

# GUIDE : Projet de Centrale Photovoltaïque sur Toiture (jusqu'à 500 kWc)

VERSION JANVIER 2024

## Présentation Générale

Une centrale photovoltaïque permet de fabriquer de l'électricité à partir de la lumière du soleil.

Les **panneaux solaires** transforment le rayonnement solaire reçu en un **courant électrique continu**. Ce courant est ensuite converti en **courant alternatif** par des **onduleurs** pour être utilisé directement sur le site ou bien injecté sur le réseau électrique national.

La puissance d'une centrale est fixée par le type et nombre de panneaux qui la compose. Chaque panneau a une puissance de référence appelée **puissance crête**, ou **watt-crête (Wc)**, par exemple 420 Wc, qui est la puissance générée dans des conditions standards d'ensoleillement et de température.



Tous les panneaux d'une centrale sont connectés entre eux, d'abord en série pour former des chaînes, ou **strings**, et ces chaînes sont ensuite reliées en parallèles aux onduleurs, afin d'atteindre la tension et puissance désirée. La puissance totale d'une centrale est exprimée en **kilowatt-crête (kWc)**, par exemple 36, 100 ou 500 kWc.

Pour référence, les systèmes ont aujourd'hui un rendement de **20 %**, soit 20 % du rayonnement solaire est transformé en électricité, et il faut compter 5 m<sup>2</sup> de panneaux par kilowatt-crête.

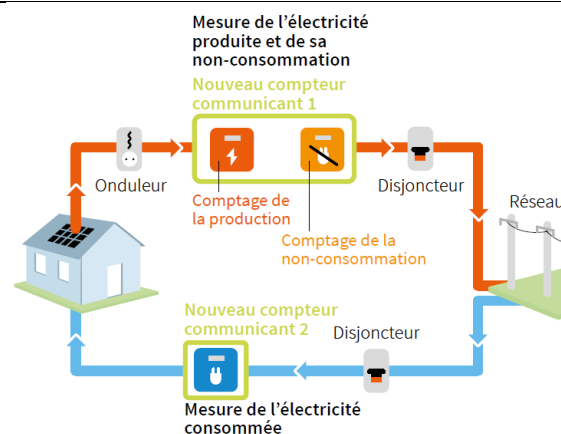
## Trois valorisations sont possibles

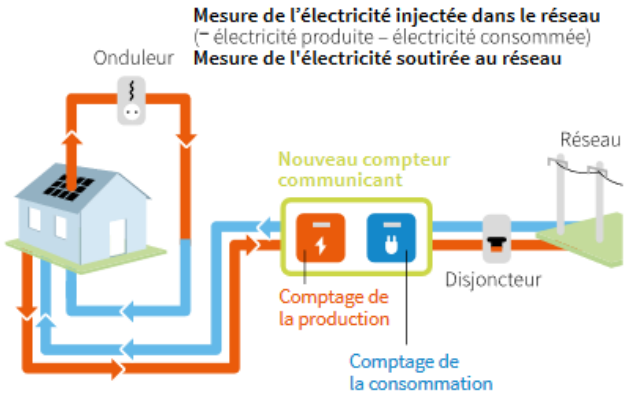
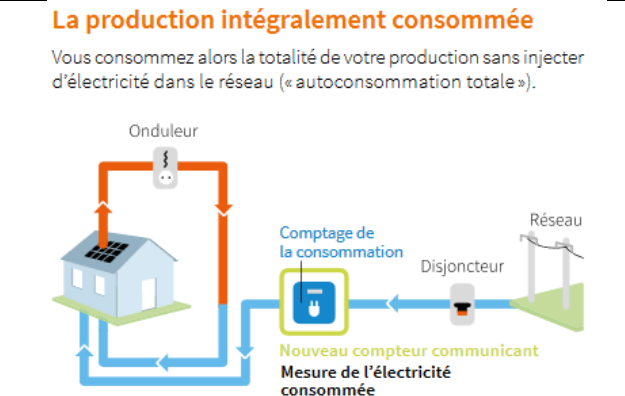
### 1- Vente totale d'électricité

Préférable pour les sites consommant peu d'électricité, avec un poste transformateur HTA 20 000 V à proximité, et au moins 200 m<sup>2</sup> de surface de toiture disponible.

