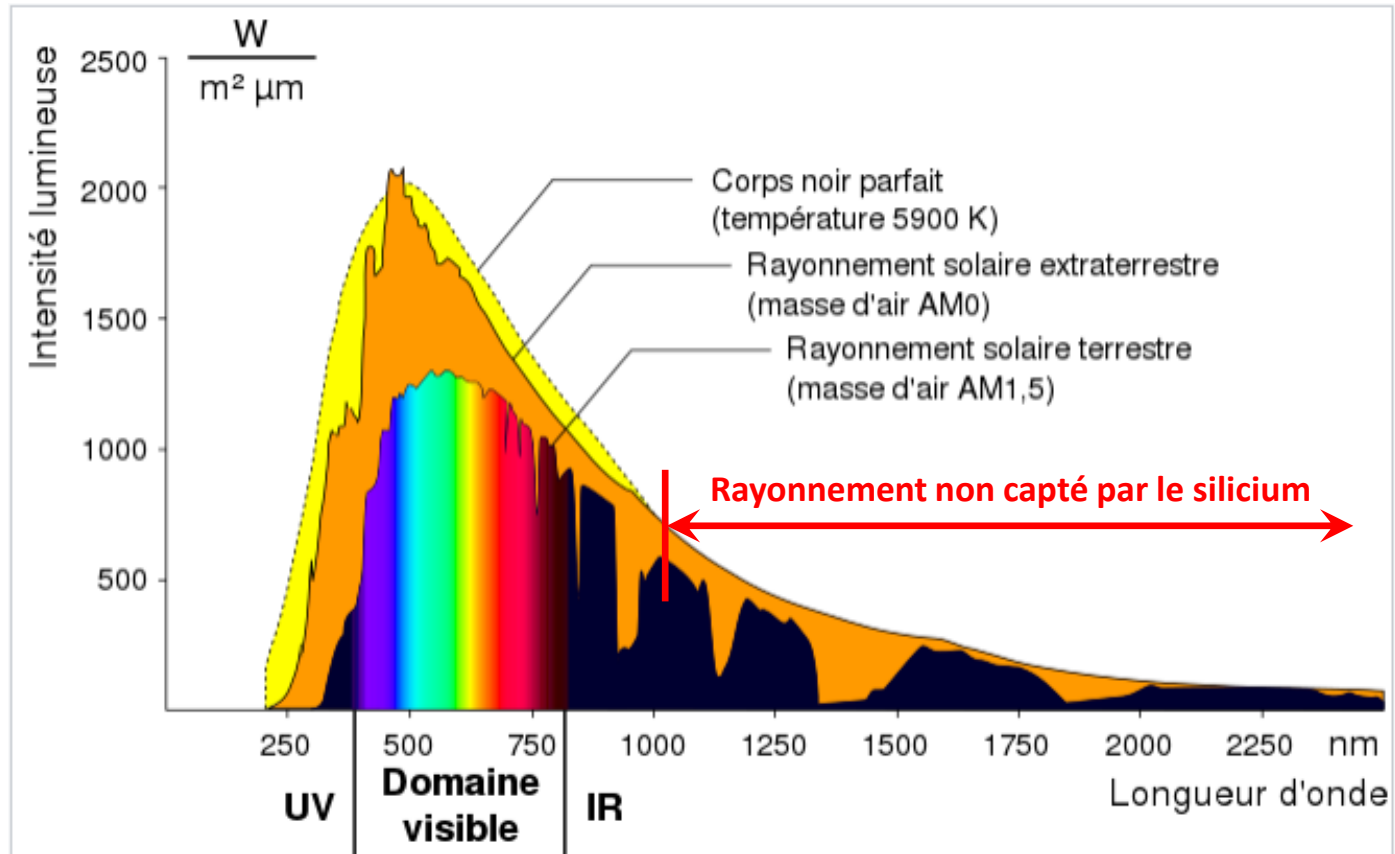
AM1 : 1040

AM1.5 : 930

AM2 : 840



Énergie du soleil (AM0 en beige et AM1.5 en noir) en fonction de la longueur d'onde comparée au rayonnement d'un corps noir à 5900 °C (en jaune).



AM0 : les raies d'absorption sont dues à l'hydrogène autour du soleil.

AM1,5 : les raies d'absorption sont dues à l'atmosphère terrestre.

Intensité intégrée en  $W/m^2$ .

AM0 : 1367, AM1 : 1040, AM1.5 : 930 et AM2 : 840

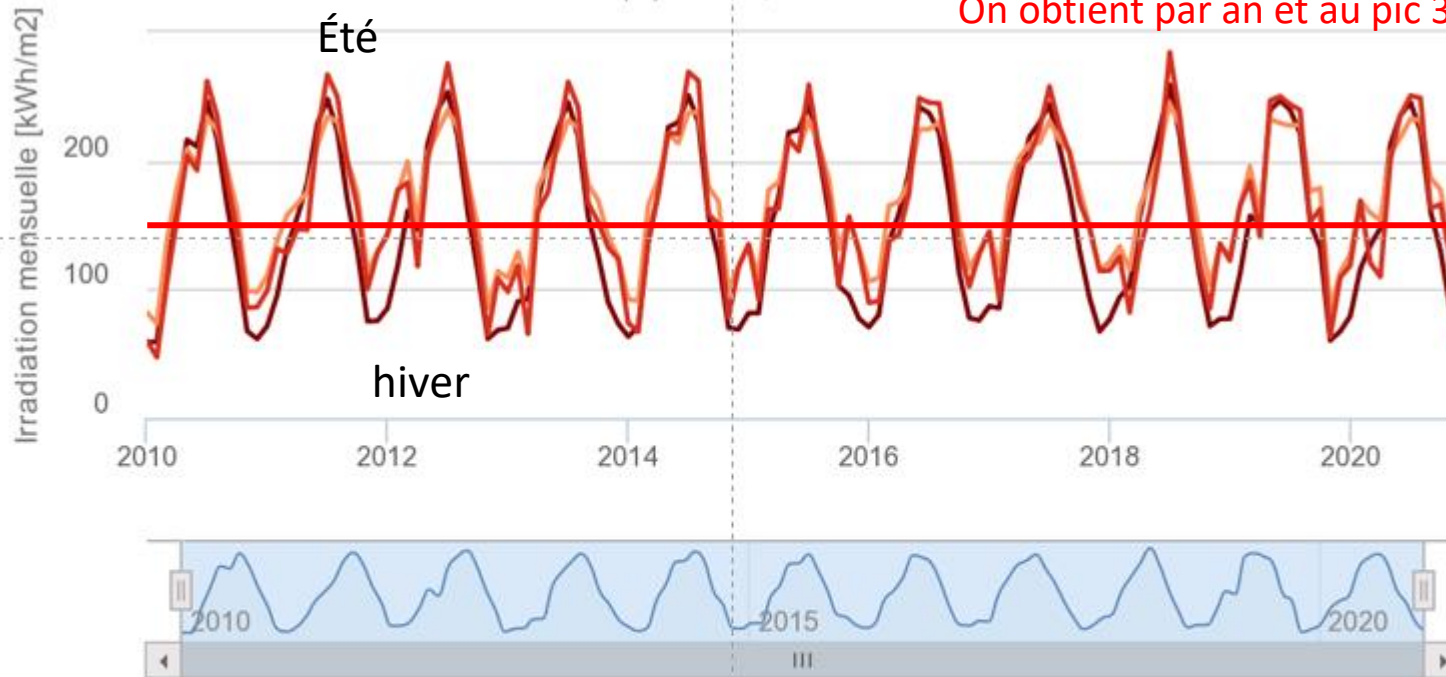
# Irradiation mensuelle (kWh/m<sup>2</sup>) à St Gély de décembre 2010 à décembre 2020

## Sources :

[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/fr/#DR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/#DR)

[https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en)

Énergie totale par an = 1800 kWh/m<sup>2</sup>  
Pour une CS de rendement 20 %  
On obtient par an et au pic 360 kWh/m<sup>2</sup>



En moyenne  
par mois  
150 kWh/m<sup>2</sup>

### Irradiation

(Click on series to hide)

— Irradiation horizontale

— Irradiation directe normale

— Irradiation sur angle optimal

Rendement de 20 %  
360 kWh/m<sup>2</sup> par an  
À 0,1 € : 36 € /m<sup>2</sup>

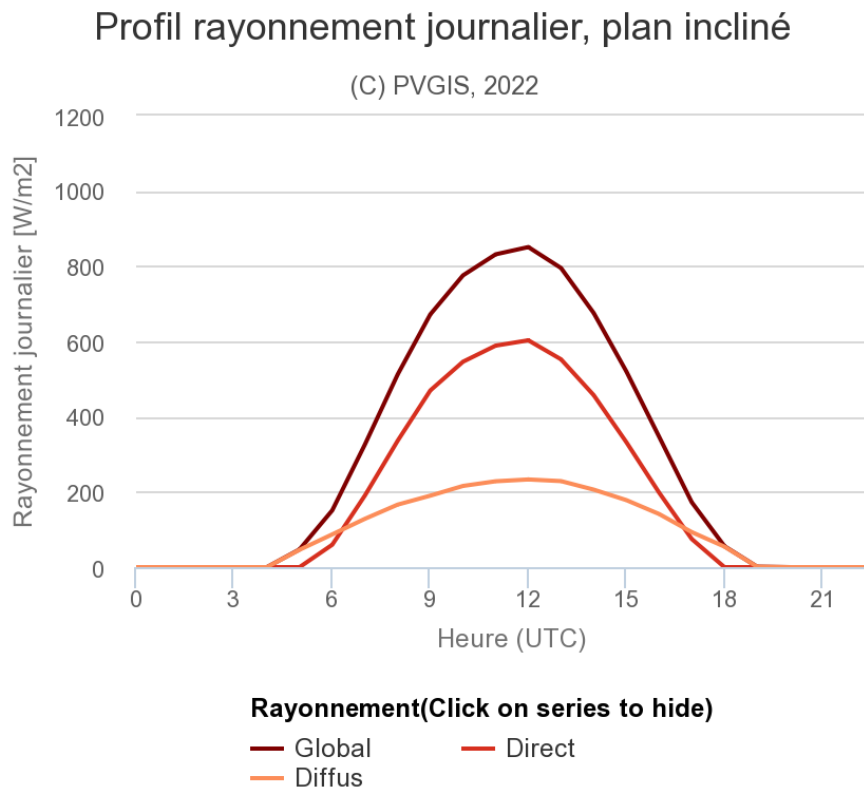
# Rayonnement journalier typique à St Gély en juin et décembre en W/m<sup>2</sup>

