

Centrales Villageoises Portes du Vercors

Projets d'installation Photovoltaïque



Table des matières

| | |
|--|----|
| Produire de l'électricité photovoltaïque | 3 |
| L'électricité photovoltaïque | 3 |
| La vente en totalité..... | 3 |
| L'autoconsommation..... | 4 |
| Autoconsommation avec injection du surplus (rémunéré)..... | 4 |
| Autoconsommation totale | 5 |
| Stockage | 7 |
| La « batterie virtuelle » ou « stockage virtuel » | 7 |
| Concevoir et dimensionner une installation photovoltaïque en autoconsommation | 8 |
| Travaux de réalisation d'une installation | 9 |
| Contraintes réglementaires..... | 9 |
| Exigences contractuelles | 9 |
| Réglementation | 9 |
| Règles de bonne mise en œuvre et de bonnes pratiques | 10 |
| Synthèse et bilan d'exploitation | 10 |
| Bilan | 10 |
| Aide à la décision | 11 |
| Autoconsommation ou autoproduction ?..... | 11 |
| Vigilance | 11 |
| L'alternative..... | 11 |
| Vision prospective | 11 |
| Annexes | 13 |
| A1-Glossaire..... | 13 |
| A2-Tarifs de vente de l'électricité photovoltaïque 1 ^{er} trimestre 2022..... | 14 |
| La vente en totalité..... | 14 |
| L'autoconsommation avec vente de surplus..... | 14 |
| A3-Analyse d'offres commerciales | 15 |
| Exemple 1 : offre commerciale (AC) en région lyonnaise (EDF-ENR)..... | 15 |
| Exemple 2 : projet AC en Isère, militant CVPV | 16 |
| Exemple 3 : projet AC en Isère, sympathisant CVPV | 17 |
| Exemple 4 : projet AC en Isère sympathisant CVPV | 18 |
| Exemple 5 : projet AC « Batterie Virtuelle »..... | 19 |
| Exemple 6 : projet AC « Stockage batterie lithium »..... | 19 |
| A4-Références | 20 |

Pour un particulier, l'installation de panneaux photovoltaïques peut répondre à plusieurs motivations ; la plus forte s'inscrivant certainement dans une démarche environnementale et de maîtrise de consommation d'énergie, de réduction d'atteinte à l'environnement et de participation au développement d'une énergie locale renouvelable.

La question de l'intérêt économique du choix de réaliser une telle installation se pose dans un second temps et nous nous proposons dans cet article de guider les personnes intéressées pour exploiter leur propre installation photovoltaïque.

Un choix de base pour l'installation de panneaux est celui de l'utilisation de cette électricité produite : est-elle destinée à être vendue sur le réseau public de distribution, ou l'installateur veut-il avant tout couvrir ses besoins propres d'électricité et vendre le surplus de production sur le réseau ?

C'est à ce second choix, couramment nommé « autoconsommation », que nous voulons nous intéresser dans cet article, en précisant des règles de conception et de réalisation et en recherchant des solutions d'optimisation financière pour l'exploitation future.

Produire de l'électricité photovoltaïque

L'électricité photovoltaïque

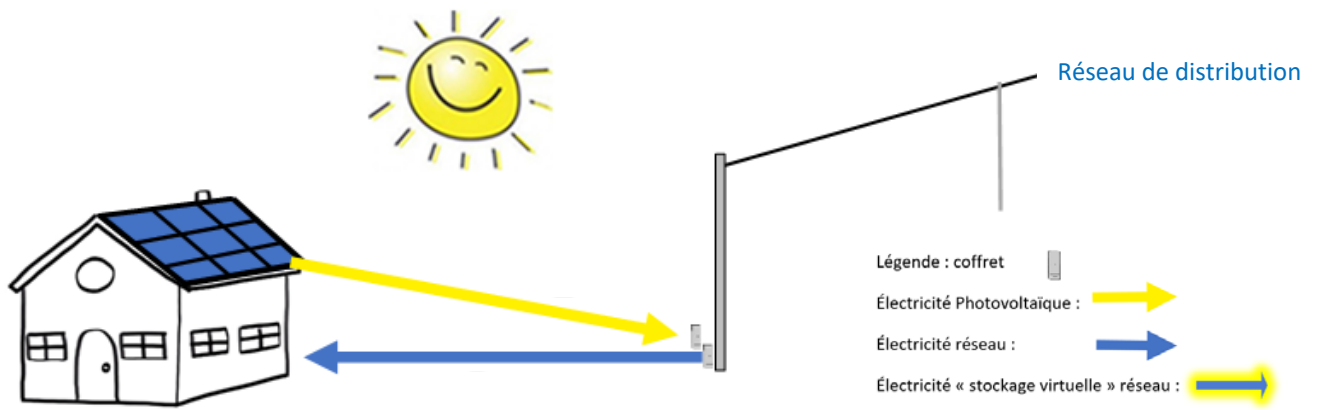
Une cellule photovoltaïque exposée à la lumière, génère entre ses bornes une différence de potentiel ; c'est sa tension à vide. Cette tension est indépendante de la valeur du rayonnement, elle est fonction des caractéristiques de cette cellule. Lorsque l'on ferme le circuit entre les bornes, on génère un courant dont l'intensité est fonction de la charge connectée. La tension délivrée et le courant fourni sont continus.

A l'aval du champ de capteurs photovoltaïques, on utilise généralement un ou des onduleurs assistés (sous-entendu par le réseau, cf A1-Glossaire) qui vont convertir ce courant continu en courant alternatif utilisable ou pouvant être injecté sur le réseau. Ce type d'onduleur doit produire un courant de mêmes caractéristiques que celle du réseau : forme d'onde, valeur et phase. **S'il n'y a pas de courant sur le réseau, les onduleurs assistés ne fonctionnent pas.**

Les dispositions prises pour accompagner le développement des énergies renouvelables en France, encadrent les conditions de distribution de l'énergie électrique produite par l'installation photovoltaïque sur le réseau public de distribution d'électricité géré par Enedis ou des entreprises locales de distribution comme GreenAlp (ELD cf A1-Glossaire). Le particulier propriétaire d'une installation de production photovoltaïque devra choisir parmi différents modes de raccordement celui qu'il veut adopter pour distribuer l'électricité produite.

La vente en totalité

Dans cette solution l'intégralité de la production des panneaux solaires photovoltaïques est injectée sur le réseau public. Un contrat passé entre EDF-OA (cf A1-Glossaire) et le propriétaire de la centrale de production photovoltaïque fixe les conditions administratives et techniques de raccordement de la centrale au réseau public et les tarifs de vente de cette électricité.



