

GUIDE DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE EN AUTOCONSOMMATION

en Occitanie



La Région
Occitanie
Pyrénées - Méditerranée



“ L’autoconsommation d’énergie photovoltaïque s’inscrit dans un projet global, aux côtés de tout un potentiel d’énergies renouvelables qui fait la force de notre région Occitanie.”

La Région Occitanie vous propose ce guide Autoconsommation dans le domaine du photovoltaïque, fruit des retours d’expériences réalisées à partir de projets financés par notre collectivité. Nous nous sommes engagés à devenir **la première Région à énergie positive d’Europe d’ici 2050**, en diminuant les consommations énergétiques et en multipliant par 3 la production d’énergies renouvelables. Dans ce scénario, l’énergie photovoltaïque occupe une place importante, avec une multiplication par 12 d’ici 2050 par rapport à la puissance installée en 2015. Notre potentiel solaire naturel nous permet d’avoir des objectifs élevés, et il est à valoriser, en s’appuyant sur de nouveaux modes de consommations énergétiques.

Dans ce contexte, et depuis 2016, la Région reconduit chaque année des appels à projets sur l’autoconsommation d’énergie photovoltaïque. Ils ont pour objectif de faire émerger des opérations diversifiées, en complément des dispositifs d’aide nationaux. C’est une brique complémentaire, pour des projets adaptés et sur mesure, qui démontrent une pertinence technique et un modèle économique soutenable. La Région accompagne différents projets tels que, par exemple, des panneaux installés en toiture d’atelier mécanique et de chaudronnerie dans le Tarn, une installation pour des ateliers agro-alimentaires dans l’Aude, ou encore, un dispositif innovant d’autoconsommation collective pour des logements sociaux dans le Gard. Véritable vecteur du développement du solaire pour demain, l’autoconsommation d’énergie photovoltaïque s’inscrit dans un projet global, aux côtés de l’éolien flottant, de l’hydro-électricité, tout un potentiel d’énergies renouvelables qui fait la force de notre région Occitanie, des Pyrénées à la Méditerranée.

Carole DELGA

Présidente de la Région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée

Sommaire

Préambule	06
Principe de fonctionnement de l'énergie solaire photovoltaïque	07
Définition et principes de l'autoconsommation	08
Objectifs et enjeux d'un projet en autoconsommation	09
Les différents modèles techniques, économiques et juridiques de l'autoconsommation	11
<i>Les différents modèles techniques de l'autoconsommation</i>	<i>11</i>
■ L'autoconsommation simple	11
■ L'autoconsommation optimisée	12
■ L'autoconsommation avec stockage	12
<i>Les différents modèles économiques et juridiques de l'autoconsommation</i>	<i>13</i>
■ Le modèle d'autoconsommation individuelle totale et partielle	13
■ Le modèle d'autoconsommation collective	16
<i>Synthèse du cadre juridique de l'autoconsommation</i>	<i>17</i>

Comment définir si mon site est propice à l'autoconsommation ?	18
<i>Est-ce que mon site dispose de surface exploitable ?</i>	19
<i>Quelle puissance crête de modules pourrais-je installer ?</i>	23
<i>Quelle quantité d'énergie pourrais-je produire ?</i>	24
<i>Mon profil de consommation est-il adapté à l'autoconsommation ?</i>	26
■ Courbes de charge très favorables	27
■ Courbes de charge favorables	28
■ Courbes de charge défavorables	29
<i>Puis-je envisager un projet d'autoconsommation sur mon site ?</i>	30
Comment évaluer l'intérêt économique de mon projet ?	31
Comment procéder pour réaliser mon projet ?	34
Liste des acronymes	35



Annexes

1. Tableau des financements mobilisables en 2019	37
2. Intérêt de l'autoconsommation suivant les activités sur site	38
3. Taxes et impôts soumis aux producteurs photovoltaïques vendant de l'électricité	40
4. Les grandes étapes d'un projet	42

PRÉAMBULE



© Emmanuel Grimaud - Région Occitanie

Dès 2016, la Région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée a exprimé sa volonté de devenir la première Région à énergie positive d'Europe à l'horizon 2050. Elle bénéficie d'un gisement solaire exceptionnel et se situe au 2^e rang des régions françaises pour la puissance solaire photovoltaïque installée.

La Région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée a lancé en 2016 un appel à projets « Solaire photovoltaïque en autoconsommation » afin de faire émerger des projets exemplaires sur le nouveau segment de marché de l'autoconsommation. L'objectif de l'appel à projets est d'accompagner des réalisations sur l'ensemble du territoire et de permettre aux porteurs de projets et à leurs maîtres d'œuvre d'acquérir des compétences techniques, et d'explorer de nouveaux modèles juridiques et financiers inhérents à ce type de projet.

Entre 2016 et 2019, la Région a retenu 45 projets lauréats qui constituent des références à l'échelle régionale. Ces projets, représentant une puissance cumulée de 3,3 MWc, ont bénéficié de 1,5 M€ de subventions octroyées par la Région. Celle-ci se positionne aujourd'hui comme leader sur ce nouveau mode de consommation énergétique décentralisée liant producteur et consommateur.

Afin de favoriser le retour d'expériences, la Région a lancé une évaluation des premières installations réalisées sur son territoire. L'objectif de cette évaluation était de vérifier le bon fonctionnement des installations, d'analyser les obstacles rencontrés par les maîtres d'ouvrages, les maîtres d'œuvre et les installateurs et de valoriser les bonnes pratiques. Le présent guide a été rédigé à partir des situations observées lors de l'évaluation des projets.

Ce guide va permettre d'assister les maîtres d'ouvrage (Collectivité ou Entreprise), pour évaluer la pertinence d'un projet en autoconsommation solaire photovoltaïque et lui donner les informations nécessaires pour pouvoir réaliser dans les meilleures conditions son projet.

Ce document n'a pas vocation à détailler la conception technique des projets, qui est le travail des bureaux d'études spécialisés, mais à apporter des éléments concrets pour mieux appréhender les enjeux inhérents à la réalisation d'installation solaire photovoltaïque en autoconsommation et faciliter l'aide à la décision des maîtres d'ouvrage.

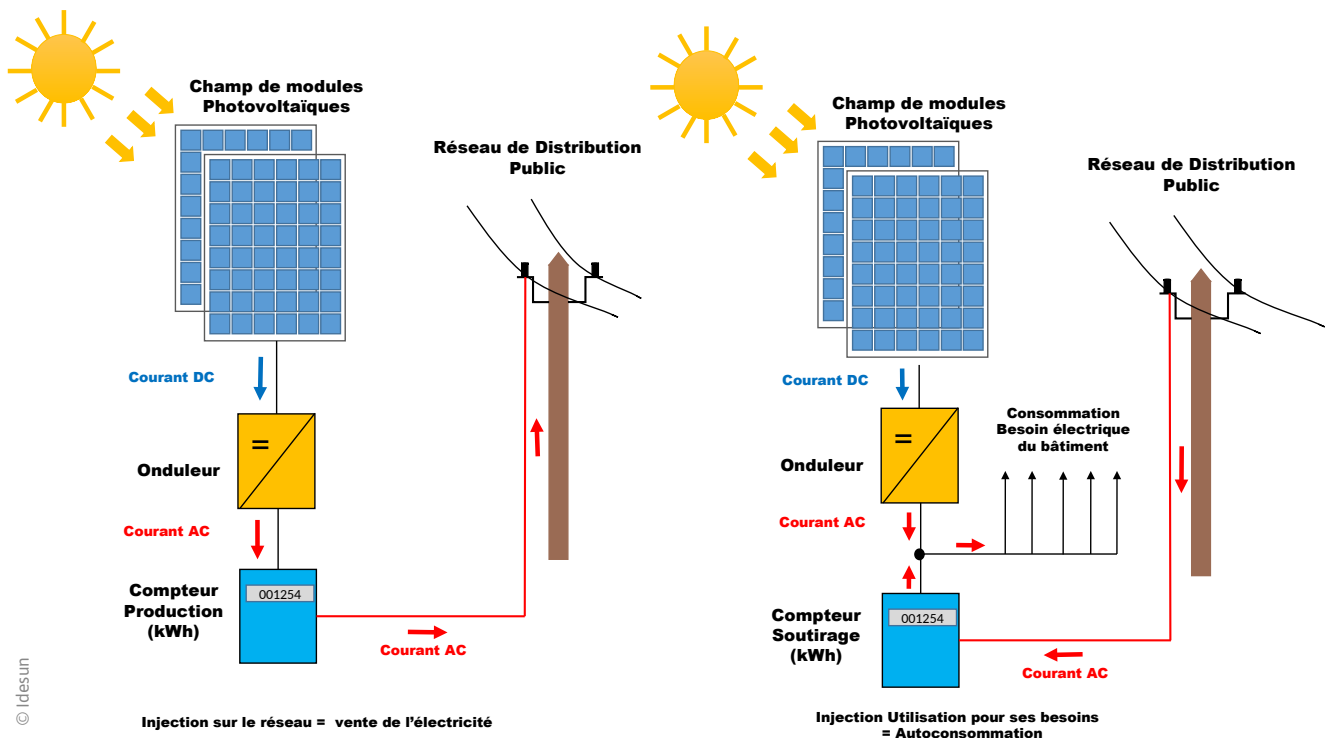
Ce document s'adresse aux maîtres d'ouvrage qui souhaitent réaliser des projets d'autoconsommation photovoltaïque correspondant à des puissances crêtes comprises entre 10 et 1 000 kWc.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

L'énergie solaire est produite à partir de modules photovoltaïques dont la fonction est de convertir la lumière du soleil en énergie électrique directement exploitable en courant continu.

Ce phénomène de conversion présente l'avantage de ne générer aucune nuisance sonore et assure un très haut niveau de fiabilité du fait qu'il n'existe pas de pièces mécaniques qui pourraient s'user dans le temps. Les modules photovoltaïques sont réalisés avec des matériaux durables (verre et aluminium).

Cette énergie électrique courant continu est ensuite transformée en courant alternatif similaire à celui du réseau de distribution public au travers d'un appareil nommé **onduleur**. Cela permet de raccorder l'installation solaire directement sur le réseau public et de générer l'électricité produite sur le réseau électrique intérieur pour l'autoconsommation ou sur le réseau du distributeur pour vendre l'énergie.



DÉFINITION ET PRINCIPES DE L'AUTOCONSOMMATION

De manière générale, l'autoconsommation est le fait qu'un maître d'ouvrage consomme l'énergie qu'il produit sur son site d'activités. Il existe **deux grands concepts d'autoconsommation** :

L'autoconsommation individuelle (Code de l'énergie - Loi du 24/02/2017 – Article L315.1)

Le concept de base de l'autoconsommation individuelle consiste, pour un maître d'ouvrage, à consommer sur son site tout ou partie de l'électricité qu'il produit à l'aide de sa centrale photovoltaïque. Cette électricité peut être consommée au fil de sa production ou bien plus tard après avoir été stockée.

L'autoconsommation collective (Code de l'énergie - Loi du 24/02/2017 – Article L315.2)

Le concept d'autoconsommation collective consiste à la fourniture d'électricité entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finaux liés entre eux au sein d'une personne morale et dont les points de soutirage et d'injection sont situés en aval d'un même poste public de distribution de moyenne tension. Dans ce cas de figure, cela permet de produire de l'énergie sur un ou plusieurs sites et de partager les surplus de production avec d'autres consommateurs.

La loi PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises) qui a été votée par les députés en avril 2019 (LOI n°2019-486 du 22 Mai 2019) élargit le périmètre des opérations d'autoconsommations collectives qui étaient jusque-là limitées aux porteurs de projets situés en aval d'un même poste public de transformation d'électricité de moyenne tension en basse tension et à une puissance de 100 kWc par site. Cette loi qui modifie les articles L315-2 et L315-3 du code de l'énergie supprime la limitation de puissance des 100 kWc et autorise la réalisation d'opérations qui respectent des critères de proximités géographiques fixés par un arrêté du ministre chargé de l'énergie, après avis de la Commission de Régulation de l'Énergie. Cet arrêté doit être publié dans l'année

2019. Il est donc recommandé au maître d'ouvrage de s'informer sur les critères de réalisation d'un tel projet dès sa parution.

Les projets d'autoconsommation sont associés à deux indicateurs importants qui permettent d'évaluer la pertinence technique du projet. Ces indicateurs sont le Taux d'Autoconsommation (TAc) et le Taux d'autoproduction (TAp) dont les définitions sont données ci-après :

→Taux d'Autoconsommation (TAc)

Ce taux correspond à la part de la production solaire photovoltaïque qui est consommée sur le site par rapport à la production totale de l'installation. Il se calcule selon la formule suivante :

$$\text{TAc (\%)} = \frac{\text{Production solaire consommée sur le site (kWh)}}{\text{Production solaire totale (kWh)}}$$

→Taux d'Autoproduction (TAp)

Ce taux parfois appelé aussi taux de couverture correspond à la part de la production solaire photovoltaïque qui est consommée sur le site par rapport à la consommation totale du site. Il se calcule selon la formule suivante :

$$\text{TAp (\%)} = \frac{\text{Production solaire consommée sur le site (kWh)}}{\text{Consommation totale du site (kWh)}}$$

OBJECTIFS ET ENJEUX D'UN PROJET EN AUTOCONSOMMATION



Les motivations pour réaliser un projet en autoconsommation **peuvent être** d'origines multiples et sont principalement **axées autour des objectifs suivants** :

..... **Réduction et maîtrise dans le temps des coûts de la facture énergétique électrique**

L'énergie solaire présente l'avantage de produire à un coût stable sur la durée de vie de l'ouvrage comprise entre 25 et 30 années. En effet, le coût de production de cette énergie est très peu sensible à l'environnement extérieur hormis l'évolution des coûts de la main-d'œuvre liée à la maintenance des installations. L'augmentation régulière des volumes de production mondiale de modules solaires photovoltaïques permet aujourd'hui et dans le futur de rendre les coûts de production de cette énergie de plus en plus compétitifs par rapport au coût de l'électricité issue du réseau. La valeur du coût de production du kilowattheure solaire peut être

très variable d'un projet à l'autre en fonction de la nature du profil de consommation du site et des conditions selon lesquelles la centrale solaire est installée : zone géographique, orientation, inclinaison et type d'intégration des panneaux solaires.

..... **Limiter l'impact environnemental lié à l'activité du site**

La production d'énergie solaire à partir d'une centrale solaire photovoltaïque permet de limiter les émissions de carbone produites par kWh d'énergie électrique produite. En France, le fait de produire de l'énergie solaire photovoltaïque permet de diminuer son empreinte carbone par rapport à l'énergie produite par le mix énergétique et consommée sur le réseau public de distribution. La valeur de l'empreinte carbone d'un module photovoltaïque va dépendre de l'origine des pays des principales pièces qui le composent et du pays dans lequel il est fabriqué. Le choix de l'origine du module est donc important pour les porteurs de projet motivés par la limitation de leur impact environnemental. Cet objectif peut par exemple être en lien direct avec l'activité de l'entreprise pour permettre une valorisation marketing des produits auprès des clients ou faire partie d'une politique générale du porteur de projet. Dans ce cas, les bénéfices de l'investissement dans cette technologie de production peuvent donc se valoriser autrement que par un indicateur économique. Des solutions plus architecturales peuvent dans ce cas de figure être imaginées et concrétisées.

..... **Suivre les exigences et obligations réglementaires.**

Les lois pour réaliser et réussir la transition énergétique (Plan Climat Air Énergie) ainsi que les diverses réglementations sur la construction de bâtiments, qui évoluent et tendent de plus en plus vers la construction de bâtiments à énergie positive (BEPOS), incitent à la mise en place de solution de production d'énergie renouvelable dont fait partie le solaire photovoltaïque. La technologie photovoltaïque est aujourd'hui mature et la durée de vie des composants est équivalente à la plupart des éléments de construction de l'enveloppe du bâtiment. Cela permet donc d'envisager la construction de centrale de production d'électricité pour de la consommation propre dans un bâtiment ou dans un environnement proche au niveau du quartier.



Quel que soit l'objectif du maître d'ouvrage, le succès du projet sera présent dans la mesure où le projet d'autoconsommation est pleinement adapté au profil de consommation actuel et futur du site et la centrale correctement construite et entretenue dans le temps.

Il est donc nécessaire dans un tout premier temps que le maître d'ouvrage détermine si son site est propice à la mise en place d'un générateur en autoconsommation.

L'énergie solaire est une énergie renouvelable vous permettant de réduire votre dépendance énergétique, et d'épargner des ressources fossiles et fissiles, en cours d'épuisement.