## Sources :

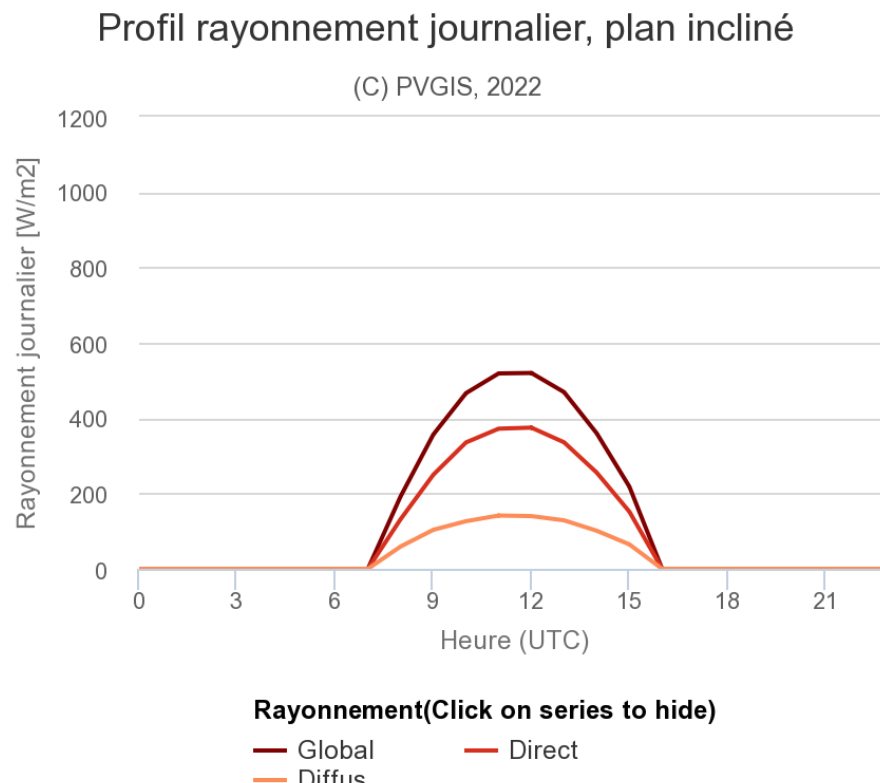
[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/fr/#DR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/#DR)

[https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en)

Plan incliné de 35° en direction du soleil à midi.



Jun



Décembre

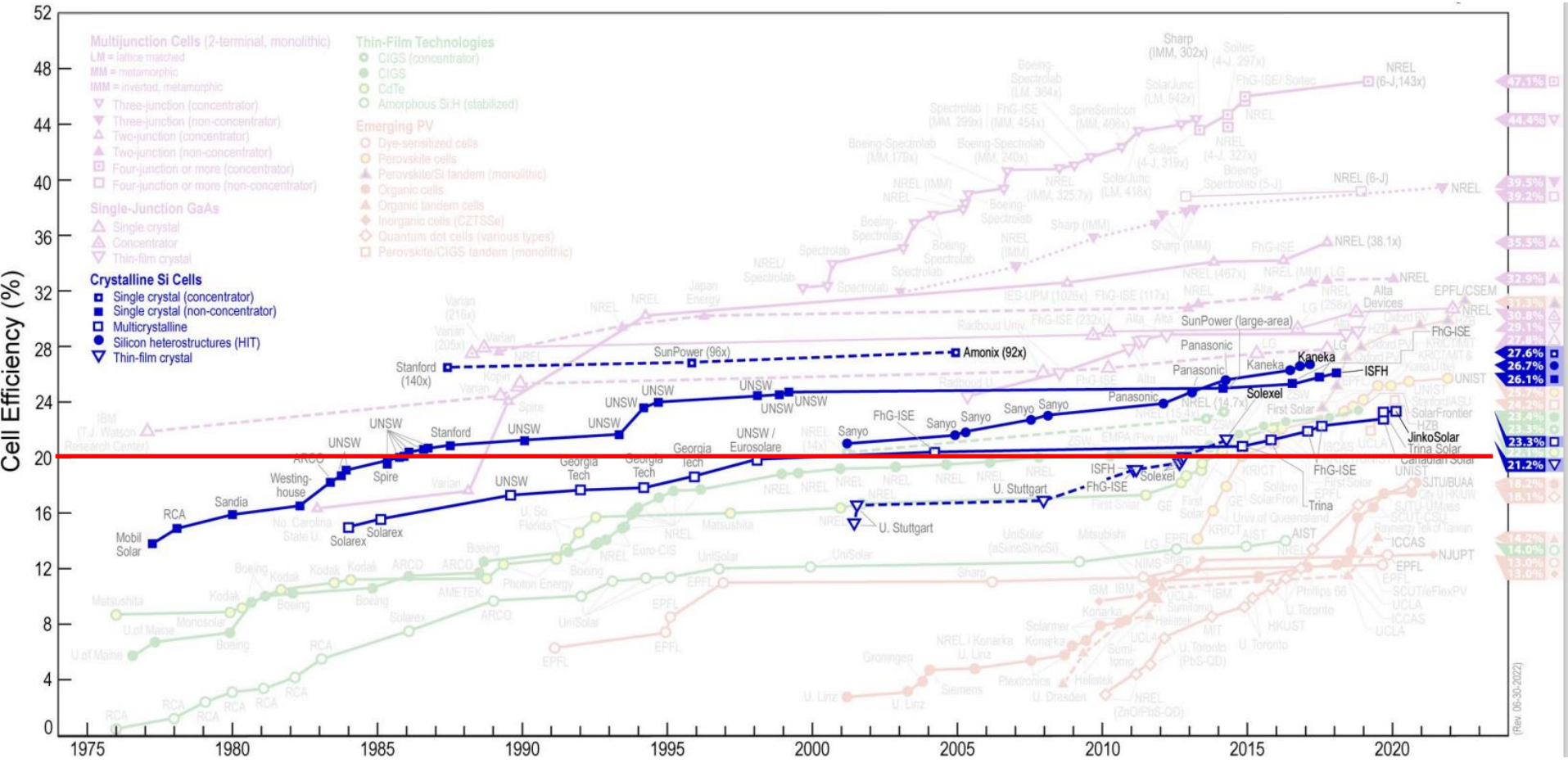
## Rendement maximal des cellules solaires en silicium

- 24 % pour les cellules uniques monocristallines
- 20 % pour les cellules uniques polycristallines
- Pour les panneaux : pertes supplémentaires de 3 à 4 %

**Remarque** : une perte de 3 % de rendement sur un panneau de rendement de 20 % représente une perte de 15 %. Soit environ 1 panneau pour une installation de 8 panneaux.

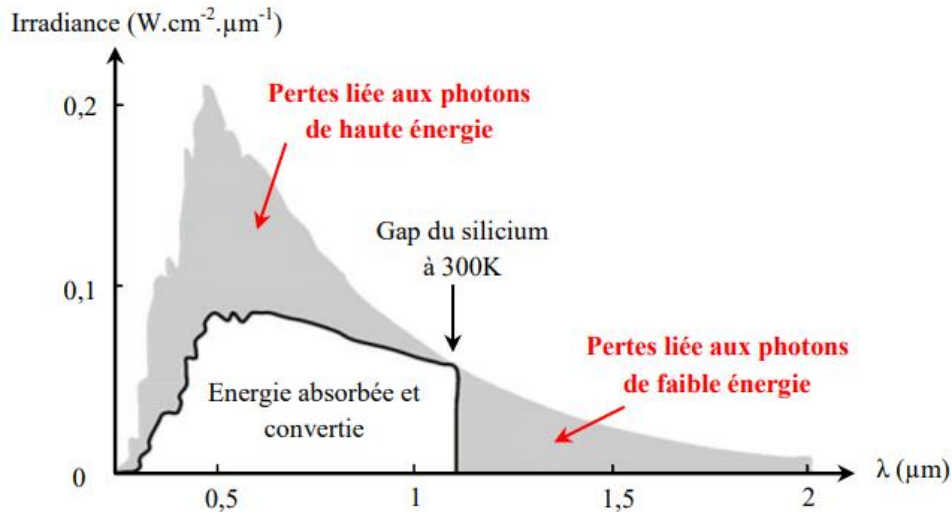
# Évolution, en fonction des années, du rendement des cellules solaires en silicium.

Source NREL : National Renewable Energy Laboratory

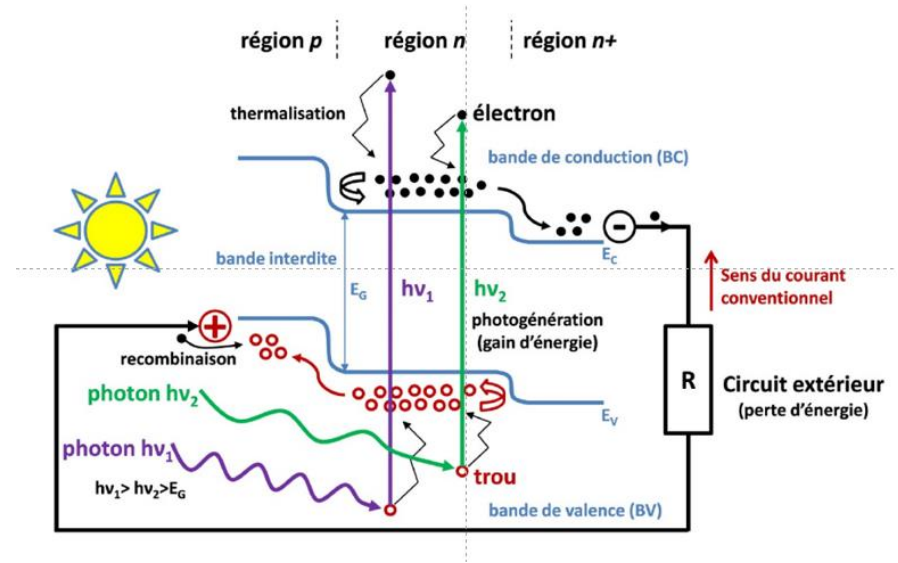


Ces valeurs sont des records obtenus sur des cellules solaires uniques.  
 Les panneaux ont généralement un rendement moindre de 3 à 4%.  
 Entre un record et une industrialisation, il faut compter 8 à 10 ans

