

# Le guide du solaire photovoltaïque dans le domaine agricole



**VOUS AVEZ UN PROJET DE CONSTRUCTION DE BATIMENT NEUF OU DE RENOVATION D'UNE TOITURE EXISTANTE ?**

**C'est le moment de réfléchir à l'intérêt d'investir dans une centrale solaire photovoltaïque !**

Version mise à jour en **janvier 2024**



Ce guide vous permettra d'en savoir plus sur les points importants à connaître avant de vous lancer dans ce projet.

## **Rédacteur**

Sylvain DESEAU, conseiller agro-équipements – Chambre d'Agriculture du Loiret

# LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : UNE ENERGIE RENOUVELABLE ATTRAYANTE

Le soleil est une ressource énergétique inépuisable, gratuite, et disponible partout.

La production d'électricité solaire photovoltaïque ne génère pas de nuisances (pas de bruit, pas d'odeur, pas d'émission) et n'est pas consommatrice de temps.

Bilan environnemental :

- ➔ 55gCO<sub>2-éq</sub>/kWh émis par un système photovoltaïque sur toute sa durée de vie. Le solaire PV n'émet du CO<sub>2</sub> que dans sa phase de fabrication et d'installation. Pas pendant la production d'électricité. L'importation de panneaux asiatiques handicape ce bilan.
- ➔ temps de retour énergétique (ratio énergie totale consommée pour sa mise en œuvre/énergie produite annuellement) : 2.5 ans (tendance à 1 an).

Cette technique met en œuvre un matériel fiable (seule technique de production à ne pas faire appel au mouvement) et durable ce qui permet de garantir sa rentabilité dans le temps.

Pour y voir plus clair



## Ne pas confondre SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE et SOLAIRE THERMIQUE

Solaire photovoltaïque	Solaire thermique
<b>Objectif</b>	
Production d'électricité	Production de chaleur
<b>Principe</b>	
Les panneaux captent la lumière du jour. Les photons de cette lumière sont transformés en électricité via le matériau semi-conducteur (le silicium) constituant les cellules photovoltaïques.	Le rayonnement direct du soleil est capté par des panneaux contenant un fluide caloporteur. Ce liquide chauffé à haute température va ensuite circuler dans un échangeur de chaleur pour chauffer l'eau d'un système de chauffage.
<b>Finalité</b>	
L'électricité produite peut être soit injecté sur le réseau EDF soit autoconsommée	Production d'eau chaude sanitaire ou eau chaude de chauffage
<b>Rendement du système</b>	
15 à 20%	>80%

### Le saviez-vous ?

Le solaire photovoltaïque et le solaire thermique sont combinables. Cela s'appelle l'**aérovoltaique** ou **thermovoltaique** : les panneaux solaires produisent de l'électricité tandis que l'air chaud qui s'accumule dessous est récupéré par aspiration pour alimenter un système de chauffage. Il y a pour l'instant peu de références sur ce type d'installation.

# DU SOLEIL A L'ELECTRICITE

## ■ D'un côté le soleil ...

Un panneau solaire reçoit la lumière du soleil sous trois formes :

- Le rayonnement **direct** : reçu en ligne droite.
- Le rayonnement **diffus** : lumière arrivant de toute part car diffusée par l'atmosphère.
- Le rayonnement **réfléchi** par une surface blanche ou par de l'eau. On appelle cela l'albédo.

Météo France quantifie l'**ensoleillement** en durée (nombre d'heures) ou en intensité lumineuse (kWh/m<sup>2</sup>). Il prend en compte les phases de beau temps et de temps nuageux. Il faut distinguer :

- la puissance d'ensoleillement instantanée :
  - un beau soleil d'été = 1 000 W/m<sup>2</sup>.
  - Un temps nuageux = 21 W/m<sup>2</sup>.
- le cumul annuel d'ensoleillement exprimé en kWh/m<sup>2</sup>/an.

L'ensoleillement est une donnée assez stable dans le temps. Elle varie peu (+/- 5%) bien que ces dernières années, soit systématiquement supérieures (+15 à +23%) à la période de référence 1981-2010 (1767 heures en moyenne).

Prenons l'exemple d'Orléans :

Années	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Heures d'ensoleillement/an</b>	1867	1872	1843	1664	1857	2041	1767	1878	2029	2174	2165	2033	2216
<b>Evol (%) / période 1981-2010</b>	+6	+6	+4	-6	+5	+15	0	+6	+15	+23	+23	+15	+25

Années	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Heures d'ensoleillement/an</b>	2012												
<b>Evol (%) / période 1981-2010</b>	+14												

**Le saviez-vous ?**

A Orléans, la référence d'ensoleillement est d'environ :

- 1767 heures/an (1981-2010)
- 1900 heures/an (2010 -2019)

**ou**

- 1365 kWh/m<sup>2</sup>/an ou 3.74 kWh/m<sup>2</sup>/jour.



