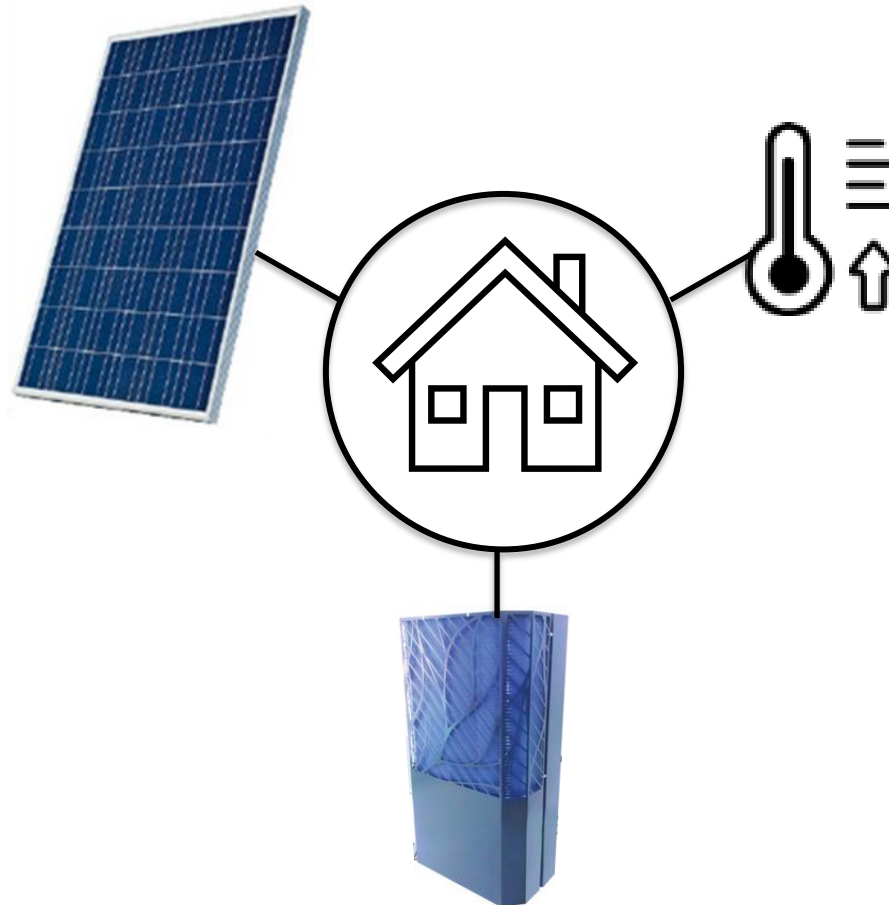


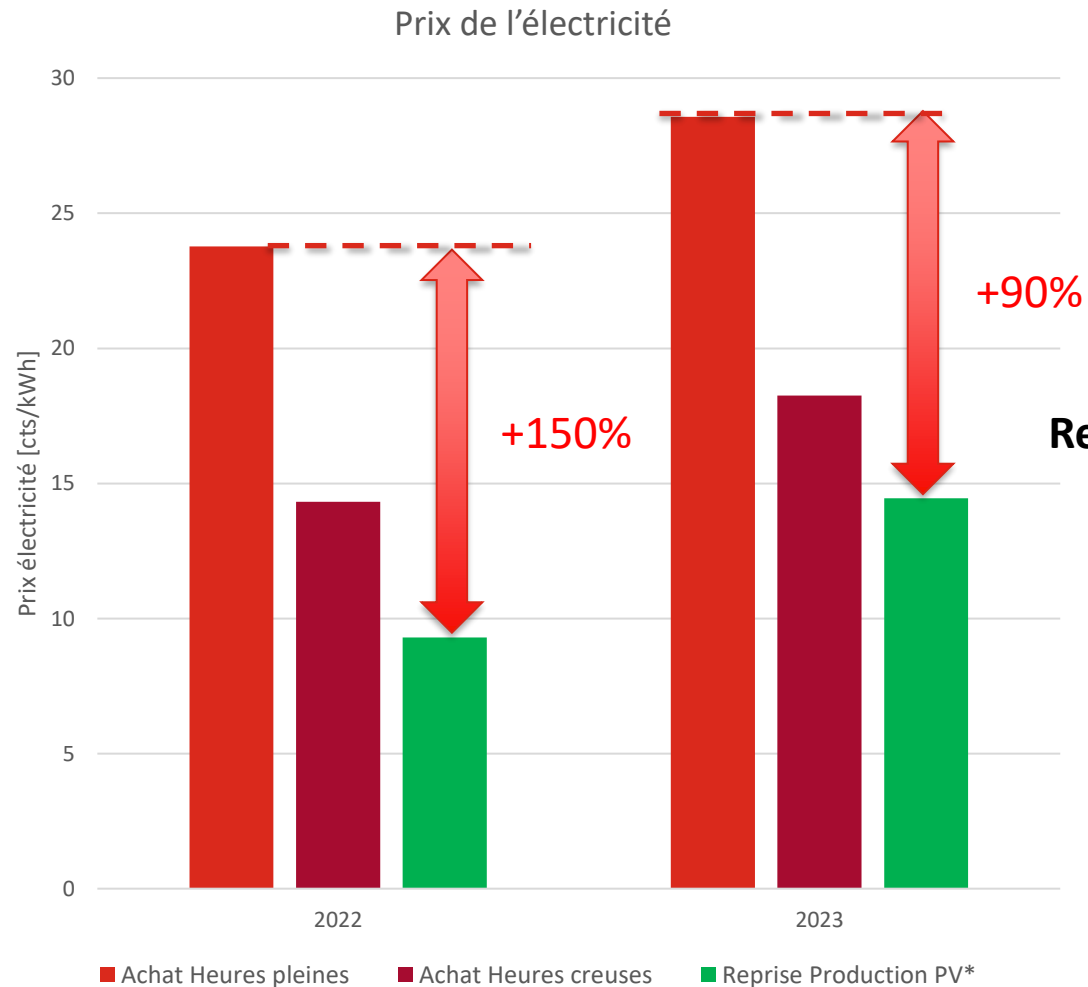
# Pompe à chaleur et PV : Quelles solutions pour le stockage thermique de l'énergie?