# Origine du faible rendement ( $\approx 20\%$ ) des cellules solaires au silicium

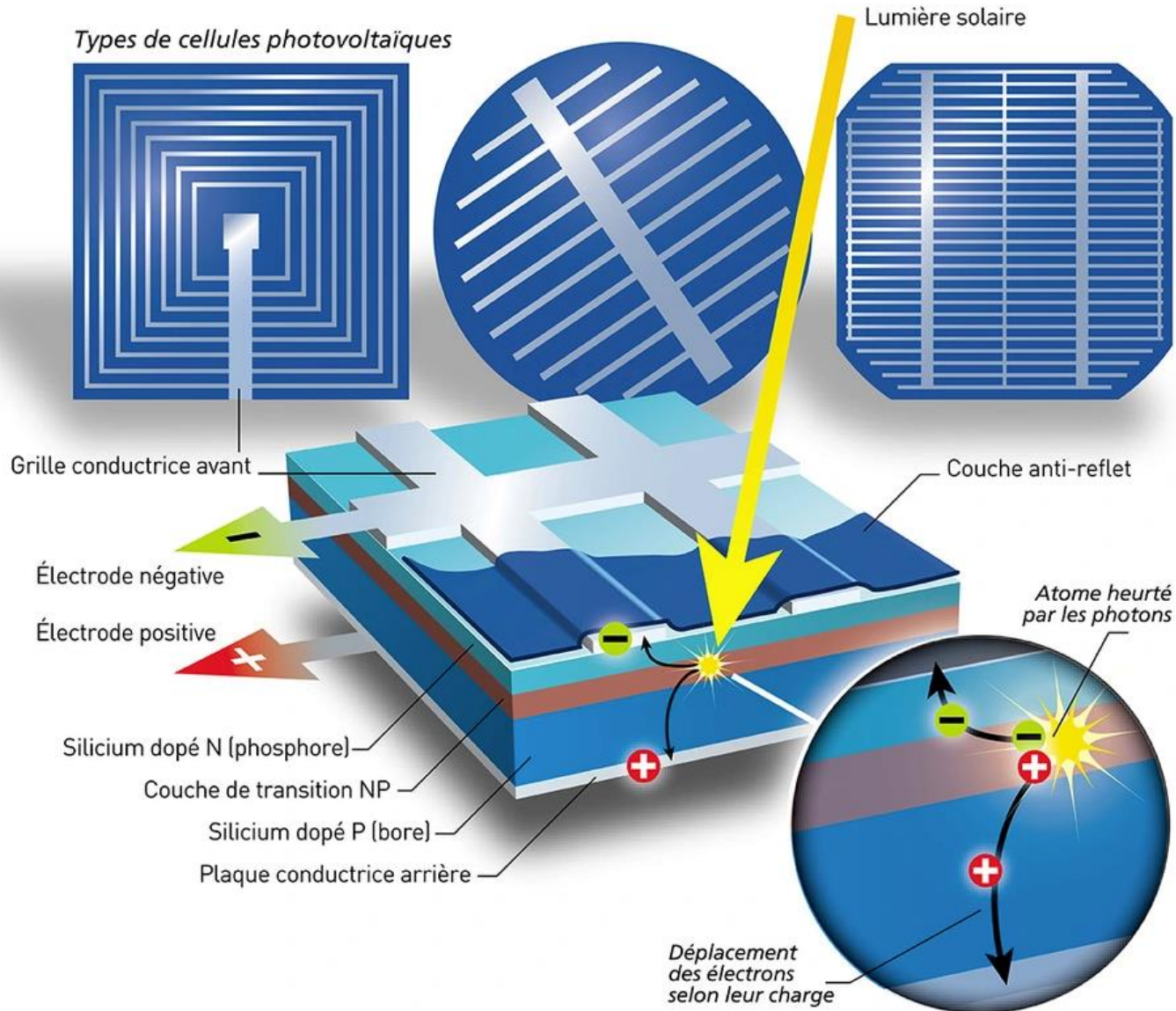


Spectre du soleil en fonction de la longueur d'onde et réponse spectrale d'une cellule au silicium



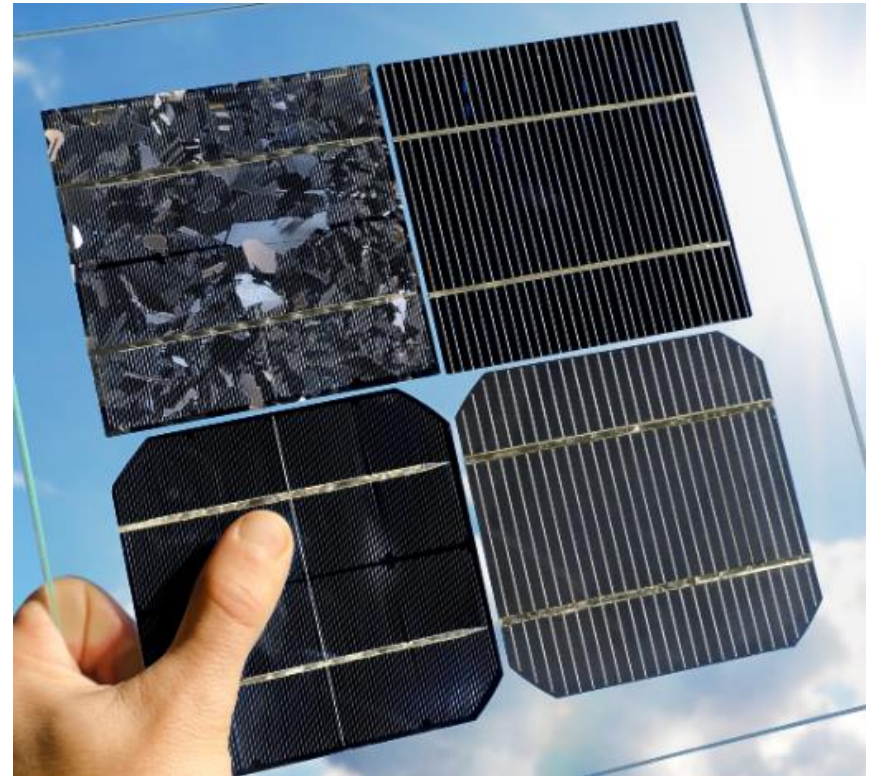
Structure d'une cellule au silicium et principe de fonctionnement

# Exemples de cellules solaires au silicium



## Exemple de panneau de cellules solaires polycristallines

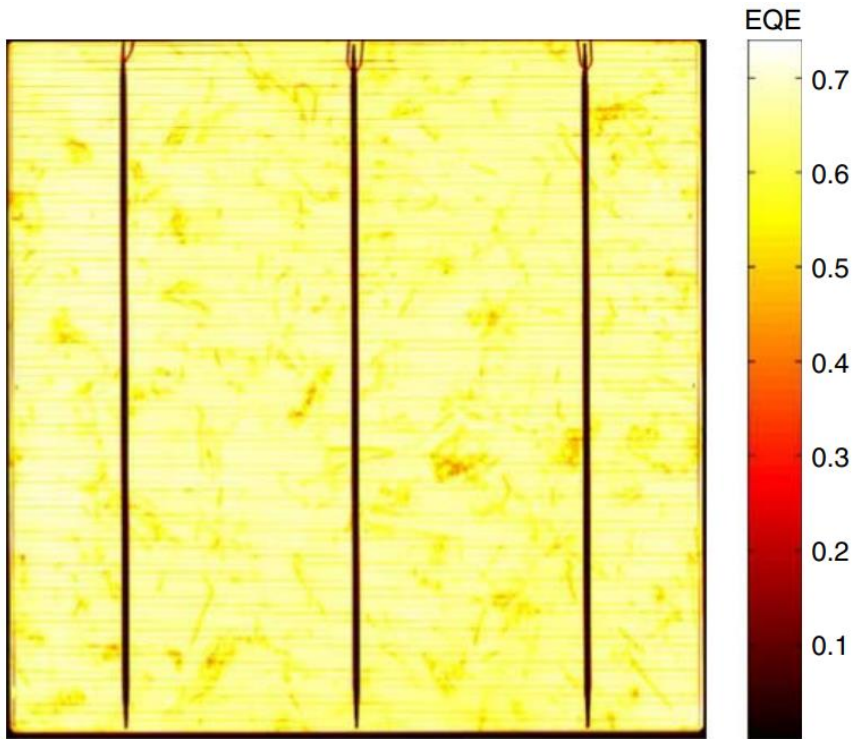
En haut, cellules **polycristallines**. Elles sont issues de tranches d'un lingot de silicium à section rectangulaire.



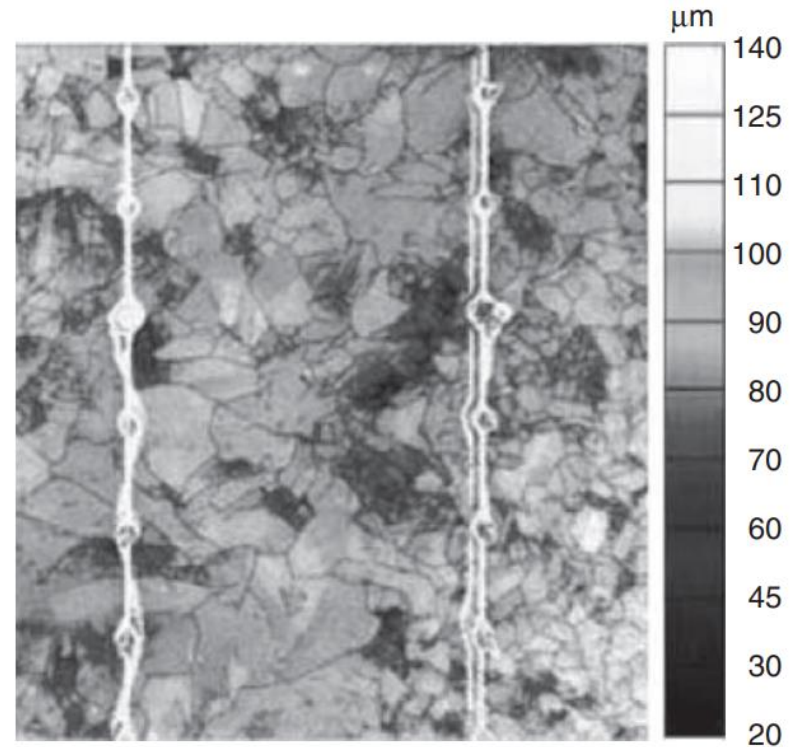
En bas, cellules **monocrystallines**. Elles sont issues de tranches d'un lingot de silicium cylindrique.