© Laurent Boutonnet - Région Occitanie

LES DIFFÉRENTS MODÈLES TECHNIQUES, ÉCONOMIQUES ET JURIDIQUES DE L'AUTOCONSOMMATION

L'autoconsommation consiste à consommer l'énergie que l'on produit **soi-même**. Il ne faut pas confondre avec l'autoproduction qui représente la part d'énergie **produite** par l'utilisateur.

Les différents modèles techniques de l'autoconsommation

Les projets d'autoconsommation peuvent être conçus selon plusieurs architectures électriques plus ou moins complexes selon les souhaits du maître d'ouvrage et les profils de consommation des sites.

Parmi les différentes possibilités techniques de concevoir et de réaliser un projet d'autoconsommation on peut distinguer principalement les trois modèles décrits ci-après :

■ L'autoconsommation simple

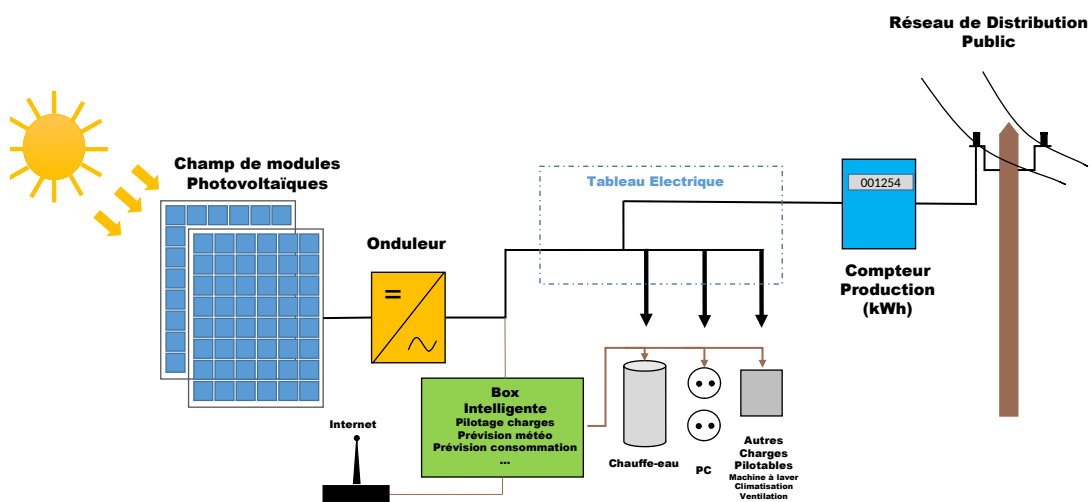
Les systèmes d'autoconsommation simple sont comme leur nom l'indique les systèmes les moins complexes à concevoir et à mettre en œuvre. L'installation solaire, après avoir été dimensionnée sur la base des consommations du site, est raccordée au réseau de distribution du site et l'énergie produite est autoconsommée si la consommation

est supérieure à la production et renvoyée en partie sur le réseau de distribution si la consommation du site est inférieure à la production.

■ L'autoconsommation optimisée

Les systèmes d'autoconsommation optimisés possèdent, en plus de la centrale photovoltaïque (autoconsommation simple), un ou plusieurs dispositifs permettant le pilotage de certains appareils dans l'objectif de les faire fonctionner en période de surplus de production solaire pour améliorer le taux d'autoconsommation du projet.

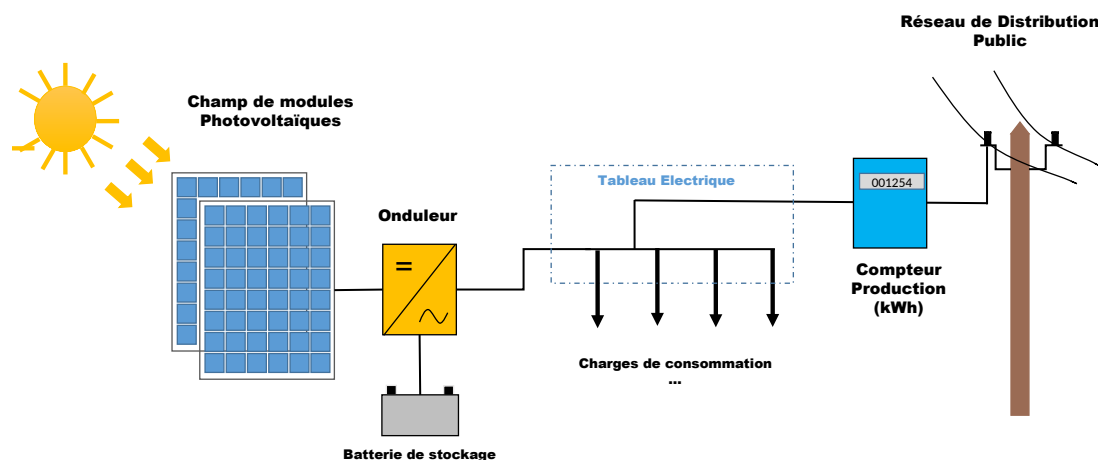
Ces dispositifs peuvent être plus ou moins complexes en fonction des besoins du projet. Les dispositifs les plus performants sont communément appelés EMS (Energy Management System). Ils permettent notamment de piloter intelligemment les différentes charges en fonction des prévisions météorologiques.



■ L'autoconsommation avec stockage

Les systèmes d'autoconsommation avec stockage permettent, lorsqu'ils sont associés à un dispositif de contrôle/commande, de stocker l'énergie en surplus issue des périodes de forte production. Cette énergie stockée peut ensuite être consommée sur le site en période de sous production ou

de non production. Ce type de système peut aussi être associé à des dispositifs de type EMS.



Les différents modèles économiques et juridiques de l'autoconsommation

Il existe plusieurs façons d'utiliser l'énergie produite par une centrale photovoltaïque pour produire de l'électricité en autoconsommation. La pertinence de ces différents types de modèles peut être très variable d'un maître d'ouvrage à l'autre, notamment

au vu de son profil de consommation annuelle. Elle ne peut être évaluée que dans le cadre d'une étude de faisabilité qui doit être réalisée par un bureau d'études spécialisé et qualifié pour cela.

■ Le modèle d'autoconsommation individuelle totale et partielle

Principe de l'autoconsommation individuelle totale

L'autoconsommation est dite **totale** lorsqu'aucun surplus d'énergie solaire produite par l'installation n'est envoyé sur le réseau de distribution électrique public.

Ce modèle est économiquement plus favorable lorsque le taux d'autoconsommation calculé tend vers 100 % ou quand il reste assez élevé entre 75 et 100 % et que le maître d'ouvrage prévoit une augmentation de sa consommation dans le futur.

Ce modèle ne nécessite pas de travaux et/ou d'abonnement de service de comptage auprès du gestionnaire de réseau, ce qui ne génère pas de coût supplémentaire à l'exploitation.

L'installation doit posséder un dispositif permettant de garantir au gestionnaire de réseau qu'aucune énergie ne peut être injectée sur le réseau public. Dans ce cas, une partie de l'énergie peut ne pas être produite par la centrale et est donc perdue.

Il peut être associé à ce modèle un dispositif de stockage d'énergie mais la pertinence économique doit être bien évaluée car cette fonction additionnelle génère de fait, un surcoût non négligeable de l'installation et donc du kilowattheure solaire produit.

Principe de l'autoconsommation individuelle partielle

L'autoconsommation est dite **partielle** lorsqu'un surplus d'énergie solaire produit par l'installation est envoyé sur le réseau électrique public pour être valorisé par une vente.

Ce modèle est économiquement plus favorable lorsque le taux d'autoconsommation calculé est faible à moyen, du fait du profil de consommation du projet (en général de **50 et 75 %**) et que le tarif de vente pour la valorisation du surplus est assez proche du coût moyen de l'énergie solaire autoconsommée.

Ce modèle nécessite des travaux et donc des coûts de mise en place du comptage de l'énergie produite en surplus, de protection électrique de découplage spécifique ($P_c > 250 \text{ KVA}$) et d'un abonnement auprès du gestionnaire de réseau. La totalité de l'énergie produite par la centrale est utilisée et valorisée.

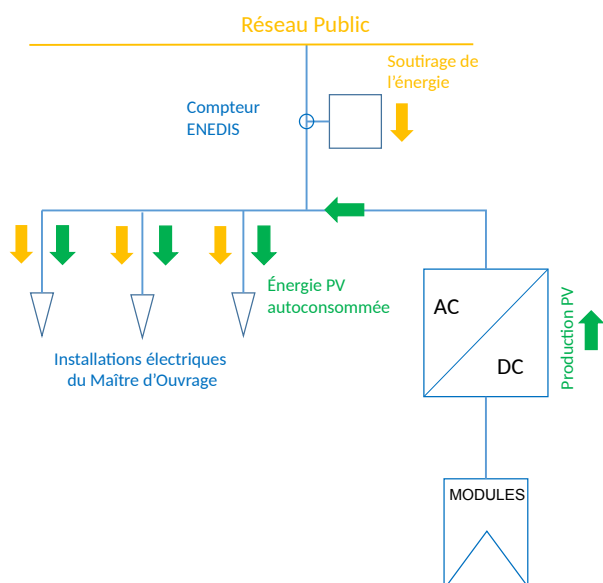
Les modèles économiques et juridiques de l'autoconsommation individuelle

Pour réaliser son projet, le maître d'ouvrage public ou privé peut utiliser des modèles économiques et juridiques différents selon son souhait et selon ses capacités financières.

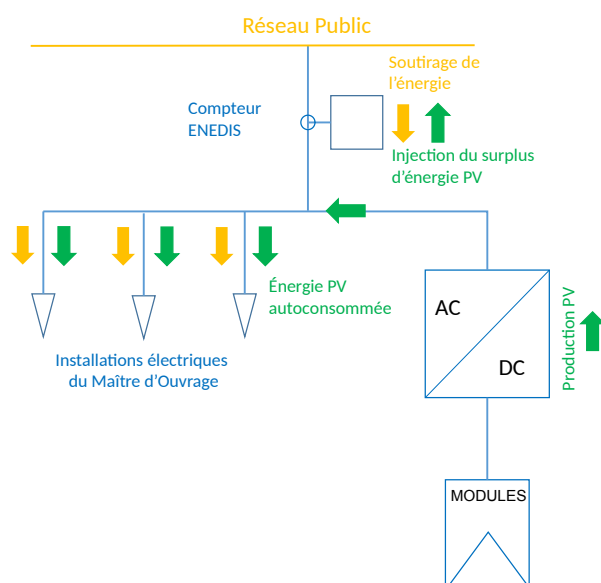
Comme présenté au chapitre précédent, il existe deux types d'autoconsommation individuelle qui correspondent à des modèles économiques différents :

- **L'autoconsommation totale** : la centrale doit être équipée d'un dispositif de limitation de la puissance produite par la centrale solaire pour s'assurer qu'aucune énergie solaire ne transite sur le réseau.

- **L'autoconsommation partielle** qui consiste à vendre les surplus d'énergie non consommée au travers du réseau public de distribution. Cette possibilité existe uniquement pour des puissances de centrale inférieure ou égale à 100 kWc. Dans ce cas, il est possible de vendre le surplus de l'énergie à EDF Obligation d'Achat selon les conditions tarifaires fixées par l'arrêté du 9 Mai 2017.



Autoconsommation individuelle totale



Autoconsommation individuelle avec vente surplus

Pour assurer le financement et la construction d'une centrale en autoconsommation, le porteur de projet peut utiliser des modèles juridiques de différents types.

Le maître d'ouvrage investit pour son propre compte

Ce modèle économique est le plus simple et très régulièrement utilisé pour des puissances inférieures à **150 kWc**. Le maître d'ouvrage réalise la totalité de l'investissement de la centrale et gère son exploitation au travers d'un prestataire spécialisé. Cela nécessite de mobiliser soit des fonds propres soit de souscrire un prêt bancaire ce qui n'est pas toujours possible en fonction des objectifs d'investissement du maître d'ouvrage. Le fait d'investir soi-même dans une opération d'autoconsommation est généralement plus intéressant d'un point de vue de la pertinence économique pour autant que le suivi et l'entretien de la centrale soient bien effectués sur toute la période d'exploitation. Il existe une réelle souplesse pour faire évoluer la puissance de son installation dans le temps si nécessaire.

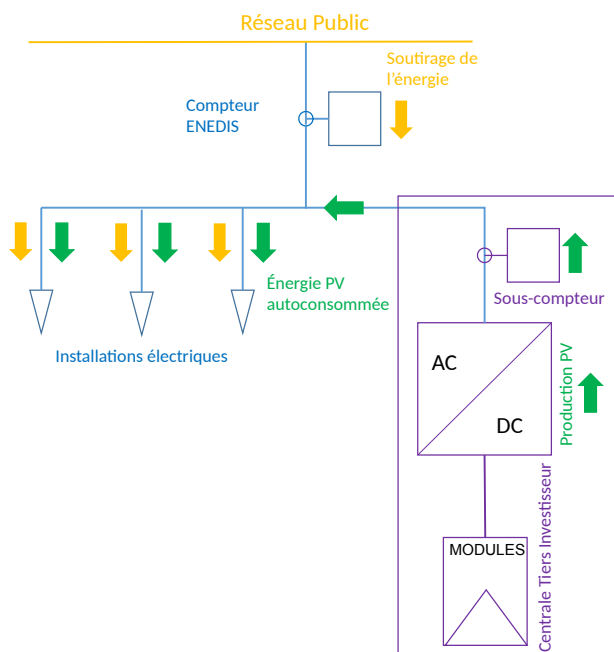
Le maître d'ouvrage utilise un tiers investisseur

Ce modèle économique où le maître d'ouvrage fait appel à un tiers investisseur est très largement utilisé dans le cadre de la construction de centrale photovoltaïque pour la vente totale de l'énergie. Il peut aussi être utilisé dans le cadre de projet

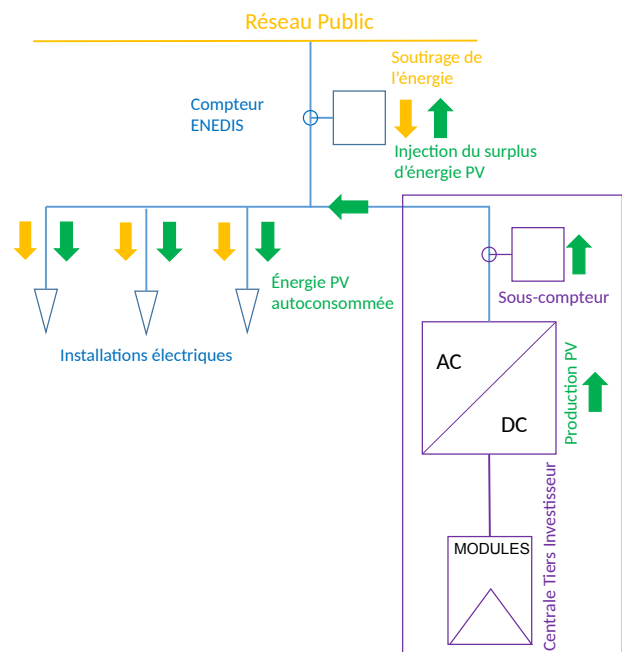
d'autoconsommation pour lequel les opérateurs économiques développent actuellement des modèles de vente d'énergie au travers des A.O autoconsommation de la CRE ou de la vente de services en dehors des A.O.

Le principal intérêt de ce modèle juridique est de faciliter le financement des projets pour éviter au maître d'ouvrage de payer l'ensemble des coûts du projet. Dans ce cas, le producteur d'énergie propriétaire de la centrale est la personne morale représentant les divers investisseurs. Son statut peut prendre différentes formes juridiques selon les caractéristiques du projet. L'énergie est ensuite vendue au maître d'ouvrage au travers d'un contrat de fourniture d'énergie ou d'une mise à disposition de la centrale photovoltaïque. Un bail est obligatoirement signé entre le maître d'ouvrage et le producteur pour la mise à disposition du foncier nécessaire à la construction de la centrale. De la même manière, il est possible pour les centrales dont la puissance est **inférieure ou égale à 100 kWc** de vendre le surplus de l'énergie pour optimiser la pertinence économique.

Pour les Maîtres d'Ouvrage Publics, l'ordonnance 2017-562 du 19 avril 2017 impose que pour les conventions d'occupation du domaine public qui ont pour objet de permettre à l'opérateur économique de la personne publique « d'occuper ou d'utiliser le domaine public en vue d'une exploitation économique » doivent, sauf exceptions, faire l'objet d'une procédure de publicité et de « sélection préalable présentant toutes les garanties d'impartialité et de transparence », et comportant des mesures de publicité qui permettent aux candidats potentiels de se manifester.