Ne pas confondre « kilowatts heure d'ensoleillement » et « kilowatts heure de production d'électricité ». Entre les deux, il y a le panneau photovoltaïque dont les cellules sont chargées de convertir l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique. Leur rendement est de l'ordre de 15 à 20%.

Ce qui n'est pas transformé en électricité est dissipé en chaleur.

## ■ ... de l'autre, la centrale solaire

Une centrale solaire est composée de deux éléments principaux :

### Les panneaux

Sur les toitures agricoles, on utilise des panneaux en silicium cristallin. Ils réagissent bien au rayonnement direct du soleil. Leurs cellules transforment la lumière en courant continu.

Les panneaux sont reliés entre eux en série et constitue ainsi des chaînes appelées « string ». Sur un toit, plusieurs de ces chaînes forment le « champ photovoltaïque ».

- ☑ Panneaux mono cristallin : les plus puissants. Ils fournissent beaucoup de puissance sur peu de surface.
- ☑ Polycristallin : bon rapport qualité prix. De moins en moins utilisés.

Leur durée de vie est de l'ordre de 30 à 40 ans. La filière de recyclage est opérationnelle (PV Cycle récemment renommé SOREN). Son coût est intégré dans le prix du panneau.

Le cumul de la puissance de chaque panneau installé sur la toiture donne la puissance maximum de l'installation :

- puissance développée par panneaux : 350 à 410 Wc
- surface standard/panneaux : 1.70 m<sup>2</sup> (1.70 m x 1 m).

Attention, il existe également des panneaux de 2 m x 1 m. Pour comparer la performance des panneaux, prendre en compte la puissance surfacique (Wc/m<sup>2</sup>).

Le watt crête (Wc) est l'unité de référence en solaire photovoltaïque. Elle permet d'exprimer la puissance maximale d'un panneau (Wc) ou d'un champ solaire (kWc) dans des conditions normalisées d'éclairement (1000 W/m<sup>2</sup>) et de température au niveau du panneau (25°C). Ces conditions ne correspondent pas forcément à une situation réelle (chez nous fort ensoleillement = température élevée). Cette puissance est donc un peu théorique mais elle permet de comparer les performances des panneaux entre eux.

Ne pas confondre la puissance maximale de la centrale (kWc) et la puissance réellement injectée sur le réseau (kVA) au niveau du compteur.

Exemple : 300 kWc sur le toit correspondent environ à 250 kVA injectés sur le réseau.

### Les onduleurs

Ils transforment le courant continu produit par les panneaux, en courant alternatif valorisable par le réseau ENEDIS.

Ils contrôlent le fonctionnement de l'installation et affichent la quantité d'électricité produite.

Ils assurent la déconnexion du champ solaire avec le réseau électrique quand il y a une coupure de courant.

L'installateur peut faire le choix d'en monter un gros ou plusieurs petits.

C'est le talon d'Achille de l'installation. Il faut prévoir d'en renouveler une partie sur la durée de vie de l'installation.

Il est possible de souscrire une garantie auprès du fournisseur (jusqu'à 20 ans). A défaut, provisionner leur remplacement est indispensable.

#### A retenir

Comptez **5 m<sup>2</sup>** de surface de panneaux pour 1 kilo Watt crête de puissance (kWc) ou **200 Wc/m<sup>2</sup>**



## Repère

Aujourd'hui, la puissance moyenne des panneaux utilisés est comprise entre 350 et 400 W pour une dimension standard (1.60 à 1.70 m<sup>2</sup>). Attention, les panneaux les plus puissants sont parfois plus grands (2 m<sup>2</sup> au lieu de 1.70 m<sup>2</sup>). Pour comparer leur performance, utilisez le repère de puissance surfacique (Wc/m<sup>2</sup>) plutôt que celui de puissance maximum.

### ■ Deux techniques principales de pose des panneaux

On distingue deux techniques de pose des panneaux sur les hangars et granges agricoles :

- Mode « Intégration au bâti » (IAB ou BIPV) : Le panneau joue le rôle de tuile et assure l'étanchéité du toit. Plus esthétique mais pouvant générer des problèmes de fuite à plus ou moins long terme.
- Mode sur imposé (BAPV) : Les panneaux sont fixés au-dessus de la toiture. L'étanchéité est assurée par la couverture (bac acier ou fibro ciment sur les hangars agricoles, tuile ou ardoise sur les granges). C'est le type de pose privilégié sur les bâtiments agricoles.



Pose intégrée au bâti



Pose sur imposée dit « intégration simplifiée »

Le **système d'intégration** (ensemble du dispositif technique, rail, joint, fixation, sous couche, qui permet la fixation des panneaux sur le toit) doit avoir été testé par un organisme indépendant (résistance aux aléas climatiques). Il y a deux types d'agréments d'origine différente pour justifier de ces tests :

- Le Pass Innovation ou l'avis technique (ATEC) délivré par le CSTB
- L'ETN délivré par un bureau de contrôle

L'installateur peut faire le choix de l'un ou l'autre des agréments. Il doit être en mesure de vous fournir une attestation le justifiant.