PV Update 24.11.2022 - Yann Füllemann

---

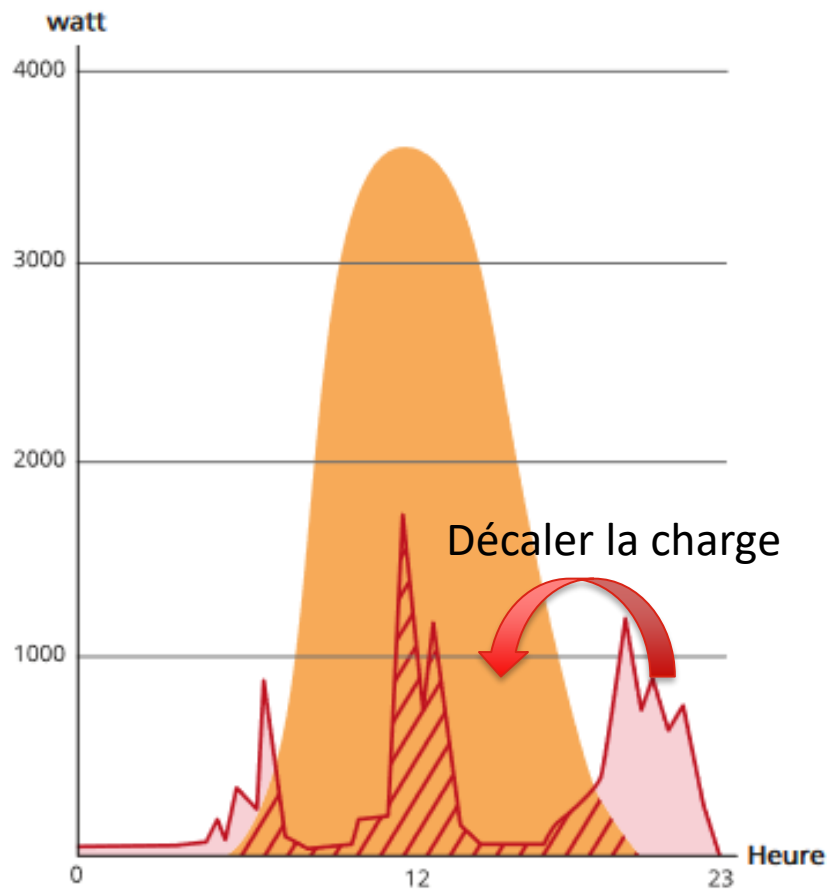


# Importance de l'autoconsommation

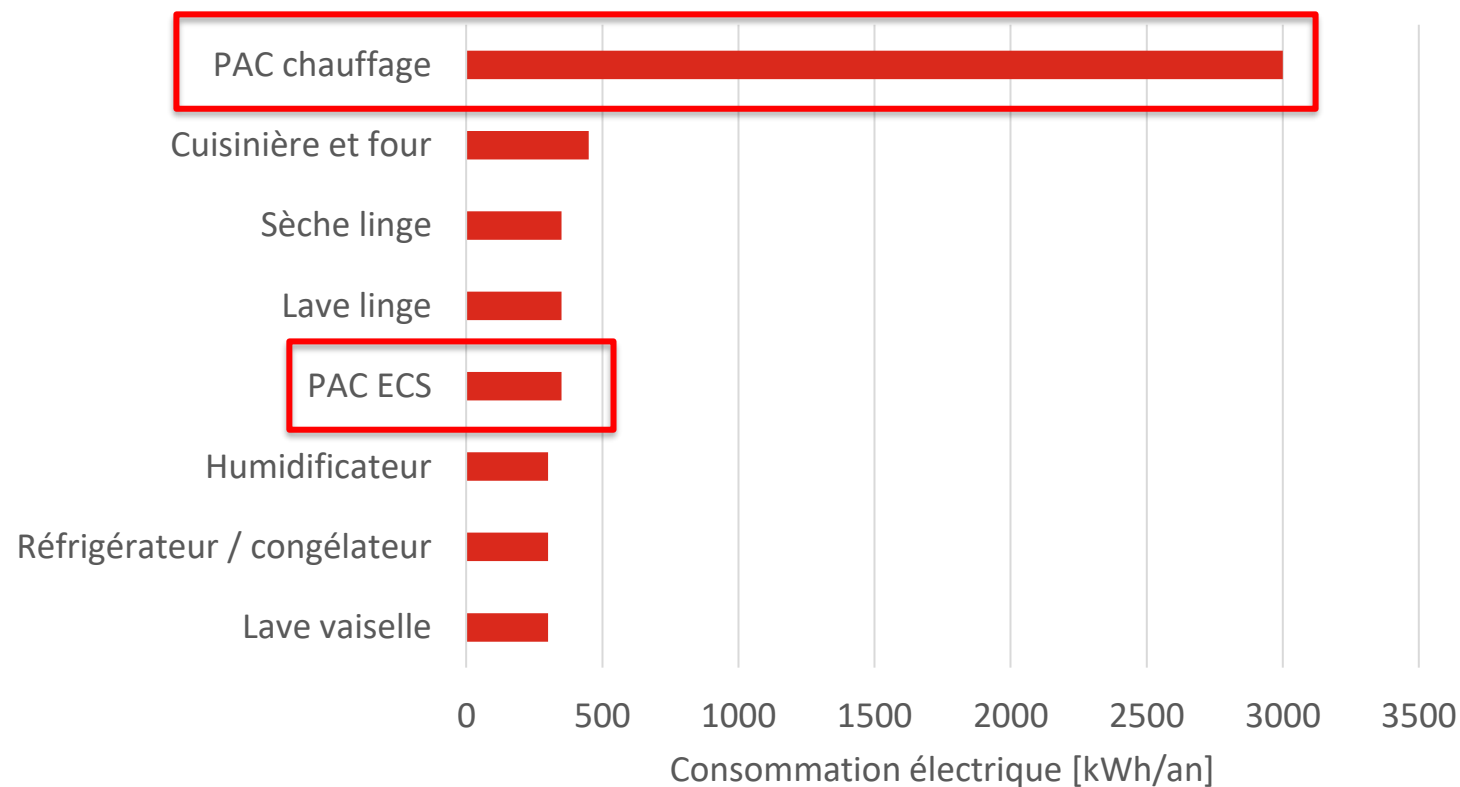


**Rentabilité d'une installation solaire = autoconsommation**  
✓ substituer le courant tiré du réseau (surtout la journée)