Autoconsommation individuelle totale



Autoconsommation individuelle vente surplus

■ Le modèle d'autoconsommation collective

L'autoconsommation est dite **collective** lorsque la fourniture d'électricité est effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finaux liés entre eux au sein d'une personne morale.

Le principal avantage de ce modèle économique est qu'il permet une meilleure répartition de l'énergie produite en surplus qui pourra être consommée en totalité auprès des consommateurs. Cela permet notamment dans un premier temps de se passer de la fonction de stockage qui reste encore onéreuse et de tendre vers un taux d'autoconsommation collective de 100 %. Cette forte valeur de taux d'autoconsommation permet de maximiser l'intérêt économique de l'opération.

Ce modèle est plus complexe à réaliser du fait d'un plus grand nombre de producteurs et de consommateurs en jeu, la nécessité de créer et d'animer la personne morale ainsi que la gestion de tous les contrats de fourniture et de production.

L'autoconsommation collective peut être réalisée à la suite de l'agglomération de plusieurs installations.

Le fait d'associer des producteurs et des consommateurs autour d'un projet commun de production locale permet une meilleure gestion de l'énergie et de faciliter l'intégration des énergies renouvelables dans les territoires. Cela peut notamment permettre à des maîtres d'ouvrage qui ont des profils de charge de consommations peu adaptés à l'autoconsommation individuelle, de concrétiser des opérations (cas des établissements d'enseignement : collège, lycée, université, etc.).

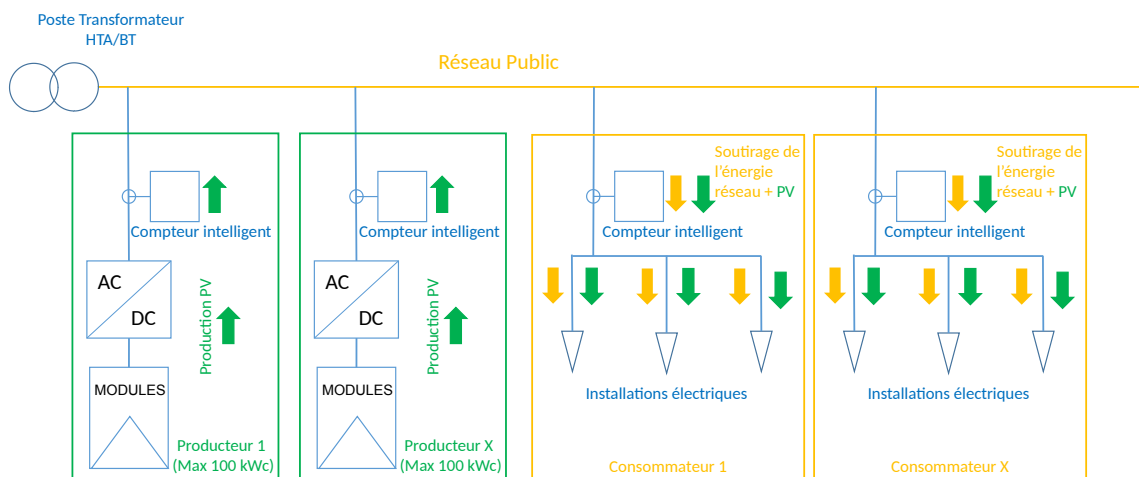
Le maître d'ouvrage peut, s'il le souhaite, s'intégrer dans un projet d'autoconsommation collective. Dans ce cas-là, les parties prenantes (producteurs et consommateurs) sont liées entre elles au sein d'une personne morale de type association, coopérative, copropriété ou autres.... et chacun participe au financement d'une ou plusieurs centrales. La personne morale signe avec le Gestionnaire de Réseau

de Distribution (GRD) une convention d'autoconsommation et fixe les modalités de répartition de la production entre les différents consommateurs.

Le Gestionnaire de Réseau de Distribution (GRD) assure les missions suivantes:

- **Comptabilisation et relèvement de la production** injectée sur le réseau et les consommations soutirées par les participants à l'aide de compteurs intelligents.
- **Calcul de la quote-part de la production solaire** à affecter à chaque participant selon les modalités de la convention. La part de l'électricité autoconsommée de chaque participant correspond à sa quote-part de production locale effectivement consommée à chaque instant. Le surplus éventuel d'électricité peut être valorisé sur le marché de l'électricité conformément aux conditions de la convention d'autoconsommation.
- **Production et communication** pour tous les acteurs du projet des données certifiées nécessaires au suivi de l'opération telles que la consommation totale, la part d'électricité autoconsommée et la fourniture de complément d'électricité. Cela permet notamment d'établir la facturation pour l'acheminement de l'énergie sur le réseau, les taxes et contributions et l'énergie fournie en complément.

Une opération d'autoconsommation collective nécessite que le site soit équipé par le GRD d'un compteur communicant de type Linky ou PME/PMI. L'installation de ce type de compteur est gratuite. Elle doit aussi respecter les règles énoncées aux articles L315-2 et L315-3 du code de l'énergie et de l'arrêté fixant les conditions de proximité géographique. Les participants d'une opération d'autoconsommation collective peuvent aussi produire de l'électricité et en consommer une partie de celle-ci.



Autoconsommation collective (plusieurs producteurs & consommateurs)

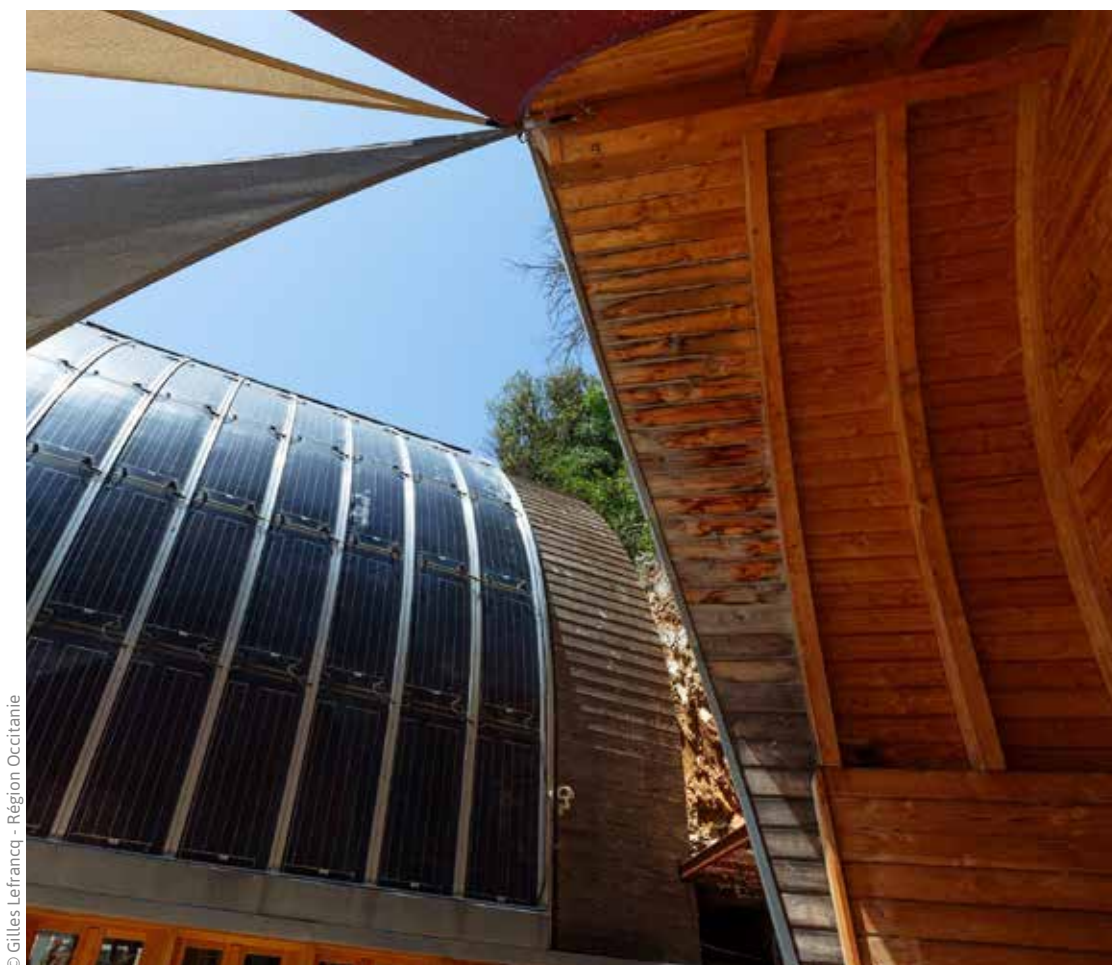
Synthèse du cadre juridique de l'autoconsommation

L'autoconsommation se définit comme une solution permettant de faire la promotion des énergies renouvelables et de positionner les acteurs pour la décentralisation du système électrique français. Le législateur a donné la première impulsion par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Sur ce fondement, le cadre juridique de l'autoconsommation a été instauré par l'ordonnance n° 2016-1019 du 27 juillet 2016 dont les dispositions sont codifiées aux articles L. 315-1 et suivants du Code de l'énergie. Cette ordonnance a été ratifiée en 2017 et un décret d'application relatif à l'autoconsommation a été publié le 28 avril 2017 (Décret n° 2017-676).

Il est donc possible aujourd'hui pour un producteur d'électricité de consommer sa propre production d'énergie et d'autre part de pouvoir bénéficier d'un tarif (obligation d'achat) ou d'un complément de rémunération (A.O CRE) pour l'électricité qui n'est

pas consommée sur le site (cf Annexe 1: Tableau des financements mobilisables en 2019)

Tout comme pour le modèle de vente totale de l'énergie, le MOA peut faire le choix d'investir en propre dans son projet d'autoconsommation ou bien de faire appel à un opérateur **Tiers Investisseur** qui sera le porteur du projet (propriétaire et exploitant de la centrale PV). Dans ce cas, c'est le tiers qui investit dans la centrale et qui doit s'assurer de la maîtrise foncière au travers de la signature de contrat de type: convention d'occupation temporaire, bail à construction, bail commercial, bail emphytéotique, bail civil ou autres en fonction des avantages et des durées de mises à disposition des surfaces exploitées. Ensuite, l'énergie produite peut être vendue au MOA au travers d'un contrat de fourniture d'énergie dont les modalités de règlement peuvent être multiples. Il est conseillé au MOA de ne signer ce type de contrat qu'après s'être assuré de la faisabilité technique et administrative du projet.



© Gilles Lefrancq - Région Occitanie

COMMENT DÉFINIR SI MON SITE EST PROPICE À L'AUTOCONSOMMATION?

Pour évaluer l'intérêt de réaliser un projet d'auto-consommation sur son site, il est nécessaire de se poser quelques questions fondamentales. La pertinence technico-économique d'un site va dépendre de plusieurs critères dont les principaux sont :

- **La puissance de l'installation solaire** qui est fonction de la superficie de modules solaires que l'on peut installer sur le site,
- **La quantité d'énergie** issue de l'ensoleillement du site et de la position des modules solaires,
- **Le profil de la consommation horaire** du site (courbe de charge),
- **Le niveau du prix d'achat** actuel et futur de l'électricité.

L'étude financière d'un projet ou de plusieurs scénarios de projet font appel à une multitude de données et des outils spécifiques que seuls des bureaux d'études spécialisés peuvent analyser.



© Gettyimages

Est-ce que mon site dispose de surface exploitable ?

Mon site dispose-t-il de surfaces utilisables bien exposées au rayonnement solaire et sans obstacle qui pourrait créer de l'ombrage ? Ces surfaces sur lesquelles seront implantés les modules solaires peuvent être de plusieurs natures telles que des zones de toitures, des zones de parking ou des zones de terrain au sol.

Les principaux exemples d'implantation possible de modules en autoconsommation sont illustrés sur les photos ci-dessous :



© Idesun

Toiture inclinée en bac acier



© Idesun

Toiture inclinée en tuile



© Idesun

Toiture plate sur support TAN



© Libwatt

Toiture plate sur dalle lourde béton



© Banque Populaire du Sud

Façade en brise soleil



© Ville de Perpignan

Parking VL ou PL en ombrières

Au vu des possibilités d'implantation présentées ci-dessus, il est nécessaire d'identifier des zones de surfaces envisageables pour l'installation des modules solaires.

Il faudra pour chacune des zones pressenties vérifier les points suivants pour les considérer comme potentiellement intéressantes :

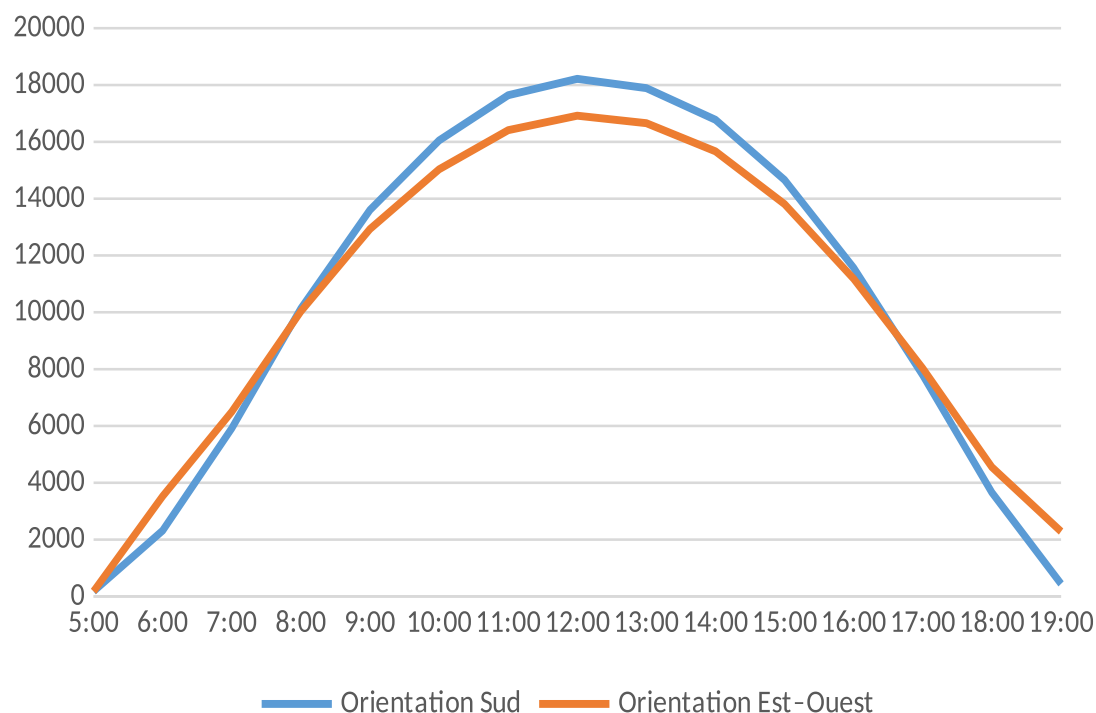
- L'absence d'ombrage notamment pendant les mois d'hiver (décembre/janvier).
- Le fait qu'aucun bâtiment futur ne soit construit qui puisse créer un ombrage.
- L'absence sur les zones de toiture de très nombreux matériels tels que : centrale de production de froid, Split PAC, désenfumage et puits de lumière, chemin de câble, etc.
- La qualité de la structure porteuse : absence de corrosion importante, l'affaissement éventuel de la charpente (bois), etc.
- La qualité des éléments de couverture principalement pour les membranes d'étanchéité dont la rénovation peut être coûteuse mais nécessaire.
- La disponibilité de la zone sur une période d'au moins 20 ans (pas d'extension de construction, de réservation du foncier, etc.)
- La possibilité de mettre en œuvre des modules photovoltaïques sur la zone selon les règles d'urbanisme fixées dans le PLU (Plan Local d'Urbanisme).

Pour chacune des zones potentiellement intéressantes et dans l'objectif de sélectionner des zones adaptées à l'installation d'un champ solaire, il faudra collecter :

- La surface brute sur laquelle il est envisageable de positionner des modules solaires,
- L'inclinaison et l'azimut de l'emplacement des futurs modules solaires.

En région Occitanie, les modules solaires fixes produisent le maximum d'énergie électrique dans l'année lorsqu'ils sont orientés au **Sud géographique** et inclinés à **40°** par rapport à l'horizontale. Dès lors que leur inclinaison et/ou orientation varie, cela induit des pertes de production car le niveau d'ensoleillement diminue par rapport à ce cas idéal. Pour les applications en autoconsommation, il peut s'avérer pertinent dans certains cas qu'une orientation des modules solaires selon l'axe Est/Ouest soit plus adaptée qu'une orientation plein sud notamment si la consommation autour de midi solaire n'est pas très importante. Une orientation Est/Ouest favorise la production plus tôt le matin et plus tard le soir.