Une évaluation pour un particulier de l'intérêt d'une telle démarche est portée dans le tableau suivant :

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| Tarif de vente garanti, avec achat (cf A1-Glossaire) de la totalité de la production | Montage et acceptation d'un dossier de raccordement |
| Temps d'amortissement de l'investissement généralement court | Le champ capteur doit être implanté sur le bâtiment |
| | Nécessité de pose d'un câble entre onduleur et le coffret de comptage |
| | Pas de consommation de la production, factures d'électricité inchangées |

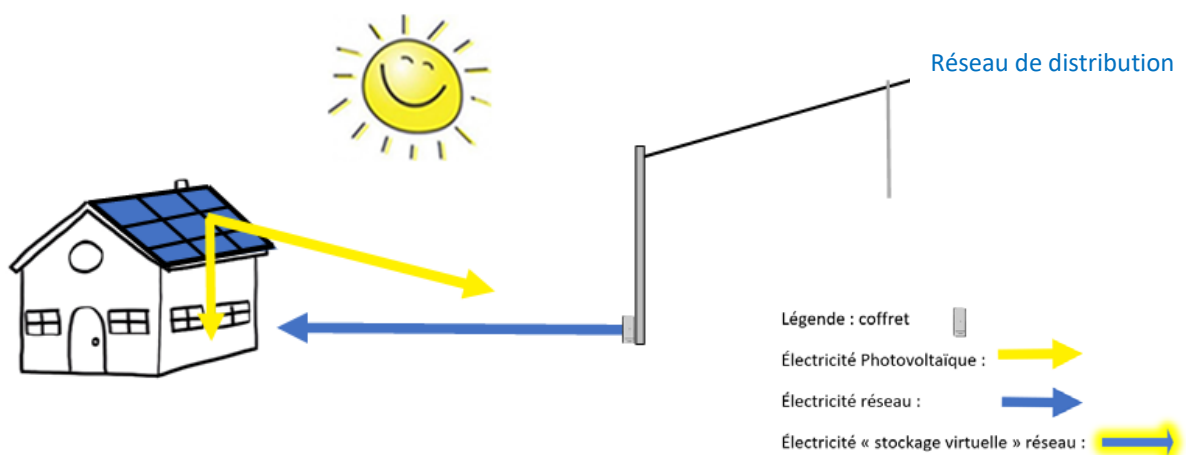
L'autoconsommation

Si l'on se réfère au dictionnaire :

Autoconsommation : consommation de ressources (biens, aliments, énergies ...) ou de services, produits par une entité pour elle-même ; cette entité pouvant être un individu, une famille ou un groupe restreint. Par ex. : je consomme les salades et tomates que je cultive dans mon jardin = j'autoconsomme mes aliments.

Autoconsommation avec injection du surplus (rémunéré)

En matière d'électricité photovoltaïque, on apporte une nuance à cette définition. L'autoconsommation peut ne concerner qu'une part de l'énergie produite, le surplus étant injecté et vendu sur le réseau public ; c'est un schéma d'autoconsommation avec injection du surplus produit.



Il présente les avantages et inconvénients suivants :

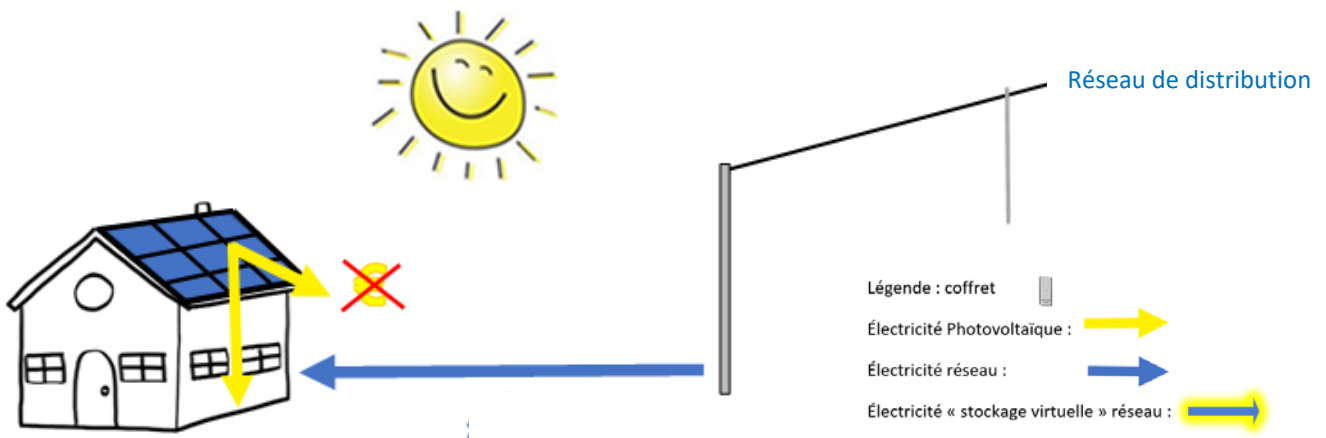
| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| Consommation directe de la production, d'où réduction des factures d'électricité | Nécessité de conserver un abonnement électrique |
| Autonomie envisageable en cas de coupure de courant (*) | Tarif de vente peu élevé, d'où un temps d'amortissement généralement long |
| | Le champ capteur doit être implanté sur le bâtiment |

(*) pour les installations équipées d'un onduleur hybride ou de batteries tampons

Autoconsommation totale

Un second schéma d'autoconsommation totale, concerne plutôt de petites installations.

Pour les installations inférieures à 3kW, le code de l'énergie autorise l'injection sur le réseau public, mais sans rétribution. Il faudra donc viser à minimiser cette perte de production en limitant la taille de l'installation aux besoins propres du particulier producteur.



| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| Consommation directe de la production, d'où réduction des factures d'électricité | Nécessité de conserver un abonnement électrique |
| Autonomie envisageable (*), en cas de coupure de courant | Limitation de la puissance de l'installation |
| Rapidité de mise en place de la convention d'autoconsommation sans injection administrative, avec l'entreprise locale de distribution (EDL) | Réinjection non rétribuée |
| | Non éligible aux aides de l'Etat |

(*) Seuls les sites isolés autonomes, non reliés au réseau de distribution, peuvent économiquement justifier le choix d'une installation en autoconsommation totale sans injection.

Dans tous les autres cas d'autoconsommation les installations photovoltaïques sont reliées au réseau public. Il est ainsi possible d'injecter le surplus d'énergie non consommée (jusqu'à une puissance de 3 kilowatts), et de bénéficier de l'électricité du réseau en cas d'absence de production photovoltaïque.

Taux d'autoconsommation

Le taux d'autoconsommation est défini comme le rapport entre la part d'électricité photovoltaïque directement consommée et l'électricité PV produite.

