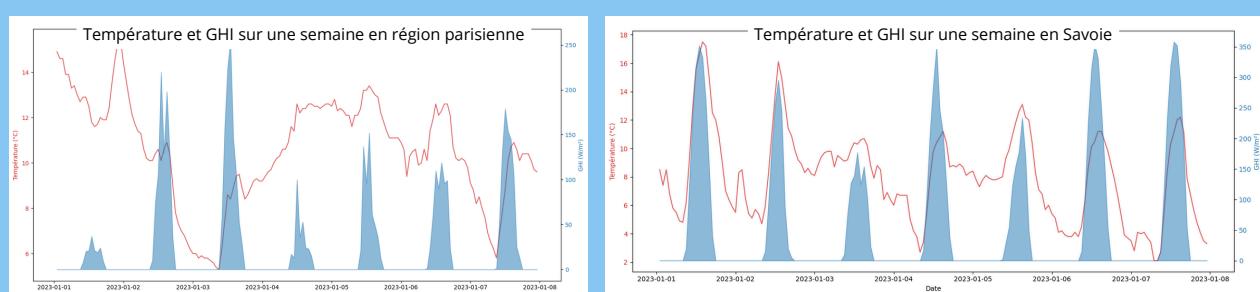


## Introduction

Dans un contexte d'encouragement au développement des énergies renouvelables, les projets de parcs photovoltaïques semblent de plus en plus prometteurs. Par ailleurs, il est envisagé d'installer des panneaux dans des agglomérations pour assurer une **autoconsommation** des infrastructures grâce à l'énergie solaire, c'est-à-dire l'organisation d'un réseau local de production durable d'électricité.

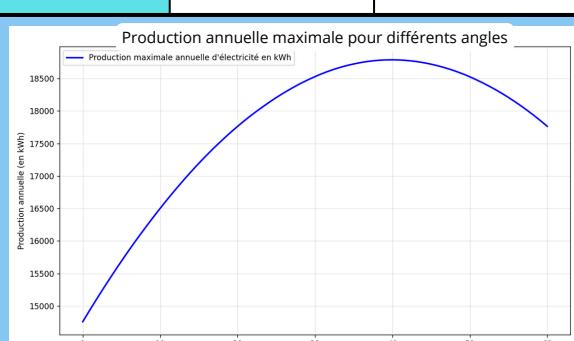
## Impact de la zone géographique



Lors de la modélisation d'une installation photovoltaïque, il est essentiel de prendre en compte la zone géographique étudiée : voici la comparaison du rayonnement solaire sur une même semaine entre un secteur en Savoie et l'autre en région parisienne : on constate que la puissance rayonnée dépend fortement de la région. C'est d'autant plus le cas en hiver, où l'ensoleillement est très disparate à l'échelle du pays, tandis qu'en été, le temps est régulièrement dégagé dans tout l'Hexagone.

## Angles optimaux

Région	Inclinaison optimale	Latitude de la région
Tarn et Garonne	37°	44°
Savoie	40°	45°
Ile de France	37,5°	48°