# Stockage thermique?



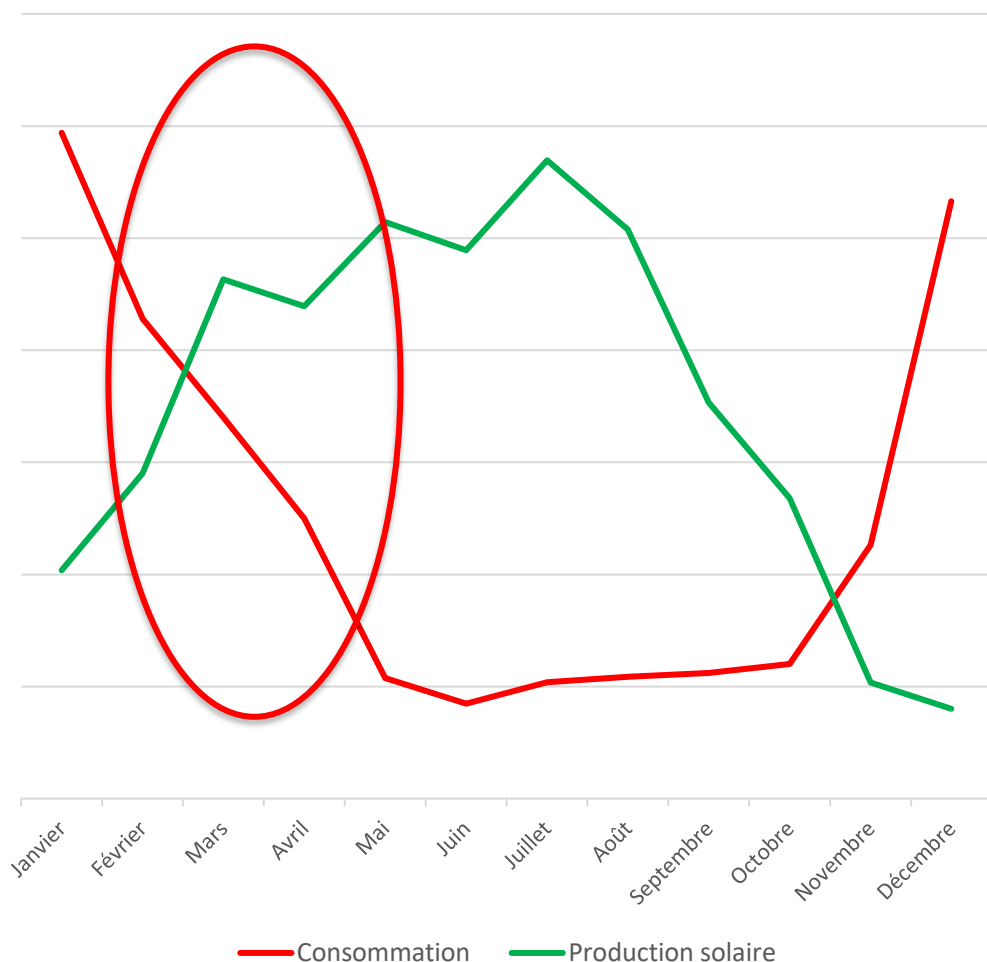
## Consommateurs principaux d'un ménage



**Objectif: Adapter la consommation à la production = gestion de la charge**

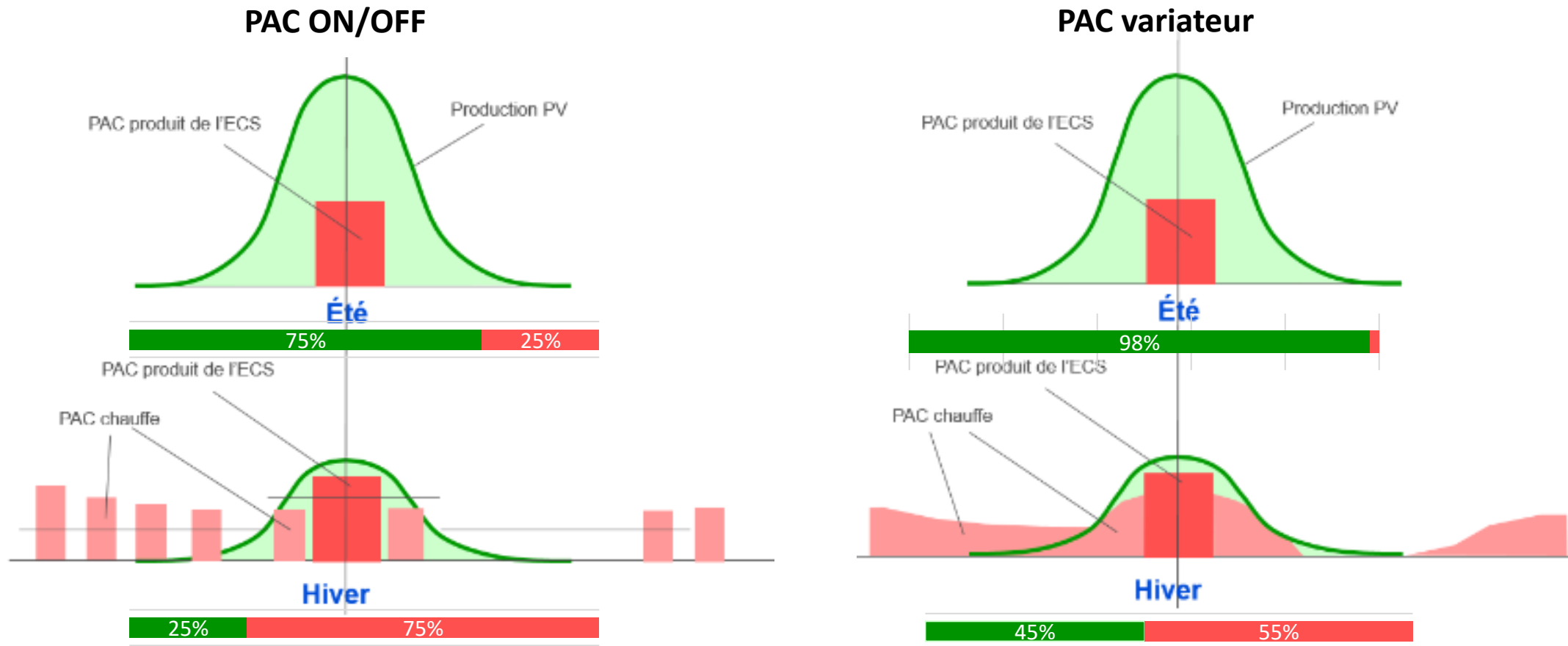
- ✓ Une PAC est généralement de loin le plus gros consommateur électrique d'un ménage
- ✓ Inertie thermique importante d'un bâtiment = flexibilité
- ✓ Stocks tampons disponibles → Peu/pas de frais additionnels

# Limitation stockage thermique





- **Mismatch temporel entre production PV et besoins thermiques**