Investissement proportionnel à la puissance installée

*Crédit image : ADEME*



<h2>2- Vente de surplus</h2> <p>A considérer pour les sites consommant beaucoup d'électricité, disposant de 500 à 2500 m<sup>2</sup> de toiture et étant proches d'un transformateur HTA 20 000 V.</p> <p>Investissement proportionnel à la puissance installée.</p> <p><i>Crédit image : ADEME</i></p>	 <p>Mesure de l'électricité injectée dans le réseau (= électricité produite – électricité consommée) Mesure de l'électricité soutirée au réseau</p> <p>Onduleur</p> <p>Nouveau compteur communicant</p> <p>Comptage de la production</p> <p>Comptage de la consommation</p> <p>Disjoncteur</p> <p>Réseau</p>
<h2>3- Autoconsommation totale</h2> <p>L'option à étudier pour les sites avec une consommation régulière mais dont le raccordement à un transformateur HTA 20 000 V est problématique.</p> <p>Investissement plus limité</p> <p><i>Crédit image : ADEME</i></p>	 <p>La production intégralement consommée</p> <p>Vous consommez alors la totalité de votre production sans injecter d'électricité dans le réseau (« autoconsommation totale »).</p> <p>Onduleur</p> <p>Comptage de la consommation</p> <p>Nouveau compteur communicant</p> <p>Mesure de l'électricité consommée</p> <p>Disjoncteur</p> <p>Réseau</p>

	Vente totale	Autoconsommation...	
		... avec vente de surplus	...totale
<b>Valorisation économique</b>	Contrat de vente d'électricité de 20 ans	Economie sur la facture et vente du surplus d'électricité via un contrat de 20 ans	Economie sur la facture
<b>Type d'installation</b>	Toiture uniquement	Toiture uniquement	Toiture et sol
<b>Raccordement au réseau ENEDIS</b>	Oui L'agriculteur paie une partie du coût de raccordement (réfaction : 60%).	Oui L'agriculteur paie une partie du coût de raccordement (réfaction : 60%).	Non Une demande de raccordement doit toutefois être réalisée.
<b>Dimensionnement</b>	En fonction de la toiture et du coût de raccordement	En fonction de la toiture et du coût de raccordement Etude de pertinence recommandée	Etude de dimensionnement indispensable
<b>Aide l'Etat/région</b>	Contrat de rachat garanti sur 20 ans	Contrat de rachat garanti sur 20 ans plus prime à l'investissement ( $\leq 100$ kWc)	Aide Agri Invest
<b>Intérêt économique</b>	<b>Diversification de son revenu.</b>  <i>Durant les années de remboursement de prêt, la trésorerie est légèrement positive. La rentabilité interviendra à l'issue de ce remboursement (7-8 dernières années)</i>	<b>Diversification de son revenu et économie sur la facture d'électricité.</b>  <i>Vu le tarif de rachat du surplus, cette option n'est valable qu'entre 100 et 500 kWc et permet d'atteindre un taux de couverture parfois supérieur à 50%</i>	<b>Economie sur la facture d'électricité.</b>  <i>L'électricité photovoltaïque est moins chère que l'électricité achetée auprès du fournisseur. On peut espérer un taux de couverture de l'ordre de 20%. C'est une option intéressante si la vente de surplus est inopportune</i>

La production annuelle d'électricité pour chaque kilowatt-crête installé, appelé **le productible d'une centrale**, est en Bretagne de **1 100 kilowattheures par kilowatt-crête installé (kWh/kWc)**. Parfois, les professionnels du métier parlent d'un fonctionnement à puissance nominale de 1 100 heures par an, les deux descriptions étant équivalentes.

En guise d'exemple, une installation de 100 kWc produira annuellement autour de 110 000 kWh.

A noter que cette **production** pourra **dévier de cette moyenne en fonction** de la **localisation** de l'installation, de l'**orientation** et de l'**inclinaison** de la toiture, d'un éventuel **ombrage** causé par d'autres bâtiments, de la végétation, etc... **et de l'âge** de la centrale. Egalement, cette production peut fluctuer d'environ 5% d'une année sur l'autre en fonction des conditions météo de l'année.

## Modalités d'installation

Sur un **bâtiment neuf**, on tiendra compte de la charge rajoutée par la centrale photovoltaïque (15 kg/m<sup>2</sup>) pour dimensionner la charpente.