En mode sur-imposé, les systèmes des fabricants se distinguent principalement sur le fait que leur fixation est prise sur le bac acier ou sur la panne.

## ■ Le raccordement électrique de l'installation

En plus des panneaux, des onduleurs et du système d'intégration, la centrale solaire est composée :

- D'un coffret électrique contenant les dispositifs de protection du circuit DC (courant continu). Ces protections sont parfois intégrées aux onduleurs.
- D'une console de suivi de la production à distance (supervision).
- D'un tableau électrique contenant les organes de protection du circuit AC (courant alternatif) et de coupure.
- De l'ensemble des câbles.
- Du câble de raccordement au réseau sur la partie privée (liaison tableau électrique/point de livraison EDF)

L'ensemble de ces coûts est intégré dans le devis de l'installateur.

Pour que votre étude de rentabilité soit complète, il faudra y rajouter le coût du raccordement au réseau sur la partie publique (géré par ENEDIS ou la régie local de distribution d'électricité). Il est à votre charge mais fait l'objet d'un devis séparé.

D'un niveau très variable selon la puissance de l'installation et le contexte, ce coût comprend le linéaire de tranchée, les traversées de route et le changement éventuel du transformateur.

Les installateurs solaires photovoltaïques sont en mesure de l'estimer plus ou moins précisément au moment de leur pré-étude. Vous en connaîtrez le montant exact une fois votre projet engagé, devis installateur signé et premières démarches administratives réalisées.

Prévoyez, au moment de la signature de votre devis, une clause d'exclusion vous permettant de récupérer l'argent que vous avez engagée en cas d'annulation du projet.

Le type de raccordement au réseau électrique dépend de l'utilisation qui vous faite de l'électricité produite :

- Autoconsommation : Le surplus est injecté sur votre ligne de consommation.
- Revente totale : création d'une deuxième ligne dédiée à l'injection de l'électricité solaire PV. voir § « comment valoriser la production d'électricité »

### Circuit électrique type d'une centrale solaire



# LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ : OPTIMISER SA PERFORMANCE

La production d'électricité dépend de plusieurs facteurs :

- ➔ La performance du matériel employé.
- ➔ La qualité de l'installation : l'installateur doit faire en sorte de limiter au maximum les pertes d'énergie sur le circuit.
- ➔ L'orientation du toit. L'idéal est plein Sud.
- ➔ L'inclinaison du pan de toiture. L'idéal est 35°.



Ne confondez pas ° et % d'inclinaison.

## Le saviez-vous ?

Dans le Loiret, la production d'électricité en condition optimale d'orientation et d'inclinaison est de l'ordre de :

**1150 kWh/kWc** de puissance installée pour une toiture inclinée à 17°.

Une installation de 100 kWc va donc produire 115 000 kWh d'électricité la première année.

La production baisse au fur et à mesure du vieillissement des panneaux (-0,4%/an). Les fabricants garantissent un niveau de production minimum au bout d'un certains nombres d'années.

Par exemple : « 90% de la production initiale à 20 ans ». Il s'agit là d'un critère de performance.

Les panneaux sont sensibles aux fortes températures. Ils perdent 0,4% de production par degré au-dessus de 25°C. C'est la raison pour laquelle, les meilleures conditions de production sont obtenues les journées de plein ensoleillement avec peu de température extérieure, au printemps par exemple. Certains producteurs font le choix d'arroser leurs panneaux l'été pour limiter ces pertes.

Les ombres portées sur les panneaux (masques) limitent également la production. Il est donc primordial d'éviter d'implanter une centrale à proximité d'arbres ou de bâtiment haut (silo, cheminée).

## Pour information

Le temps de fonctionnement à pleine puissance de l'installation est un critère qui permet de comparer la performance des différentes formes d'énergie renouvelable entre elles :

- ➔ Solaire photovoltaïque : 1 000 heures/an (facteur de charge : 12%)
- ➔ Méthanisation : 8 000 heures/an (facteur de charge : 90%)
- ➔ Eolien : 2 000 heures/an. (Facteur de charge : 22%)

## ■ Quel impact si les conditions optimales ne sont pas réunies ?

Lorsque l'on s'écarte des conditions d'exposition optimales, il faut appliquer, sur la production d'électricité, un **coefficient correcteur** (voir tableau ci-dessous). Ne pas respecter les conditions optimales n'est pas rédhibitoire pour un projet.

*Exemple :* Pour une centrale de 100 kWc de puissance maximale, orientée Sud-Est ou Sud-Ouest avec une inclinaison de 15°, la production d'électricité est de 1170 kWh/kWc/an x 93% x 100 kWc = 108 8100 kWh/an.