Comparaison entre une production orientée au Sud et une orientée Est-Ouest



Le **tableau** ci-dessous indique le pourcentage de perte d'ensoleillement selon différents cas d'orientation et d'inclinaison des modules par rapport au cas idéal qui permet d'obtenir le meilleur productible solaire.

Le productible solaire est la valeur du nombre de kilowattheure produit par la centrale solaire pour une période d'une année et pour une puissance

de 1 kilowatt crête (kWc). La valeur est donnée en **kWh/kWc**. Elle est souvent appelée **énergie spécifique**. Le **tableau 2** ci-dessous donne pour les principales villes de la région Occitanie les valeurs de productible pour un cas d'orientation optimale (PMO).

Tableau des pertes d'ensoleillement selon l'orientation et l'inclinaison des modules

		Orientation							
		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est	Nord-Ouest	Nord	Nord-Est
Inclinaison	0°	-14 %	-14 %	-14 %	-14 %	-14 %	-14 %	-14 %	-14 %
	10°	-15 %	-10 %	-7 %	-10 %	-15 %	-20 %	-23 %	-20 %
	20°	-17 %	-7 %	-3 %	-8 %	-16 %	-27 %	-32 %	-27 %
	40°	-21 %	-6 %	0 %	-5 %	-20 %	-40 %	-48 %	-39 %
	60°	-30 %	-13 %	-7 %	-12 %	-30 %	-53 %	-66 %	-52 %
	90°	-49 %	-35 %	-32 %	-35 %	-48 %	-68 %	-79 %	-67 %

Site: RÉGION OCCITANIE

Simulation réalisée pour une centrale de 37 kWc - Conditions de pertes standards

132 modules Voltec 280 - 1 Onduleur HUAWEI 33KTL-A

Source: Idesun

Tableau d'estimation des valeurs de productibles moyen optimal par ville

Département	Nom Ville	Valeur du Productible Moyen Optimal (PMO) (kWh/kWc) *
31	Toulouse	1250
34	Montpellier	1420
30	Nîmes	1484
66	Perpignan	1380
82	Montauban	1230
11	Narbonne	1417
81	Albi	1245
46	Cahors	1226
12	Rodez	1333
48	Mende	1320
32	Auch	1240
65	Tarbes	1207
9	Foix	1261

* Valeur de productible calculée selon des hypothèses moyennes sur la base d'une durée de production de 20 ans.

Pour réaliser cela, la méthodologie suivante est proposée pour chacune des zones potentiellement intéressantes. Il est nécessaire d'estimer la valeur de productible moyen de la zone en appliquant la formule suivante.

$$P_{MZ} = P_{MO} \times (1 - Tpo)$$

P_{MZ} : Valeur du productible moyen de la zone (kWh/kWc)

P_{MO} : Valeur du productible moyen optimal de la zone (kWh/kWc) – À sélectionner dans le tableau des sites

Tpo : Taux de perte due à l'orientation des modules (%)

Le maître d'ouvrage pourra sélectionner ou rejeter les différentes zones en fonction du niveau de productible estimé:

Valeur du productible (kWh/kWc)	Recommandation
PMZ > 1150	favorable
1000 < PMZ < 1150	Peu favorable
PMZ < 1000	Défavorable



© Shutterstock

Les cas d'implantations des modules identifiés **en vert** sont **favorables** pour une opération d'auto-consommation car le niveau de perte est faible ou reste acceptable (avec un maximum de 15 %). Les cas identifiés **en orange** sont **peu favorables** du fait d'un niveau de perte plus important et d'un niveau de productible assez faible. Il se peut

qu'exceptionnellement ces cas restent favorables dans le cas où le maître d'ouvrage a un coût du kWh de l'électricité parmi la fourchette haute du marché.

Les différents cas identifiés **en rouge** ne permettent pas de réunir les conditions d'une production d'électricité suffisante pour réaliser un projet d'auto-consommation et doivent donc être rejetés.

Le tableau ci-dessous donne un exemple de la méthode pour la sélection et l'évaluation des surfaces brutes disponibles pour mon projet:

Site de référence: Béziers

Valeur de PMO (Tableau 2): 1345

Type de zone de surface potentielle	Surface brute (m ²)	Inclinaison toit ou modules*	Azimut toit ou module (°)	Pourcentage de perte (%) (Tableau 1)	Valeur de PM	Zone Exploitable
Parking 1	300	10°	Sud Est (SE)	9 %	1224	Oui
Parking 2	500	10°	Ouest (O)	14 %	1157	Oui
Toit 1 - Incliné	450	35°	Nord Ouest (NO)	37 %	847	Non
Toit 2 - Incliné	600	20°	Ouest (O)	16 %	1130	Non
Toit 3 - Plat	800	10°	Sud (S)	7 %	1251	Oui
Façade	100	90°	Sud Ouest (SO)	35 %	874	Non

(*) Pour les parkings l'inclinaison est comprise entre 5 et 10° pour des raisons esthétiques et de contraintes de charge dues au vent.

Dans ce cas de figure, je conclus que mon site dispose de deux zones de parking et d'une zone de toiture pertinente pour la mise en place de modules solaires photovoltaïques pour une surface brute de **1600 m²**.

Quelle puissance crête de modules pourrais-je installer ?

Lorsque le ou les surfaces brutes exploitables ont été identifiées, il est possible d'estimer la puissance crête théorique maximale de modules solaires qui pourrait être installée sur le site à partir de la valeur de la puissance crête surfacique des modules (**Nombre de Wc/m²**). Cette valeur dépend de la technologie du module utilisée qui est aujourd'hui la technologie cristalline (99 % des installations en France). Pour cette technologie, il est possible de considérer une valeur de puissance crête surfacique **de 180 Wc/m²**;

Sur certaines zones de surface utilisée, la surface brute est proche de la surface nette exploitable, c'est notamment le cas des ombrières de parking. Dans les autres cas, la surface nette utile pour l'installation des modules est toujours inférieure du fait de l'obligation de laisser des espaces entre les

modules pour assurer les accès ainsi que la circulation pour assurer la maintenance et l'exploitation de la centrale.

Il est proposé d'utiliser les coefficients moyens (Coef M) suivants issus d'un retour d'expérience pour calculer la surface nette de modules solaires à partir de la surface brute. Il est ensuite simple de calculer la puissance crête potentielle de l'installation

Type de zone d'installation	Valeur du Coef M
Zone de parking	100 %
Zone de toiture plate	60 %
Zone de toiture inclinée	70 %
Zone au sol	35 %

Type de zone de surface exploitable	Surface brute (m2)	Coef Surf. Nette/Surf. Brute (%)	Puissance surfacique Modules (Wc/m ²)	Pc estimé (kWc)
Parking 1	300	100	180	54,0
Parking 2	500	100	180	90,0
Toit 3 - Plat	800	60	180	86,4
TOTAL:				230,4

Dans notre cas de figure, la puissance crête qu'il serait possible d'installer est d'environ **230,4 kWc**.



© Sébastien Pouchard

Quelle quantité d'énergie pourrais-je produire ?

La quantité d'énergie que peut produire une centrale photovoltaïque dépend de plusieurs paramètres tels que :

- La valeur de la puissance crête de l'installation (Nombre de m² de modules),
- L'orientation et l'inclinaison des modules,
- La quantité d'énergie solaire reçue sur le site,
- Le mode de pose des modules (intégré au bâtiment, en surimposition de toiture, en ombrière),
- Les niveaux de rendements des modules, des onduleurs et de la qualité de la conception de la centrale,
- D'autres paramètres tels que l'encrassement des modules, la disponibilité du réseau électrique, etc.

Une estimation de productible précise ne peut être réalisée que par un professionnel à partir d'outils

spécialisés dans lesquels sont entrées de nombreuses données et hypothèses. Il est néanmoins possible de déterminer un ordre de grandeur du potentiel de production du site en fonction de la puissance crête potentiellement installable déterminée précédemment.

Cette information permettra de donner une idée au maître d'ouvrage de ce que pourrait représenter la part de production solaire par rapport à la consommation de son site.

Pour réaliser cette estimation, il suffit de reprendre les valeurs d'énergie spécifique de chacune des zones à multiplier par la puissance crête estimée de la zone. La quantité d'énergie annuelle est la somme des énergies produites sur chaque zone.

Dans notre cas de figure, cela donne les résultats suivants :

Type de zone de surface exploitable	Pc estimé (kWc)	Valeur PM du site (kWh/kWc)	Estimation de la quantité d'énergie annuelle (kWh)
Parking 1	54	1 224	66 096
Parking 2	90	1 157	104 130
Toit 3 - Plat	86,4	1 251	108 086
TOTAL :			278 312

Ce site pourrait permettre une production d'énergie solaire théorique maximale de **278,312 MWh/an**.

Le maître d'ouvrage doit vérifier comment se situe ce niveau de production par rapport à la consommation annuelle de son site afin de vérifier qu'elle

ne soit pas marginale auquel cas elle ne permettrait pas de réaliser de réelles économies dans le temps.

Le tableau ci-après illustre quelques exemples de calcul de valeur de taux d'autoproduction selon le niveau de consommation du site :

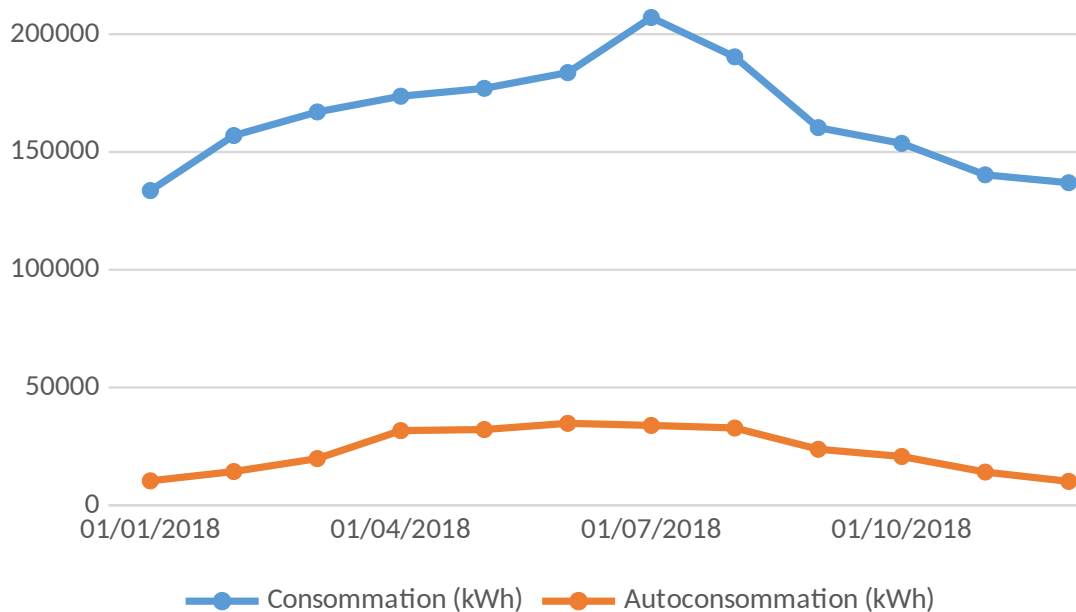
Consommation annuelle du site (KWh)	Production solaire du site (kWh)	Taux d'Auto Production
5 000 000	278 312	5,6%
2 500 000	278 312	11,1%
1 400 000	278 312	19,9%
950 000	278 312	29,3%

Si la consommation électrique annuelle de ce site est de **1 400 000 kWh** (soit 1 400 MWh) et dans l'hypothèse favorable où l'ensemble de la production solaire est consommé sur le site, cela représenterait un taux d'autoproduction maximal de **19,9 %** ce qui permettrait de produire **un cinquième** de sa consommation en énergie solaire.

De manière générale, pour avoir un impact significatif du point de vue économique et environnemental,

il est recommandé de se fixer un taux d'autoproduction minimal de **15 %**.

Courbes d'évolution de la consommation et de la part d'autoconsommation annuelle (Tap = 15%)



© Sébastien Pouchard - Région Occitanie



Mon profil de consommation est-il adapté à l'autoconsommation ?

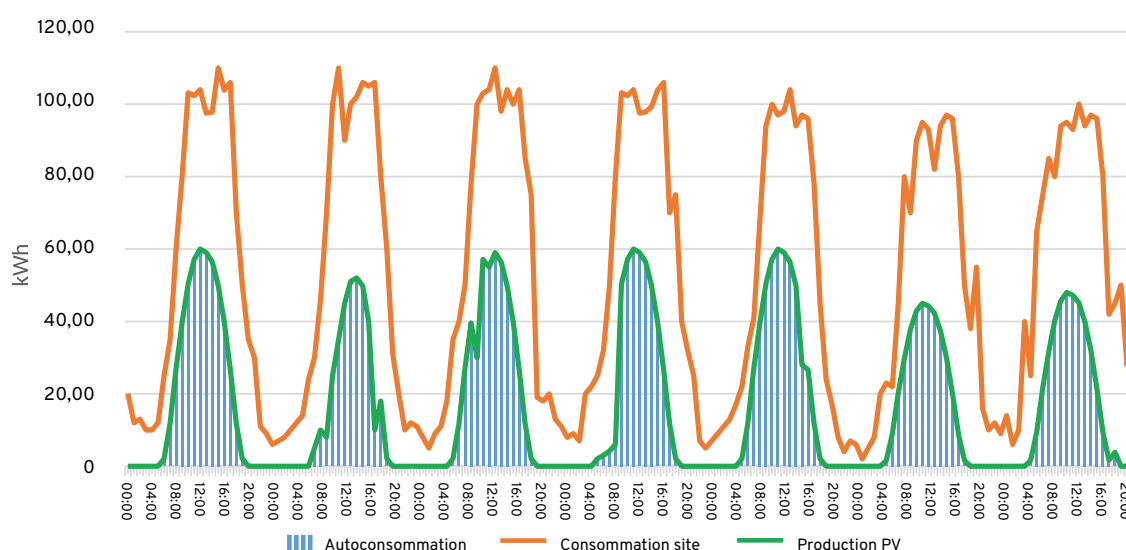
Un des éléments majeurs qui conditionnent la faisabilité et la pertinence d'un projet d'autoconsommation est que le site dispose d'un profil de consommation électrique qui soit le plus en phase possible avec la production d'énergie solaire.

Le cas le plus favorable étant une consommation faible nocturne, forte diurne, 7J/7 toute l'année

avec une augmentation des consommations en période estivale.

Le graphe ci-après présente en orange un profil de consommation (ou profil de charge) hebdomadaire qui est très bien adapté à une application en autoconsommation.

Profil idéal de consommation



Pour déterminer le profil de consommation du site, il faut connaître a minima les données de consommations moyennes horaires. Ces informations ne sont pas toujours accessibles et disponibles pour le maître d'ouvrage car ils dépendent du type d'abonnement souscrit et du type de compteur d'énergie

installé au point de livraison. Les informations données généralement sur les factures des fournisseurs d'énergie sont des cumuls mensuels pour lesquels il n'est pas possible de visualiser l'évolution de la consommation au cours d'une journée ou d'une semaine.

Pour collecter ses informations, il faut selon le type d'abonnement souscrit procéder comme suit :

Pour les contrats à puissance limitée (anciennement tarif bleu < 36 KVA) :

Sur les sites équipés de compteur Linky, il est possible de récupérer les données au pas horaire en autorisant le gestionnaire de réseau au stockage de ces données. Elles sont ensuite disponibles sur simple demande auprès du gestionnaire de réseau.

Sur les sites non équipés de compteur Linky, les informations ne sont pas disponibles car les anciens compteurs ne permettent pas le stockage des données. Dans ce cas, le seul moyen est de mettre en place un enregistreur de données de consommation sur une période d'au moins un mois et plutôt en période de forte production solaire c'est-à-dire entre avril et septembre.

Pour les contrats à puissance surveillée (anciennement tarif jaune >36 kVA et < à 250 kVA):

Pour les sites équipés de compteur Linky, les données sont disponibles comme pour les contrats à puissance surveillée.

Pour les autres compteurs, certains plutôt récents sont équipés d'enregistreur pour lequel il est possible de demander auprès du service DATACONSOLEC d'Enedis des données de courbes de charges sur une période de 24 mois (courriel: dataconsoelec@enedis.fr). Dans le cas où la fonction d'activation des courbes de charges n'est pas réalisée, il est nécessaire de demander l'activation auprès du fournisseur d'énergie.