Sur un **bâtiment existant**, un diagnostic charpente est conseillé. La toiture d'origine souvent en fibrociment peut être remplacée par du bac acier afin d'alléger la structure (8 kg/m<sup>2</sup> au lieu de 18 kg/m<sup>2</sup>) mais l'utilisation du bâtiment et sa ventilation sont à prendre aussi en compte avant de faire ce changement. La présence d'anciens **fibrociments amiantés** est aussi à évaluer.

En dessous de 100 kWc, les **tarifs d'achat** sont plus élevés pour les contrats en vente totale que pour ceux en vente de surplus. Il existe une **prime à l'investissement** pour les projets en vente de surplus inférieur à 100 kWc, ce qui n'est pas le cas pour les projets en vente totale.

Le **tarif d'achat** et la **prime à l'investissement** sont **revus trimestriellement** par la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE). Le tableau ci-dessous reprend les tarifs et primes publiés le **22 décembre 2023** pour les installations dont la demande complète de raccordement est effectuée entre le 1 novembre 2023 et le 31 janvier 2024.

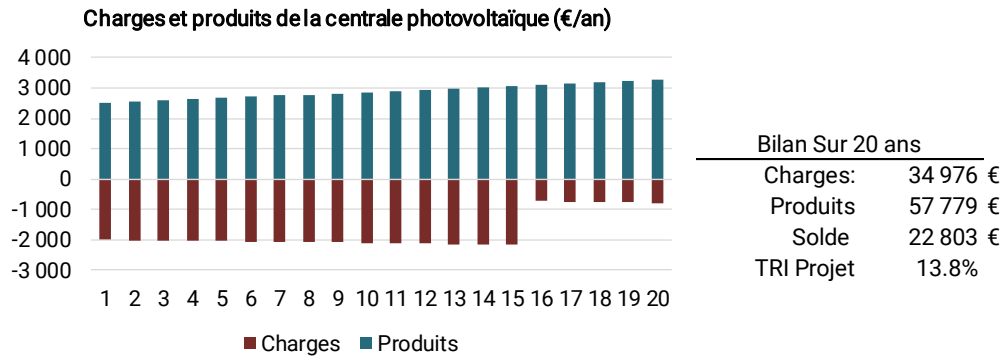
Puissances	Vente totale	Autoconsommation avec vente de surplus	
	Tarif achat kWh en injection totale	Prime à l'investissement	Tarif achat kWh en surplus
Jusqu'à 3 kWc	17,35 c€/kWh	370 €/kWc	13,00 c€/kWh
> 3 kWc et ≤ 9kWc	14,74 c€/kWh	280 €/kWc	13,00 c€/kWh
> 9 kWc et ≤ 36 kWc	13,82 c€/kWh	200 €/kWc	7,80 c€/kWh
> 36 kWc et ≤ 100 kWc	12,02 c€/kWh	100 €/kWc	7,80 c€/kWh
> 100 kWc et ≤ 500 kWc	12,08 c€/kWh	0 €/kWc	12,08 c€/kWh

## Quelques exemples de rentabilité de projets photovoltaïques

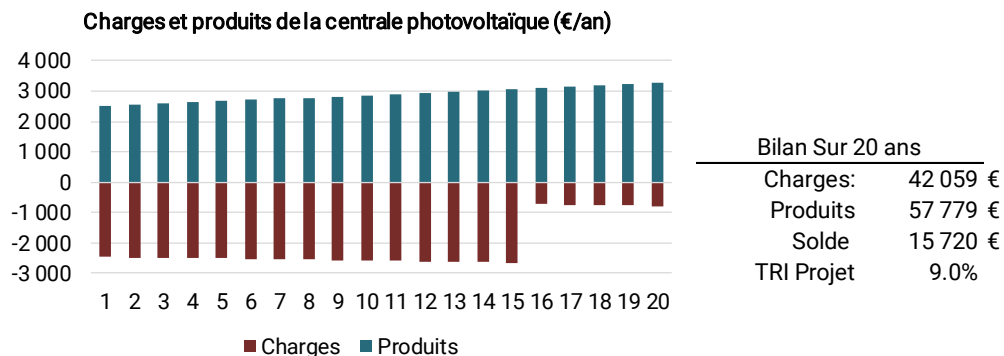
Les exemples sur les pages suivantes n'ont qu'un but illustratif et les résultats présentés ne doivent pas être utilisés pour tirer des conclusions sur d'autres projets en apparence semblables.