## Défauts de structures des cellules solaires au silicium polycristallin



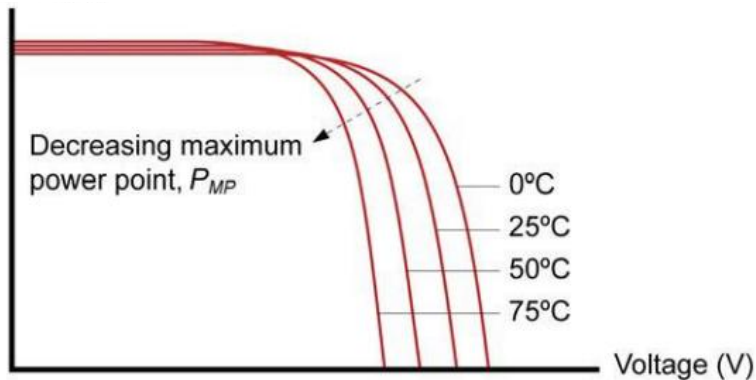
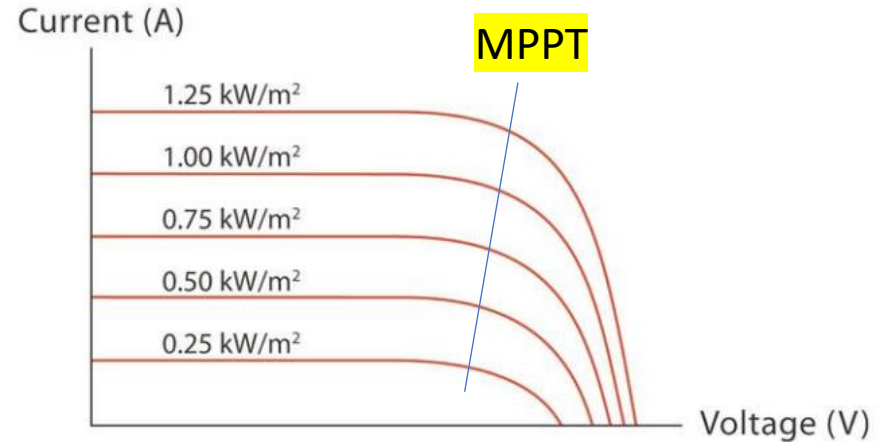
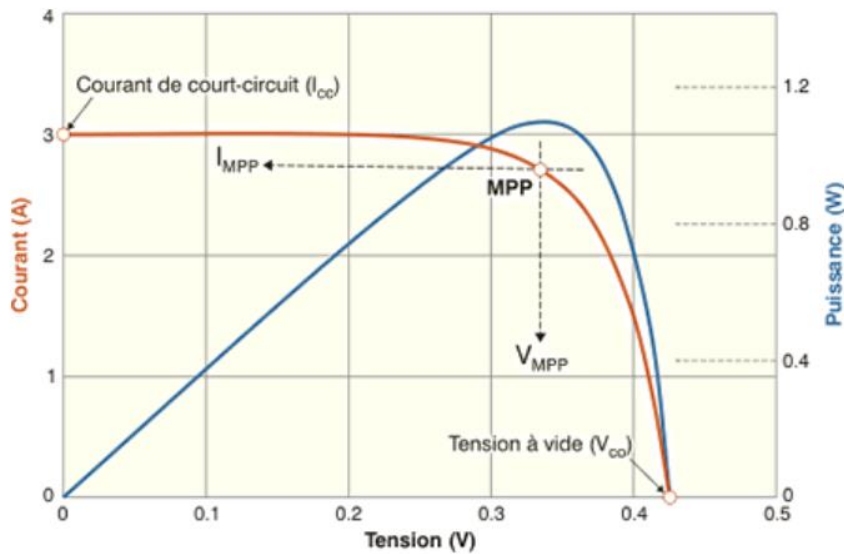
Pertes de rendements aux joints de grain



Longueurs de diffusion des électrons

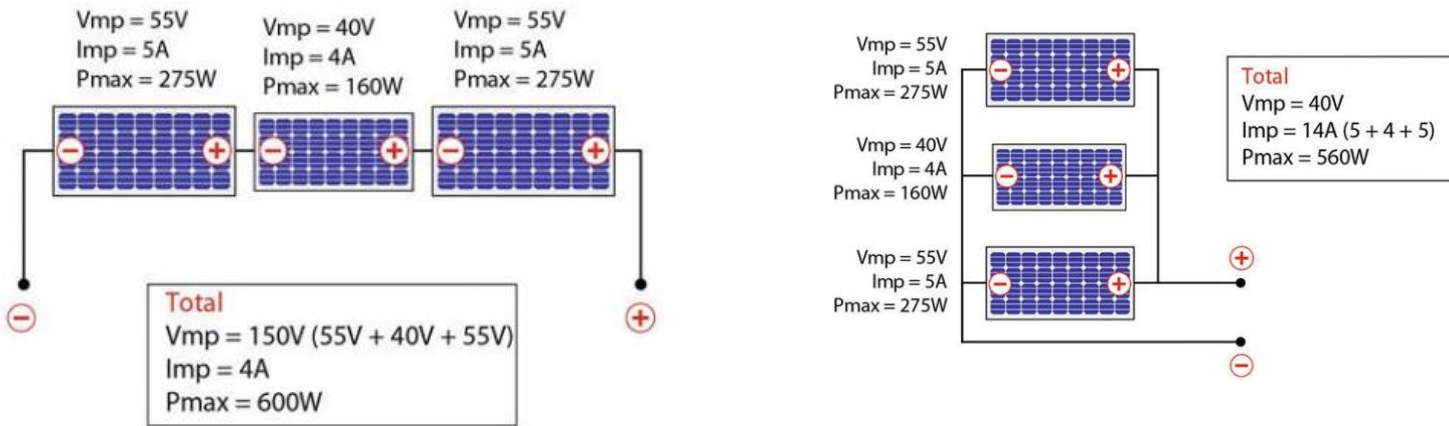
# Caractéristiques courant-tension I(V) et puissance-tension P(V).

Recherche du point de puissance maximum :  $W = I \times V$   
maximum power point tracker (MPPT)



Les caractéristiques des panneaux solaires sont toujours établies à 25°C et sous l'irradiation AM1.5.

## Couplage des panneaux et choix des onduleurs (inverters)



Somme des puissances individuelles 710 W

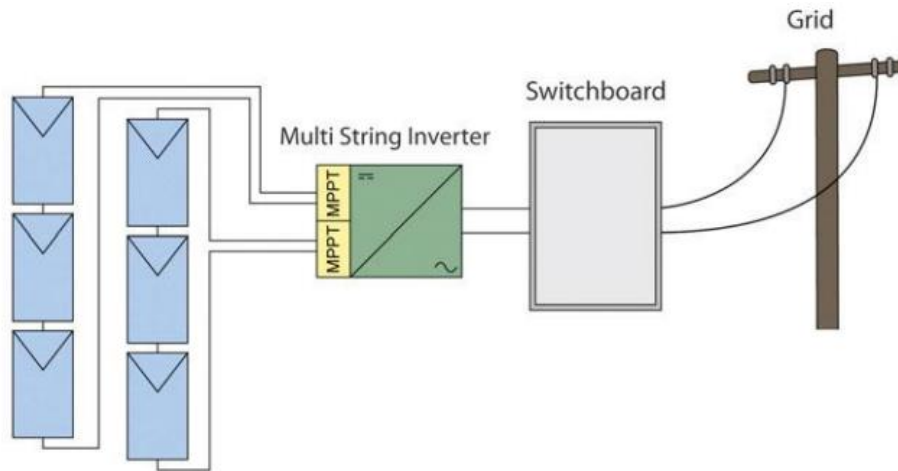
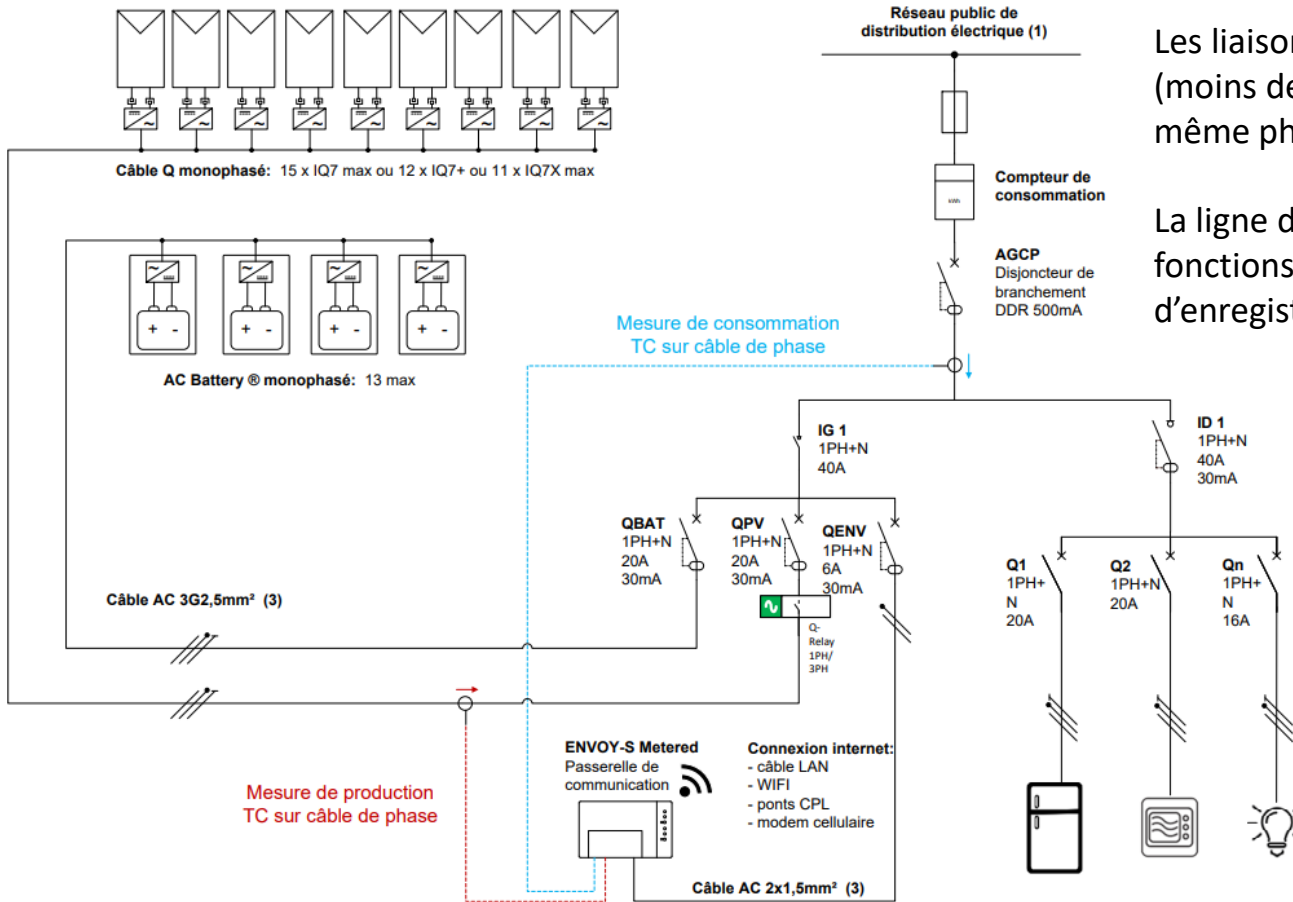


Schéma simplifié d'une installation de panneaux solaires couplés au réseau électrique.