  - ✓ **Optimisation surtout entre saison et**
  - ✓ **Pour ECS car constante toute l'année**
  - ✓ **Maximiser la consommation lors des beaux jours d'hiver**

# Impact de la régulation de la PAC



- Meilleure correspondance production/consommation avec variableur
  - ✓ La majorité des PAC air/eau installées aujourd'hui sont avec variableur

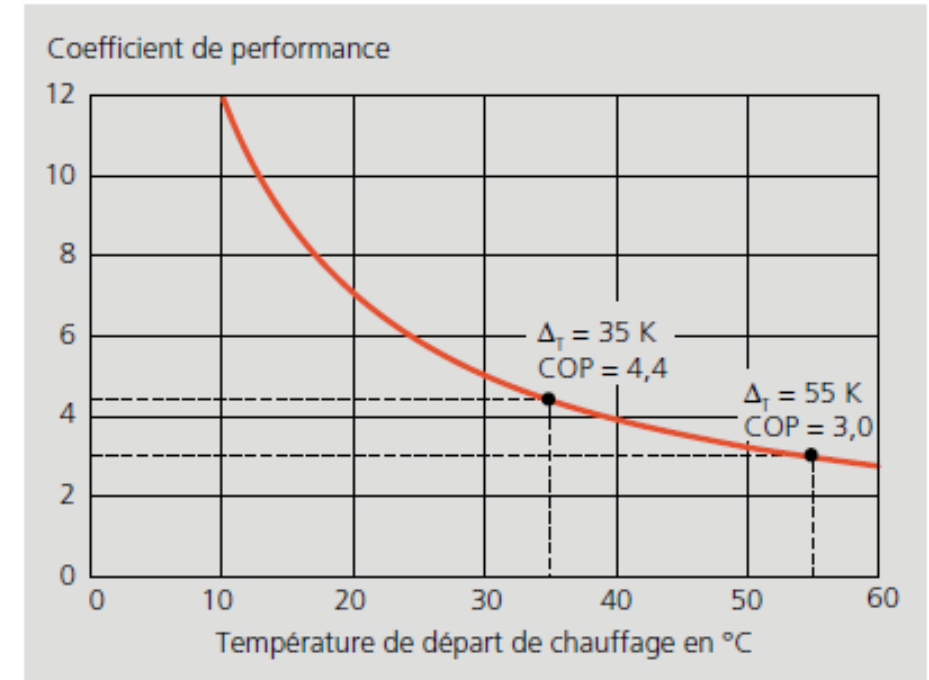
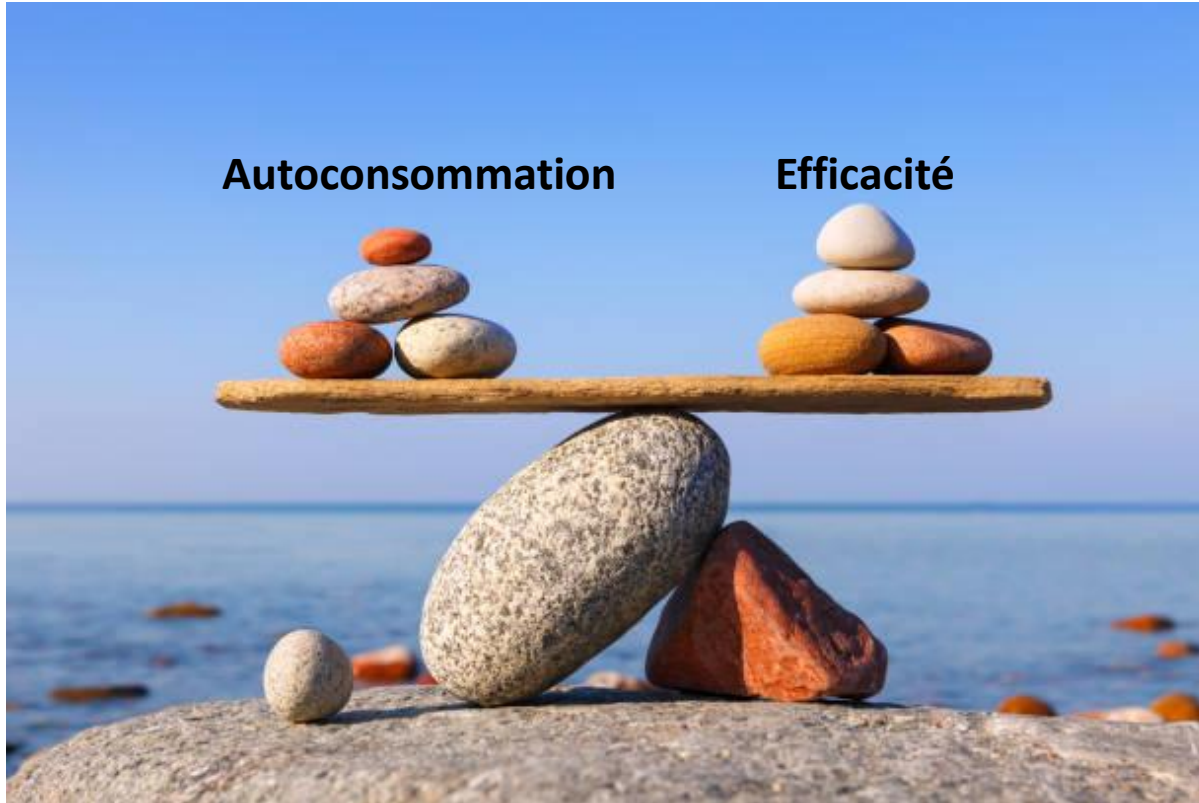
# Différentes interfaces d'optimisation PV