Suivant la taille de l'installation, en résidentiel ce taux d'autoconsommation photovoltaïque va varier comme suit :

- 500 Wc (cf.A1-Glossaire) sans batterie : Le taux d'autoconsommation peut avoisiner les 100 %
- 3kWc sans batterie : Le taux d'autoconsommation varie de 20 à 30 % selon les habitudes de consommation de la maison
- 3 kWc avec batteries : Le taux d'autoconsommation peut aller jusqu'à 80 %. Il peut avoisiner les 100 % si on alimente des équipements d'été, type piscine, ...
- 9 kWc sans batterie : Le taux d'autoconsommation sera généralement limité à 10 - 15 % à cause du décalage entre la production estivale et les fortes consommations hivernales. Là encore des équipements estivaux peuvent augmenter ce taux.
- 9 kWc avec batterie : Le taux d'autoconsommation sera supérieur à 30 %

Les solutions pour augmenter le taux d'autoconsommation peuvent être controversées et ne sont pas toutes vertueuses, si on :

- limite la puissance du système photovoltaïque pour augmenter la part de production consommée sur place ce qui ne favorise pas les énergies renouvelables (pose majoritaire d'installation de 3kWc à l'image d'un timbre-poste sur le toit), car les systèmes de plus petite taille produisent moins et sont proportionnellement plus chers, sauf en cas d'auto construction ;
- favorise l'autoconsommation instantanée ;
- pratique une autoconsommation différée sans efficacité technico-économique (par ex. ECS) ou environnementale (par ex. batterie).

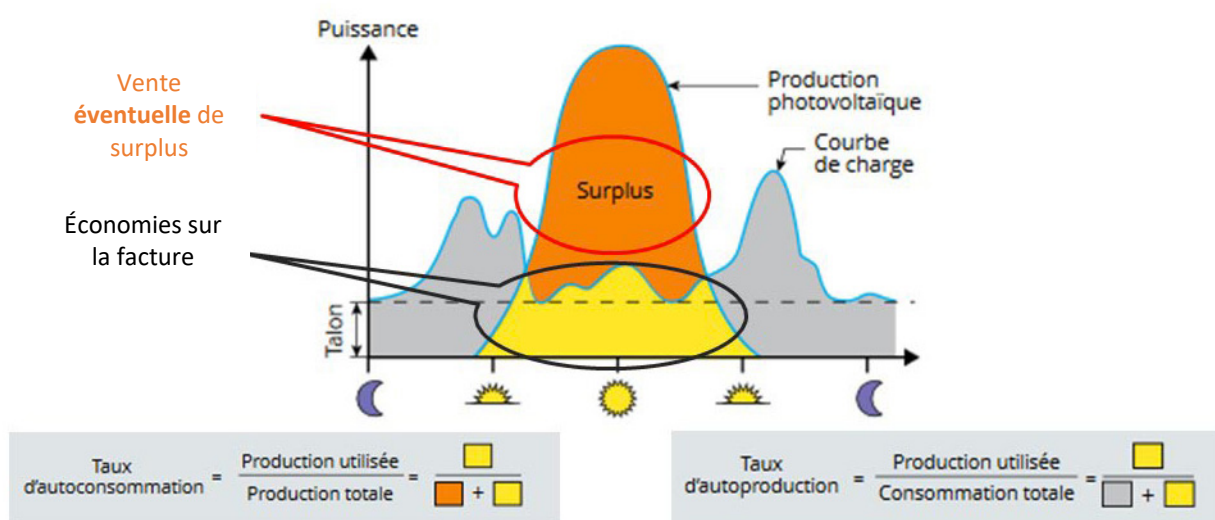
Taux d'autoproduction

Le taux d'autoproduction est défini comme le rapport entre :

- la part d'électricité produite et consommée sur place,
- et la consommation totale.

Chercher à augmenter le taux d'autoproduction correspond au comportement le plus vertueux car il incite à réduire l'énergie consommée et à augmenter la production d'énergie renouvelable.

Illustration comparée des taux d'autoconsommation et d'autoproduction

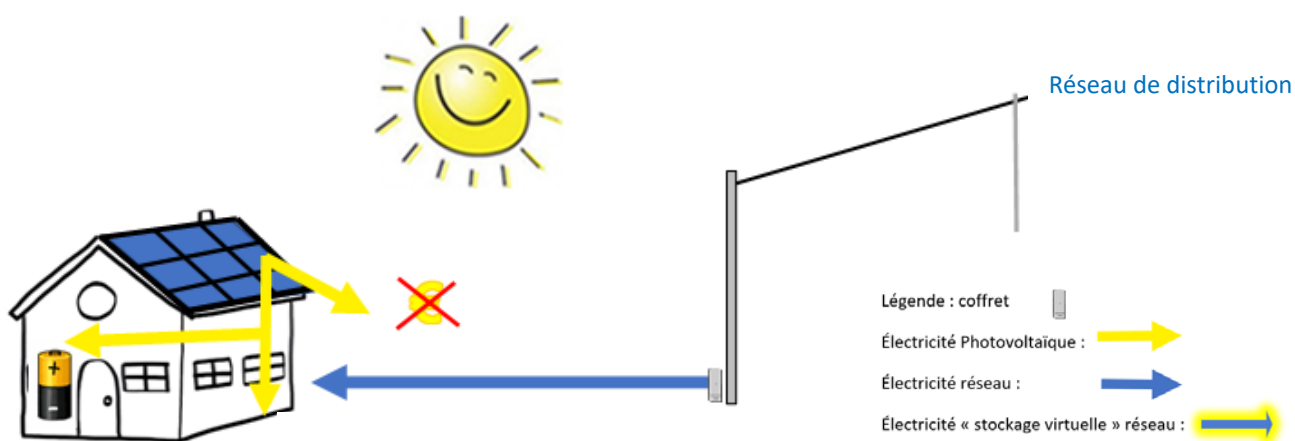


On illustre dans le tableau suivant ces différentes grandeurs caractéristiques d'une installation :

| Caractéristiques d'une installation | Energies ou taux |
|---|-------------------------|
| Consommation totale | 6 000 kWh |
| Production de l'installation | 15 000 kWh |
| Energie produite et consommée sur place | 3 000 kWh |
| Taux d'autoconsommation | $3\ 000/15\ 000 = 20\%$ |
| Taux d'autoproduction | $3\ 000/6\ 000 = 50\%$ |

Stockage

La mise en œuvre de batteries va permettre de stocker l'électricité photovoltaïque excédentaire et de l'utiliser quand la centrale PV ne produit pas. Rechercher une autonomie totale reste très coûteux et peut s'avérer contre performant. Enfin, l'emploi de batteries peut aussi être une solution critiquable au plan environnemental.