# Installation optimisée à l'aide de micro onduleurs intégrés.

## AUTOCONSOMMATION ET STOCKAGE



Chaque panneau est relié à un micro onduleur intelligent (MPPT).

Les liaisons électriques sont en 240 V (moins de courant dans les lignes et ont la même phase que le réseau électrique).

La ligne de phase assure aussi les fonctions de surveillance et d'enregistrement (monitoring).

## Caractéristiques typiques d'un panneau de cellules solaires au silicium Sunpower « Performance 3AC » avec micro onduleur intégré (1/2)

| Caractéristiques électriques DC           |   |                          |                          |                          |
|---|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   | SPR-P3-385-BLK-<br>E3-AC                            | SPR-P3-380-BLK-<br>E3-AC | SPR-P3-375-BLK-<br>E3-AC | SPR-P3-370-BLK-<br>E3-AC |
| Puissance nominale <sup>5</sup><br>(Pnom) | 385 W   | 380 W                    | 375 W                    | 370 W                    |
| Tolérance de puissance                    | + 5/0 %   | + 5/0 %                  | + 5/0 %                  | + 5/0 %                  |
| Rendement du panneau                      | 19,6 %  | 19,4 %                   | 19,1 %                   | 18,9 %                   |
| Coef. de température (puissance)          | -0,34 %/°C  |                          |                          |                          |
| Tolérance ombre                           | Suivi du point de puissance max. intégré au panneau |                          |                          |                          |

- Coefficient de température -0.34%/°C. Pour une élévation de température de 50°C la perte de puissance est de 17% , la puissance passe de 380 W à 315 W

| Caractéristiques mécaniques |   |
|-----------------------------|---|
| Cellules photovoltaïques    | Technologie PERC monocristalline  |
| Verre avant                 | Verre trempé haute transmission avec couche antireflet                    |
| Boîtier de connexion        | IP-68, PV4S, 3 diodes de dérivation (bypass)                              |
| Note environnementale       | Micro-onduleur pour utilisation en extérieur - IP67<br>(UL : NEMA type 6) |
| Cadre                       | Anodisé noir de classe 1  |
| Poids                       | 22,2 kg   |

## Caractéristiques typiques d'un panneau de cellules solaires au silicium Sunpower « Performance 3AC » avec avec micro onduleur intégré (2/3).

| Caractéristiques électriques AC                       |                              |
|---|------------------------------|
| Modèle d'onduleur : IQ 7A                             | @230 VAC                     |
| Puissance crête de sortie                             | 366 VA                       |
| Puissance nominale de sortie maxi                     | 349 VA                       |
| Tension/plage de tension nominale (L-N)               | 219 - 264 V                  |
| Courant de sortie continue maxi                       | 1,52 A                       |
| Nb maxi d'unités par circuit de dérivation 20 A (L-N) | 10                           |
| Rendement pondéré <sup>4</sup>                        | 96,5 %                       |
| Fréquence nominale                                    | 50 Hz                        |
| Plage de fréquences étendue                           | 45 à 55 Hz                   |
| Courant de défaut en court-circuit AC sur 3 cycles    | 5,8 A rms                    |
| Classe de protection contre les surtensions           | III                          |
| Courant de retour port AC                             | 18 mA                        |
| Facteur de puissance paramétré                        | 1                            |
| Facteur de puissance (ajustable)                      | 0,8 capacitif / 0,8 inductif |

- Puissance minimale garantie la première année 98,0 %
- Taux de dégradation annuel maximal 0,45 % (pour d'autres panneaux : 0,8%)
- Puissance minimale garantie à 25 ans 87,2 %. Pour 380 W on passe à 331 W. En cumulant avec le coefficient de température pour 50°C cela donne : 274 W pour des panneaux propres.

Notez : Les panneaux AC doivent être connectés au matériel Enphase Monitoring (ENVOY) pour que la garantie produit Enphase soit activée. Lire les termes de la garantie !

## Principales caractéristiques des micro-onduleurs intégrés

| <b>INPUT DATA (DC)</b>                                 |  | <b>IQ7X-96-2-US and</b> |
|--|--|-------------------------|
| Commonly used module pairings <sup>1</sup>             |  | 320 W - 460 W +         |
| Module compatibility                                   |  | 96-cell PV modules      |
| Maximum input DC voltage                               |  | 79.5 V                  |
| Peak power tracking voltage                            |  | 53 V - 64 V             |
| Operating range  |  | 25 V - 79.5 V           |
| Min/Max start voltage                                  |  | 33 V / 79.5 V           |
| Max DC short circuit current (module I <sub>sc</sub> ) |  | 10 A                    |
| <b>OUTPUT DATA (AC)</b>                                |  | <b>@ 240 VAC</b>        |
| Peak output power                                      |  | 320 VA                  |
| Maximum continuous output power                        |  | 315 VA                  |
| Nominal (L-L) voltage/range <sup>2</sup>               |  | 240 V / 211-264 V       |
| Maximum continuous output current                      |  | 1.31 A (240 VAC)        |
| Nominal frequency                                      |  | 60 Hz                   |
| Extended frequency range                               |  | 47 - 68 Hz              |
| <b>EFFICIENCY</b>                                      |  | <b>@240 VAC</b>         |
| CEC weighted efficiency                                |  | 97.5 %                  |

Important

Pertes > 2,5 %

### FEATURES

|               |  |
|---------------|--|
| Communication | Power Line Communication (PLC)   |
| Monitoring    | Enlighten Manager and MyEnlighten monitoring options<br>Compatible with Enphase IQ Envoy |

# Démarches administratives.

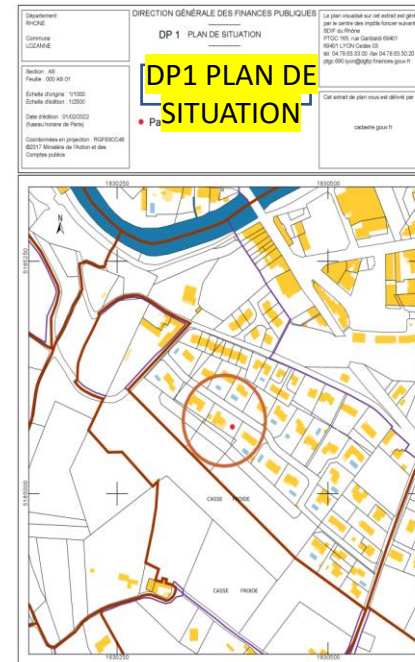
S'adresser à la Mairie.

Ou sur le web : [service-public.fr](http://service-public.fr)

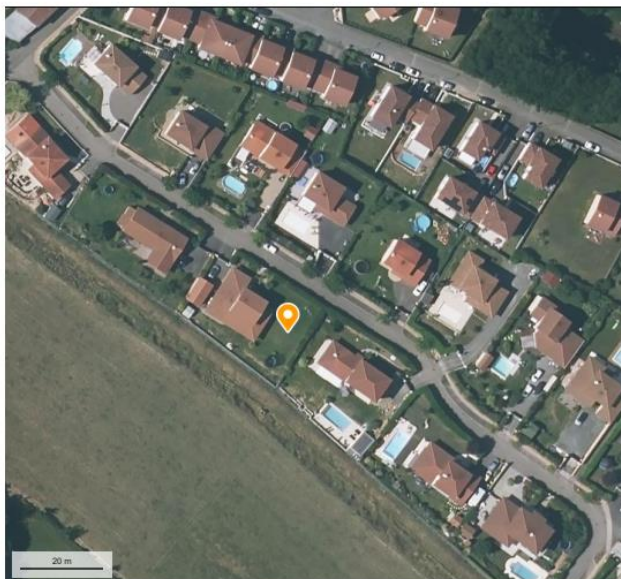
Remplir une déclaration préalable de travaux  
(CERFA N° 13703\*09).

Notice d'information (CERFA N° 51190#07).

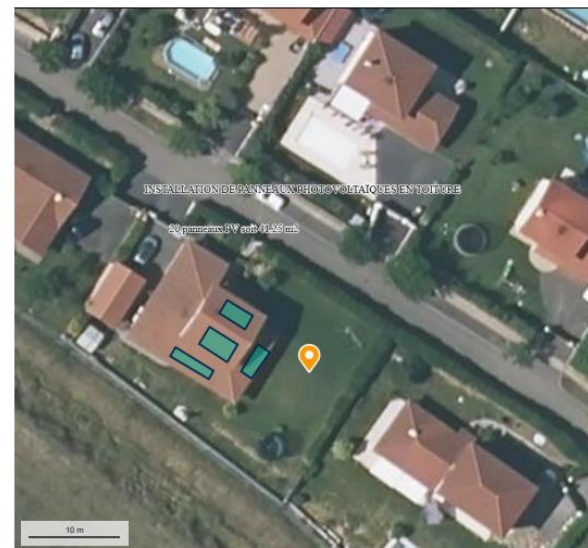
Délai d'instruction 1 mois.



