

Étude de l'autoconsommation photovoltaïque dans un foyer du sud de la France

Mettre des panneaux photovoltaïques sur son toit, c'est un investissement, et on se demande souvent s'il en vaut la peine. En partant d'un cas concret – 3 kWc installés sur le toit d'une maison à Valbonne dans le sud-est de la France – nous avons étudié les avantages économiques et environnementaux de l'installation, et étudié des possibilités d'améliorations. Pour le foyer en question, l'électricité est achetée chez *Enercop* (plus cher qu'EDF mais plus respectueux de l'environnement) et l'électricité produite par les panneaux qui n'est pas consommée sur place est vendue à EDF. L'installation comporte 10 panneaux photovoltaïques de puissance unitaire 300 Wc et de surface 1.6m². Le toit offre la possibilité d'étendre jusqu'à trois fois la surface actuelle des panneaux. Nous avons les données d'ensoleillement sur 15 ans et de consommation sur un an.



Comment optimiser le système installé en prenant en compte les enjeux économiques et environnementaux ?

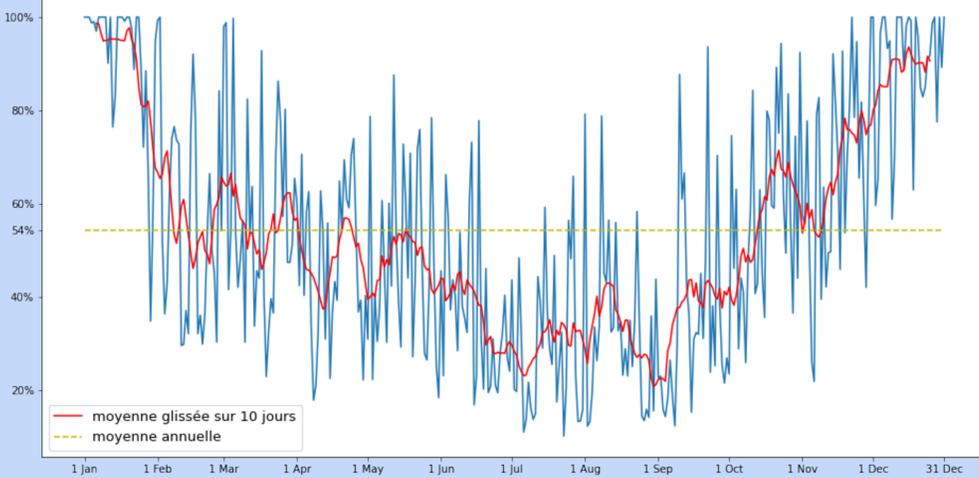
Taux d'autoconsommation : C'est la part d'électricité produite finalement consommée.

Watt-crête (Wc) : C'est la puissance électrique maximale pouvant être produite par les cellules dans les conditions standards¹.

Équivalent CO₂ (eqCO₂) : C'est la quantité pour un GES de CO₂ qui provoquerait le même forçage radiatif. *Ordre de grandeur* : Parcourir 1000km avec une voiture essence représente 300 kgCO₂eq.

Étude de l'installation actuelle

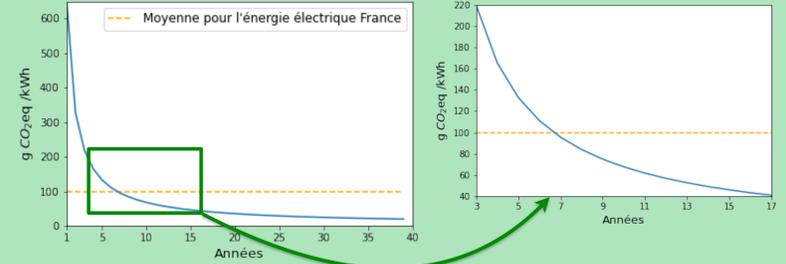
Taux d'autoconsommation journalier sur un an



- L'autoconsommation jour après jour un paramètre très dispersif. Sur 10 jours consécutifs, l'écart type moyen de l'autoconsommation est de l'ordre de 4%. C'est normal : l'autoconsommation dépend directement d'un paramètre également très dispersif : l'ensoleillement.
- La moyenne glissée met en évidence la forte dépendance de l'autoconsommation par rapport aux saisons. Les taux d'autoconsommation estivale et hivernale sont respectivement de 32% et 72.8%.
- En reproduisant l'étude sur les 14 autres années de données d'ensoleillement, on obtient des données similaires : la moyenne d'autoconsommation est de 54.4% et l'écart type de 0.9%.

Impact environnemental de l'installation actuelle (ACV)

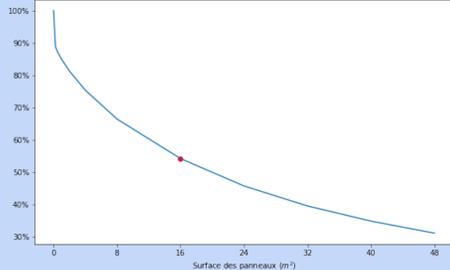
Émissions de CO₂ de l'installation photovoltaïque



- Pour faire l'analyse du cycle de vie des panneaux PV, nous utilisons le rapport : émissions d'équivalent CO₂ de la production à la destruction / production en énergie. Ce rapport varie donc avec la durée d'activité des panneaux.
- Pour la technologie PV utilisée, il faut une tonne d'équivalent CO₂ pour produire et recycler des panneaux de puissance 1kWc. Les panneaux ont une émission d'équivalent CO₂ nulle lors de leur période d'utilisation.
- En France, l'empreinte carbone de l'énergie électrique est de l'ordre de 100 gCO₂eq/kWh. Sur le graphique, on voit que l'empreinte carbone pour l'ensemble de panneaux de puissance 1kWc passe sous ce seuil au bout de 7 ans.