Pour les anciens compteurs ne disposant pas d'enregistreur, les informations ne sont pas disponibles. L'obtention de données ne peut se faire que par la mise en place d'un enregistreur extérieur.

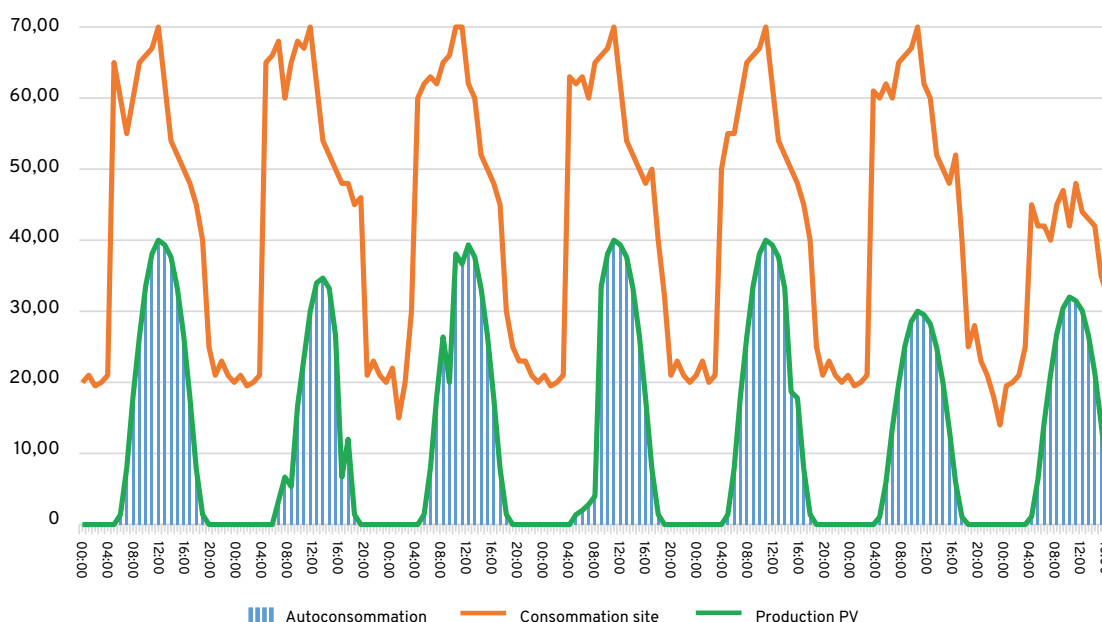
Pour les contrats à forte puissance (anciennement tarif Vert > 250 kVA):

Tous les sites alimentés depuis le réseau moyenne tension (HTA) disposent de compteur capable de mesurer les données de consommation avec une moyenne sur 10 min dont l'information en moyenne horaire est disponible auprès du fournisseur d'énergie sur demande.

Les données sont très souvent transmises au travers d'un fichier compatible avec le tableur Excel qui permet de tracer une courbe hebdomadaire de la puissance moyenne horaire pour chaque heure et cela pour plusieurs semaines de l'année et évaluer si le profil de charge est favorable à l'autoconsommation.

Des exemples de profils de charges plus ou moins favorables pour l'autoconsommation sont présentés ci-dessous pour aider le maître d'ouvrage à évaluer l'intérêt de son projet.

■ Courbes de charge très favorables



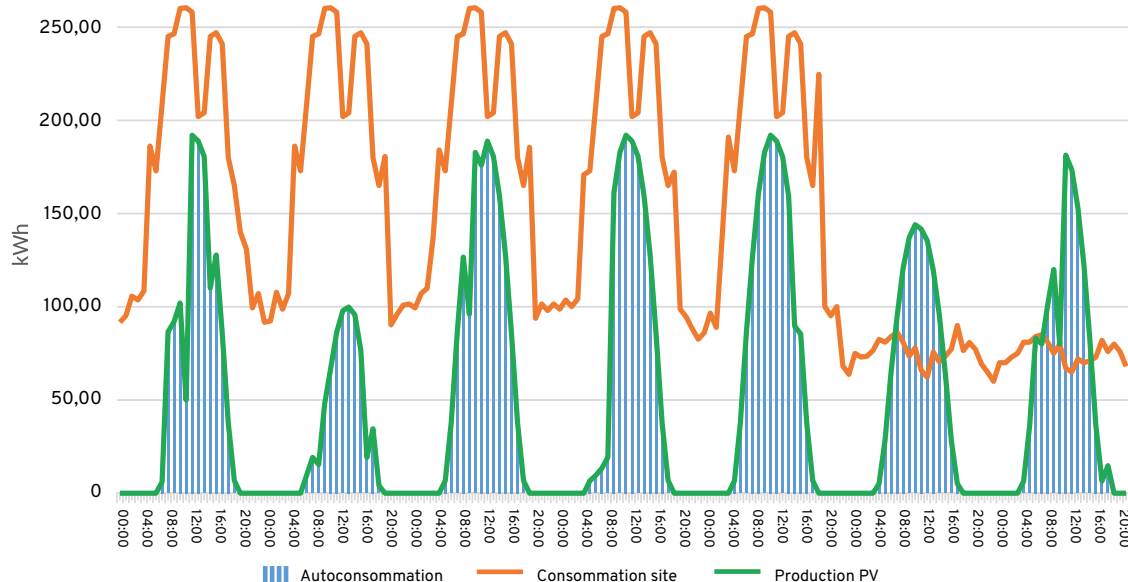
Courbe de charge d'un EPHAD fonctionnant 7j/7j - (Profil type 1.1)

Les autres cas de profil de charge très favorables peuvent être des usines, des hôpitaux, des centres logistiques de stockage de produits frais, des bâtiments d'élevage, des centres commerciaux ouverts

6.5 j/7j, des bâtiments d'archives, des bâtiments de datacenter.

Sur ces types de bâtiment il est possible d'atteindre des taux d'autoconsommation de 100 %.

■ Courbes de charge favorables



Bâtiment de bureaux – Activité tertiaire 5j/j - (Profil type 1.2)

Les profils de charges qui font apparaître de la consommation 5 ou 6 jours dans la semaine avec une consommation de fond le week-end reste favorable à l'autoconsommation dans le cas où la consommation annuelle reste au même niveau toute l'année.

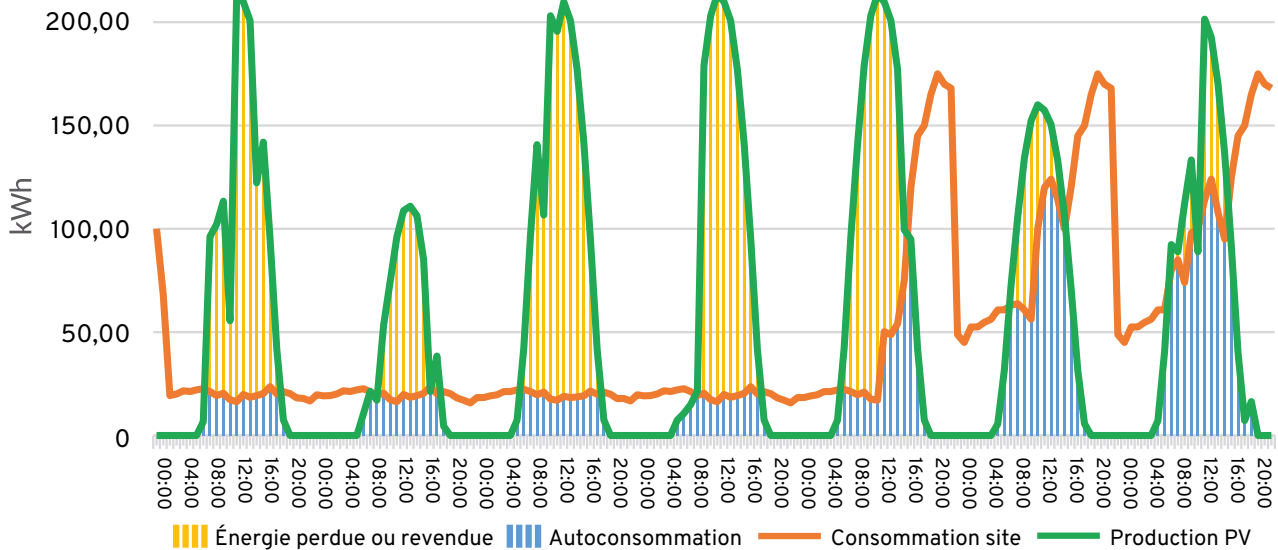
Le profil de charge de type tertiaire peut ne pas être pertinent dans le cas où il apparaît un effet important de saisonnalité telle que des périodes de congés ou les vacances scolaires en période

estivale. C'est le cas des établissements d'enseignement en général, école, lycée et collège.

De manière générale, toutes les activités de bureaux et de commerces présentent des profils de charge favorables d'autant plus que l'on retrouve des dispositifs de climatisation, de production de froid et de chauffage à partir de pompe à chaleur fonctionnant à l'électricité.



■ Courbes de charge défavorables



Salle de spectacle - (Profil type 1.3)

Les sites avec des profils de charges qui font apparaître de fortes consommations la nuit ou seulement quelques jours par semaine ne sont pas du tout adaptés à l'autoconsommation du fait d'une disponibilité de l'énergie solaire au moment où il n'y a pas de consommation. C'est typiquement le cas de salles de spectacle, de salles polyvalentes ou de certaines salles de sport.

Dans le cas où l'on dimensionne une installation sur le talon de consommation, le taux d'autoproduction calculé est très faible et le projet ne présente donc pas d'intérêt économique particulier. Dans le cas où l'installation est dimensionnée sur les jours de fortes consommations (Cf profil type 1.3) alors une très grande quantité d'énergie produite par la centrale ne peut pas être consommée sur le site. Le taux d'autoconsommation calculé est très bas ce qui ne présente pas non plus de pertinence économique.

Parmi les courbes de charges non adaptées, on retrouve aussi les sites dont l'activité nécessite de très fortes consommations de façon ponctuelle durant quelques minutes tout au long de la journée.

Cela peut être des pompes de relevage d'eau, des stations d'épuration d'eaux usées ou des process industriels. Dans les cas de figure où les profils de charge ne sont pas adaptés, il reste possible d'étudier un projet photovoltaïque avec vente totale de l'énergie ou bien la vente en surplus. Dans ce dernier cas, le prix de vente de l'électricité doit être du même niveau que le prix d'achat ou supérieur pour présenter un intérêt économique.

Puis-je envisager un projet d'autoconsommation sur mon site ?

Pour pouvoir envisager un projet d'autoconsommation, il faut donc réunir les conditions suivantes :

- Disposer d'un profil de consommation favorable selon les cas présentés au chapitre précédent. (cf annexe 2 : intérêt de l'autoconsommation suivant les activités sur site)
- Disposer d'une surface exploitable suffisante pour la mise en place des modules solaires qui permettent de produire une quantité d'énergie non marginale par rapport à la consommation du site (Taux d'autoproduction supérieur à 15 %).

La pertinence d'une installation en autoconsommation apparaît plus rapidement lorsque :

- Les modules solaires sont idéalement exposés au rayonnement solaire (Sud et inclinaison entre 35 et 40°).
- Le taux d'autoconsommation se rapproche ou est égal à 100 % (Toute la production est consommée)
- Le maître d'ouvrage dispose d'un contrat de type ancien 'Bleu' ou 'Jaune' et qu'il ne récupère pas la TVA sur l'énergie. Un niveau de prix élevé d'achat d'électricité favorise l'intérêt d'une opération en autoconsommation.

Que l'opération soit pour un seul site (Autoconsommation individuelle) ou bien sur plusieurs sites (Autoconsommation collective), le raisonnement sur la pertinence technique est le même. En autoconsommation collective, les profils de consommation sont superposés les uns aux autres ce qui permet de faire des installations de plus forte puissance, de mieux partager l'énergie produite pour atteindre des taux d'autoconsommation près de 100 % et maximiser ainsi la production de l'électricité renouvelable.

COMMENT ÉVALUER L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE DE MON PROJET ?

La décision de réaliser un projet d'autoconsommation doit être prise à partir des résultats et des recommandations consignés dans l'étude de faisabilité. Pour s'assurer du succès d'un tel projet, il est conseillé de ne pas prendre trop de temps entre la date de réalisation des études et la réalisation du projet. En effet, de très nombreuses hypothèses sont nécessaires à l'élaboration du plan d'affaires qui doit déterminer l'intérêt économique de l'opération. Parmi ces hypothèses, il y en a certaines qui impactent fortement le résultat du plan d'affaires :

- Durée prise en compte pour le calcul de l'intérêt économique de l'opération,
- Le prix actuel de l'électricité (toutes taxes comprises),
- Valeur du pourcentage d'évolution annuelle des coûts de l'électricité sur la durée du plan d'affaires,
- Valeur du pourcentage de dégradation annuelle des modules en fonction de la technologie utilisée (Poly Si, Mono Si, Couche mince, etc.),

- Valeur du taux d'actualisation de l'argent,
- Valeur du taux d'inflation,
- Montant de l'investissement de l'opération,
- Montant des coûts de maintenance préventive, du télé-suivi et des coûts éventuels de dépannage.

Il est fortement conseillé au MOA de challenger ces valeurs d'hypothèses avec ses services et/ou conseils financiers même si certaines d'entre elles sont basées sur des prévisions et de définir le type d'indicateur financier qui permettra la prise de décision. Parmi les indicateurs financiers les plus généralement utilisés, on trouve :



TRI (Taux de Rentabilité Interne)

Cet indicateur est assez simple à utiliser car il correspond à un placement que l'on peut comparer avec les taux de rentabilité de placements financiers.

TRA (Temps de Retour Actualisé)

Cet indicateur correspond au nombre d'années nécessaires pour que le cumul des économies annuelles actualisées équilibre l'investissement.

TRB (Temps de retour Brut)

C'est le temps nécessaire pour que le cumul des économies annuelles équilibre l'investissement : il ne prend pas en compte la notion d'actualisation et constitue donc un indicateur économique peu pertinent.

LCOE (Levelized Cost of Energy)

« LCOE » est l'acronyme de « Levelized Cost Of Energy », soit en français le « coût actualisé de l'énergie ». Il correspond, pour une installation de production d'énergie donnée, à la somme des coûts actualisés de production d'énergie divisée par la quantité d'énergie produite, elle aussi actualisée. Cet indicateur permet notamment de comparer le coût d'énergie produite pour différentes technologies de centrales et est fréquemment employé dans le secteur électrique.

La fiscalité des installations photovoltaïques en autoconsommation:

Selon le modèle d'autoconsommation choisi (totale ou partielle), des taxes et impôts peuvent être dus par le porteur de projet.

Le modèle d'autoconsommation totale sans tiers investisseurs est celui qui est le plus simple à mettre en place et pour lequel il n'y a pas d'impact de la fiscalité du fait que l'ensemble de l'énergie produite est consommée sur le site sans qu'il y ait de relation commerciale avec un tiers.

Par contre, pour le modèle d'autoconsommation partielle qui implique la vente de l'énergie à un organisme tiers acheteur ($P_c > 3 \text{ kWc}$), un certain nombre de taxes, de coûts et d'impôts sont à prévoir au niveau du plan d'affaires.

En effet, dans ce cas, la vente de l'électricité solaire est considérée comme une activité commerciale par la Direction de la Législation Fiscale (DLF). Elle est donc soumise à la fiscalité émanant de la loi de finance en application.

Les taxes et impôts auxquels sont soumis les porteurs de projets qui vendent l'énergie en surplus sont donnés en annexe 3.

Notions de coûts d'installation:

Les projets peuvent présenter des caractéristiques de réalisation de chantiers très différentes selon les difficultés de réalisation rencontrées qui peuvent influencer grandement sur le coût de l'opération. Dans le cas d'un projet avec des ombrières, le coût du projet va être directement impacté selon:

- La nature du sol (selon les résultats de l'étude géotechnique de sol),
- Les longueurs de tranchées et les passages sous voirie,
- La nécessité de dévier des réseaux secs ou humides enterrés,

- La distance entre les ombrières et le point de raccordement sur le TGBT du site,
- La nécessité de démonter un éclairage existant et d'en reconstituer un autre,
- La nécessité de supprimer des arbres existants sur le parking,
- La hauteur du gabarit de passage des véhicules,
- Les dispositifs de sécurité imposés sur les bâtiments de type ERP.

Il n'existe donc pas réellement de coûts types pour un projet d'autoconsommation qu'il soit au sol ou sur bâtiment. De plus, le coût de l'installation ramené au Watt crête (W_c) est directement fonction de la puissance de la centrale. Plus la centrale est puissante et meilleur est le coût de l'installation. L'étude de faisabilité qui intègre une estimation des coûts permet d'affiner ce niveau de coût en fonction de la solution pressentie. Cette estimation est très importante dans le sens où elle conditionne l'intérêt économique du projet. Il est donc toujours conseillé de partir sur un budget estimatif conservateur.