### → Exemple 1 : Centrale de 15 kWc en Autoconsommation Totale

Une centrale visant à couvrir les besoins d'une exploitation de taille moyenne peut être intéressante même sans investissements initiaux importants. Dans l'exemple ci-dessous, l'achat d'une centrale de 27 000 € avec **une aide de 40% d'Agri Invest** peut générer presque 23 000 euros sur 20 ans.

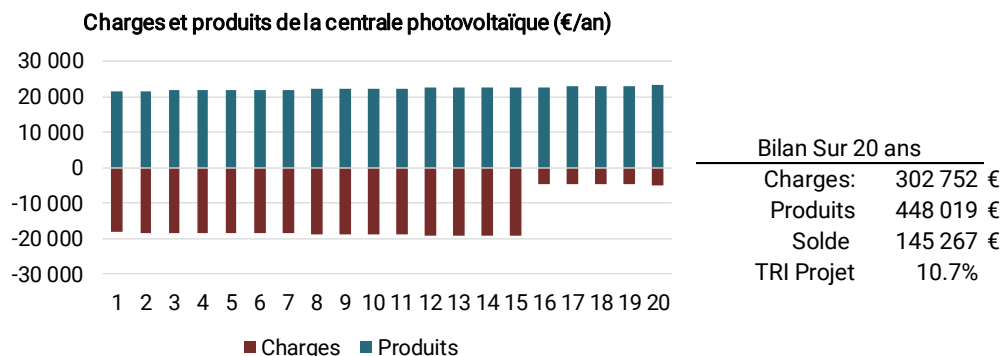


A noter que les couts initiaux doivent être correctement anticipés. Par exemple une rénovation de toiture de 5 000 € réduira le gain cumulé du projet sur 20 ans de 7 000 €.



### → Exemple 2 : Centrale de 150 kWc avec vente de surplus

Une autre stratégie peut-être d'investir dans une plus grande centrale si la surface de toiture est disponible, et de revendre le surplus généré. Le cout par mètre carré sera typiquement inférieur mais les couts de raccordement au réseau seront à considérer. Dans l'exemple ci-dessous, un système de 160 000 € générera autour de 145 000 € sur 20 ans.

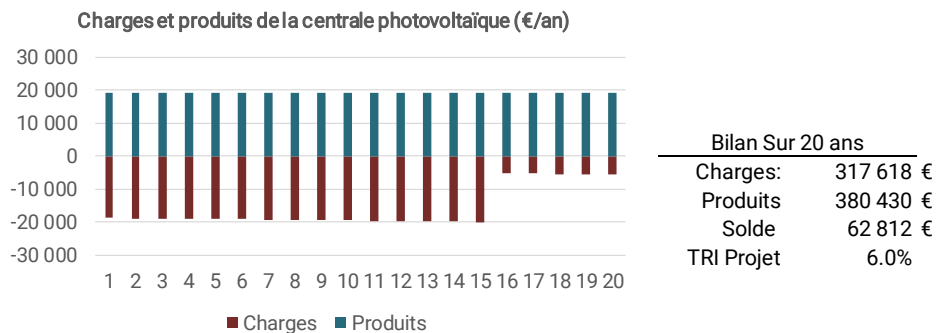


### → Exemple 3 : Centrale de 150 kWc avec vente totale

L'autre option est de dédier un système de la taille de l'exemple précédent à de la vente totale.