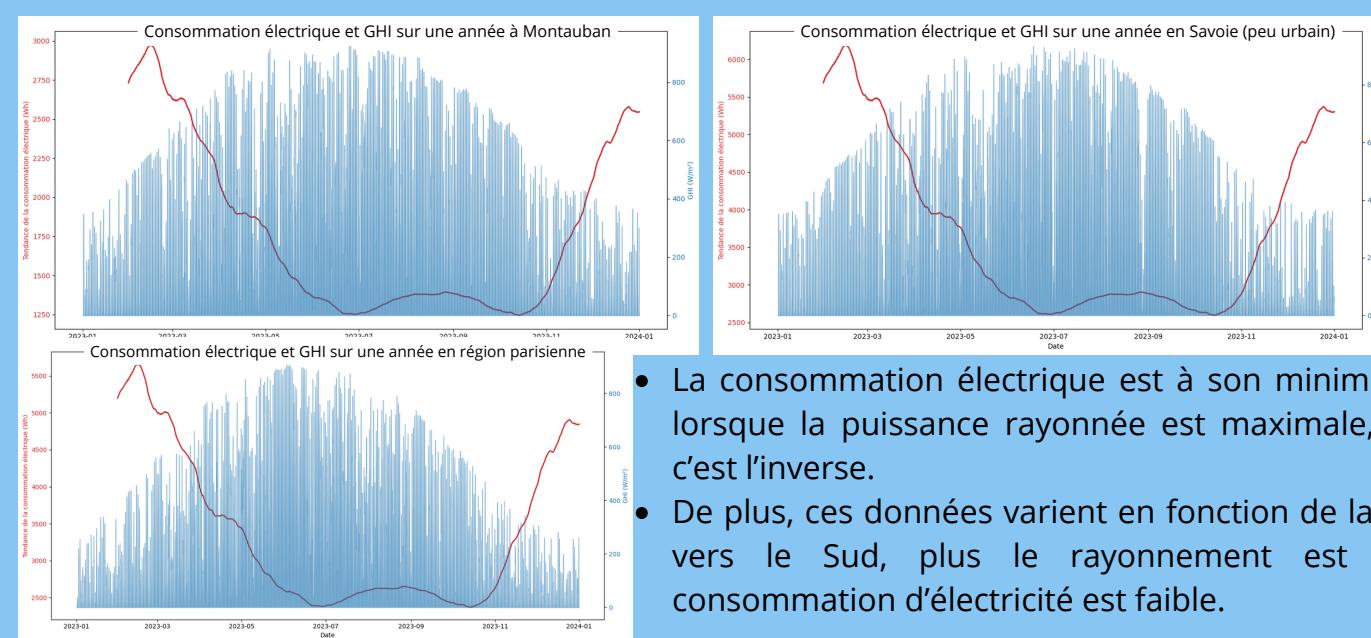
Deux paramètres sont à régler lors de l'installation de panneaux solaires :

- L'azimut**, qui correspond à l'angle dans le plan horizontal entre les panneaux et une direction de référence. On cherche ici à orienter les panneaux dans la direction du Sud, celle du Soleil, de sorte à maximiser l'exposition.
- L'inclinaison** verticale du panneau. Géométriquement, elle devrait être égale à la latitude, mais les phénomènes de diffusion de la lumière font que l'exposition sera meilleure si on la corrige légèrement plus vers le ciel, et particulièrement dans les zones nuageuses (comme Paris).

## Problématique

Dans quelle mesure la production locale d'électricité par des panneaux solaires peut-elle remplacer l'approvisionnement par le réseau ENEDIS ?

## Demande et production



Les graphiques ci-dessus superposent la consommation électrique sur une année et la puissance rayonnée par le Soleil.

- La consommation électrique est à son minimum l'été, c'est-à-dire lorsque la puissance rayonnée est maximale, tandis qu'en hiver, c'est l'inverse.
- De plus, ces données varient en fonction de la région : plus on est vers le Sud, plus le rayonnement est élevé, et plus la consommation d'électricité est faible.
- Pour y remédier, on peut par exemple modifier l'inclinaison des panneaux entre été et hiver.
- On peut également recourir à un mix énergétique avec l'éolien, dont la production sera maximale en hiver.

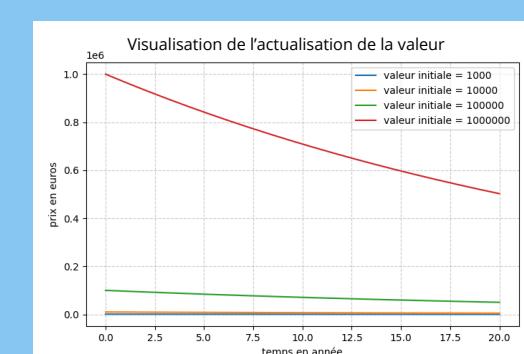
## Etude économo-environnementale

### Equation d'actualisation économique

L'équation d'actualisation est utilisée pour calculer la valeur de l'investissement dans un projet en intégrant le décalage temporel entre les dépenses et les résultats

$$VA(I) = E(I) \times (1 + t)^{-x}$$

- $t$  = taux d'actualisation
- $x$  = temps (en année)
- $VA$  = valeur actualisée
- $E$  = valeur investie