De façon générale, les projets avec mise en œuvre de modules photovoltaïques en toiture sont parmi les moins chers. Le point majeur de ces projets est la capacité de la charpente à supporter les modules. Dans le cas où cela n'est pas possible, les travaux de renforcement de charpente sont assez coûteux selon les travaux nécessaires.

Les travaux éventuels de mise aux normes des toitures (hauteur des acrotères, dispositif de désenfumage, etc.) ne doivent pas être considérés dans le cadre du budget de l'opération photovoltaïque pour conserver un intérêt économique.

La solution de pose des modules en ombrières est peu pertinente en dessous d'une puissance de 100 kWc du fait des coûts fixes exigés pour ce type de travaux. Il commence néanmoins à apparaître sur le marché des offres d'ombrières lestées plus compétitives pour des puissances entre 10 kWc et 100 kWc.

.....

Les types de toitures les plus favorables pour obtenir une pertinence économique sont par ordre d'intérêt:

- Les toitures-terrasses avec dalle lourde et étanchéité en bon état,
- Les toitures inclinées avec couverture en tuile,
- Les toitures inclinées avec couverture en bac acier,
- Les toitures plates avec bac acier, isolant et étanchéité par membranes sont bien adaptées dans le cas de construction neuve ou de rénovation totale de la couverture sous réserve de la tenue mécanique de la structure dans le deuxième cas.

Les installations photovoltaïques en autoconsommation peuvent être optimisées en rajoutant un dispositif de stockage de l'électricité lors de la construction de la centrale ou bien plus tard. Cette fonction de stockage possède un coût non négligeable qui peut remettre en cause l'intérêt économique de l'opération. Le dimensionnement de la capacité de la batterie doit être réalisé par un spécialiste du domaine. Il existe différents types de technologies pour assurer ce stockage de l'énergie. Actuellement, les deux principales sont:

- Les accumulateurs au plomb gélifié de technologie ancienne mais très fiable et moins coûteuse à l'investissement. La durée de vie dépend du nombre de cycles que subit la batterie avec des performances moyennes lors de fort cyclage.
- Les accumulateurs Lithium Ion de nouvelle technologie avec assez peu de retour d'expérience mais qui est la technologie la plus adaptée à ce type de stockage avec des coûts encore assez élevés.

Par exemple, une installation solaire de puissance 100 KWc à laquelle on associe une batterie de stockage de technologie Lithium Ion de capacité 50 kWh représenterait un coût d'investissement supplémentaire de 27.5 à 32.5 k€ H.T. Une telle capacité permettrait de stocker en moyenne de 1 h de pleine production en été et 2 h en hiver pour un site situé en Occitanie.

Dans l'objectif de préserver l'environnement, les modules solaires photovoltaïques doivent être obligatoirement recyclés en fin de vie conformément au décret n°2014-928 du 19 Août 2014. Les producteurs, les revendeurs ou les importateurs de panneaux photovoltaïques sont solidairement responsables de la collecte et du traitement des équipements usagés. Pour remplir leurs obligations, ils doivent adhérer à un système collectif d'éco-organisme agréé par les pouvoirs publics (PV Cycle en France). La collecte de l'éco-participation qui finance le recyclage des modules usagés est due à la date de mise sur le marché d'un équipement neuf. L'entité à qui le maître d'ouvrage achète les modules photovoltaïques doit faire apparaître l'affichage de l'écoparticipation sur la facture, ce qui permet de s'assurer que les coûts liés à la fin de vie des équipements ont bien été financés.

COMMENT PROCÉDER POUR RÉALISER MON PROJET?

Dans le cas où le site du maître d'ouvrage présente les conditions favorables à la réalisation d'un projet d'autoconsommation et qu'il souhaite avancer dans son projet, il sera nécessaire de passer par plusieurs phases d'études dans l'objectif de définir au mieux les caractéristiques techniques de la centrale et le modèle d'autoconsommation à privilégier en y associant les aides et soutiens financiers existants.

Un tel projet fait intervenir aux différentes étapes clés, des compétences techniques, économiques et juridiques. Pour aider les maîtres d'ouvrages à initier un projet, il est possible de consulter les différents liens utiles suivants et l'annexe 4 récapitulant les étapes d'un projet pour mieux cerner les étapes clés et se faire accompagner pour certaines démarches.

■ LISTE DE LIENS DE DOCUMENTS UTILES

Accompagnement pour les démarches d'urbanismes

<http://www.fncaue.com/votre-caue-vous-aide/>

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F31923>

http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/4_focus-pc-ei_ddt57.pdf

Tarifs d'achat, les appels d'offres et les aides financières

<https://www.photovoltaique.info/fr/tarifs-dachat-et-autoconsommation/autoconsommation/>

<https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/>

[Soutien-a-la-production/Dispositifs-de-soutien-aux-EnR](#)

<https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/Autoconsommation>

Démarche auprès du Gestionnaire du Réseau de Distribution

Demande de raccordement

<https://www.enedis.fr/produire-sa-propre-electricite>

<https://www.enedis.fr/lautoconsommation>

Modèle de convention d'autoconsommation sans injection et d'autoconsommation collective.

https://www.enedis.fr/sites/default/files/Enedis-FOR-RAC_43E.pdf

https://www.enedis.fr/sites/default/files/Enedis-FOR-CF_01E.pdf

Informations générales et exemple de cahier des charges

<https://www.ademe.fr/autoconsommation-photovoltaïque-comment-produire-lelectricite-consommer-chez>

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-electricite-solaire.pdf>

<https://www.ademe.fr/avis-lademe-lautoconsommation-delectricite-dorigine-photovoltaïque>

http://www.paysdelaloire.fr/uploads/tx_oxcsnewsfiles/DIPEACahier_des_charges_ADEME.pdf

<https://www.enerplan.asso.fr/autoconsommation-ou-revente-d-electricite>

<http://www.enr.fr/solaire-photovoltaïque>

Photovoltaïque en autoconsommation: Les points de vigilance pour tout type de bâtiments

<http://www.qualiteconstruction.com/node/3090>

Décret et arrêté

Arrêté tarifaire du 9 mai 2017

Ordonnance n° 2016-1019 du 27 juillet 2016 relative à l'autoconsommation d'électricité

Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (2015)

<https://www.legifrance.gouv.fr>

LISTE DES ACRONYMES

ACT:	<i>Assistance à la consultation de travaux</i>
AMO:	<i>Assistance à maître d'ouvrage</i>
AO:	<i>Appel d'Offres</i>
AAP:	<i>Appel à Projet</i>
BET:	<i>Bureaux d'Études – BET</i>
BP:	<i>Business Plan (Plan d'affaire)</i>
BT:	<i>Réseau basse tension</i>
CRE:	<i>Commission de Régulation de l'Énergie</i>
DCE:	<i>Dossier de Consultation des Entreprises</i>
DGAC:	<i>Direction Générale de l'Aviation Civile</i>
DOE:	<i>Dossier d'Ouvrage Exécuté</i>
DP:	<i>Déclaration Préalable</i>
DREAL:	<i>Direction Régionale Environnement Aménagement Logement</i>
EDF O.A:	<i>EDF Obligation d'achat (Acteur obligé)</i>
ERP:	<i>Établissements Recevant du Public</i>
GRD:	<i>Gestionnaire du Réseau de Distribution</i>
HTA:	<i>Réseau moyenne et haute tension</i>
ICPE:	<i>Installations Classées pour la Protection de l'Environnement</i>
KWc:	<i>KiloWatt Crête</i>
LCOE:	<i>Levelized Cost Of Energy</i>
kWh:	<i>KiloWatt heure</i>
MOA:	<i>Maître d'ouvrage</i>
MOE:	<i>Maître d'œuvre</i>
P.R:	<i>Performance Ratio (Rendement de la centrale)</i>
PC:	<i>Permis de Construire</i>
PLU:	<i>Plan Local d'Urbanisme</i>
RPD:	<i>Réseau Public de Distribution</i>
SDIS:	<i>Services Départementaux d'Incendie et de Secours</i>
TAc:	<i>Taux d'autoconsommation – TAc</i>
TAp:	<i>Taux d'autoproduction – TAp</i>
TRI:	<i>Taux de Rentabilité Interne</i>
TRA:	<i>Temps de retour actualisé</i>
TRB:	<i>Temps de retour brut</i>
TURPE:	<i>Tarif d'Utilisation du Réseau Public d'Électricité</i>



ANNEXES

1. Tableau des financements mobilisables en 2019
2. Intérêt de l'autoconsommation suivant les activités sur site
3. Taxes et impôts soumis aux producteurs photovoltaïques vendant de l'électricité
4. Les grandes étapes d'un projet

ANNEXE 1

→ TABLEAU DES FINANCEMENTS MOBILISABLES EN 2019

Le tableau ci-dessous présente en synthèse les différentes possibilités dont dispose le maître d'ouvrage pour réaliser un projet en autoconsommation selon le cadre contractuel et les dispositifs de soutien de la filière.

Attention, tous ces financements sont ceux de l'année 2019 et évolueront vraisemblablement dans les années à venir.

Tableau synthétique du cadre contractuel de l'autoconsommation

Type d'Autoconsommation	Puissance crête de l'installation			
	Cadre juridique	< 100 kWc	Cadre juridique	> 100 kWc
Individuelle Totale	Décret Mai 2017/ Obligation achat	Oui/Pas d'injection d'énergie sur le réseau	Appel d'offres CRE Autoconsommation	Oui Pc comprise entre 100 et 1000 kWc Complément de rémunération de l'énergie autoconsommée
			Libre hors Appel d'offres	limité à la puissance soutirage du site
	Appel a Projet Région Occitanie	Oui/Pas d'injection d'énergie sur le réseau Pc mini du projet: 10 kWc	Appel a Projet Région Occitanie	Oui/Pas d'injection d'énergie sur le réseau Pc maxi du projet: 250 kWc
Individuelle Partielle	Décret Mai 2017/ Obligation achat	Oui/Vente du surplus à l'acheteur obligé	Appel d'offres CRE Autoconsommation	Non
			Libre hors Appel d'offres	Oui/Vente du surplus à un agrégateur limité à la puissance soutirage du site
	Appel à projets Région Occitanie + Décret Mai 2017/ Obligation achat	Oui/Vente du surplus à l'acheteur obligé Pc mini du projet: 10 kWc	Appel à projets Région Occitanie	Oui/Vente du surplus à un agrégateur Pc maxi du projet: 250 kWc
Collective	ordonnance n° 2016-1019 du 27 juillet 2016/ Loi n°2019-486 du 22 Mai 2019	Pas de limite de puissance critère de proximité selon arrêté*	ordonnance n° 2016-1019 du 27 juillet 2016/ Loi n°2019-486 du 22 Mai 2019	Pas de limite de puissance Critère de proximité selon arrêté*

* Arrêté non publié à la date d'édition du guide

ANNEXE 2

→ INTÉRÊT DE L'AUTOCONSOMMATION SUIVANT LES ACTIVITÉS SUR SITE

Le tableau ci-dessous donne quelques exemples d'évaluation de la pertinence d'un site pour l'autoconsommation.

N°	Organisme Activité sur le site	Consommation annuelle (MWh)	Puissance crête potentielle maximale (kWc)	Productible centrale PV (kWh/kWc)	Type de courbe de charge	Taux auto-consommation (%)	Production Centrale PV (MWh)	Taux d'auto-production (%)	Évaluation du site/ Commentaire
1	Centre hospitalier	9400	1200	1225	1.1	100 %	1470	16 %	Favorable Possibilité de consommer la totalité de l'énergie produite par la centrale solaire.
2	Ehpad 1	280	8	1180	1.2	60 %	6	2 %	Défavorable Bon profil de charge mais pas suffisamment de place pour installer les modules. Production solaire marginale par rapport à la consommation.
3	Ehpad 2	280	45	1250	1.2	95 %	53	19 %	Favorable Bon profil de charge et espace suffisant pour installer les modules. Production solaire non marginale par rapport à la consommation.
4	Bâtiment d'éducation (collège, lycée...)	140	40	1210	1.4	52 %	25	18 %	Défavorable Bon profil de charge hebdomadaire mais consommation faible en été en période de forte production solaire. La moitié de l'énergie potentielle n'est pas valorisée.
5	Usine Production produit alimentaire	450	100	1180	1.1	98 %	116	26 %	Favorable Possibilité de consommer la quasi-totalité de l'énergie produite par la centrale solaire.

N°	Organisme Activité sur le site	Consommation annuelle (MWh)	Puissance crête potentielle maximale (kWc)	Productible centrale PV (kWh/kWc)	Type de courbe de charge	Taux auto-consommation (%)	Production Centrale PV (MWh)	Taux d'auto-production (%)	Évaluation du site/ Commentaire
6	Exploitation Viticole	53	15	1200	1.4	84 %	15	29 %	Favorable Possibilité de consommer la quasi-totalité de l'énergie produite par la centrale solaire.
7	Bureau tertiaire (avec serveur informatique et climatisation)	810	120	1160	1.4	79 %	110	14 %	Favorable Malgré une plus faible consommation le weekend, le taux d'autoconsommation reste élevé.
8	Centre commercial	870	130	1240	1.1	95 %	153	18 %	Favorable Forte consommation diurne en présence des personnels et de la clientèle.
9	Salle Polyvalente	125	30	1370	1.5	28 %	12	9 %	Défavorable Le taux d'autoconsommation est très faible du fait que la consommation est principalement nocturne. La part de l'énergie consommée sur le site est marginale donc la pertinence économique n'est pas atteignable.
10	Station de traitement des eaux usées	85	18	1300	N.C	10 %	2	3 %	Défavorable Pas de surface disponible pour mettre une forte puissance solaire. Profil de charge non adapté car consommation de beaucoup de puissance sur un temps très court (Fonctionnement des pompes).

ANNEXE 3

→ TAXES ET IMPÔTS SOUMIS AUX PRODUCTEURS PHOTOVOLTAÏQUES VENDANT DE L'ÉLECTRICITÉ

TVA: La vente d'énergie est soumise à la TVA et le chiffre d'affaires réalisé est soumis à l'impôt sur les sociétés.

IFER: Pour les installations en autoconsommation partielle dont la puissance est supérieure à **100 kWc**, une taxe d'Imposition Forfaitaire pour les Entreprises de Réseau (IFER) est due annuellement par l'exploitant d'une centrale solaire. Cette taxe est perçue pour les collectivités territoriales locales, elle est proportionnelle à la puissance installée de la centrale. Au 1^{er} Janvier 2019, le montant de la taxe était de **7.57 €/kW**. Cette taxe fait partie de façon plus générale de la Contribution Économique Territoriale (CET) pour laquelle selon le montant du chiffre d'affaires facturé d'autres taxes peuvent être exigées telle que la Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises (CVAE). L'ensemble des conditions d'application de cette taxe est donné aux articles 1417 et 1447 Bis du code général des impôts.

TURPE: Ce coût dû correspondant au Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Électricité a été mis en place en février 2000. Il représente les coûts nécessaires à l'acheminement de l'électricité sur son lieu de consommation. Il permet notamment la couverture des coûts engagés et des investissements réalisés par les gestionnaires du réseau de distribution. Le calcul du montant du TURPE est complexe car il se fait par l'addition de plusieurs composantes de coûts dont les principales sont :

- La **composante annuelle de gestion** (coûts de gestion des dossiers, facturation, recouvrement, accueil des usagers. Prix fixe en fonction du type de contrat CARD ou Contrat Unique); en €/an
- La **composante annuelle de comptage** (contrôle, relevé, location et entretien du compteur électrique) en €/an
- La **composante annuelle des soutirages** (en fonction de l'option tarifaire du client); en €/MWh

Le détail du mode de calcul et les différents tarifs applicables pour le calcul du montant du TURPE pour les consommateurs et les autoproducteurs sont mentionnés dans le document **TURPE 5 Bis** applicable depuis le 1 Aout 2018 et téléchargeable sur le site d'ENEDIS: https://www.enedis.fr/sites/default/files/TURPE_5bis_plaquette_tarifaire_aout_2018.pdf

Ce coût est donc variable et propre à chaque site, en fonction de la quantité d'énergie soutirée, du type de contrat d'accès au réseau, de la puissance souscrite et du type d'options tarifaires choisi. La CRE met à disposition un simulateur pour faire une évaluation de coût d'acheminement en soutirage mais pas encore en autoconsommation: <https://www.cre.fr/calculatrice/detail>

Ce coût s'applique uniquement aux consommateurs d'énergie. Le tableau ci-dessous récapitule selon le type d'autoconsommation si le TURPE est applicable.