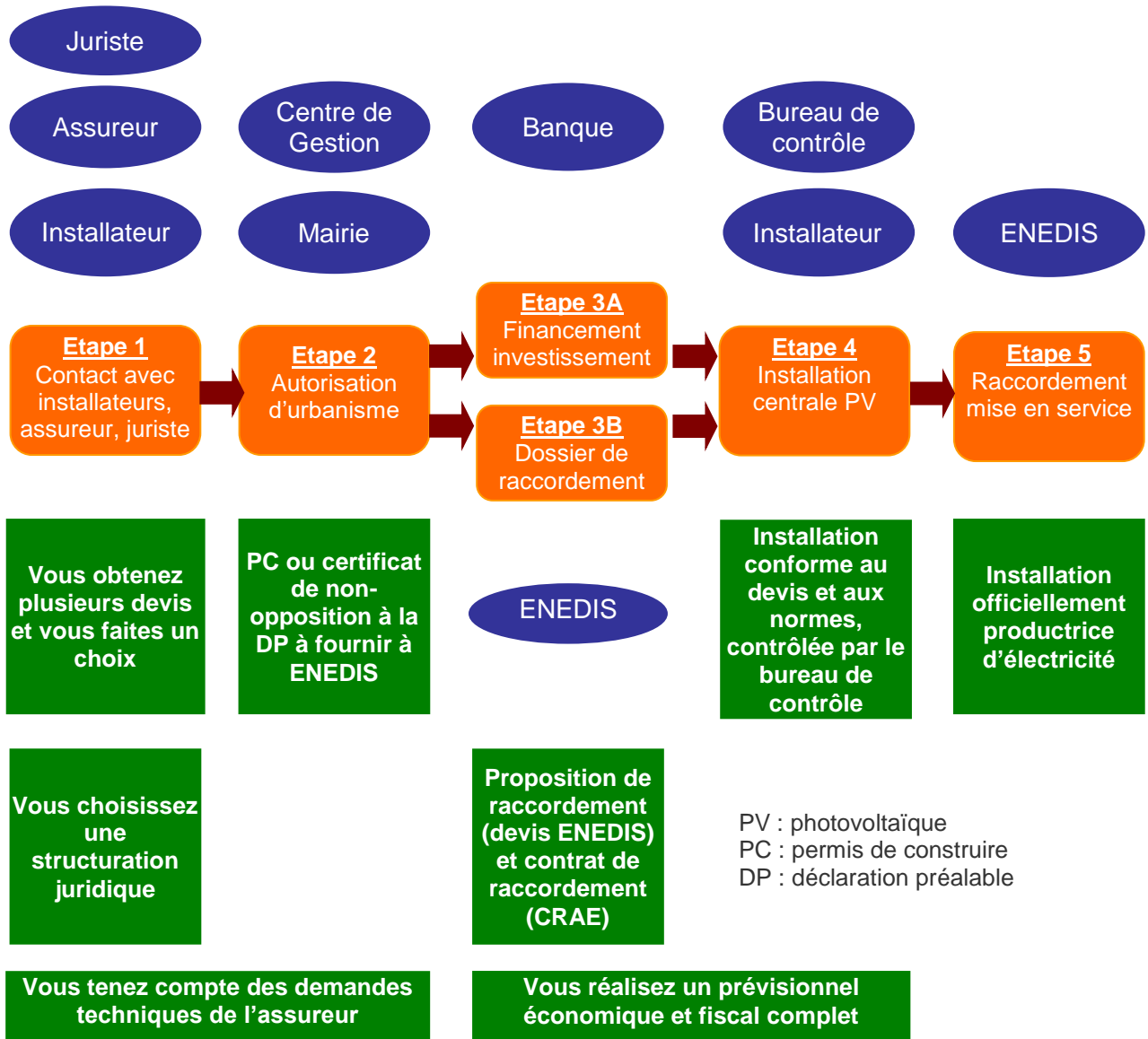
Dans ce cas, d'un côté les tarifs de rachat de l'électricité produite sont plus élevés qu'en vente avec surplus, mais par contre, les économies liées à l'autoconsommation d'une partie de la production ne sont plus réalisées. Si le prix moyen d'achat de l'électricité utilisé sur l'exploitation est supérieur au prix de vente de l'électricité produite, le bilan sera typiquement en faveur de la vente en surplus.

Ceci est illustré dans l'exemple ci-dessous, où l'on observe que les produits sont inférieurs à ceux de l'exemple précédent.



Mais il est important de ne pas généraliser cette conclusion et une étude au cas par cas est recommandée afin de choisir la meilleure solution.

## Les grandes étapes d'un projet en injection dans le réseau de distribution



Source : guide Ademe « l'énergie photovoltaïque »

**Même pour un projet en autoconsommation totale**  
**l'installateur doit OBLIGATOIREMENT réaliser**  
**une demande de raccordement auprès d'ENEDIS**



## Principaux points de vigilance

### Les documents d'urbanisme permettent-ils l'installation de panneaux photovoltaïques ?

- Demande en mairie : permis de construire (si travaux sur bâtiment neuf) ou déclaration préalable (travaux sur bâtiments existants)

### L'assureur a-t-il des demandes techniques particulières à intégrer dans le devis de l'installateur ?

- Liste des demandes techniques de l'assureur : local onduleur, ventilation sous panneaux, certification du matériel ...