- Prix de l'énergie, et durée de vie des panneaux

Perte de rendement d'un panneau à partir de 20 ans, on estime une durée de vie à 25-30 ans

=> on donc retiendra la valeur minorée de **20 ans** pour un projet d'installation de parc solaire

- Impact environnemental

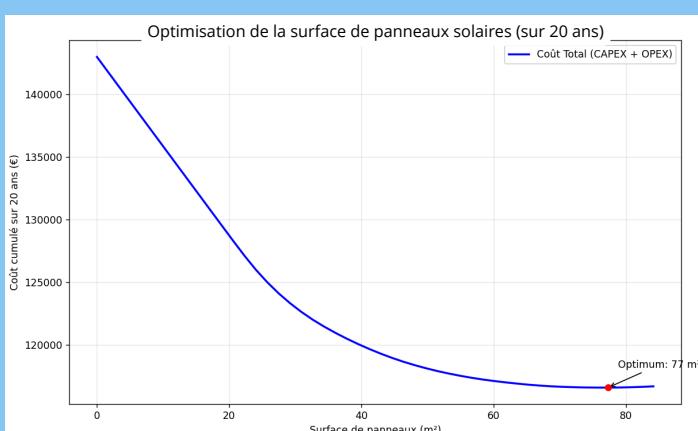
Émissions : **150 à 300 kg CO<sub>2</sub>e** par m<sup>2</sup> installé  
Recyclage :
 

- panneaux solaires recyclables à 95%
- nuance : infrastructure n'ont pas forcément la capacité + coût important

## Optimisation, quelle surface optimale ?

### Modèle :

On cherche à calculer la **surface optimale** sur laquelle installer des panneaux solaires. Pour cela on considère un prix d'installation et une production proportionnelle à la surface installée. On considère d'autre part un prix de consommation proportionnel à la part d'électricité qui n'est pas auto consommée. L'optimisation se fait donc entre le prix d'un projet de panneaux sur 20 ans, et celui de la distribution d'électricité par le réseau ENEDIS.



### Hypothèses :

- durée de vie** des panneaux estimée à 20-25 ans, on prend donc comme référence la durée d'un projet de **20 ans**.
- valeurs d'hypothèses financières trouvées à partir de sources bibliographiques...

```
# Configuration et hypothèses financières
duree_projet = 20 # ans
prix_achat_elec = 0.16 # €/kWh (prix initial import réseau)
prix_vente_surplus = 0 # €/kWh (tarif rachat injection)
cout_installation = 200 # €/m² (panneaux + onduleurs + pose)
inflation_elec = 0.03 # 3% d'augmentation par an du prix de l'électricité
taux_actualisation = 0.01 # malus de 1% par an sur l'investissement initial
```

Remarque : notre modèle ne prend pas en compte le stockage et la redistribution ou revente du surplus de production mais cela reste un modèle qui majore les contraintes financières



échelle	surface disponible	couverture optimale	coût / économies
bâtiment	40 m <sup>2</sup>	90%	56 150 / 12 494 €
résidence	83 m <sup>2</sup>	93%	116 565 / 26 409 €
iris	86 996 m <sup>2</sup>	100%	122 952 054 / 29 993 544 €

### Bilan :

On remarque qu'il est **rentable financièrement** d'installer des panneaux solaires, pour chaque projet sur une durée de 20 ans avec une économie de l'ordre de 10 000 à 30 000 000 d'euros en fonction de la taille de l'installation. Cependant notre modèle est simplifié et il reste des défis techniques majeurs liés à l'ampleur d'un projet à l'échelle d'une agglomération et des coûts liés au recyclage (si on s'oriente vers un modèle durable) qui ne sont pas prédicts par notre modèle. De plus, d'un point de vue de la pollution, la construction d'un parc solaire de 90 000 m<sup>2</sup> émettrait **675 tonnes CO<sub>2</sub>-eq par an**, ce qui équivaut au chauffage annuel de 200 habitants.