Nature/Type du Projet d'Autoconsommation	Soumis au TURPE
Individuelle Totale (Sans Injection)	Non
Individuelle Partielle (Avec Injection)	Oui
Producteur participant à une opération d'Autoconsommation Collective	Non
Producteur/ Autoconsommateur participant à une opération d'Autoconsommation Collective	Oui

Dans le cas de l'autoconsommation collective, la composante de soutirage est calculée sur la consommation d'énergie autoconsommée (dite autoproduite) et sur la consommation d'énergie issue du réseau (dite alloproduite).

TFPNB : Pour les centrales photovoltaïques au sol, une Taxe Foncière sur les Propriétés Non Bâties (TFPNB) est systématiquement due. Son montant dépend de la valeur locative du terrain.

CSPE et TLCFE : Pour toutes les installations dont la puissance est **inférieure à 1 MW**, une exonération de la taxe de Contribution au Service Public de l'électricité (CSPE) et à la Taxe Locale sur la Consommation Finale d'Électricité (TLCFE) a été actée au travers de la loi 2017-227. Il se pourrait que la position de la CRE change en fonction des volumes qui seront installés dans le futur.

© Emmanuel Grimaud - Région Occitanie



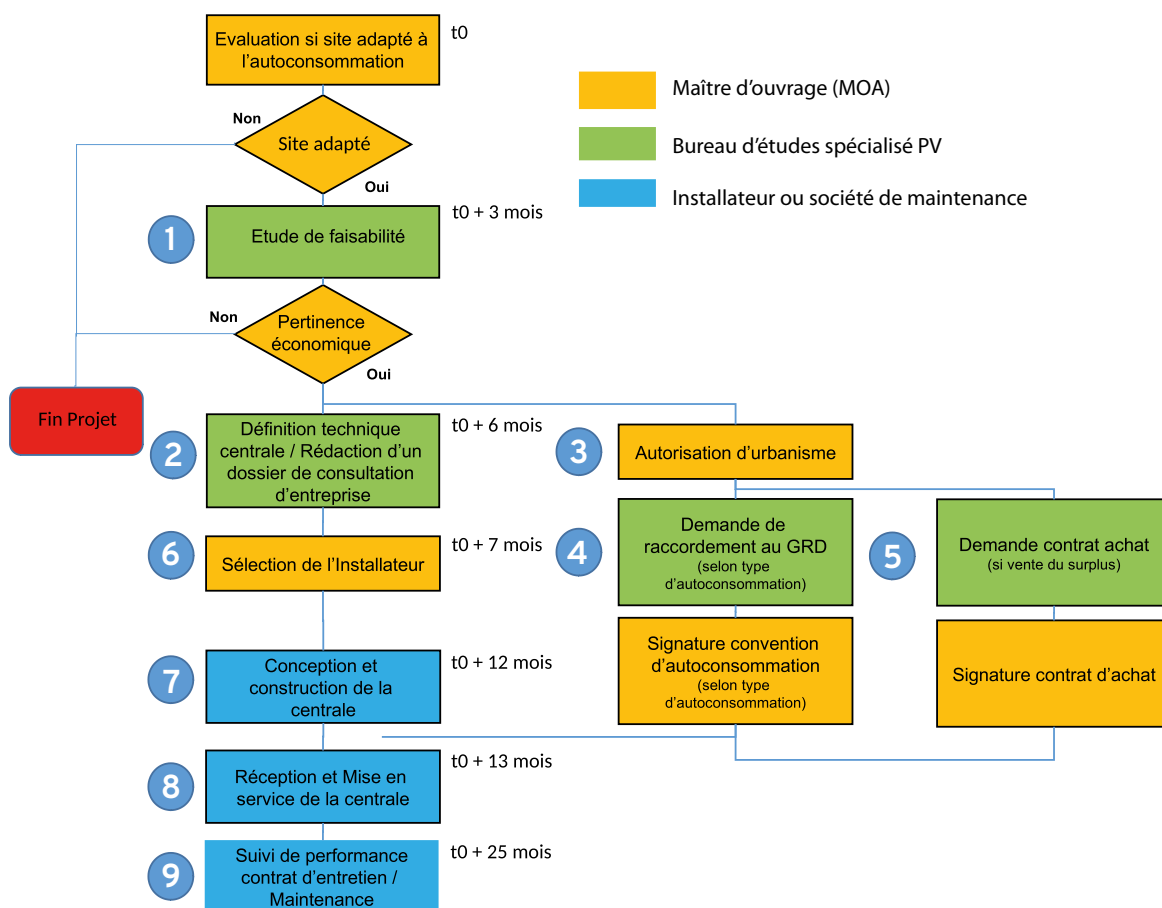
ANNEXE 4

→ LES GRANDES ÉTAPES D'UN PROJET

LES ÉTAPES CLÉS D'UN PROJET D'AUTOCONSOMMATION

Le schéma ci-dessous présente les étapes clés d'un projet d'autoconsommation individuelle sans tiers investisseur après que le maître d'ouvrage

ait évalué l'adaptabilité de son site à un projet d'autoconsommation.



La durée moyenne de réalisation d'un projet est de **12 à 15 mois**. Dans le cas où le maître d'ouvrage souhaite réaliser son projet avec la présence d'un tiers investisseur, il doit répondre à un appel d'offres CRE. Un délai supplémentaire de **8 à 10 mois** est

nécessaire pour permettre la réalisation d'une consultation de l'opérateur et lui laisser le temps de monter son dossier d'appel d'offres à la CRE. Dans le cas où l'opérateur n'est pas lauréat de l'appel d'offres CRE, le projet ne peut pas se réaliser.

■ Étape 1: Étude de faisabilité

Pour réaliser l'étude de faisabilité technico économique, il est donc fortement recommandé de travailler avec des bureaux d'études indépendants spécialisés et expérimentés dans le domaine qui disposent de certification adéquate telle que RGE *Étude d'Installation de production utilisant l'énergie solaire* (2011).

Le travail à réaliser pour une étude de faisabilité consiste à :

- Comprendre les motivations et attentes principales du maître d'ouvrage,
- Collecter des informations techniques et financières :
 - Les données de consommation annuelle au pas horaire issues des compteurs intelligents PME/PMI ou Linky. Si les données ne sont pas disponibles, il faut prévoir la pose de dispositif enregistreur sur une période représentative,
 - S'assurer de la bonne répartition des charges sur les différentes phases pour les installations en triphasé,
 - Les factures relatives à la consommation énergétique,
 - Identifier les zones exploitables pour la mise en œuvre de modules solaires en toiture ou au sol (état des couvertures, charpentes, orientations, ombrages portés, surface, accès à la toiture...),
 - Identifier les zones de cheminements des liaisons électriques, de mise en œuvre des équipements électriques (onduleurs, coffret de protection électrique, système de comptage de l'énergie) et de raccordement électrique à l'installation (TGBT),
 - Identifier la nature des appareillages et leur impact sur les consommations,
 - Identifier les contraintes administratives telles que les règles du POS, PLU, les directives des Services d'Incendie et de secours à appliquer sur les sites ERP/ICPE, les directives de la DGAC en cas de proximité d'un aéroport, etc.
- Analyser l'ensemble des données de consommations pour comprendre le profil de charge actuel et identifier des actions possibles pour l'optimisation future (mise en place d'action de Maîtrise de l'Énergie, pilotage pour le décalage de certaines charges dans le temps, etc.),
- Modélisation de la courbe de charge actuelle et/ou future au pas horaire sur une période de référence d'une année,
- Pré-dimensionnement de la puissance crête de la centrale en fonction des surfaces exploitables

Pour rédiger son cahier des charges, le MOA peut s'appuyer sur le Guide à la rédaction d'un cahier des charges téléchargeable sur internet.

à l'aide d'un logiciel permettant de superposer le profil de production solaire au profil de consommation au pas horaire. La valeur calculée donne une idée de la puissance crête possible en fonction des valeurs de taux d'autoconsommation et de taux d'autoproduction calculés,

- Dimensionnement final de la puissance crête de l'installation avec prise en compte des coûts des différentes solutions de centrales pour déterminer l'optimum économique de l'installation à l'aide d'indicateurs financiers de type TRI, LCOE, temps de retour du capital investi, etc,
- Ces calculs sont réalisés à partir d'un logiciel qui permet l'établissement d'un plan d'affaire (Business Plan) pour lequel l'ensemble des hypothèses d'entrées doit être présenté et validé par le maître d'ouvrage. Le maître d'ouvrage doit définir quel mode de financement de l'opération il souhaite mettre en place : fonds propres, prêt bancaire ou tiers investisseur,
- Identifier les aides financières possibles pour l'opération,
- Rédiger et présenter un rapport d'études de faisabilité avec les recommandations et les caractéristiques sur la nature du projet qu'il est possible et judicieux de réaliser.

■ Étape 2: Dossier de consultation des Entreprises

Une fois que le maître d'ouvrage a pris la décision de réaliser son projet et qu'il a déterminé son mode de financement, il doit sélectionner une entreprise pour la construction de la centrale photovoltaïque en autoconsommation. Pour cela et compte-tenu de la complexité technique et administrative de ce type de projet, il est fortement recommandé au maître d'ouvrage de se faire accompagner par un bureau d'études indépendant pour la rédaction d'un dossier de consultation des entreprises (DCE). En effet, le rapport d'une étude de faisabilité ne donne pas de spécification technique de matériels, de planning cadre, de références normatives, de contraintes détaillées qui permettent la réalisation d'un chiffrage correct. Il faut donc obligatoirement prévoir la réalisation d'un dossier de consultation des entreprises qui permet de s'assurer de la qualité future de la construction. Pour rappel, ce type d'ouvrage doit fonctionner sur une période de plus de 20 ans voire 25 à 30 ans et la qualité des matériels utilisés est fondamentale pour l'atteinte de ce niveau de performance.

Le maître d'ouvrage peut en fonction de la puissance crête de la centrale ou du type de classement du bâtiment à construire utiliser les services soit :

- D'un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) pour :
 - L'assistance à la constitution d'un cahier des charges de la consultation pour une construction selon le modèle : Clé en Main par l'Entreprise,
 - L'assistance à la sélection des entreprises,
 - L'assistance au suivi des travaux jusqu'à la réception et la mise en service de l'ouvrage.
- D'un maître d'œuvre (MOE) pour :
 - La réalisation d'un cahier des charges et d'un dossier de consultation (DCE) pour la construction d'une centrale selon le modèle : Maîtrise d'œuvre et Entreprise d'Installation,
 - La proposition d'entreprise à consulter, le lancement de la consultation, l'analyse des offres et les recommandations de choix auprès du maître d'ouvrage (ACT),
 - L'organisation, la validation des plans d'exécution, le suivi du chantier (animation des réunions de chantier), la réception des travaux et le contrôle de la performance de l'installation.

Pour éviter tout écueil, il est totalement déconseillé au maître d'ouvrage de lancer une consultation sans aucun accompagnement.

■ Étape 3: Autorisation d'urbanisme

En parallèle de l'étape 2, après avoir défini les caractéristiques et le type d'ouvrage de centrale (au sol, sur ombrière ou sur bâtiment, le maître d'ouvrage doit demander et obtenir une autorisation d'urbanisme écrite auprès du service urbanisme de la Mairie. La demande d'autorisation peut être de type

Déclaration Préalable (DP) ou de type **Permis de Construire** (PC) selon le type d'ouvrage et la puissance crête de l'installation.

Le tableau ci-dessous récapitule le type d'autorisation à prévoir en fonction du type de centrale à construire.

Type d'ouvrage (Centrale PV)	Puissance de l'ouvrage (kWc)	Type de demande d'autorisation d'urbanisme	Étude Environnementale	Référence texte du code de l'Urbanisme
Au sol	< 3kWc et h < 1,8 m	Aucune	Non	Article R421-2 à R421-8-2 (Décret n° 2009-1414 du 19 novembre 2009 relatif aux procédures administratives applicables à certains ouvrages de production d'électricité)
	< 3 kWc et h > 1,8 m	DP	Non	
	3 - 250 kWc	DP	Non	
	> 250 kWc	PC	Oui	
Sur bâtiment neuf	Toutes	PC	Non	Article R421-2 à R421-8-2
Sur bâtiment existant	Toutes	DP	Non	
Ombrières	3-250	DP	Non	Article R421-2 à R421-8-3 (Article R421-9 alinéa H)
	> 250	PC	Oui	

Demande d'autorisation dans le cadre général du code de l'urbanisme. DP: Déclaration Préalable/PC: Permis de Construire

Le délai d'instruction pour une DP est de 1 mois et de 2 mois pour un PC.

Dans certain cas, ce délai peut être allongé du fait de la nécessité de consulter des services annexes aux services de l'urbanisme pour l'instruction du projet. C'est notamment le cas pour les installations :

- Situées dans le périmètre de protection des monuments historiques pour lesquelles les Architectes de Bâtiment de France doivent donner un avis et éventuellement formuler des recommandations vis-à-vis de l'esthétique du projet.
- Situées sur des Établissements Recevant du Public (ERP) pour lesquels les Services Départementaux d'Incendie et de Secours SDIS doivent s'assurer du respect des règles de leur doctrine photovoltaïque et formuler des recommandations.

- Situées sur des bâtiments classés ICPE soumis à autorisation (arrêté du 25/05/2016) pour lequel les services de la Préfecture (DREAL) doivent être informés afin de s'assurer du respect des règles notamment vis-à-vis du risque d'incendie.
- Situées à moins de 3 km d'un aéroport (hors hélistation) pour lesquelles la Direction Générale de l'Aviation Civile exige l'étude et la mise en place de moyen de sécurité pour éviter tout risque d'éblouissement des pilotes selon les règles de la note d'information technique (4^e édition du 27 juillet 2011).

Dans chacun des cas ci-dessus, le maître d'ouvrage devra fournir un dossier technique détaillé descriptif de l'installation.

■ Étape 4: Demande de raccordement

Quel que soit le type d'autoconsommation choisi pour le projet, il est nécessaire de faire une demande de raccordement de la centrale solaire auprès du Gestionnaire de Réseau qui peut être soit ENEDIS, soit une régie locale (par exemple : CESML ou autre). Cette demande est présentée sous forme d'un formulaire à remplir et à retourner auprès du gestionnaire de réseau avec des pièces techniques

et administratives relatives à l'installation. Cette demande ne peut se faire qu'après avoir obtenu l'autorisation d'urbanisme. Il est aussi conseillé pour cette étape de se faire accompagner car il existe de très nombreuses options à choisir selon le modèle d'autoconsommation qui va conditionner la rédaction de différents documents à signer dont les principaux sont mentionnés ci-après :

Modèle d'autoconsommation	Puissance Installation	Type de contrat
Autoconsommation individuelle totale	< 36 kWc	CACSI
	> 36 kWc	CARD-S et CE (BT)
	> 250 KVA	CARD-S et CE (HTA)
Autoconsommation individuelle partielle	< 36 kWc	CU ou CRAE
	> 36 kWc	CARD-I (BT), CE (BT)
	> 250 KVA	CARD-I (HTA), CE (HTA)
Autoconsommation collective	< 100 kWc	CARD-I (HTA), CE (HTA)

CACSI: Convention Autoconsommation Sans Injection

CE: Convention Exploitation

CRAE: Contrat de Raccordement d'Accès au réseau et d'Exploitation

CU: Contrat Unique (Avec son fournisseur)

CARD-I: Contrat Accès Réseau Injection

CARD-S: Contrat Accès Réseau Soutirage

Un des intérêts majeurs des projets d'autoconsommation individuelle est qu'ils ne nécessitent pas de travaux lourds liés au raccordement car les liaisons électriques utilisées sont existantes. Cela permet d'obtenir des délais de mise en service assez rapides et de diminuer le coût global de ce type de

centrale solaire si on les compare à la centrale de production totale.

Les modalités transitoires de traitement des demandes de mise en œuvre d'opération d'autoconsommation collective sont définies dans le document *Enedis-OPE-CF_06* du GDR Enedis.

■ Étape 5: Contrat d'achat d'électricité

Dans le cas où le MOA fait le choix de l'autoconsommation individuelle partielle, il s'engage à vendre la partie de l'électricité non consommée dans le cadre de l'obligation d'achat auprès d'EDF O.A selon les critères des dispositifs de soutien ou bien à un agrégateur d'énergie. Pour cela, il est nécessaire de signer un contrat d'achat avec l'acheteur du surplus. Dans le cas de l'obligation d'achat, la demande de contrat d'achat se fait au moment de la demande de raccordement ENEDIS.