### Détermination du ou des bâtiments support de l'installation :

- Surface utilisée
- Orientation (par rapport au Sud)
- Inclinaison (pente)
- Local à onduleurs



- Dimensionnement en fonction des règles neige et vent
- Sur bâtiment existant diagnostic vis à vis compatibilité avec l'usage actuelle du bâtiment, solidité charpente, présence amiante (qui gère ?)
- Les éventuelles ombres portées (cheminées, autres bâtiments, arbres, silos ...) ont-elles bien été identifiées ?

### Analyse de la proposition de l'installateur

- **Devis détaillé** faisant la distinction entre le coût des différents matériels : panneaux, onduleurs, système d'intégration toiture...
- Les **fiches techniques** des panneaux, onduleurs, système d'intégration sont dans le document
- La compatibilité du système d'intégration avec les modules (validation CSTB)
- Les **sections des câbles** et le type de câbles utilisés sont indiqués
- Les **garanties** du matériel sont indiquées : panneaux, onduleurs, système d'intégration
- **SAV** : délai d'intervention, qu'est ce qui est pris en charge ?
- Les **démarches administratives** : qui les font ?
- Le **contrôle de l'installation** « type Consuel » : coût inclus dans le devis ?
- Les **conditions de paiement** : acompte le plus faible possible
- Devis d'ENEDIS pour les coûts de raccordement (PTF) : à connaître avant de signer un devis avec l'installateur ou clause dans le devis « sous réserve coût de raccordement < à .....€ »
- Qui démonte la toiture existante et à quel coût ? (problématique liée à l'amiante)
- Qui prend en charge les frais liés au raccordement des onduleurs au point de livraison (tranchée, câble ...)

### Analyse économique

Faire une étude de rentabilité spécifique, avec prise en compte des problématiques fiscales.

- Investissement : installation, modification charpente, dépose toiture existante, construction local onduleur, constitution de société...

- Productivité : en kWh par an
- Prix de vente de l'électricité (si contrat d'injection)
- Analyse de la courbe charge des points 10min en consommation (si autoconsommation)
- Décomposition des coûts de l'électricité consommées (si autoconsommation)
- Plusieurs scénarios de dimensionnement envisagés (si autoconsommation)
- Assurance
- Maintenance : maintenance annuelle, changement onduleurs
- Frais financiers
- CET, ...
- Autres frais

### Analyse juridique en injection

Qui est propriétaire du bâtiment ?

Je m'engage pour 20 ans, serai-je encore en activité dans 20 ans ? Si je sors du GAEC ?  
Dois-je créer une société commerciale ? Si oui, laquelle ?

### Choix du prestataire sur la base d'un devis correct techniquement et financièrement

L'installateur a du personnel qualifié en couverture et en électricité

Les éventuels sous-traitants de l'installateur sont qualifiés et assurés (RC professionnelle et Décennale)

L'entreprise présente une attestation d'assurance « décennale » pour des chantiers de poses d'installations solaires photovoltaïques pour un montant supérieur au montant de votre chantier.

### Les installations photovoltaïques émettent-elles des rayonnements nuisibles pour l'homme ou les animaux ?

**Une installation photovoltaïque n'émet pas davantage de rayonnements électromagnétiques que d'autres équipements déjà présents dans les habitations ou les bâtiments agricoles tels que les routeurs wifi, téléphones portables ou radioréveils. Ces installations fonctionnent sous des tensions et intensités électriques couramment rencontrées.**

- Le panneau photovoltaïque crée une tension et un courant et donc un champ électromagnétique. La valeur de ce champ magnétique, dès lors que l'on s'éloigne raisonnablement des câbles d'acheminement du courant, se rapproche de celle du champ magnétique produit par la terre que l'on retrouve en tout lieu. De plus sur les hangars agricoles, les panneaux sont disposés à une hauteur suffisante pour n'avoir aucun impact sur les animaux.

☞ **à 1 mètre des panneaux, on retrouve le niveau naturel du champ magnétique terrestre.**

- L'onduleur transforme le courant continu en courant alternatif. Un champ électromagnétique est alors généré lorsque l'onduleur est en fonctionnement.