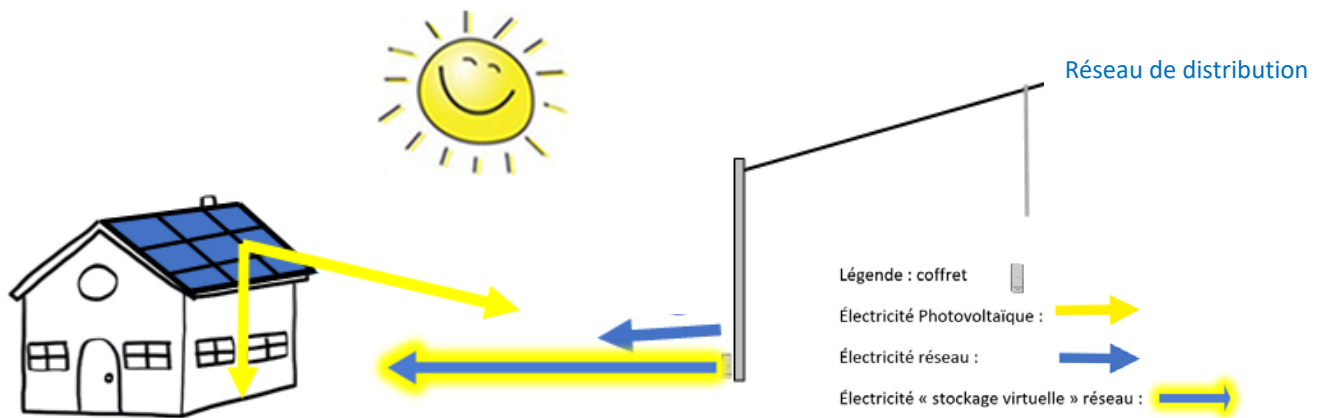


Actuellement, seules des installations équipées de batteries de faible capacité peuvent trouver une justification économique.

Lorsque les volumes de production d'énergie renouvelable (EnR cf. A1-Glossaire) seront nettement plus importants (au-delà de 35-40% de la production totale française d'énergie électrique injectée sur le réseau, vraisemblablement après 2030 puisque le dernier objectif du gouvernement a fixé la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables à 33% de la consommation finale brute à cette échéance), l'ajustement en temps réel des flux d'électricité entre fournisseurs et consommateurs, sous la forme de réseaux électriques intelligents ("smart-grid"), constituera une solution de lissage de charge et de stockage efficace ou plus globalement une répartition optimisée de la distribution d'électricité.

La « batterie virtuelle » ou « stockage virtuel »

Certains fournisseurs d'énergie proposent des offres de « stockage » d'électricité dans des « batteries virtuelles » ; le foyer producteur d'électricité photovoltaïque injecte l'énergie en surplus sur le réseau et utilise en période de déficit de production une énergie livrée par le réseau en compensation. Ce foyer peut ainsi stocker virtuellement des kilowattheures qui lui sont restitués à un coût déterminé par contrat.



Les offres grand-public actuelles de « batterie virtuelle » ne sont donc pas au sens propre des systèmes de stockage, c'est une compensation à un moment donné entre l'injection d'électricité « d'origine EnR » et la consommation d'électricité globale sur le réseau au même moment. Le tarif de cette électricité « récupérée » comprend les taxes et coût de transport ainsi qu'une prestation de service à un prix variable.

Concevoir et dimensionner une installation photovoltaïque en autoconsommation

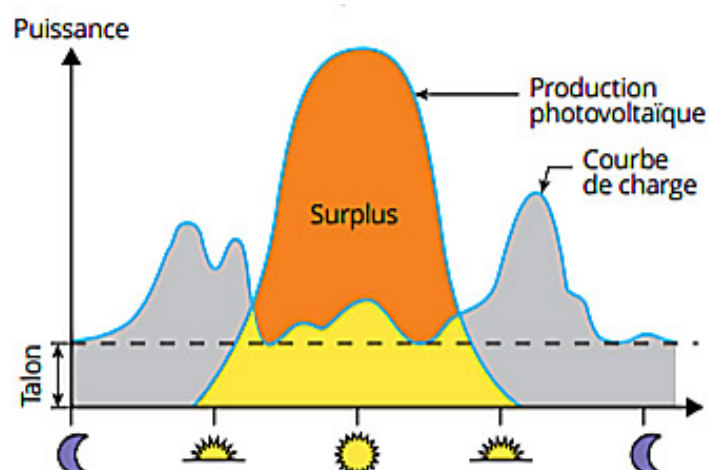
La conception des installations domestiques doit, autant que possible, intégrer les cycles journaliers et saisonniers de la course du soleil et les variations de production d'électricité solaire qui en découlent. On visera donc à comptabiliser pour le calcul des appareils domestiques présentant des consommations permanentes, plus marquées en période estivale, comme :

- Réfrigérateur ou congélateur
- Groupe de ventilation mécanique (VMC simple ou double flux)
- Appareils en veille régulière, en charge (TV, radio, téléphone, informatique, ...)
- Equipements de piscine
- Pompe à chaleur réversible

A ce bilan de base s'ajoutent les appareils à court temps de fonctionnement (lave-linge, lave-vaisselle, chargeur vélo, ...) provoquant de forts appels de puissance.

L'analyse du bilan des consommations doit permettre d'optimiser le dimensionnement de la centrale de production. Elle fait aussi apparaître la notion de « talon de consommation », c'est-à-dire les besoins « de base » en électricité correspondant à la puissance moyenne permanente de consommation.

Le schéma du cycle journalier de production/consommation ci-dessous illustre cette démarche de conception :



La puissance de l'installation sera optimisée avec un outil de calcul. Les variables d'entrée de l'étude sont :

- Les données du site (latitude, environnement et masques proches et lointains...)
- Les caractéristiques des modules photovoltaïques (nature des cellules)
- Plan capteur (orientation et inclinaison)
- Les règles de raccordement en fonction des puissances d'installation
- Les coûts des matériels, des travaux de pose et maintenance
- Tarifs de vente/achat (cf. A1-Glossaire) d'électricité

Les résultats du calcul sont alors :

- Nombre de modules capteurs, puissance de l'installation
- Les quantités d'énergie électrique produite, surplus vendu et complément acheté
- Les taux d'autonomie et indépendance énergétique souhaités
- L'intérêt financier de l'opération

Ces résultats devront être optimisés en fonction des objectifs énergétiques, environnementaux et financiers souhaités.

Travaux de réalisation d'une installation

Contraintes réglementaires

Les travaux de réalisation d'une installation photovoltaïque privée doivent respecter d'une part les conditions d'exécution définies dans le contrat de vente future de l'électricité, ainsi que l'ensemble des textes réglementaires qui régissent les travaux de réalisation d'installations électriques.

Exigences contractuelles

L'arrêté tarifaire du 6 octobre 2021, applicable en France métropolitaine continentale fixe les conditions pour que les installations photovoltaïques bénéficient de l'obligation d'achat. Ces règles s'appliquent aux projets de vente avec injection de la totalité ou du surplus. Elles exigent :

- Une implantation sur bâtiment, hangar ou ombrière
- Une obligation de qualification ou certification professionnelle de l'installateur
- De limiter la puissance ≤ 500 kWc
- Un bilan carbone inférieur à 550 kg eqCO₂/kWc pour les installations supérieures à 100 kWc

Des attestations prouvant le respect de ces conditions doivent être fournies pour les puissances inférieures ou égales à 100 kWc. Pour les plus grosses installations (100 – 500 kWc) ces attestations doivent être signées par un organisme de contrôle.

Réglementation

Les travaux de réalisation d'installations photovoltaïques doivent en particulier être effectués dans le respect des textes réglementaires :

- UTE C 15-712-1 : Guide pratique - Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution (juillet 2013)
- NF C 15-100 : Cette norme régit les travaux de réalisation des installations de distribution électrique en basse tension, en France. Elle vise plus précisément la protection des installations électriques et des personnes.