## Le saviez-vous ?

Les panneaux sont de plus en plus performants. Aujourd'hui, **une installation exposée Sud-Est ou Sud-Ouest produit autant que les premières installations exposées plein Sud.**

		Inclinaison de la toiture				
		0°	15°	25°	35°	50°
Orientation	Est	0.88	0.87	0.85	0.83	0.77
	Sud-est	0.88	0.93	0.95	0.95	0.92
	Sud	0.88	0.96	0.99	1	0.98
	Sud-ouest	0.88	0.93	0.95	0.95	0.92
	Ouest	0.88	0.87	0.85	0.82	0.76

### Rappel

Dans tous les cas, la conception d'un bâtiment neuf (position et hauteur du faîtage, hauteur sous pannes, orientation, accès) doit être guidée par son utilisation et non par l'objectif

de rentabilité de la centrale. Se décaler vers l'Est ou l'Ouest peut s'avérer nécessaire. Il est important d'en mesurer l'impact sur la rentabilité du projet.

### Simulation de production en fonction de l'orientation et de l'inclinaison

	Inclinaison du toit	
	17°	35°
	Productible (kWh/kWc)	Productible (kWh/kWc)
Plein Sud	1158	1216
50% Est + 50% Ouest	1009 (-13%)	966 (-21%)
100% Nord	839 (-28%)	643 (-47%)
50% Sud + 50% au Nord	998 (-14%)	929 (-24%)
60% Sud + 40% Nord	1030 (-11%)	987 (-19%)
70% Sud + 30% Nord	1062 (-8%)	1044 (-14%)
80% au Sud et 20% Nord	1094 (-5.5%)	1101 (-10%)

### A retenir

- **Les hangars sont moins impactés par l'orientation que les granges.** En toute logique, les toitures faiblement inclinées subissent moins l'impact d'un décalage par rapport au Sud. Si la production d'un toit de grange à 35° orienté plein Sud est plus importante que celle d'un toit à 17° (inclinaison standard des bâtiments solaires PV asymétrique), elle se dégrade plus vite au fur et à mesure que l'on se désaxe.



- **Montage 100% Nord : pas rentable !** Avec une perte de production de 28%, la rentabilité d'une centrale 100 kWc sur un toit à 17° chute de 77% ! Autant dire que le projet n'a pas d'intérêt.  
*Conseil d'installateur : « Aujourd'hui, il peut être judicieux de rendre les surfaces au Nord équipables, afin d'être prêt demain si la rentabilité est démontrée ».*
- **Rentabilité Nord/Sud similaire à Est/Ouest.** Avec 1% d'écart seulement, la production d'une centrale sur un toit incliné à 17° équitablement répartie entre le Nord et le Sud (50/50) est à peu près similaire à celle d'une centrale Est/Ouest. On note que les panneaux orientés à l'Est produisent toujours légèrement plus que ceux à l'Ouest.
- **Quand on manque de place côté Sud, mieux vaut compléter au Nord.** Sachant que le coût d'une installation ramené au Wc augmente lorsque la puissance baisse (exemple : Sur une centrale de 80 kWc, l'équipement en onduleur est identique au 100 kWc et le coût du raccordement au réseau varie peu). Donc, il est judicieux de rajouter des panneaux côté Nord si la puissance de votre projet est bridée côté Sud.
- **La perte de rentabilité du projet est supérieure à la perte de production.**

Les charges annuelles de fonctionnement n'étant pas liées à la quantité d'électricité vendue, une perte de production de 13% (exemple d'un toit orienté Est :Ouest) génère une perte de rentabilité de 36% (Estimation réalisée sur les bases de tarif 2021).

## COMMENT VALORISER LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE

Il y a deux solutions pour valoriser l'électricité produite. Chacune répond à des objectifs différents.

→	La revente totale	L'autoconsommation
Objectif	<b>Produire le maximum</b>	<b>Adapter la production à la consommation</b>
Motivations	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Financer tout ou partie de la construction d'un bâtiment neuf ou de la rénovation d'une toiture existante.</li> <li>➤ Optimiser la rentabilité de l'activité agricole développée sous le bâtiment</li> <li>➤ Financer un désamiantage</li> <li>➤ Réduire la facture d'électricité (après tout, on affecte le gain sur le poste de charge de son choix !)</li> <li>➤ Rentabiliser une disponibilité financière.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Réduire la facture d'électricité</li> <li>➤ Maîtriser son prix d'achat de kWh dans le temps</li> <li>➤ Produire de l'énergie verte</li> </ul>

## ⇒ La revente totale

Cela représente 75% des cas environ.

La totalité de l'électricité solaire photovoltaïque est injectée dans le réseau. EDF a l'obligation de vous acheter chaque kilowatt heure produit. Un contrat est établi pour 20 ans.

Pour que la démarche soit rentable, le prix du kWh acheté par EDF dans le cadre du contrat (voir ci-dessous) doit être supérieur au prix de revient du kWh produit par la centrale.