DP4 PLAN TOITURE EXISTANTE



DP5 PLAN TOITURE MODIFIER





# DEVIS N°1 pour une puissance de 5280 Wc (TTC 14752.59 €) Lyon

## Avec micro onduleurs

| <b>Kit photovoltaïque 6KWc en autoconsommation:</b>   |     |       |          |          |
|---|-----|-------|----------|----------|
| <b>Préparation du chantier:</b>   |     |       |          |          |
| Vieste technique avant projet   |     | 1,00  | 365,70   | 365,70   |
| Location d'un monte matériaux/Echafaudage pour 3 jours  | U   | 1,00  | 450,00   | 450,00   |
| <b>Kit photovoltaïque en surimposition:</b>   |     |       |          |          |
| Fourniture et pose de système K2:   | Ens | 1,00  | 3 551,42 | 3 551,42 |
| (Offert) :  |     |       |          |          |
| - Système de rails K2   |     |       |          |          |
| - Etriers de fixation   |     |       |          |          |
| - Visserie  |     |       |          |          |
| - Mise à la terre des panneaux  |     |       |          |          |
| Fourniture et pose de panneaux TRINA SOLAR 330Wc (garantie de 15 ans sur le produit et offre une garantie de performances linéaires d'au moins 84 % de la production d'énergie à la fin de la 25e année): | U   | 16,00 | 172,23   | 2 755,68 |
| Fourniture et pose de micro onduleur IQ-7+ (Garantie 25 ans)  | U   | 16,00 | 163,74   | 2 619,84 |
| Câble ENPHASE Engage (version portrait)   | U   | 16,00 | 63,26    | 1 012,16 |
| Enbout de terminaison ENPHASE   | U   | 1,00  | 16,20    | 16,20    |
| Passerelle ENPHASE Envoy metered  | U   | 1,00  | 193,05   | 193,05   |
| Création de l'alimentation photovoltaïque en câble 3G2,5MM²:  | Ens | 2,00  | 265,82   | 531,64   |
| Prise CPL vers box internet   | U   | 1,00  | 56,70    | 56,70    |
| Création de la jonction entre le coffret AC (ou le coffret Mylight) et le tableau existant, comprenant:   |     | 1,00  | 285,03   | 285,03   |
| - 1 alimentation en câble 3G6mm²  |     |       |          |          |
| - 1 répartiteur   |     |       |          |          |

|   |     |      |          |                  |
|---|-----|------|----------|------------------|
| - 1 disjoncteur Ph-N 32A  |     |      |          |                  |
| Fourniture et pose de coffret de protection AC (si pas de coffret Mylight), comprenant:       |     |      | 375,65   |                  |
| - 1 tableau 1 rangée de 13 modules  |     |      |          |                  |
| - 1 interrupteur différentiel 25A/30mA  |     |      |          |                  |
| - 1 disjoncteur Ph+N 20A courbe C   |     |      |          |                  |
| - 1 Parafoudre  |     |      |          |                  |
| - Autocollants de signalisation   |     |      |          |                  |
| Frais de gestion du dossier et passage de Consuel   |     | 1,00 | 456,41   | 456,41           |
| <b>Total Kit photovoltaïque 6KWc en autoconsommation:</b>                                     |     |      |          |                  |
|   |     |      |          | <b>12 293,83</b> |
| <b>Gestion de l'énergie et stockage</b>   |     |      |          |                  |
| Fourniture et pose de coffret de protection AC Mylight  |     | 1,00 | 1 407,90 | 1 407,90         |
| Pack My Smart Batterie (300Kwh)   |     | 1,00 | 495,00   | 495,00           |
| <b>Ballon thermodynamique mono-bloc (SCOP de 3,19/ ETAS de 126% à 54°C):</b>                  |     |      |          |                  |
| Reprise du raccordement eau chaude/froide et de l'évacuation                                  | U   | 1,00 | 676,65   | 676,65           |
| Pose d'un ballon thermodynamique THERMOR Aéromax 5, modèle 200L mono-bloc, COP de 3,19 à 7°C  |     | 1,00 | 1 727,57 | 1 727,57         |
| <b>Note:</b>  |     |      |          |                  |
| <b>Consommation annuelle d'électricité dans les conditions climatiques moyennes : 809 Kwh</b> |     |      |          |                  |
| <b>Profil de soutirage (L): V40 = 275 L</b>   |     |      |          |                  |
| Fourniture et pose du système d'évacuation et de prise d'air en toiture et en façade          | U   | 1,00 | 493,80   | 493,80           |
| Création d'1 bouche par carottage   | Ens | 1,00 | 293,80   | 293,80           |
| <b>Total Ballon thermodynamique mono-bloc:</b>  |     |      |          |                  |
|   |     |      |          | <b>3 191,82</b>  |

Clause de réserve de propriété : Le vendeur conserve la propriété des biens vendus jusqu'au paiement effectif de l'intégralité du prix en principal. Le défaut de paiement de l'une ou quelconque des échéances pourra entraîner la revendication des biens.

Durée de validité du devis : 2 mois  
Devis offert

| Taux    | Base HT     | Montant TVA |
|---------|-------------|-------------|
| 20,00 % | 14 196,73 € | 2 839,35 €  |
| 5,50 %  | 3 191,82 €  | 175,55 €    |

**Total HT** 17 388,55 €  
**Total TVA** 3 014,90 €

**40% d'acompte à la signature du devis et le solde à réception des travaux**

**Total TTC** 20 403,45 €  
Dont Eco-participation 7,04 €

# DEVIS N°2 pour une puissance de 7 500 Wc (TTC 13 872 €) Lyon (Validé)

Devis pour la mise en place d'un système photovoltaïque de 7.5 KWc sur imposé en toiture pour une autoconsommation avec revente du surplus de production.

Sur la toiture mise en place d'un système de supportage type Esdec.

Mise en place du câblage depuis les panneaux jusqu'à l'onduleur et retour sur votre TGBT .

Mise en place des panneaux.

Mise en service de l'installation.

Installation clé en main démarches administratives complètes.

## **GARANTIE:**

onduleur 5 ans

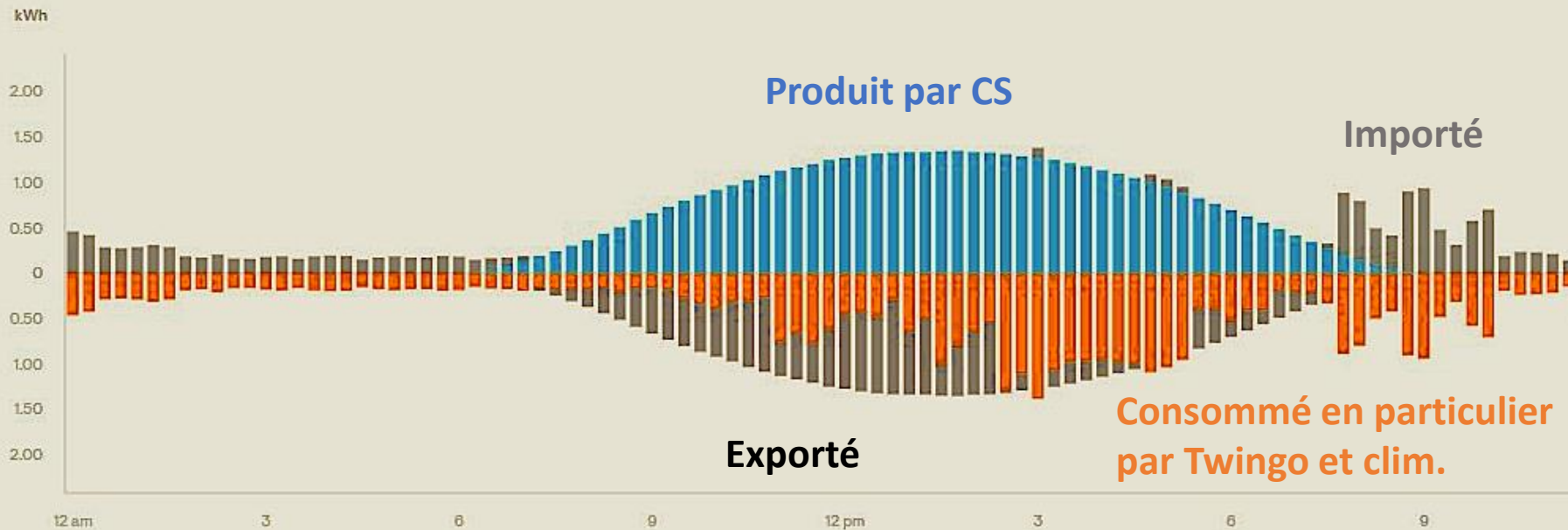
panneau 25 ans productible / services / matériel

## **DEVIS SOUS RÉSERVE DE VALIDATION TECHNIQUE**

| Libellé  | Qté  | Unité | PU HT      | Rem.  | Montant HT | TVA    |
|--|------|-------|------------|-------|------------|--------|
| Modules x 20 Sunpower 375 Wc P3                              |      |       |            |       |            |        |
| Système de supportage Esdec                                  |      |       |            |       |            |        |
| Onduleur SMA SB 6.0 garantie 5 ans                           |      |       |            |       |            |        |
| Matériel électrique (tableau AC, disjoncteur, câble, etc...) |      |       |            |       |            |        |
| ART00000197 -Prix de l'ensemble                              | 1,00 |       | 8 550,00 € | 0,00% | 8 550,00 € | 20,00% |
| ART00000210 -Echafaudage                                     | 1,00 |       | 200,00 €   | 0,00% | 200,00 €   | 20,00% |
| ART00000006 -Forfait quincaillerie                           | 1,00 |       | 180,00 €   | 0,00% | 180,00 €   | 20,00% |
| ART00000001 -Forfait déplacement / main d'oeuvre             | 1,00 |       | 2 550,00 € | 0,00% | 2 550,00 € | 20,00% |
| ART00000395 -Consuel   | 1,00 |       | 80,00 €    | 0,00% | 80,00 €    | 20,00% |