Les travaux réalisés doivent recevoir un visa de conformité des installations électriques délivré par le Comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité (Consuel), qui est une association indépendante tripartite (usagers/distributeurs/installateurs) ayant pour objectif d'assurer la sécurité des personnes et la conservation des biens. Pour les installations d'une puissance inférieure à 3 kW en autoconsommation, le visa n'est pas obligatoire, mais les Centrales Villageoises préconisent, dans un souci de sécurité, de s'assurer d'une parfaite mise en œuvre.

Règles de bonne mise en œuvre et de bonnes pratiques

Nous pensons indispensable de poser un disjoncteur, différentiel de préférence, sur toute installation de production d'énergie, calibré à la puissance de l'installation.

En effet, Promotelec (cf. A1-Glossaire) précise dans ses textes de référence, le danger de couper un circuit électrique en charge, c'est-à-dire quand un courant circule, du fait du risque à créer un arc électrique entre les bornes du circuit coupé. L'étincelle produite peut conduire à la destruction des contacts, la projection de matière incandescente : risque de brûlure, d'incendie, d'électrisation. Cette étincelle est d'autant plus importante que le courant coupé est élevé. Un disjoncteur, un interrupteur sont conçus pour éviter ce risque.

Quelques exemples : un appareil monophasé de 2 300W fait circuler un courant de 10A s'il est branché sous 230V ; un aspirateur de 1 500W fait circuler un courant de 6,5A : on l'arrête avant de débrancher la prise. Une plaque de cuisson de 5 000W fait circuler un courant de 21,7A => elle n'est jamais branchée avec une prise de courant, mais raccordée de façon fixe, dans une boîte de jonction, sur un circuit dédié.

Vérifier le serrage de vos connexions électriques annuellement peut éviter un risque d'échauffement d'une connexion susceptible de provoquer un incendie.

Nettoyer les panneaux à l'eau pour éliminer la poussière est une pratique vertueuse qui permet de bien conserver les capacités de la production. Ne pas utiliser d'abrasif ou produit chimique pouvant détériorer la surface des capteurs. La fréquence de cette opération de nettoyage peut être adaptée (entre 1 et 5 ans) en fonction de la localisation et du niveau de salissure (pluie de sable non suivie de rinçage, ...).

Synthèse et bilan d'exploitation

Bilan

Produire de l'électricité ne vous rendra pas riche, l'installation ne sera pas gratuite ... mais :

- Le photovoltaïque est un mode spécifique de production d'électricité, loin des systèmes mécaniques classiques,
- La production photovoltaïque est un circuit court d'électricité, décentralisé qui limite les pertes réseau ;
- Le bilan écologique rapidement positif d'une installation photovoltaïque permet de réduire une empreinte carbone ;
- Une centrale PV se fait souvent oublier, il s'agit d'une installation fiable (délais de garantie des matériels importants) avec peu de maintenance.

Les calculs de rentabilité des exemples présentés en annexe mettent en évidence l'influence majeure du coût d'exécution de l'installation, le coût prévisionnel du watt-crête (cf. A1-Glossaire) installé (env. 2,5 € par Wc) est donc un indicateur financier particulièrement pertinent.

Il reste intéressant et plutôt facile d'estimer la quantité d'énergie susceptible d'être produite à l'année (productible), afin de vérifier les quantités retenues sur les offres et devis d'entreprises. On peut utiliser un outil comme PVGIS (cf. A1-Glossaire) pour le calcul de cette production prévisionnelle d'électricité photovoltaïque.

Le « temps de retour » (cf. A1-Glossaire) ne tient pas compte de l'augmentation répétée du coût de l'énergie, particulièrement dans le cas de l'autoconsommation, il est donc possible d'amortir une installation plus vite, voire de financer un prêt dont le taux serait intéressant.

Enfin quel que soit le type de contrat de vente, une centrale photovoltaïque aura une durée de vie supérieure à 20 ans (la période de garantie des panneaux est souvent de 25 ans). Si on retient l'hypothèse d'une durée de vie de trente années, on peut imaginer facilement une rentabilité dans le temps intéressante même si le contrat d'EDF-OA (cf. A1-Glossaire) n'est que de 20 ans.

Aide à la décision

Il est toujours difficile pour un particulier de faire le choix entre :

- L'efficacité énergétique des équipements et l'optimisation des surfaces équipées qui privilégient la production d'EnR avec vente de la production au réseau.
- L'autoconsommation (totale ou avec injection) qui permet d'adapter la dimension de l'installation en fonction de ses capacités financières personnelles.

Autoconsommation ou autoproduction ?

La différence entre autoconsommation et autoproduction reste fondamentale, favoriser l'une ou l'autre conduit à des choix différents :

- Privilégier l'autoconsommation en cherchant à éviter les injections réseau peut entraîner une surconsommation, un sous-dimensionnement de la centrale photovoltaïque, en regard du potentiel du toit, de l'efficacité énergétique du bâti et des équipements utilisés.
- Privilégier l'autoproduction permet d'encourager une recherche d'efficacité énergétique des équipements domestiques du foyer et l'optimisation des surfaces de toit en valorisant toute la production sur le réseau.

Vigilance

Attention aux arnaqueurs qui sont encore nombreux !

Bien que le marché se soit considérablement épuré, face aux installateurs peu scrupuleux, voici nos conseils :

- ne pas signer de contrat engageant, sans avoir pris le temps de la réflexion et de la comparaison ;
- faire réaliser au moins 2 ou 3 devis ;
- vérifier par calcul votre « productible » (cf. A1-Glossaire p 13) ou production potentielle par rapport aux chiffres annoncés ;
- demander l'adresse de chantiers réalisés pour vérifier les conditions de mise en œuvre ;
- privilégier des PME locales connues ayant déjà une spécialité de couverture et d'électricité, les qualifications "QualiPV", et assurant une garantie décennale pour ses travaux

L'alternative

Mais dans tous les cas, reste la solution de production collective d'électricité photovoltaïque, à travers nos centrales villageoises ainsi que d'autres organisations citoyennes qui ont pour but de développer les énergies renouvelables sur un territoire, en associant citoyens, collectivités, associations et entreprises locales.

A partir de leurs fonds propres, grâce à l'emprunt et après analyses de rentabilité et de risques, ces organisations financent des projets d'EnR, afin de développer une production optimale sur des sites choisis. Avec votre contribution, elles doivent devenir un acteur important de contribution à la transition énergétique locale.

C'est une raison d'être de nos centrales villageoises.

Vision prospective

Enfin, le coût de l'électricité semble devoir augmenter en France puisque l'électrification de l'énergie est le point commun de tous les scénarios prospectifs 2050 et que le coût historique est déconnecté des réalités (en 2022 bridé par le gouvernement), actuellement le moins cher d'Europe.