Pour les installations dont la puissance maximale est inférieure à 500 kWc, ce tarif d'achat est défini chaque trimestre par la commission de régulation de l'énergie (CRE).

### Contrat de vente en totalité

Tarif du 1<sup>er</sup> novembre 2023 au 31 janvier 2024

	Puissance (kWc)				
	<3	3 à 9	9 à 36	36 à 100	100 à 500
Tarifs d'achat (c€/kWh)	17.35	14.74	13.82	12.02	12.08

Ces tarifs d'achat sont révisés chaque trimestre par la CRE. Ils évoluent en général à la baisse. Certains émettent l'hypothèse de leur disparition d'ici moins de trois ans.

Une fois le contrat signé, ce tarif est acquis pendant la durée du contrat. Il évolue alors, pendant les 20 ans, au gré de l'inflation (+ 0.4 à +0.5%/an).

A noter que pour les centrales de 100 à 500 kWc, le volume d'électricité valorisé au tarif du tableau ci-dessus est plafonné à 1 100 heures maxi (équivalent pleine puissance) soit 220 000 kWh pour une centrale 200 kWc. Au-delà, le tarif de vente est abaissé à centimes 4 centimes d'€/kWh

Pour les installations de plus de 500 kWc, le tarif d'achat est défini dans le cadre d'une démarche d'appel d'offre national. Il est en général inférieur au tarif réglementé. Les démarches administratives sont plus contraignantes.

## ⇒ L'autoconsommation

Le prix de l'électricité achetée sur le réseau augmentant et le prix des installations solaire PV baissant, l'autoconsommation devient une stratégie de plus en plus souvent évoquée. Cette technique s'adresse aux exploitations disposant d'une source de consommation électrique régulière et stable : élevage hors sol, système de ventilation, méthaniseur, frigo, éclairage, chaîne de conditionnement, atelier de transformation, ...

Pour que la démarche soit rentable,

- ⇒ le prix de revient du kWh produit par la centrale doit être inférieur au prix du kWh acheté sur le réseau. Aujourd'hui, une installation sur toiture produit un kWh à environ 6-7 centimes d'euros. Compte tenu de l'évolution du prix du kWh réseau, il devient donc compétitif.
- ⇒ Il faut limiter autant que possible la quantité d'électricité non valorisée. La surface de la centrale doit être dimensionnée pour couvrir le besoin minimum journalier. Une estimation préalable et précise de la consommation de l'exploitation est indispensable.

L'autoconsommation peut se gérer de plusieurs façons :

- **En autoconsommation total** : vous vous engagez à ne rien injecter sur le réseau. Le surplus n'est pas valorisé financièrement. Souvent utilisé sur les petites installations.
- **Avec stockage batterie** : permet d'autoconsommer une plus grande partie de la production. Aujourd'hui, seules les solutions de stockage sur des temps très courts (production le jour, consommation la nuit) sont envisageables. Il est pour l'instant très compliqué de produire de l'électricité l'été pour la consommer l'hiver.  
Attention, le stockage sur batterie coûte relativement cher. Il double le prix de revient de votre kWh photovoltaïque.

➤ **Avec revente de surplus :**

Appelé aussi « vente de l'excédent », c'est la solution intermédiaire entre la revente totale et l'autoconsommation totale. Elle permet de valoriser tous les kWh produits par la centrale. L'installation est raccordée au réseau avec un seul compteur qui compte dans les deux sens.

Les kWh qui ne sont pas autoconsommés sont injectés sur le réseau. Un contrat de vente sur 20 ans est établi avec EDF. Le tarif varie de 8 à 13 centimes d'euros par kWh en fonction de la puissance installée.

**Combien vous coûte 1 kWh d'électricité aujourd'hui ?**

Exemple d'un irrigant en juillet 2022.  
Tarif jaune en heure pleine et heure creuse

	€/kWh	% du HT
Consommation	0.05	55%
Abonnement	0.003	3%
TURPE	0.033	36%
Taxes	0.005	5%
Total HT	0.091	

Le coût du kWh économisé grâce à la centrale solaire correspond au prix du kWh seul (consommation) + les charges variables qui lui sont affectées ( une partie du TURPE et une partie des taxes).  
Dans le cas présent, on ne tiendra compte que du tarif des heures pleines (celles de jour), le solaire PV ne produisant pas la nuit.  
Soit **7.3 centimes d'euros HT**.

**Contrat de vente de surplus**

	Puissance (kWc)				
	<3	3 à 9	9 à 36	36 à 100	100 à 500
Tarif (c€/kWh)	13.00	13.00	7.80	7.80	12.08
Prime investissement (€/kWc)	370	280	200	100	0

Avec un tarif de valorisation du surplus au même niveau que celui de vente en totalité sur la tranche 100-500, a-t-on tout intérêt à raccorder systématiquement les centrales de cette puissance en vente de surplus ?

Si vous achetez votre kWh réseau (fourniture du kWh + charge variable affectés) plus de 13 centimes d'euros, vous avez intérêt à autoconsommer votre kWh solaire plutôt qu'à le vendre à EDF.