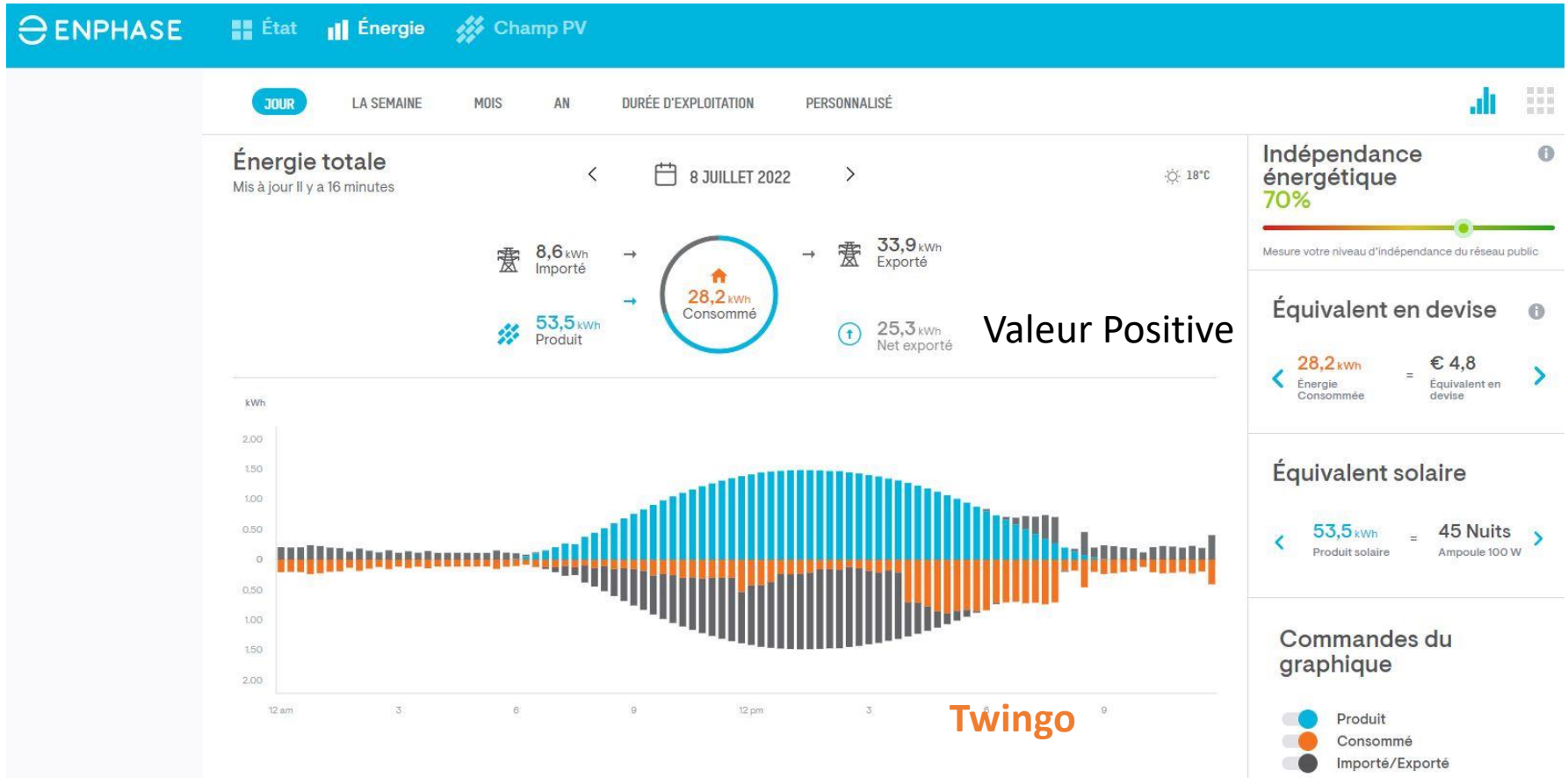
**TOTAL TTC : 13 872**

# DEVIS N°2 pour une puissance de 7 500 Wc (TTC 13 872 €) Lyon (Validé)



$$(Importé 13,9 + Produit 47,1 = 61,0) = (Consommé 42,3 + Exporté 18,8 = 61,1)$$
$$Net\ exporté\ 4,9 = (Exporté\ 18,8 - Importé\ 13,9 = 4,9)$$
$$Revente\ 4,9 \times 0,1\ € = 0,49\ €$$

# DEVIS N°2 pour une puissance de 7 500 Wc (TTC 13 872 €) Lyon (Validé)



Revente 25,3 x 0.1 € = 2,53 €

# DEVIS N°2 pour une puissance de 7 500 Wc (TTC 13 872 €) Lyon (Validé)

JOUR LA SEMAINE MOIS AN DURÉE D'EXPLOITATION PERSONNALISÉ

## Énergie totale

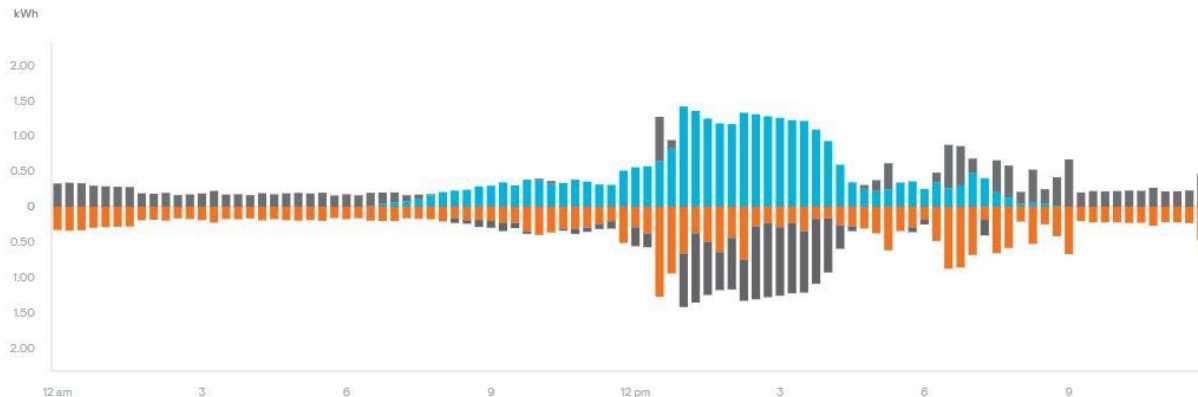
Mis à jour Il y a 17 minutes

< 29 JUILLET 2022 >

21°C



Valeur négative



Beaucoup de nuages

## Indépendance énergétique

52%

Mesure votre niveau d'indépendance du réseau public

## Équivalent en devise

< 30,9 kWh Énergie Consommée = € 5,3 Équivalent en devise >

## Équivalent solaire

< 29,1 kWh Produit solaire = 24 Nuits Ampoule 100 W >

## Commandes du graphique

- Produit
- Consommé
- Importé/Exporté

Perte  $1,7 \times 0,2 \text{ €} = 0,34 \text{ €}$

# DEVIS N°3 pour une puissance de 2 880 Wc (TTC 8 239 €) St Gély (Validé).

## PROPOSITION COMMERCIALE

Pré-Devis 2007002A

**Objet : Fourniture et pose d'un kit photovoltaïque en auto-consommation de 2,88 kwc en sur-imposition toiture de marque Sunpower X22 360Wc**

|   | U | Quantité | Prix unitaire | Total HT   |
|---|---|----------|---------------|------------|
| <b>Kit Matériel:</b>  |   |          |               |            |
| 8 Modules Sunpower X22 360Wc garantie 25 ans produit et rendement                                 |   |          |               |            |
| Support au toit surimposition 4 x 2 portait tuiles romane crochet S K2 system                     |   |          |               |            |
| Micro-onduleurs Enphase IQ7X 96 avec cable monophasé et bouchon de terminaison, coupleur de phase | K | 1        | 5 690,00 €    | 5 690,00 € |
| Coffret parafoudre monophasé AC 1 lignes 3 kwc norme C15-712-1, Q-relais                          |   |          |               |            |
| Fixations et divers accessoires, goulottes, cable...  |   |          |               |            |
| ENVOY S-metered Enphase, comptage de consommation et production                                   |   |          |               |            |
| Mise à la terre capteurs 6 mm²  |   |          |               |            |
| <b>Main d'œuvre:</b>  |   |          |               |            |
| Main d'œuvre solariste 3 kwc difficulté 1   | F | 1        | 1 600,00 €    | 1 600,00 € |
| Attestation Consuel et démarches administratives raccordement 3 kwc                               | F | 1        | 200,00 €      | 200,00 €   |
| Déplacement et livraison < 100 kms  | U | 2        | 0,00 €        | 0,00 €     |

**Garantie onduleur Enphase 20 ans**  
**Garantie capteurs Sunpower 25 ans totale**

**Total HT : 7 490,00 €**  
**TVA à 10% : 749,00 €**  
**TOTAL TTC : 8 239,00 €**

**Acompte de 50% à la signature, solde à la fin de la pose**

**Option batterie Enphase 1,2 Kwh à 2000€ TTC pièce hors pose**

# DEVIS N°4 pour une puissance de 2 880 Wc (TTC 8144,37 €) St Gély

| Intitulé  | Quantité | PU €      | PHT       | TVA  |
|---|----------|-----------|-----------|------|
| <b>Panneau photovoltaïque SUNPOWER 360 Wc<br/>Cadre Noir</b><br><i>Module Monocristallin Maxeon2 360<br/>Rendement 20,4 %, Puissance 360 Wc<br/>Dimensions 1046 * 1690 * 40 [mm], Poids 19 kg<br/>Garantie produit et services SUNPOWER 25 ans, Garantie de Performance 25 ans à 92 %</i>                               | 8        | 298,20 €  | 2385,60 € | 10 % |
| <b>Onduleur Enphase IQ7X</b><br><i>Micro-onduleur Rendement pondéré 96,5 %<br/>Recherche de la tension optimale pour délivrance puissance maximale, panneau par panneau (MPPT)<br/>Production de chaque panneau indépendante. Fonctionnement sur site ombragé.<br/>Garantie fabricant 25 ans</i>                        | 8        | 131,10 €  | 1048,80 € | 10 % |
| <b>ENVOY S-METERED</b><br><i>Système associé micro-onduleurs<br/>Supervision production et consommation appli et internet<br/>Maintenance à distance et alerte incident temps réel</i>  | 1        | 346,55 €  | 346,55 €  | 10 % |
| <b>Système Kit protection électrique AC Enphase 4K</b><br><i>Kit protection électrique AC Enphase 4K Coffret de protection électrique AC Monophasé jusqu'à 4 kW<br/>Disjoncteurs différentiels et parafoudres<br/>Relais de découplage Q-Relais intégré</i>   | 1        | 198,09 €  | 198,09 €  | 10 % |
| <b>Forfait câbles</b><br><i>Pack complet :<br/>Câble spécial Enphase, Terminaison, Câble AC et Terre, griffes, raccord, dérivation, chemin de câbles</i>  | 1        | 567,00 €  | 567,00 €  | 10 % |
| <b>Forfait Kit structure en surimposition</b><br><i>Kit structure en surimposition<br/>Tirefonds ou Crochets - à déterminer lors de la visite technique<br/>Système complet et fournitures</i>  | 1        | 586,33 €  | 586,33 €  | 10 % |
| <b>Forfait main d'oeuvre et visserie</b>  | 1        | 1991,60 € | 1991,60 € | 10 % |
| <b>Démarches administratives</b><br><i>Envoi de la Déclaration Préalable de Travaux en Mairie<br/>Démarches de raccordement auprès d'ENEDIS et paiement des frais de raccordement<br/>Délivrance de l'attestation de conformité visée par le Consuel et paiement des frais du Consuel<br/>Obtention des subventions</i> | 1        | 280,00 €  | 280,00 €  | 10 % |