Le tarif de l'électricité avoisine 30 cts d'euro en Allemagne et Belgique, il semble facile d'imaginer que dès 2030-35, nous devons rattraper le coût moyen européen, donc une augmentation de 3-5% par an pour financer les moyens de production à développer EnR ou autres (!), mais aussi plus tard pour assurer le démantèlement des réacteurs nucléaires hors d'âge !

Ces éléments donnent de l'air aux différents modes de production photovoltaïque, sachant que le réseau reste en France, pour quelques années encore, le meilleur moyen de répartir les surplus de production.

Afin d'optimiser l'intérêt financier, la réalisation en auto construction d'installations photovoltaïques en autoconsommation, comme nous l'expérimentons avec les [Centrales Villageoises du Trièves](#) est une solution pour dynamiser et populariser la production photovoltaïque. Plus particulièrement si l'on s'inscrit dans une démarche de sobriété énergétique.

L'énergie photovoltaïque est une technologie mature avec des coûts qui vont continuer à baisser, si l'Europe parvient à se réapproprier une part significative de production de panneaux photovoltaïques. La diminution correspondante de l'empreinte carbone des installations sera encore un atout supplémentaire de développement de la filière.

Avec une croissance mondiale désormais proche de 20% par an, l'énergie photovoltaïque, va prendre une place de choix dans le mix énergétique mondial. Qu'en sera-t-il en France ?

Les Centrales Villageoises souhaitent contribuer à un développement incitatif et ambitieux de l'énergie photovoltaïque pour qu'elle devienne une énergie renouvelable significative, et ainsi apporter plus de crédit à la transition énergétique.

Annexes

A1-Glossaire

EnR : [Les énergies renouvelables](#) (EnR) sont alimentées par le soleil, le vent, la chaleur de la terre, les chutes d'eau, les marées... Elles permettent de produire de **l'électricité**, de la chaleur, du froid, du gaz, du carburant, du combustible.

Watt-crête : Le watt-crête (noté Wc) est l'unité standardisée de puissance d'un panneau solaire photovoltaïque. Elle est exprimée dans les conditions suivantes :

- Rayonnement solaire incident perpendiculaire 1 000 W/m², répartition spectrale [AM 1,5](#)
- Température du panneau 25°C

Coût du Wc : Le coût du watt-crête est calculé comme le montant des prestations d'étude, fournitures et travaux de pose des panneaux et équipements avals, ainsi que du raccordement au réseau électrique, rapporté à la puissance standard.

Prix de revient : Le prix de revient d'une installation comprend les coûts d'étude, fourniture, pose et raccordement ainsi que les coûts d'exploitation (assurances, maintenance, ...) associés pour une période donnée. Il peut être rapporté à la puissance standardisée de l'installation.

Energie productible : Energie potentiellement produite par une installation, calculée à partir des données du site d'implantation (caractéristiques géographiques et climatiques), du champ capteur (inclinaison et azimut), des masques solaires (relief, végétation, constructions environnantes, ...) et paramètres de performance des panneaux photovoltaïques

PVGIS ([Photovoltaic Geographical Information System](#)) : Logiciel européen pour l'estimation de l'énergie productible d'une installation. Il est accessible gratuitement à l'adresse :

EDF Obligation d'Achat (EDF OA) est l'entité juridique chargée du rachat de l'énergie injectée dans le réseau public de distribution électrique.

ENEDIS est la filiale d'EDF chargée de la gestion et de l'aménagement de 95 % du réseau de distribution, les 5% restants étant gérés par des entreprises locales de distribution (ELD).

Promotelec est une association loi 1901 d'intérêt général centrée sur les enjeux de société pour le confort dans l'habitat : pour un habitat sûr, adapté aux besoins de chacun, économe et respectueux de l'environnement.

Tarif d'achat : la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) définit chaque trimestre un tarif d'achat de l'énergie photovoltaïque injectée dans le réseau. Ce tarif fonction de la puissance de l'installation, est calculé par application d'une formule intégrant les demandes de raccordement de la période précédente

Temps de retour : Temps au bout duquel le prix de revient est équilibré par les économies générées par l'autoconsommation et la somme des ventes par injection d'électricité.

Installation des panneaux :

- « **Intégration au bâti** », les panneaux solaires se substituent à la couverture et assurent l'étanchéité
- « **Intégration simplifiée au bâti** », les panneaux remplacent une partie de la couverture et une sous-face assure l'étanchéité (couramment le bac acier)
- « **Surimposition** », les panneaux solaires sont posés directement au-dessus de la toiture par l'intermédiaire de supports, la couverture assurant toujours la fonction d'étanchéité
- « **Au sol** », les panneaux PV sont installés sur le sol et à moins de 1,8m de hauteur

Onduleurs d'installations photovoltaïques :

Les onduleurs relèvent de l'un des trois types : autonome, assisté ou hybride ; chacun de ces types étant retenu en fonction de l'installation solaire photovoltaïque comme suit :

- L'onduleur autonome délivre une tension avec une fréquence fixe, sans besoin de raccordement au réseau. Il sera utilisé pour des centrales photovoltaïques autonomes non connectées au réseau, refuges isolés, camping, voyage, ...
- L'onduleur assisté fonctionne en commutation avec le réseau auquel il est raccordé, ce dernier lui imposant sa fréquence de fonctionnement. Il est mis en œuvre sur des installations photovoltaïques fonctionnant en injection.
- L'onduleur hybride ou intelligent est conçu de manière à adapter son fonctionnement aux deux types précédents. Il est mis en œuvre sur des installations solaires fonctionnant en autoconsommation avec injection du surplus.

La marque, le modèle, le nombre d'onduleurs et un certificat confirmant la présence d'un système de découplage conforme à la norme DIN VDE 0126-1-1 doivent être transmis lors de la déclaration d'une installation photovoltaïque auprès du gestionnaire local du réseau de distribution électrique.

A2-Tarifs de vente de l'électricité photovoltaïque 1^{er} trimestre 2022

Pour les 2 schémas de vente d'électricité, les tarifs au premier trimestre 2022 (1^{er} Février – 30 Avril) sont listés dans les tableaux ci-dessous en fonction de la puissance des installations.

La vente en totalité

| Puissance de l'installation | Tarif OA de la vente en totalité (Février-Avril 2022) |
|-----------------------------|---|
| ≤ 3 kWc | 0,1789 €/kWh |
| ≤ 9 kWc | 0,1521 €/kWh |
| ≤ 36 kWc | 0,1089 €/kWh |
| ≤ 100 kWc | 0,0947 €/kWh |
| ≤ 500 kWc | 0,0980 €/kWh (jusqu'à 1100 kWh/kWc) puis 0,040 €/kWh |

L'autoconsommation avec vente de surplus

| Puissance de l'installation | Tarif OA de la vente du surplus (Février-Avril 2022) | Montant de la prime à l'autoconsommation |
|-----------------------------|--|--|
| ≤ 3 kWc | 0,10 €/kWh | 380 €/kWc |
| ≤ 9 kWc | 0,10 €/kWh | 280 €/kWc |
| ≤ 36 kWc | 0,06 €/kWh | 160 €/kWc |
| ≤ 100 kWc | 0,06 €/kWh | 80 €/kWc |
| ≤ 500 kWc | 0,0980 €/kWh (jusqu'à 1100 kWh/kWc) puis 0,040 €/kWh | Non éligible |

Il n'est pas fait référence au dernier tarif de rachat d'électricité photovoltaïque promulgués par la [Commission de Régulation de l'Énergie \(CRE\) pour le second trimestre 2022](#) car les exemples d'installations cités ont été comparés sur les bases du tarif ci-dessus.