Attention toutefois sur le plan du raccordement au réseau. Les installations en autoconsommation sont raccordées sur la ligne de soutirage. Il faut donc que celle-ci puisse supporter la puissance maximale de votre centrale solaire.

Un renforcement peut s'avérer nécessaire.

## Notre conseil

Afin d'étudier un projet en autoconsommation, il faut d'abord bien connaître ses consommations (au long de l'année et au fil de la journée). Pensez à déclencher dès à présent l'enregistrement des informations.

Si votre compteur n'enregistre pas automatiquement ces informations, vous pouvez poser un ou plusieurs compteurs électriques enregistreurs.

**Téléchargez notre guide détaillé sur l'autoconsommation solaire sur notre site internet**

## ■ Quelle est la rentabilité d'un projet photovoltaïque ?

Entre 2008 et 2023, le contexte économique du solaire photovoltaïque a fortement évolué :

- ➔ Le tarif d'achat de l'électricité injectée sur le réseau a été divisé par 4.5.
- ➔ Le prix d'achat des centrales solaires a été divisé par 6.

Si le temps de retour sur investissement n'a pas forcément changé avec les années (environ 10 ans), le bénéfice dégagé à la fin du contrat d'achat a fortement baissé. La construction d'une centrale ne doit donc plus être considérée comme une source de revenu complémentaire mais comme un moyen d'optimisation.

Aujourd'hui, c'est le nombre de kWh vendus qui fait la rentabilité plus que le prix de vente du kWh. Il peut être judicieux de couvrir un maximum de surface disponible.

La prise en charge à 60% du coût du raccordement au réseau électrique contribue à la rentabilité des projets.

Dans le Loiret, il n'y a pas de subventions locales accordées à ce type de projet. Retenir toutefois que le tarif d'achat et la prise en charge partiel du coût de raccordement sont des subventions visant à développer cette source d'énergie renouvelable.

Exemple de calcul de rentabilité en revente totale sur la base tarif d'achat 1<sup>er</sup> trimestre 2023)

Résultats sur 20 ans – avril 2023	36 kWc	100 kWc	160 kWc	300 kWc
Productible solaire	1 150 kWh/kWc			
Tarif d'achat du kWh	14,3	10,43	12,87	12,87
Investissement (hors couverture)	46 700	88 500	149 000	264 500
Bénéfice sur 20 ans	42 067	126 932	204 383	413 014
Temps de retour sur investissement	12 ans	9 ans	10 ans	9 ans
Taux de rentabilité	3,09%	4,05%	3,94%	4,21%
Prix de revient du kWh sur 20 ans	9,7 c d'€	7,2 c d'€	7,6 c d'€	7,1 c d'€
Prix de revient du kWh sur 30 ans	7,4 c d'€	5,7 c d'€	6,0 c d'€	5,6 c d'€

Attention aux exigences des assureurs qui selon la nature de l'activité agricole développée sous le bâtiment (stockage de paille, d'engrais, certains élevages) peuvent faire grimper le montant de leur prime. Ne pas hésiter à faire jouer la concurrence.

### N'oubliez pas les « faux frais »

Ils ne sont pas toujours intégrés dans les études de rentabilité par les installateurs : la provision pour le remplacement des onduleurs à défaut d'avoir intégré une extension de garantie, l'abonnement internet pour le suivi à distance, le lavage des panneaux tous les 2-3 ans, voir le coût du démontage des panneaux en fin de vie (celui du recyclage est pris en charge).

## LES DIFFERENTES FAÇONS D' « INVESTIR »

### ■ A titre individuel

Vous êtes propriétaire de votre centrale. Vous profitez des bénéfices de la revente d'électricité pendant toute sa durée de vie.

A la fin du contrat EDF (20 ans) et pendant les 10 à 15 ans qui suivront, vous revendrez l'électricité qu'elle continue à produire. Un fournisseur d'électricité proposera de vous l'acheter au prix de marché. Vous pourrez également détourner le branchement de quelques panneaux pour autoconsommer une partie de la production.



## Il s'agit du cas de figure le plus fréquent.

Une démarche d'achat groupé, réalisée à l'initiative d'un groupe d'agriculteurs, peut être en court sur votre département. Elle vous permet de obtenir un prix d'achat plus compétitif de votre centrale solaire auprès d'un installateur référencé. Renseignez-vous auprès de votre Chambre d'Agriculture.