Total TTC (TVA 10%)

8 144,37

# Ledifice.com : KIT de 3,0 kWc SUNPOWER Performance 3 AC (TTC 4 855,22 €)

| Réf: 3,0 kW Performance 3AC-375  |   |   |
|--|---|---|
| 8 x SunPower Performance 3 AC 375Wc Mono Black   |   | <del>5 558,40€</del><br><b>3 440,00€</b>                |
| 8 x Enphase Câble 230VAC (Ph+N) portrait pour série IQ7 - 2G 2,5mm² 5 longueur 1m  | + | <b>284,16€</b>  |
| 1 x EMBOUT DE TERMINAISON ETANCHE  | + | <b>29,88€</b>   |
| 1 x Coffret de protection AC jusqu'à 4,5 kW monophasé avec 5 disjoncteur différentiel 30 mA et parafoudre. 20A / 230V avec Q Relay Intégré | + | <b>390,00€</b>  |
| 1 x Passerelle de communication Enphase Envoy-S Metered  | + | <del>726,00€</del><br><b>399,00€</b>                    |
| 20 x Fixation sur toiture CrossHook 4S -K2   | + | <b>494,40€</b>  |
| 40 x Vis à bois autoforeuse K2 Acier Inox 8x100  | + | <b>28,80€</b>   |
| 10 x SingleRail 36 K2 - 2,25ml   | + | <b>422,40€</b>  |
| 8 x Kit Connecteur SingleRail 36   | + | <b>104,64€</b>  |
| 8 x Kit Etrier Final K2 Noir universel 32-42 mm  | + | <b>48,00€</b>   |
| 12 x Kit Etrier Intermédiaire K2 Noir universel 32-42 mm   | + | <b>72,00€</b>   |
| 8 x Terragrif universelle K2SZ   | + | <b>33,60€</b>   |
|  | = | <b>5 746,88€</b><br><b>4 855,22€</b><br>H.T : 4 046,02€ |

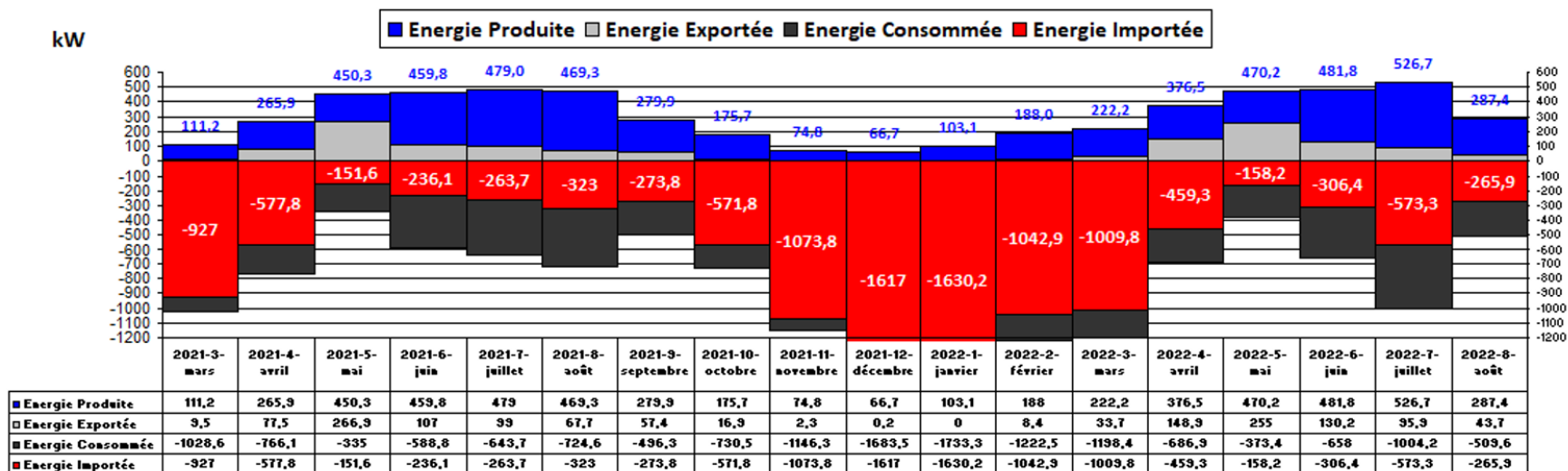


## Bilan de mise en œuvre d'une installation photovoltaïque 8239 € TTC à St-Gély (1)

- **INSTALLATION** : 8 panneaux solaires SUN POWER de 360 Wc (2880 Wc) avec **micro-onduleurs**.
  - **Les micro-onduleurs limitent la puissance à 315 Wc par panneau, soit une puissance installée maximale de 2520 Wc**
  - Maison 160 m<sup>2</sup> : Climatisations réversibles – Chauffe-eau thermodynamique.
  - Coût : 8144 €. TVA réduite à 10 % en dessous de 3 KWc installés, 20 % au-delà...
  - Démarches : Mairie, CONSUEL et CESML faites par l'installateur.
  
- **L'USAGE** : AUTO-CONSOMMATION avec revente de l'électricité non consommée.
  - À ST GELY DU FESC, revente à CESML
    - Tarif : 0,10 € par kWh avec limite de 4800 kWh par an. 0,05€ au-delà de la limite.
    - Prime de 1170 € - Payée en 5 fois sur 5 ans....
  - Attention, lors de la mise en œuvre, il faut installer un compteur pour la production revendue -> Coût ~160 €
  - Prévoir un coût de 25 € par an facturé par CESML pour le raccordement au réseau.
  - **Retour sur investissement : 10 à 12 ans.**
  - **Les calculs fournis par l'installateur aboutissaient à 7 ans.**

# Bilan de mise en œuvre d'une installation photovoltaïque 8239 € TTC à St-Gély (2)

## BILAN PRODUCTION/CONSOMMATION



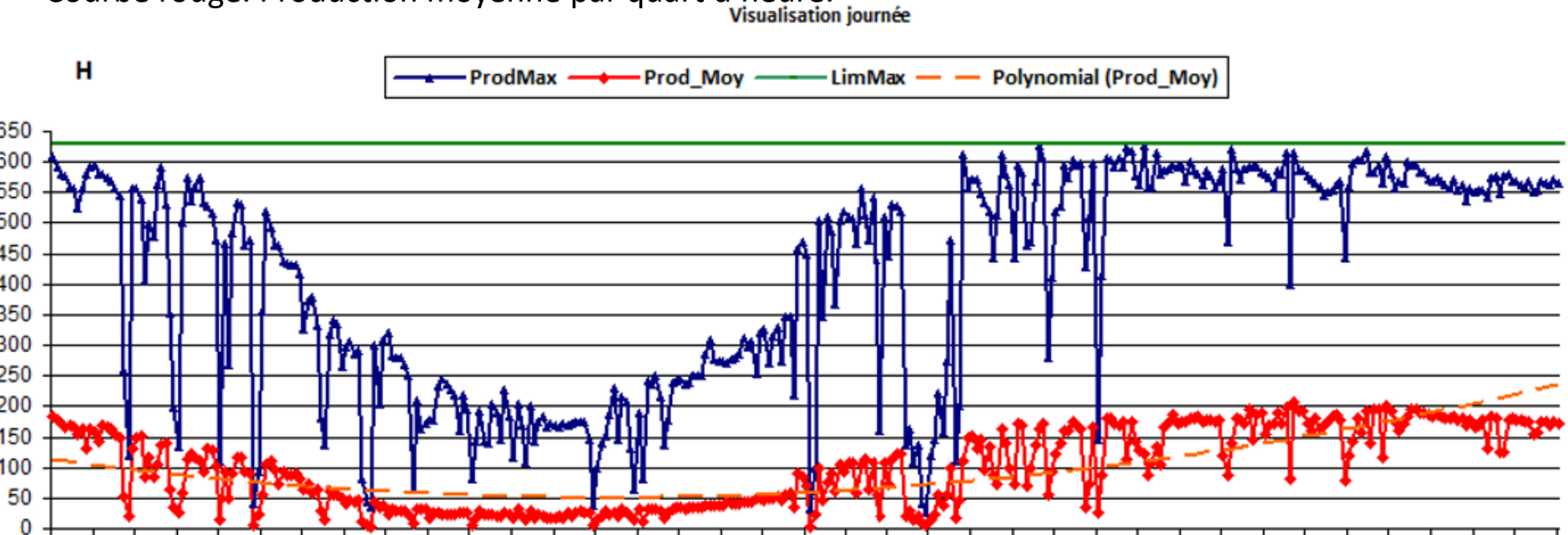
## BILAN SUR 1 AN

|              |            |                            |             |                    |              |                      |         |
|--------------|------------|----------------------------|-------------|--------------------|--------------|----------------------|---------|
| Date Début : | 19/08/2021 | Energie_Produite:          | 3 451,7 kWh | Energie_Consommée: | 11 720,8 kWh | Energie Prod/Conso : | 29,4%   |
| Date Fin :   | 20/08/2022 | Energie_Exportée:          | 822,3 kWh   | Energie_Importée:  | 9 091,3 kWh  |                      |         |
|              |            | Energie_Produite Utilisée: | 422 €       | Energie_Consommée: | 1 883 €      | Economie Réalisée:   | 505 €   |
|              |            | Energie_Exportée:          | 82 €        | Energie_Importée:  | 1 461 €      | Facturation Finale:  | 1 542 € |
|              |            |                            |             |                    |              | Dont abonnement:     | 164 €   |

## Bilan de mise en œuvre d'une installation photovoltaïque 8239 TTC à St-Gély (3)

### ANALYSE DES PRODUCTIONS MAXI

Courbe bleue. Cette analyse porte sur les puissances maxi de production atteintes par quart d'heure sur 360 jours. On remarque que la valeur maxi ( $315 \times 8 / 4 = 630 \text{ W}$ , ligne verte) n'est quasiment jamais atteinte, ce qui montre que la limitation de puissance liée aux micro-onduleurs a peu d'impact. La limitation de production observée est essentiellement liée aux conditions d'ombrage (Arbres environnants) et à l'angle de positionnement des panneaux (Inclinaison du toit non optimum..).  
Courbe rouge. Production moyenne par quart d'heure.



Merci à M.X St Gillois pour ce bilan clair, détaillé et riche d'informations utiles

Merci pour votre attention.

Discussions générale.

Questions ?

Commentaires ?