A3-Analyse d'offres commerciales

Exemple 1 : offre commerciale (AC) en région lyonnaise (EDF-ENR)

Données de l'étude :

Site et construction

| | |
|--------------|------------------------|
| Site | |
| Construction | villa toiture tuiles |
| orientation | 152 ° |
| penne | 21 ° |
| | pas de masques proches |

Equipements PV

| | | |
|---------------------------|----------------|----------------|
| Modules photovoltaïques | QCELL (375 Wc) | |
| Micro onduleurs | Enphase | |
| Installation des panneaux | superposition | |
| Puissance installée | 5,25 | kWc |
| Surface des panneaux | 27 | m ² |

Production

| | | |
|---------------------------|-------|-----------------------|
| Productible annuel estimé | 1 092 | kWh/an/kWc |
| Méthode | PVGIS | |
| | 5 733 | kWh/an |
| | 216 | kWh/an/m ² |

Montant de l'investissement

| | |
|----------------------------|-----------|
| Montant des fournitures | |
| Coûts des travaux | 23 900 € |
| Prime à l'installation | 1 470 € |
| Assurance | 150 € /an |
| Maintenance - exploitation | /an |
| Frais bancaires | 2 673 € |

Contrat

| | |
|--------|--------|
| EDF-OA | |
| Durée | 20 ans |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Prix de revient de l'installation | 29 573 € |
| Prix de revient net | 28 103 € |
| Prix de revient | 5 353 € /kWc |
| Prix moyen du kWh produit | 0,258 €/kWh |
| | 25,79 c€/kWh |

Tarif achat électricité : EDF réglementé 2 tranches

| | | |
|----|-------|--------|
| HP | 18,21 | c€/kWh |
| HC | 13,60 | c€/kWh |

Tarifs vente électricité :

| | VTotale | | VSurplus | |
|-----------|---------|--------|----------|--|
| | c€/kWh | c€/kWh | €/Wc | |
| ≤ 3 kWc | 18,14 | 10,00 | 0,39 | |
| ≤ 9 kWc | 15,42 | 10,00 | 0,29 | |
| ≤ 36 kWc | 11,15 | 6,00 | 0,16 | |
| ≤ 100 kWc | 9,69 | 6,00 | 0,08 | |
| ≤ 250 kWc | 10,03 | 10,03 | - | |
| ≤ 500 kWc | 10,03 | 10,03 | - | |

Durée simple d'amortissement

| | | | |
|-------------------------|--------|------|-----|
| Cas de vente totale | | 33,5 | ans |
| Cas de vente du surplus | | | |
| si autoconso | 30,0 % | 39,3 | ans |
| si autoconso | 40,0 % | 36,9 | ans |
| si autoconso | 60,0 % | 32,8 | ans |

Paroles de propriétaire :

"Merci aux CVPV de m'avoir ouvert les yeux ... "

Exemple 2 : projet AC en Isère, militant CVPV

Données de l'étude :

Site et construction

| | |
|--------------|------------------------|
| Site | |
| Construction | villa toiture tuiles |
| orientation | 193 ° |
| penne | 20 ° |
| | pas de masques proches |

Equipements PV

| | | |
|---------------------------|--------------------------------|----------------|
| Modules photovoltaïques | Sunpower 320-BLK-320 Wc | |
| Onduleurs | SMA Sunny Boy 3.0 | |
| Installation des panneaux | intégration simplifiée au bâti | |
| Puissance installée | 2,88 | kWc |
| Surface des panneaux | 15 | m ² |

Production

| | | |
|---------------------------|-------|-----------------------|
| Productible annuel estimé | 1 139 | kWh/an/kWc |
| Méthode | PVGIS | |
| | 3 279 | kWh/an |
| | 216 | kWh/an/m ² |

Montant de l'investissement

| | | |
|----------------------------|---------|-----|
| Montant des fournitures | | |
| Coûts des travaux | 7 500 € | |
| Prime à l'installation | 1 140 € | |
| Assurance | - € | /an |
| Maintenance - exploitation | | /an |
| Frais bancaires | - € | |

Contrat

| | |
|--------|--------|
| EDF-OA | |
| Durée | 20 ans |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Prix de revient de l'installation | 7 500 € |
| Prix de revient net | 6 360 € |
| Prix de revient pour 1 kWc | 2 208 € |
| Prix moyen du kWh produit | 0,114 €/kWh |
| | 11,44 c€/kWh |

Tarif achat électricité : EDF réglementé 2 tranches

| | | |
|----|-------|--------|
| HP | 18,21 | c€/kWh |
| HC | 13,60 | c€/kWh |

Tarifs vente électricité :

| | VTotale | | VSurplus | |
|-----------|---------|--------|----------|--|
| | c€/kWh | c€/kWh | €/Wc | |
| ≤ 3 kWc | 18,14 | 10,00 | 0,39 | |
| ≤ 9 kWc | 15,42 | 10,00 | 0,29 | |
| ≤ 36 kWc | 11,15 | 6,00 | 0,16 | |
| ≤ 100 kWc | 9,69 | 6,00 | 0,08 | |
| ≤ 250 kWc | 10,03 | 10,03 | - | |
| ≤ 500 kWc | 10,03 | 10,03 | - | |

Durée simple d'amortissement

| | | | |
|-------------------------|--------|------|-----|
| Cas de vente totale | | 14,8 | ans |
| Cas de vente du surplus | | | |
| si autoconso | 30,0 % | 15,6 | ans |
| si autoconso | 40,0 % | 14,6 | ans |
| si autoconso | 60,0 % | 13,0 | ans |

Paroles de propriétaire :

" La motivation principale était de parvenir à une habitation positive en terme de consommation d'énergie avec la volonté prochaine d'installer plus de panneaux PV pour compenser également la consommation annuelle d'un véhicule électrique."