### ■ Louer votre toiture ou votre parcelle à un tiers investisseur

#### ➔ Lui louer votre toiture

- ➔ Vous mettez la toiture de votre bâtiment à disposition d'un investisseur via la signature d'un bail longue durée.
- ➔ L'investisseur y installe une centrale solaire, l'exploite et assure son entretien. Il perçoit les bénéfices de la vente d'électricité.
- ➔ En contrepartie, vous percevez une rémunération. Leur contrat propose en général deux alternatives :
  - Soit il vous verse une somme d'argent au départ du projet : intéressant si vous avez besoin d'un apport de capital ponctuel. Exemple : 20 000 € pour 600 m<sup>2</sup> de surface.
  - Soit vous recevez un loyer régulier : cette solution est en général plus rémunératrice. Exemple : 1200 €/année de bail

La rémunération est calculée en fonction du rendement de la centrale donc de sa situation géographique et du coût du raccordement. Chaque cas est donc traité individuellement.

- ➔ A la fin du bail, votre toiture vous est restituée aux conditions mentionnées sur le bail soit avec la centrale, soit après démontage de celle-ci. Attention, après 30 ans, la centrale peut être considérée comme obsolète. Tenez en compte pour négocier ces conditions de restitution.

#### Notre avis

Nécessite de disposer d'un bâtiment compatible. Permet de percevoir une rémunération directe.

#### ➔ Lui mettre à disposition une parcelle

Vous passez un contrat avec une société solaire photovoltaïque.

- ➔ Vous lui mettez une parcelle à disposition via un bail longue durée (30 ans).
- ➔ Sur cette parcelle, elle construit un bâtiment équipé d'une centrale solaire.
- ➔ Elle vend l'électricité à son compte et gère son entretien.
- ➔ En échange, elle vous met le bâtiment à disposition.
- ➔ A la fin du bail de 30 ans, elle vous cède le bâtiment et la centrale solaire.

#### Notre avis

**Que ce soit pour la location de toiture ou la mise à disposition de bâtiment « gratuit », vous perdez une partie du bénéfice. Par contre, vous ne bloquez pas votre capacité d'investissement.**

**Après quelques cas frauduleux, il semble que cette solution redevienne envisageable grâce à des sociétés ayant pignon sur rue. Attention, une fois équipé, à vos frais, de porte(s), bardage, ... le bâtiment n'est plus aussi gratuit que cela !**

## ■ Investir en collectif

De plus en plus de projets collectifs sont mis en place à l'initiative des Chambres d'Agriculture ou des syndicats agricoles.

- ➔ Un groupe d'agriculteurs crée une structure juridique de type SAS.
- ➔ Chaque adhérent de la SAS lui met à disposition une parcelle (surface égale à celle du bâtiment) via un bail longue durée (30 ans).
- ➔ La SAS construit sur chacune de ces parcelles un bâtiment équipé d'une centrale solaire.
- ➔ Elle en exploite la vente de l'électricité.
- ➔ En contre-partie, elle met le bâtiment à disposition de chaque agriculteur.

### Intérêt de la démarche

- ➔ Permet de répondre à un besoin en bâtiment en mobilisant peu de financement (uniquement les parts sociales de la SAS). Attention, là aussi, le bâtiment n'est pas gratuit.
- ➔ Economies d'échelle réalisée par la SAS sur l'achat des bâtiments et des centrales solaires.
- ➔ Certains frais peuvent être mutualisés (frais de raccordement par exemple).

### Notre conseil

**Cette démarche, intéressante, est plus adaptée à l'achat de bâtiments neufs qu'à la rénovation de toiture existante. Elle nécessite d'avoir un groupe le plus homogène possible en terme de besoin. Une personne leader doit en émerger pour porter les intérêts du collectif. La mise en place du projet nécessite temps et énergie.**

## LES CLES D'UN INVESTISSEMENT REUSSI

### ■ Equiper une toiture existante

Que ce soit pour rénover une toiture en mauvais état ou en équiper une en bon état, des solutions techniques existent quel que soit la nature du support : tuile, ardoise, bac acier ou fibro.

Le premier critère à prendre en considération est la capacité de la charpente à supporter les 12 à 15 kg supplémentaires générés par les panneaux, les rails de fixation et les câbles. Une étude de résistance peut s'avérer nécessaire. A défaut, peu d'installateurs prennent le risque de poser une centrale sur une charpente qu'ils ne connaissent pas.

Equiper une toiture en bon état est devenu financièrement cohérent depuis que la réglementation n'impose plus de déposer la couverture existante. L'installateur devra s'assurer que sa conception est compatible avec son système d'intégration : entre axe de pannes, forme et épaisseur du bac acier, ... Il est désormais possible d'équiper des couvertures en tuiles en bon état, sans démontage, grâce à un système de crochets.

Dans le cas d'une rénovation, l'économie réalisée sur le non remplacement de la couverture d'origine sur la partie couverte de panneaux pourra être pris en compte dans votre calcul de rentabilité (cas des toitures type tuiles, ardoises).

Vous trouverez sur notre site, une note technique spécifique sur ce thème.