	Entrée verrouillage onduleur / GRD	E-manager externe		E-manager intégré
				
<b>Avantages</b>	✓ Présente sur toutes les PAC	✓ Contrôle par niveau	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Commande flexible</li> <li>✓ Intégration avancée</li> <li>✓ Nombreux logiciels optimisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Commande flexible</li> <li>✓ Pas d'interface supplémentaire</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	× Fonction basique ON/OFF	<ul style="list-style-type: none"> <li>× Fonctions basiques</li> <li>× Interface supplémentaire</li> </ul>	× Interface supplémentaire	× Gère que la PAC

- Fonctions basiques On/Off possible même sur les PAC existantes
- Privilégier les PAC avec commande flexible
- E-Manager intégré vs externe en fonction des autres charges commandables

# Influence de la température

$$COP_{carnot} = \frac{Q}{W} = \frac{T_{chaud}}{\Delta T}$$



## Quelques éléments pour améliorer l'efficacité:

- Température départ la plus basse possible
  - ✓ Courbe de chauffe, chargement progressif
- Température de la source froide la plus élevée possible
  - ✓ PAC air/eau: Favoriser fonctionnement au moment le plus chaud de la journée, emplacement au sud
- Adapter stockage aux besoins
- Abaissement nocturne
- **Chauffage électrique direct pas rentable!**

# Stockage thermique batiment vs ballon

Delta T [°C]	Capacité de stockage thermique [kWh <sub>th</sub> ]			Perte efficacité [kWh <sub>el</sub> /kWh <sub>th</sub> ]
	Masse du batiment (moyenne, 150m2)*	Ballon chauffage (500L)	Boiler ECS (500L)	
1	12	0.6	0.6	+3% (+9%*)
2	24	1.2	1.2	+7% (+19%*)
3	36	1.7	1.7	+10% (+28%*)
5	-	2.9	2.9	+17%
10	-	5.8	5.8	+33%
25	-	14.5	14.5	+83%

36kWh pour +28%\* de  
consommation électrique

29kWh pour +83% de  
consommation électrique

\* y.c. +6% pertes par degré chauffage  
supplémentaire

- **L'inertie thermique du batiment représente un potentiel largement plus important et plus efficace à exploiter que stockage dans des ballons tampon!**
  - ✓ Equilibre entre confort & stockage
  - ✓ Réglage des têtes thermostatiques & courbe de chauffe
  - ✓ Particulièrement adapté au chauffage au sol
  - ✓ Abaissement nocturne