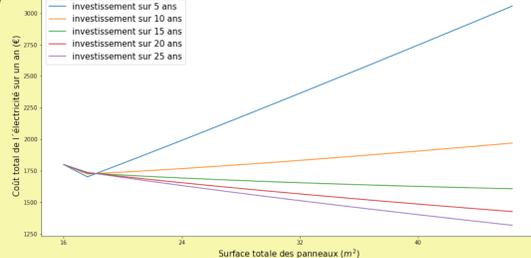
Augmentation de la surface des panneaux

Taux d'autoconsommation annuel en fonction de la surface de panneaux installés



En augmentant le nombre de panneaux, l'autoconsommation diminue. C'est normal : le foyer consomme en grande partie aux heures où l'ensoleillement est nul ou très faible (chauffe-eau pendant la nuit, chauffage et électricité le matin et le soir).

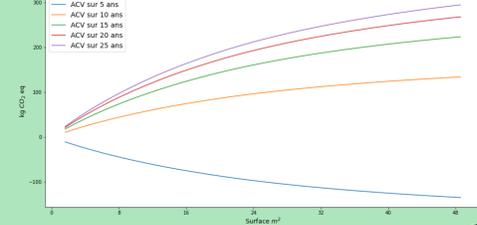
Evolution du coût total de l'électricité annuel



En prenant en compte le prix des panneaux et la prime offerte par l'État (280€/kWc d'installation), le foyer aurait économiquement intérêt à ajouter des panneaux.

Avec l'ajout de panneaux photovoltaïques, le foyer devient moins dépendant du réseau. Seulement 16.5% de la consommation électrique du foyer est pour le moment compensée par la production d'électricité par les panneaux. Ce taux augmente jusqu'à atteindre presque 30% en multipliant par 3 la surface actuelle des panneaux.

Émissions évitées



Ajout d'une batterie de capacité 10kWh

Pour les calculs, nous supposons que l'investissement s'élève à 5000€. Nous négligeons dans notre étude les pertes par fuites. Le taux d'autoconsommation annuel avec l'ajout de la batterie passe de 54,2% à 90,0%.

L'ajout de la batterie fera gagner 124,4€ / an. La batterie sera donc rentabilisée au bout de 40 ans.

Données² :

- L'empreinte carbone d'une batterie est de 100 kgCO₂eq /kWh de capacité.
- L'empreinte carbone de l'électricité produite en France est de 100gCO₂eq/kWh.

Démarche :

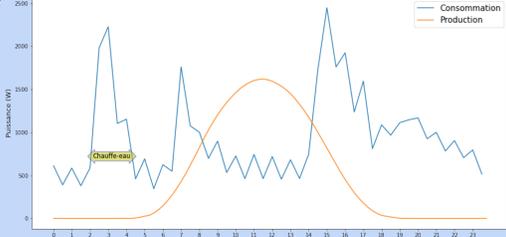
L'empreinte carbone de notre batterie est de 1.0tCO₂eq. Le taux d'autoconsommation passant de 54.2% à 90.0% – compte tenu de l'empreinte carbone de l'électricité produite en France – cela permet de réduire les émissions carbone d'environ 150 kgCO₂eq par an.

Une telle batterie sera donc rentabilisée écologiquement au bout de 7 ans.

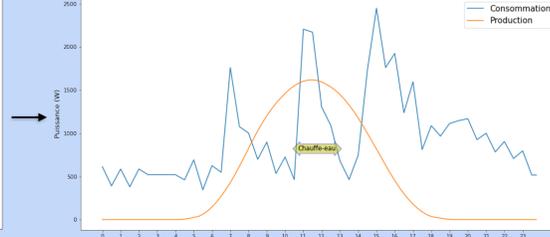
Années	Émissions économisées avec la batterie (tCO ₂ eq)
1	-0,85
2	-0,69
3	-0,54
5	-0,24
10	0,53
15	1,29
20	2,05
25	2,81
30	3,58

Déplacement du chauffe-eau

Moyenne journalière consommation / production actuelle



Moyenne journalière consommation / production après déplacement du chauffe-eau



Le déplacement du chauffe-eau en journée permet d'augmenter fortement l'autoconsommation comme le montre le schéma. Le taux d'autoconsommation annuel passe alors de 54.2% à 78.6%.

Le déplacement du chauffe eau représente 21.0€ d'économies annuelles.

Déplacer le chauffe-eau permet de baisser les émissions d'équivalent CO₂ de 74 kg (ACV du PV amorti sur 25 ans)

Couplage déplacement du chauffe-eau et ajout de batterie

Le taux d'autoconsommation avec batterie et décalage du chauffe-eau est de 91.7%

Après avoir déplacé le chauffe-eau, l'ajout de la batterie ne fera gagner plus que 106€ / an. La batterie sera alors rentabilisée au bout de 47 ans.

Le couplage déplacement du chauffe-eau et ajout d'une batterie permet de baisser les émissions d'équivalent CO₂ de 114kg (ACV du PV amorti sur 25 ans)

Conclusion

- Déplacer l'heure de démarrage du chauffe-eau ne demande aucun investissement et est bénéfique sur tous les plans.
- La pose de nouveaux panneaux sera profitable sur le long terme tant écologiquement qu'économiquement.
- Le choix de l'ajout d'une batterie s'avère être plus un choix écologique qu'économique.

¹ : Irradiance de 1000 W/m², position des panneaux leur permettant de capter le maximum du rayonnement, température des panneaux de 25°C.
² : Romain Besseau. Analyse de cycle de vie de scénarios énergétiques intégrant la contrainte d'adéquation temporelle production-consommation. Géotechnique. Université Paris sciences et lettres, 2019. Français. NNT : 2019PSLEM068