## ■ Les démarches administratives

Aujourd'hui, les installateurs solaires s'occupent de réaliser toutes les démarches administratives pour leur client et intègre ce coût dans leur devis :

- ➔ Démarches auprès des organismes publics (permis de construire, architecte de bâtiments de France si nécessaire),
- ➔ Demande de raccordement au réseau,
- ➔ Signature du contrat d'achat avec EDF ou votre régie locale de distribution d'électricité,
- ➔ Contrôle de l'installation par les organismes officiels avant sa mise en service

Il faut compter un an à 1.5 an de délai entre la signature du devis et la mise en service de l'installation.

Un délai de 18 mois maximum doit être respecté entre la date de validation du tarif d'achat et la fin de réalisation des travaux.

## ■ Les critères de choix de l'installateur

Même si le coût du matériel solaire a fortement baissé, investir dans une centrale reste un projet coûteux dont la rentabilité s'inscrit dans le temps. Il convient donc de **choisir un installateur qui pourra vous garantir aussi longtemps que possible un suivi de production et une intervention rapide en cas de panne.**

Au moment de l'achat, il peut être judicieux de solliciter 2 voire 3 sociétés afin de comparer leurs offres commerciales. Chaque installateur devra à minima :

- ➔ Vous présenter un devis détaillé accompagné d'une étude prévisionnelle contenant l'estimation de la production d'électricité.
- ➔ Vous indiquer des installations de référence, si possible sur votre secteur.
- ➔ Vous fournir une attestation d'assurance décennale (contenu et date valide).
- ➔ Disposer d'une qualification professionnelle (quali « PV », qualif'élec, qualibat, avec le label RGE).

## L'ALTERNATIVE A LA TOITURE : LE SOL

### ■ L'opportunité du solaire photovoltaïque au sol

L'installation de panneaux solaires au sol bénéficie de plusieurs atouts :

- ➔ Conditions de production optimales : les panneaux peuvent bénéficier de l'orientation et de l'inclinaison idéale. Leur refroidissement est meilleur qu'en toiture.
- ➔ Economie d'échelle pour les grosses centrales (« fermes solaires »).
- ➔ Implantation complètement réversible.

C'est une technique toutefois consommatrice d'espace puisqu'à surface équivalente, on installe environ deux fois moins de puissance au sol que sur toiture (les panneaux montés touche à touche).

Dans ce domaine, Il faut distinguer :

- ➔ **Les grosses installations** (minimum 3 ha) de plusieurs Mégawatt de puissance (environ 1 MW/ha) sont réalisées par des entreprises spécialisées. L'électricité est injectée sur le réseau. Les porteurs de projets privilégient des implantations sur les terrains pollués, friches industrielles, anciens terrain militaires, ... mais ces surfaces ayant été largement prospectées, il se tournent aujourd'hui vers les parcelles agricoles. Au sein de la profession agricole, le conflit d'usage du foncier reste une préoccupation. Certaines DDT ont rédigé des doctrines. Leur contenu varie en fonction des départements.
- ➔ **Les installations individuelles** : De quelques mètres carrés à ½ ha, de quelques panneaux posés au sol jusqu'à l'implantation de trackers, elles sont exclusivement destinées à l'autoconsommation (voir notre guide sur l'autoconsommation).

## ■ Le tracker

Au sol, les panneaux sont souvent implantés sur des structures fixes (tables). Lorsque la place disponible manque, ils peuvent l'être sur des mats orientables (trackers). Ce principe permet, en suivant la position du soleil (orientation et inclinaison), d'optimiser la production d'électricité de l'ordre de 20 à 40%.



## ■ Le solaire PV flottant



C'est une alternative au solaire PV au sol qui pourrait permettre, dans le domaine agricole, de valoriser les surfaces disponibles sur les réserves d'irrigation. Mais le surcoût des flotteurs et des systèmes d'ancrage limitent ce type de projet à des surfaces supérieures à 5 ha, peu compatibles avec nos cas de figure.

## ■ L'agrivoltaïsme

L'agrivoltaïsme combine une production agricole principale et une production d'électricité secondaire. Des synergies de fonctionnement peuvent permettre d'envisager une plus value sur la production agricole (protection contre les aléas climatique, gestion de l'ombrage dans les secteurs très ensoleillés).

Les panneaux peuvent être posés sur des structures hautes (jusqu'à 4-5 m), type ombrière, au dessus de cultures type vigne, arbre, fruits rouges, ou au sol. Au sol, ils peuvent être implantés horizontalement pour protéger des animaux (ovins, volaille, ...) ou verticalement, laissant ainsi plus de place à la culture.



### La réalisation de votre projet

Le solaire photovoltaïque est un domaine de compétence plutôt récent en France. Vous n'en maîtrisez pas forcément bien le contenu, la technologie, la terminologie, ...

La Chambre d'Agriculture du Loiret peut vous proposer un accompagnement (formation, accompagnement individuel) pour vous aider à concrétiser le plus sereinement possible votre projet.



Pour plus d'informations

**Sylvain DESEAU :**

06 86 40 98 16

[sylvain.deseau@loiret.chambagri.fr](mailto:sylvain.deseau@loiret.chambagri.fr)