Dans les cas où il y a vente d'électricité (autoconsommation partielle et autoconsommation collective), un tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE) est facturé à tous les utilisateurs (producteur et consommateur) pour l'énergie produite par la centrale solaire qui transite sur le réseau public de distribution (RPD). Ces tarifs sont définis par la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) et les tarifs revus en règle générale tous les 4 ans. Ils sont disponibles sur les sites des distributeurs d'énergie ou de la CRE.

■ Étape 6: Choix de l'installateur

La construction d'une centrale photovoltaïque fait appel à de multiples compétences qui sont différentes selon le type d'ouvrage à construire (centrale au sol, ombrière, toiture plate, toiture inclinée). La qualité des matériels et de la construction va conditionner le succès de l'opération. En effet, pour que le projet photovoltaïque en autoconsommation soit économiquement pertinent, il est nécessaire que l'ouvrage délivre bien la quantité d'énergie prévue sur toute la période du plan d'affaire qui peut aller jusqu'à 20 voire 25 ans.

Il est donc très important de sélectionner un installateur qui dispose des compétences nécessaires à la réalisation des travaux en vérifiant notamment :

- Les moyens financiers qui doivent être adaptés à la taille de l'ouvrage
- Les moyens techniques et humains dont il dispose,
- Les références pour la réalisation de projets similaires et la satisfaction des MOA,
- Les niveaux de qualification des personnels et leur titre d'habilitation (électrique, CACES, travail en hauteur, etc.),
- La présence et l'application de la charte environnementale (évacuation des déchets),
- Les certifications et/ou qualifications particulières de l'entreprise.

De manière générale, il est nécessaire que les entreprises qui réalisent ce type de travaux puissent justifier d'une solide expérience dans le domaine du solaire et possèdent obligatoirement des certifications et/ou des qualifications professionnelles qui peuvent être les suivantes :

- Qualification QualiPV Module Elec délivrée par Qualit'ENR,
- Qualification 5911 délivrée par Qualibat,
- Qualification SP1 et SP2 délivrée par Qualifelec.

Afin d'éviter tout écueil, il est fortement déconseillé de confier la réalisation d'une telle installation à une entreprise générale de construction qui ne disposant pas de compétence interne sous-traiterait ce type d'installation.

Il est aussi recommandé au MOA pour conserver une pertinence environnementale du projet de sélectionner des entreprises qui proposent des matériels de bonne qualité disposant d'un bon retour d'expérience. Pour ce qui concerne les modules, il est beaucoup plus judicieux d'utiliser des produits à faible empreinte carbone pour permettre effectivement la production de kWh solaire avec le plus faible impact sur l'environnement. De nombreux fabricants sont capables de fournir une évaluation carbone de leurs modules selon la méthode des A.O CRE.

Même si le MOA a fait le choix de ne pas prendre de maître d'œuvre dans le cadre de la construction du projet, il est fortement conseillé de se faire accompagner par un AMO pour le choix de l'installateur.

■ Étape 7: Construction de la centrale

Quel que soit le modèle de construction choisi (avec MOE ou sans), il est nécessaire d'effectuer par les entreprises des études d'exécution du projet qui doivent être validées par différents acteurs du projet avant tout démarrage des travaux. Ces acteurs peuvent être :

- Le maître d'œuvre (BET si existant),
- Le ou les bureaux de contrôles (obligatoire dans le cas de projet sur un ERP ou un ICPE),
- Le Coordinateur Sécurité/Protection/Santé (SPS),
- Les services du SDIS (dans le cas d'un projet sur un ERP).

Les risques techniques majeurs à maîtriser sur ce type d'ouvrage sont principalement liés :

- Aux contraintes de charges additionnelles apportées par les modules PV et leur structure de fixation par rapport aux règles Eurocodes Neige & Vent (note de calcul structure),
- La durabilité de tous les matériels dans le temps,
- Aux hypothèses de dimensionnement de l'architecture électrique de l'installation qui doit être conforme à l'UTE 15-712-1 de 07/2013,

- À la qualité de mise en œuvre des matériels selon les recommandations des fabricants,
- Aux respects des règles générales de la Commission Centrale de Sécurité de 02/2013 (Cas des ERP) pour les interventions et la maintenance.

À l'issue de la phase de conception et de la validation de certains documents nécessaires à l'exécution du projet, les travaux peuvent commencer. Les projets de construction d'ombrières peuvent être plus complexes à organiser que des projets d'installations en toiture du fait de la nécessité de bloquer des zones de parking pour les travaux notamment lorsque le site dispose d'un fort taux d'occupation du parking (cas des centres commerciaux ou de parking d'entreprise). Dans ce cas de figure, une implication forte des MOA pour accompagner l'entreprise et trouver des solutions temporaires permet de garantir le succès de l'opération.

■ Étape 8: Essai, mise en service et réception

Une fois l'installation terminée, il est nécessaire de procéder aux opérations de contrôle préalable à la réception des travaux. Cela consiste à vérifier que l'ensemble des matériels mis en œuvre sont conformes au cahier des charges techniques initial et qu'ils ont été posés selon les règles et normes en vigueur.

L'ensemble des non-conformités doivent être corrigées selon un délai convenu afin de pouvoir prononcer la réception définitive de l'ouvrage qui marque le transfert de responsabilité de l'ouvrage de l'entreprise au MOA.

La réception définitive ne peut se faire qu'après une période d'essai de production qui confirme que la centrale atteint bien le niveau de performance prévu pour la période considérée. Une fois ces essais réalisés et concluants, il est nécessaire d'obtenir un consuel de l'installation pour pouvoir faire la mise en service définitive qui est souvent conditionnée à une autorisation du gestionnaire de réseau.

Le procès-verbal de réception ne peut être signé qu'après avoir obtenu le Dossier d'Ouvrage Exécuté (DOE) qui comprend l'ensemble des informations relatives aux travaux qui ont été réalisés dont les principaux documents sont :

- Plan d'implantation des matériels (modules, coffrets électriques, arrêt d'urgence, cheminement des câbles, TGBT du site, moyen d'accès, etc.),

- Plan de récolement des tranchées des liaisons électriques, et des canalisations,
- Schémas et plans Électrique/Mécanique,
- Note de calcul Électrique/Mécanique,
- Nomenclature des principaux matériels et leurs références,
- Documentations techniques des matériels (modules, onduleurs, appareillages électriques, câbles, mise à la terre, connecteurs, etc.)
- Conditions de garantie des principaux composants,
- Carnets de câbles,
- Relevé des paramètres d'essai de fonctionnement,
- Consuel,
- DIUO (Document d'Intervention Ultime sur l'Ouvrage).

Tous ces éléments sont importants et nécessaires pour assurer le suivi et la maintenance de l'installation durant la vie de la centrale.

Remarques importantes : une assurance responsabilité civile producteur doit être souscrite auprès de l'assureur du bâtiment ou du site. Cette déclaration doit être faite avant la mise en service définitive de l'installation. Il est conseillé au MOA d'informer son assureur lors de la phase d'élaboration du cahier des charges technique car dans certains cas, il peut imposer que l'installation soit réalisée avec des certifications produites spécifiques.

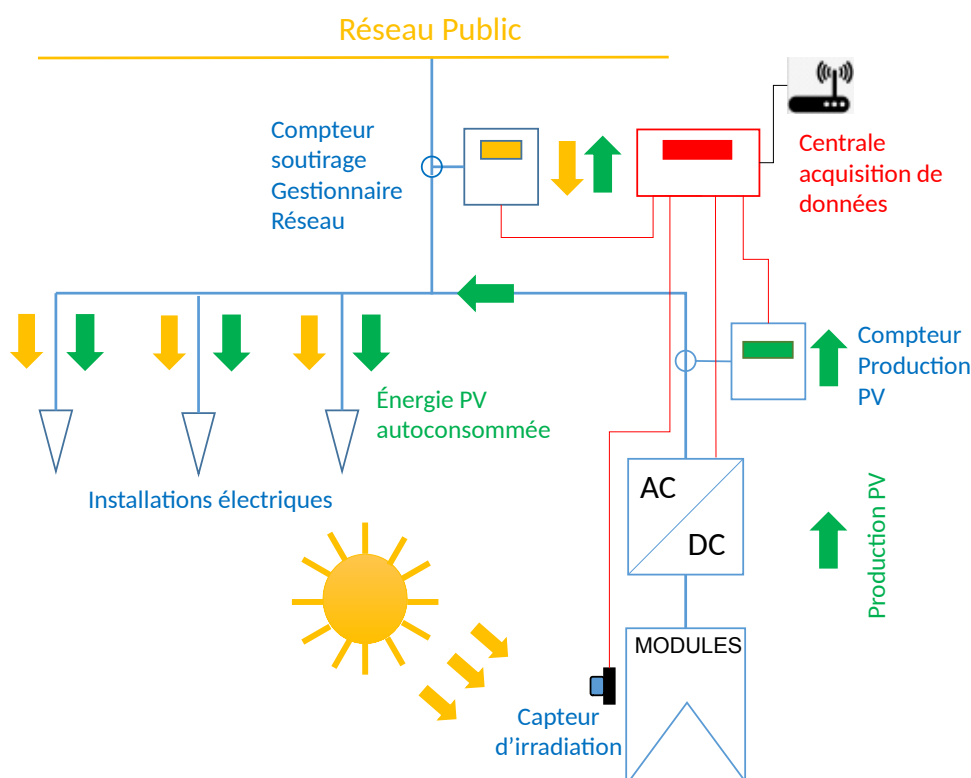
■ Étape 9: Suivi des performances/Contrat de Maintenance

Le suivi des performances d'un projet en autoconsommation est très important car il permet de vérifier le bon fonctionnement de l'installation, de déceler des éventuels écarts par rapport aux estimations initiales, d'en comprendre les éventuelles raisons pour mettre en place les actions correctives si nécessaires.

Le suivi de la performance doit se faire à l'aide de matériels de mesures, de stockage des données et de transmission parmi les plus fiables possibles du marché. Il est recommandé de spécifier dans le cahier des charges du matériel professionnel avec des précisions de mesures suffisantes et de prévoir la collecte de toutes les informations nécessaires pour pouvoir mener à bien des analyses pertinentes.

Pour pouvoir assurer le suivi technique opérationnel, un projet d'autoconsommation individuelle doit posséder a minima les appareillages qui permettent les mesures et le stockage des données suivantes au pas moyen de 10 ou 15 minutes :

- La mesure de l'ensoleillement reçu dans le plan des capteurs (capteur d'irradiation ou achat de données satellite d'ensoleillement),
- La mesure des paramètres physiques de tension, courant et puissance de chacun des onduleurs,
- Les événements/code pannes des onduleurs,
- La mesure de la consommation d'énergie soutirée et injectée au réseau,
- La mesure de la production PV à la sortie de la centrale PV.



L'ensemble de ces données sont transmises régulièrement à un serveur informatique qui permet après traitement des données au travers d'un logiciel spécifique de faire un suivi à distance du fonctionnement de la centrale et de sa performance.

Il est fortement conseillé au MOA d'exiger la mise en place d'un compteur d'énergie certifié MID pour la production PV qui comporte des index de comptage

dont le cumul de la production PV totale. En effet, de nombreuses installations en autoconsommation ne sont pas équipées de ce type de comptage car cette mesure est faite par le système d'acquisition de données. Dans le cas où une panne intervient sur cet appareillage, le MOA **perd totalement l'information de la consommation totale de son site** sur la durée de la panne.

La consommation d'un site en autoconsommation est bien :

$$\begin{array}{l} \text{Consommation site} \\ = \\ \text{Énergie soutirée au réseau} \\ + \text{ Énergie Production PV} \\ - \text{ Énergie injectée au réseau} \end{array}$$

Dans le cas d'un projet en autoconsommation totale, le GRD peut exiger qu'aucune énergie ne soit injectée dans le réseau public. Pour assurer cette obligation, un dispositif de limitation de puissance de la production PV doit être mis en œuvre pour ne jamais produire plus que la consommation du site. Dans ce cas de figure, il est difficile d'évaluer la performance de la centrale (Calcul de son Ratio de Performance) et impossible de calculer le **TAc** car il est obligatoirement de **100 %**. Il est recommandé dans ce cas d'utiliser un outil logiciel de suivi de la performance qui donne l'information de l'énergie qui aurait pu être produite s'il n'y avait pas eu de limitation de production. Cette information permet l'optimisation du fonctionnement de la centrale en autoconsommation au vu de l'analyse de ces données.

Il est souvent très complexe pour un maître d'ouvrage de faire lui-même l'entretien et le suivi du fonctionnement de la centrale PV du fait des spécificités techniques des matériels, de l'évolution rapide des technologies et de la nécessité de disposer pour ses personnels des formations et habilitations pour les travaux de nature électrique où des travaux sur toiture en hauteur.

Par principe, une installation PV est réputée fiable donc elle ne nécessite pas de prestation de maintenance préventive lourde. Une visite de contrôle de l'installation annuelle est suffisante. Par contre, il est nécessaire de réaliser un suivi à distance de l'installation pour s'assurer que la centrale produit de l'énergie et que son niveau de performance est correct. En effet, dans le cas où la protection électrique générale se déclenche pour diverses raisons, la centrale pourrait ne pas produire d'électricité pendant plusieurs jours voire semaines.

Pour ces différentes raisons, il est fortement conseillé au MOA de souscrire à un contrat de suivi du fonctionnement et de maintenance avec l'entreprise qui a réalisé les travaux si elle propose ce type de prestation ou auprès d'un professionnel du secteur.

Ce contrat doit prévoir a minima les prestations suivantes :

- **La télésurveillance de l'installation**

- Vérification quotidienne : fonctionnement de la communication, des onduleurs, de la cohérence du niveau de production, identification et analyse des messages d'erreurs,
- Collecte et stockage des données de suivi de l'installation,
- Mise à disposition d'un outil de type extranet ou équivalent pour le compte du MOA pour qu'il puisse visualiser : la production de la centrale et la consommation du site, l'historique des interventions et/ou des pannes, les informations techniques et administratives de la centrale.

- **La visite annuelle de maintenance préventive**

- Inspection visuelle des champs PV et des liaisons de câbles DC (encrassement, bris de verre, ombrage porté, risque de coupure de câble, état général),
- Contrôle des points chauds des champs PV avec caméra thermique,
- Contrôle des ancrages, des fixations et des supports des champs PV (solidité, corrosion...),
- Vérification de tous les coffrets électriques (étanchéité & fixation des enveloppes, propreté, état fusibles et parafoudre, serrage des borniers, affichages réglementaires, fonctionnement des protections, contrôle des points chauds à la caméra thermique),
- Vérification des onduleurs (ventilation, nettoyage des grilles, connexions),
- Contrôle visuel de tous les composants du local technique et nettoyage (onduleurs, transformateurs, coffret de monitoring...),
- Contrôles nécessaires suite au diagnostic d'une anomalie détectée à l'aide du dispositif de télésurveillance,
- Vérification des mises à la terre de l'installation,
- Consignation de la visite, des interventions réalisées dans le carnet d'entretien.

- **Les coûts de la maintenance curative/ Dépannage hors garantie et de nettoyage**

Description des prestations additionnelles de dépannage hors garantie :

- Coût horaire d'intervention par technicien (semaine, samedi & dimanche et jours fériés),
- Coût de déplacement,
- Coût de nettoyage des champs PV à l'eau déminéralisée,
- Condition d'intervention et de paiement.

- **Rapport annuel de fonctionnement de l'installation en autoconsommation.**

- Rédaction d'un rapport annuel écrit faisant état d'une analyse et d'un bilan du fonctionnement de l'installation en autoconsommation en comparaison de ce qui a été prévu en phase étude. Ce rapport doit notamment préciser les points suivants :
- Description des pannes/interventions techniques réalisées dans l'année,
- État de la consommation annuelle du site (/ à la consommation de référence),
- État de la production annuelle du site (/ l'ensoleillement de référence),
- Calcul des TAc et TAp et justification des raisons dans le cas d'écart important,

- Calcul du Performance Ratio (P.R) et de l'énergie spécifique annuelle/aux années précédentes et justification des valeurs,
- Identification des actions correctives et recommandations pour optimiser le fonctionnement de la centrale,
- Recommandation sur la périodicité la mieux adaptée pour le nettoyage des modules au vu du retour d'expérience de l'année,
- Avis sur la pertinence économique de l'opération pour le MOA.



© Shutterstock

HÔTEL DE RÉGION

Toulouse
22, bd du Maréchal Juin - 31406 Toulouse cedex 9
05 61 33 50 50

Montpellier
201, av. de la Pompignane - 34064 Montpellier cedex 2
04 67 22 80 00

 @occitanie | laregion.fr