# Exemple pratique – PAC & E-manager intégré

 LAMBDA  
Wärmepumpen

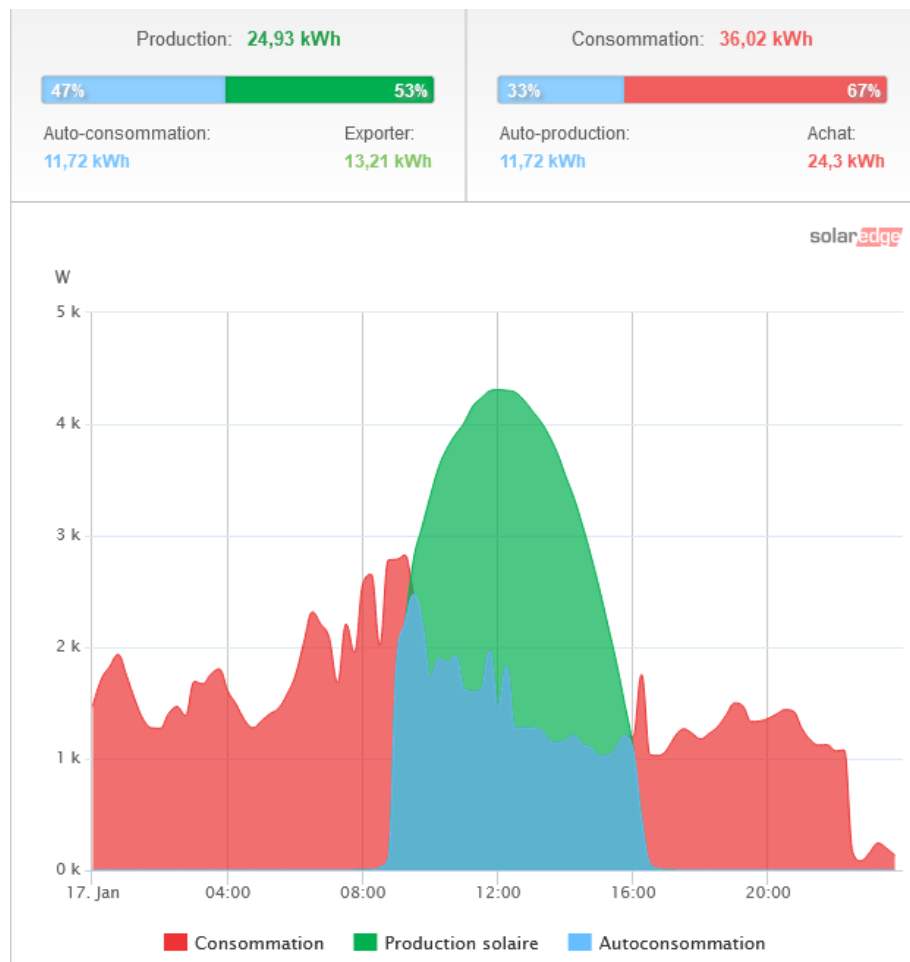


SCOP 5,7   42 dB(A) Schallleistung   70°C Vorlauf

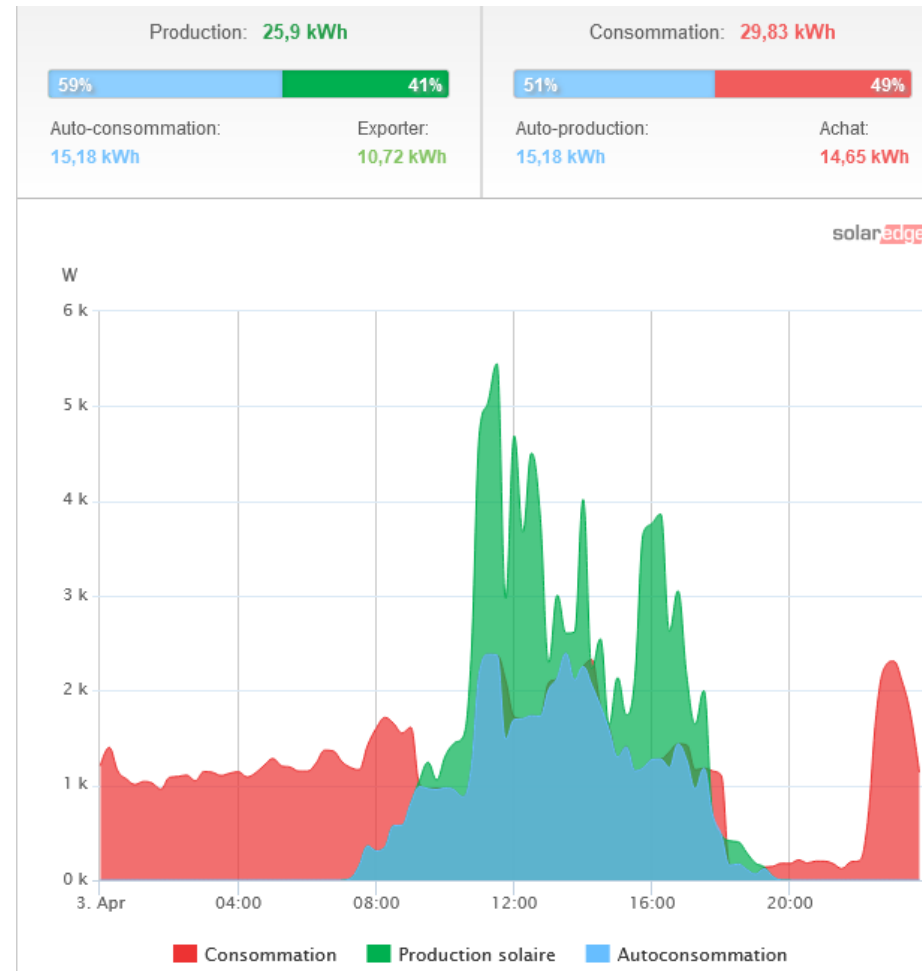
- ✓ Bon rendement
- ✓ Silencieuse
- ✓ Modulante
- ✓ E-manager intégré
- ✓ Optimisation surplus PV
- ✓ Prise en compte prévisions météo
- ✓ Hautes températures pour production ECS
- ✓ Fluide frigorigène naturel