Exemple 3 : projet AC en Isère, sympathisant CVPV

Données de l'étude :

Site et construction

| | |
|--------------|------------------------|
| Site | |
| Construction | villa toiture tuiles |
| orientation | 145 ° |
| pente | 20 ° |
| | pas de masques proches |

Equipements PV

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Modules photovoltaïques | JA SOLAR 60 SO1 |
| Micro onduleurs | AP SYSTEM YC600 |
| Installation des panneaux | superposition |
| Puissance installée | 3,00 kWc |
| Surface des panneaux | 15 m ² |

Production

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| Productible annuel estimé | 1 080 kWh/an/kWc |
| Méthode | PVGIS |
| | 3 240 kWh/an |
| | 216 kWh/an/m ² |

Montant de l'investissement

| | |
|----------------------------|---------|
| Montant des fournitures | 9 000 € |
| Coûts des travaux | 1 440 € |
| Prime à l'installation | |
| Assurance | - €/an |
| Maintenance - exploitation | /an |
| Frais bancaires | - € |

Contrat

| | |
|--------|--------|
| EDF-OA | |
| Durée | 20 ans |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Prix de revient de l'installation | 9 000 € |
| Prix de revient net | 7 560 € |
| Prix de revient pour 1 kWc | 2 520 € |
| Prix moyen du kWh produit | 0,139 €/kWh |
| | 13,89 c€/kWh |

Tarif achat électricité : EDF réglementé 2 tranches

| | | |
|----|-------|--------|
| HP | 18,21 | c€/kWh |
| HC | 13,60 | c€/kWh |

Tarifs vente électricité :

| | VTotale | | VSurplus | |
|-----------|---------|--------|----------|------|
| | c€/kWh | c€/kWh | €/Wc | €/Wc |
| ≤ 3 kWc | 18,14 | 10,00 | 0,39 | |
| ≤ 9 kWc | 15,42 | 10,00 | 0,29 | |
| ≤ 36 kWc | 11,15 | 6,00 | 0,16 | |
| ≤ 100 kWc | 9,69 | 6,00 | 0,08 | |
| ≤ 250 kWc | 10,03 | 10,03 | - | |
| ≤ 500 kWc | 10,03 | 10,03 | - | |

Durée simple d'amortissement

| | | |
|-------------------------|--------|----------|
| Cas de vente totale | 15,3 | ans |
| Cas de vente du surplus | | |
| si autoconso | 30,0 % | 18,7 ans |
| si autoconso | 40,0 % | 17,6 ans |
| si autoconso | 60,0 % | 15,6 ans |

Paroles de propriétaire :

" Notre objectif premier était d'auto-consommer une majorité de notre production, il est atteint ! "

Exemple 4 : projet AC en Isère sympathisant CVPV
Données de l'étude

Site et construction

| | |
|--------------|------------------------|
| Site | |
| Construction | villa toiture tuiles |
| orientation | 105 ° |
| penne | 20 ° |
| | pas de masques proches |

Equipements PV

| | | |
|---------------------------|------------------------------|----------------|
| Modules photovoltaïques | MLSyst. Black Crystal 375 Wc | |
| Micro onduleurs | AP SYSTEM DS3 | |
| Installation des panneaux | superposition | |
| Puissance installée | 6,00 | kWc |
| Surface des panneaux | 29 | m ² |

Production

| | | |
|---------------------------|-------|-----------------------|
| Productible annuel estimé | 1 054 | kWh/an/kWc |
| Méthode | PVGIS | |
| | 6 325 | kWh/an |
| | 217 | kWh/an/m ² |

Montant de l'investissement

| | |
|----------------------------|----------|
| Montant des fournitures | |
| Coûts des travaux | 14 800 € |
| Prime à l'installation | 1 680 € |
| Assurance | - € /an |
| Maintenance - exploitation | /an |
| Frais bancaires | - € |

Contrat

| | |
|--------|--------|
| EDF-OA | |
| Durée | 20 ans |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Prix de revient de l'installation | 14 800 € |
| Prix de revient net | 13 120 € |
| Prix de revient pour 1 kWc | 2 187 € |
| Prix moyen du kWh produit | 0,117 €/kWh |
| | 11,70 c€/kWh |

Tarif achat électricité : EDF réglementé 2 tranches

| | | |
|----|-------|--------|
| HP | 18,21 | c€/kWh |
| HC | 13,60 | c€/kWh |

Tarifs vente électricité :

| | V Totale | V Surplus | |
|-----------|----------|-----------|------|
| | c€/kWh | c€/kWh | €/Wc |
| ≤ 3 kWc | 18,14 | 10,00 | 0,39 |
| ≤ 9 kWc | 15,42 | 10,00 | 0,29 |
| ≤ 36 kWc | 11,15 | 6,00 | 0,16 |
| ≤ 100 kWc | 9,69 | 6,00 | 0,08 |
| ≤ 250 kWc | 10,03 | 10,03 | - |
| ≤ 500 kWc | 10,03 | 10,03 | - |

Durée simple d'amortissement

| | | | |
|-------------------------|--------|------|-----|
| Cas de vente totale | | 12,9 | ans |
| Cas de vente du surplus | | | |
| si autoconso | 30,0 % | 16,6 | ans |
| si autoconso | 40,0 % | 15,6 | ans |
| si autoconso | 60,0 % | 13,9 | ans |

Paroles de propriétaire :

"Un autre aspect pris en compte (pour un investissement auto-financé), c'est le rendement financier sur 25 ans estimé à 2,6%."

Exemple 5 : projet AC « Batterie Virtuelle »

A venir

Exemple 6 : projet AC « Stockage batterie lithium »

A venir

A4-Références

Plusieurs liens utiles pour ce sujet :

Aides gouvernementales :

<https://www.economie.gouv.fr/particuliers/aides-installation-photovoltaiques>

Accompagnement pour les démarches d'urbanismes :

CAUE DE LA DRÔME : <http://caue.dromenet.org/>

CAUE DE L'ISÈRE : <http://www.caue-isere.org>

Démarche auprès du Gestionnaire du Réseau de Distribution

La convention d'autoconsommation sans injection :

<https://connect-racco.enedis.fr/prac-internet/custom/C5E/accueil>

Un exemple de demande de convention d'une installation en autoconsommation :

<https://youtu.be/fnLyl3zXXEY>

Informations générales :

<https://www.inp.cnrs.fr/fr/le-solaire-photovoltaique-en-france>

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

<https://librairie.ademe.fr/cadic/1910/guide-pratique-electricite-solaire.pdf?modal=false>

<https://qualiteconstruction.com/wp-content/uploads/2018/12/PT-Photovoltaique-Autoconsommation.pdf>

Outils d'estimation de productible :

INES CALSOL :

https://outils-numeriques.ines-solaire.org/calsol/pvreseau_1.php

PVGIS :

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/tools.html

Simulateurs avec calcul d'amortissements :

<https://autocalcol.ines-solaire.org/>

<http://jgaillard.go.zd.fr/PV/index.php>

Smartgrids, ou une opportunité de lissage de la production et de la demande :

[Les smartgrids par ENEDIS](#)

[Du côté des US ...](#)

Et encore :

Forum photovoltaïque : <https://forum-photovoltaique.fr/>

Groupement des particuliers producteurs d'électricité photovoltaïque, [Association de particuliers producteurs d'électricité photovoltaïque](#)

[In Sun We Trust, une ex start-up qui a fait avancer le PV](#)

Site des [Centrales Villageoises Portes du Vercors](#)

Site des [Centrales Villageoises Wattisère](#)

Site des [Centrales Villageoises du Trièves](#)

Centrales Villageoises [Association](#)