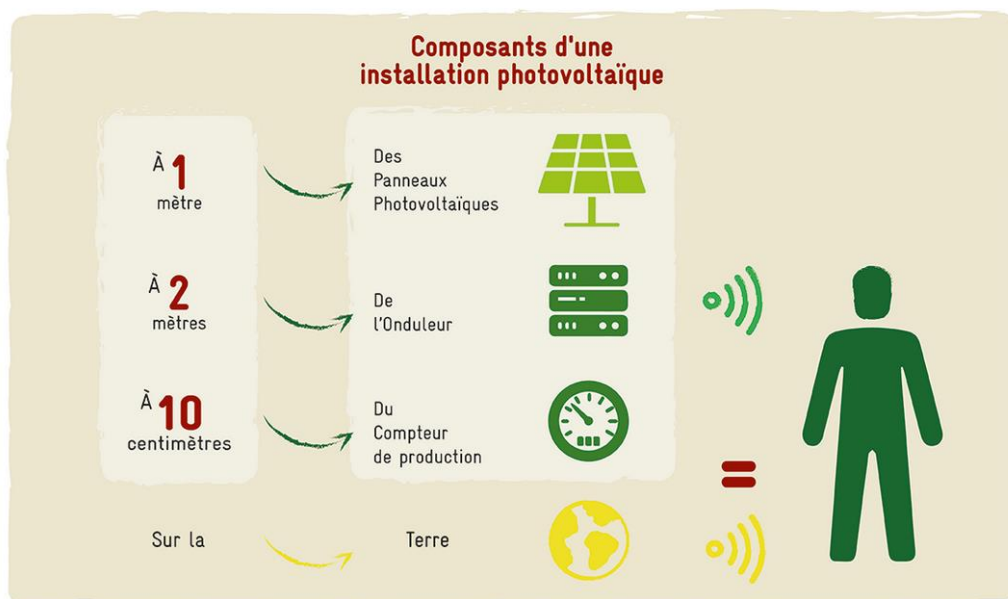
☞ **À une distance maximale de 2 mètres, le champ électromagnétique émis par l'onduleur ne peut plus être distingué du niveau de fond constaté dans les habitations.**

- Le compteur de production – qui peut être le même que le compteur de consommation – génère quant à lui des rayonnements électromagnétiques non perceptibles dès qu'on s'en éloigne de quelques dizaines de centimètres.





À une distance de **2 MÈTRES**,  
le champ électromagnétique d'une installation photovoltaïque  
est le même que le champ émis naturellement par la Terre



Sources : Electromagnetic Fields Associated with Commercial Solar Photovoltaic Electric Power Generating Facilities, R. A. Tell, H. C. Hooper, G. G. Sias, G. Mezei, P. Hung & R. Kavet, octobre 2015

DECRYPTERLENERGIE.ORG

## Principaux documents à conserver par l'investisseur

### Documents à demander à l'installateur :

- Diagnostic charpente (si rénovation)
- Copie du devis signé avec l'installateur
- Dossier technique avec estimation de production
- Panneaux : fiche technique, Flash test, certificats et conditions de garantie
- Onduleurs : fiche technique, garantie et extension si contractée (document écrit du fabricant d'onduleur indiquant la durée de garantie accordée avec les N° de série des onduleurs)
- Garantie de la structure d'intégration
- Plans de câblage AC et DC
- Schéma de calepinage des panneaux
- Schéma de l'armoire électrique
- Attestation de la garantie décennale de l'installateur et de ses sous-traitants éventuels
- Factures de l'installateur
- Rapport du bureau de contrôle + attestation Consuel

### Documents ENEDIS et EDF OA :

- Attestation dossier complet à ENEDIS
- PDR (Proposition de raccordement)
- Preuve date de paiement acompte PTF
- CARD : contrat d'accès au réseau de distribution
- Contrat d'achat ou document d'EDF comportant un n° BTA ou BO

Document réalisé avec le partenariat financier de :



### **Contacts Chambre d'agriculture :**

**22 - Pascal Poudenx**

07 87 88 70 83

[pascal.poudenx@bretagne.chambagri.fr](mailto:pascal.poudenx@bretagne.chambagri.fr)

**29 - Pierre FLY**

06 74 78 39 49

[pierre.fily@bretagne.chambagri.fr](mailto:pierre.fily@bretagne.chambagri.fr)

**35 - Cédric Havard**

06 62 74 77 02

[cedric.havard@bretagne.chambagri.fr](mailto:cedric.havard@bretagne.chambagri.fr)

**56 - Hervé GUILLEMOT**

06 30 69 36 47

[herve.guillemot@bretagne.chambagri.fr](mailto:herve.guillemot@bretagne.chambagri.fr)