# En pratique - Hiver

## Pas d'optimisation



## Surchauffe tampon 500L (+10°C) & préparation ECS

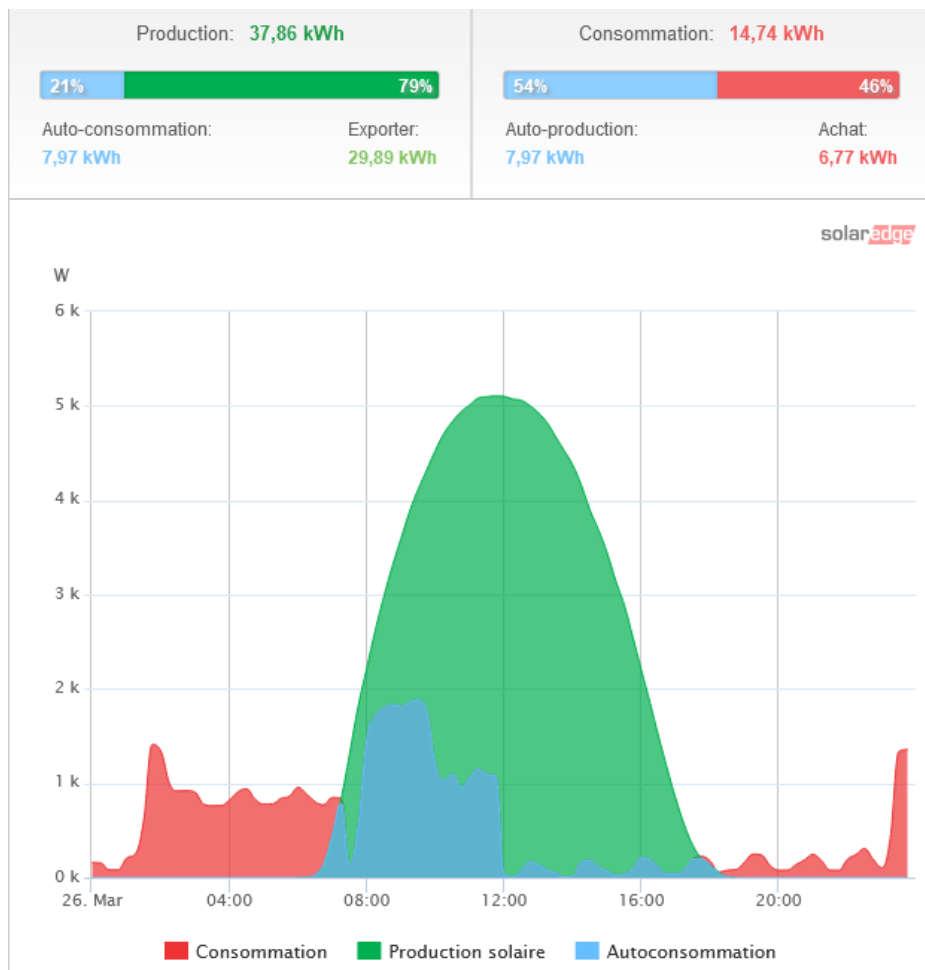


T° sur 24h  
~0°C

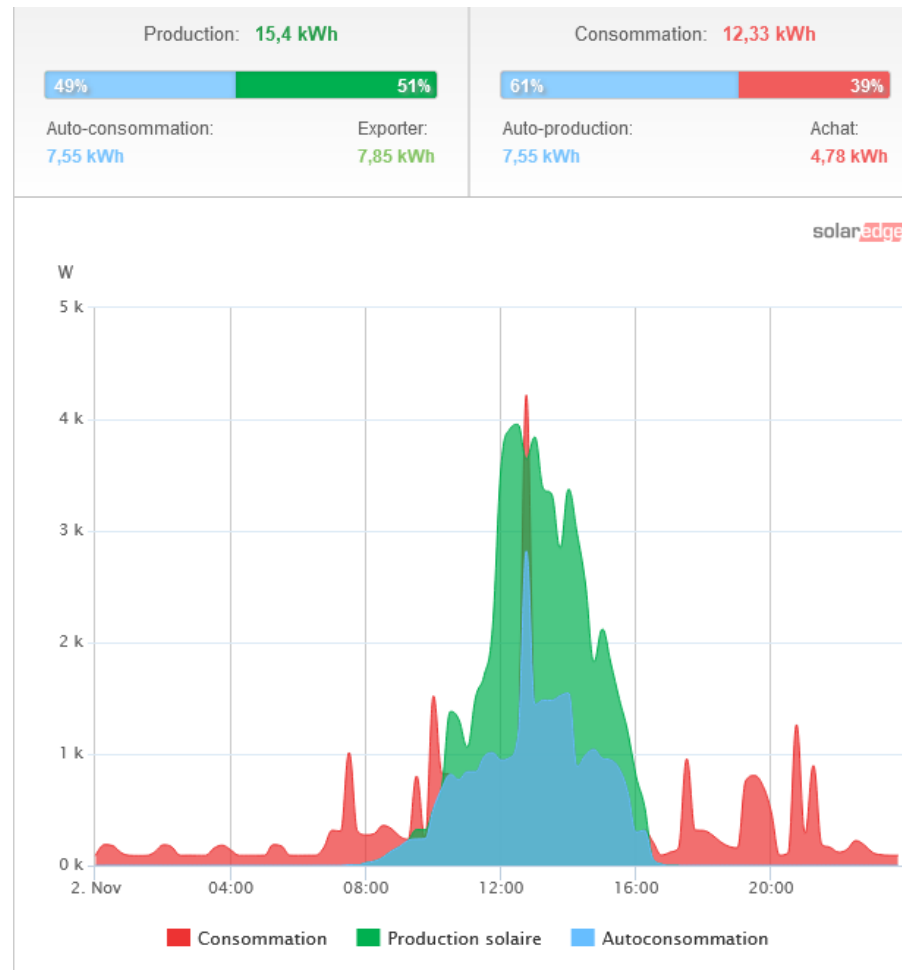
**Auto consommation malgré consommation plus faible**  
**Stockage tampon ne tient que ~4 heures**

# En pratique – Entre saison

Tampon (+10°C) & préparation ECS



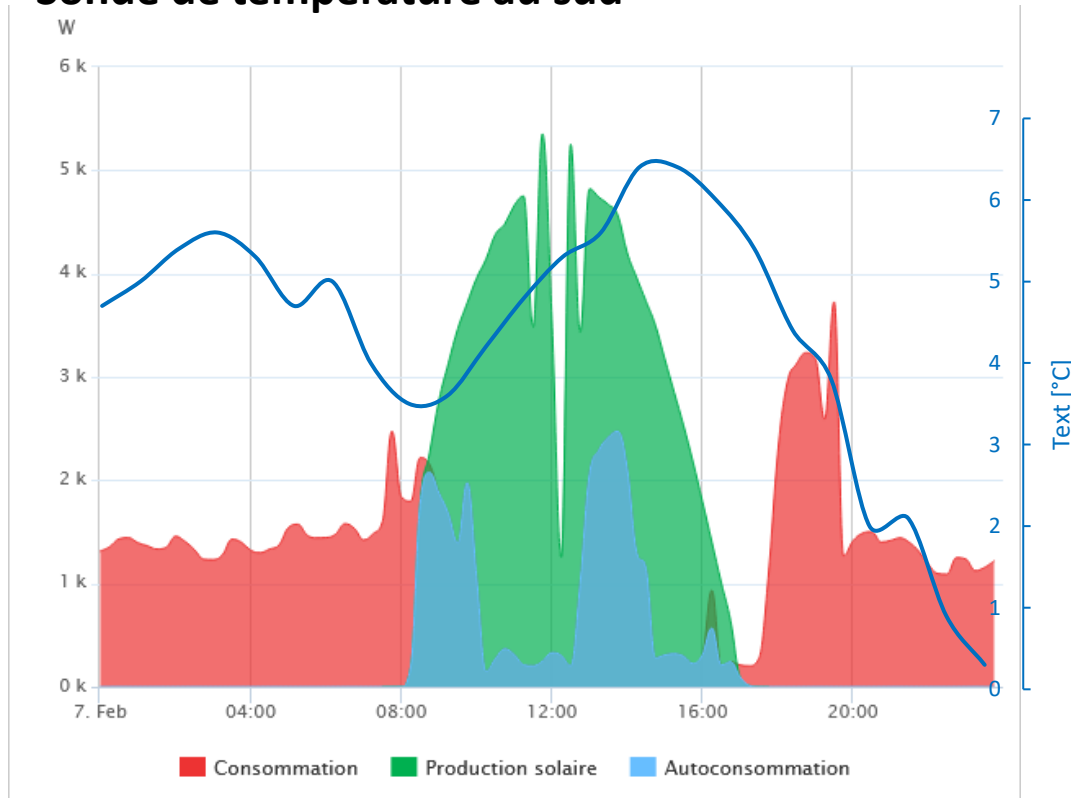
Limitation puissance, abaissement nocturne, ECS à midi, Tampon (+5°C)



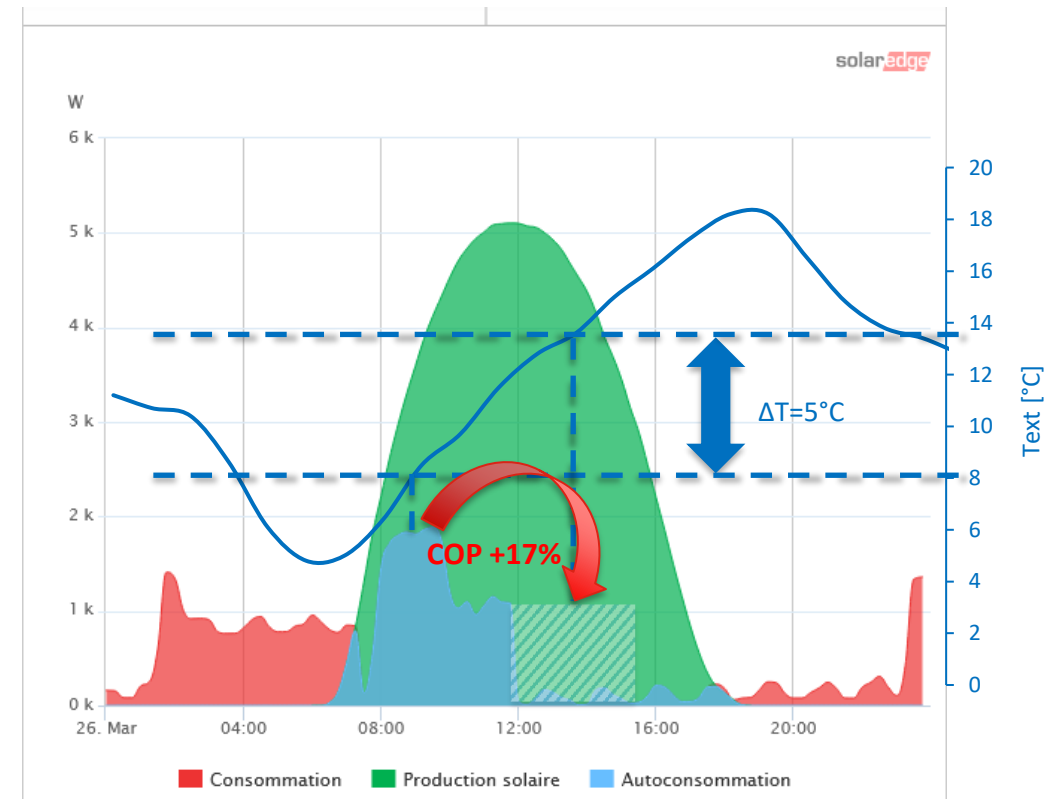
T° sur 24h  
~11°C

# Quelques erreurs à éviter

Sonde de température au sud



Puissance max indépendamment du besoin



Capteur au soleil diminue la demande de chaleur  
Diminution de l'autoconsommation  
Distribution chaleur insuffisante

On pourrait éviter 17% de consommation pour le même service!

# Conclusion – Optimisation PAC & PV

## Stockage thermique, oui...

- Potentiel important
- Coûts faibles à nul

## ...mais

- ✓ **Optimiser avant de stocker!**
- ✓ Pas de chauffages électriques directs!
- ✓ Privilégier PAC sur variateur
- ✓ Privilégier l'utilisation de l'inertie du bâtiment
- ✓ Stockage en fonction du besoin
- ✓ Préparation ECS et anti-légionelle en début d'après midi

**«La meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas»**

# Merci pour votre attention!

Yann Füllemann

[yann.fuellemann@ppproject.eu](mailto:yann.fuellemann@ppproject.eu)

079 905 78 90

[www.pppproject.eu](http://www.pppproject.eu)

- Bureau d'études à Yverdon
- Orienté procédés industriels
- 10 ans en 2018
- 18 employés
- 4 conseillers PEIK accrédités
- 3 conseillers ACT



**1. Identifier**



**2. Analyser**



**3. Mettre en œuvre**



**Économiser**

# Chargement progressif vs stratifié

