Cogénération de froid et d'électricité en milieu insulaire tropical

11 février 2021

Hugo LAMBERT, étudiant en 2ème année de thèse au laboratoire FEMTO-ST
Robin ROCHE, Samir JEMEI, Pascal ORTEGA & Daniel HISSEL

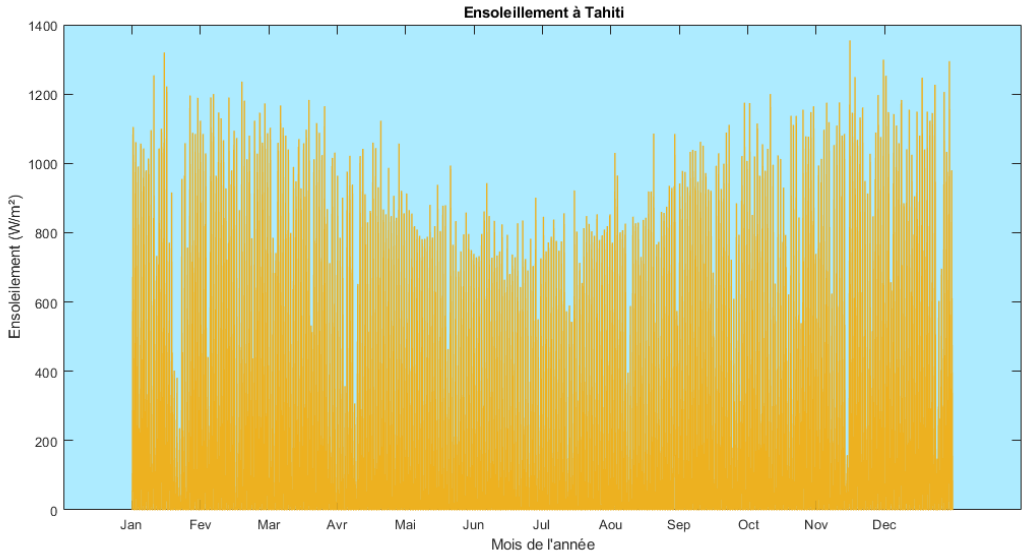
Sommaire

1. Contexte
2. Architecture systeme
3. Modélisation énergétique
4. Gestion des flux de puissance
5. Résultats
6. Conclusions & perspectives

1. Contexte

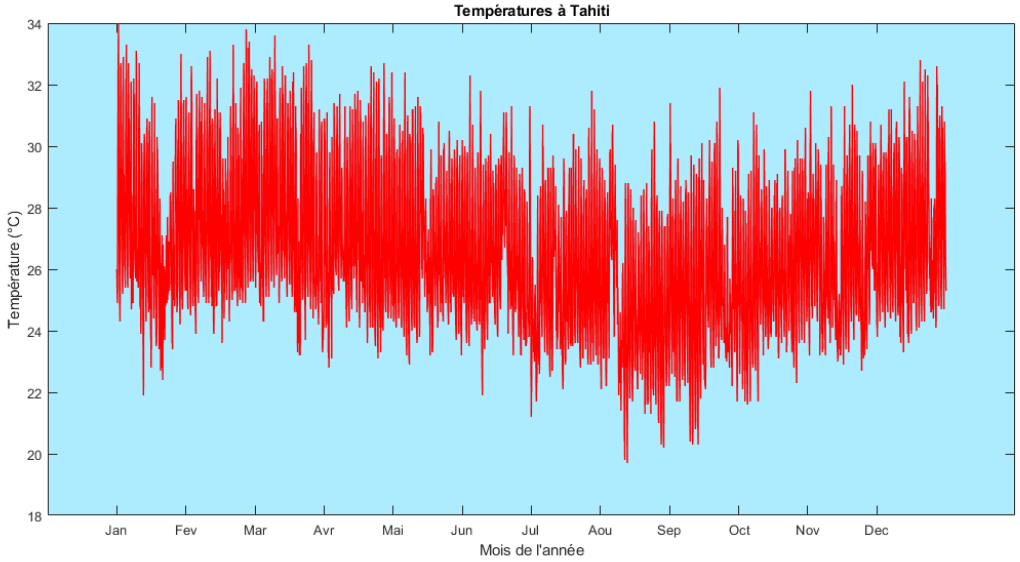
Source : https://static.latribune.fr/full_width/413617/polynesie-francaise.jpg

1. Contexte



Ensoleillement journalier : 5,2 kWh/m²/jour

Température moyenne à l'année : 26 °C



1. Contexte

- En 2018 93,7 % des énergies consommées en PF proviennent de l'importation des dérivés du pétrole.
- En PF 18 îles habitées ne disposent pas de réseau de distribution d'électricité.
- Un besoin en froid constant
- Une forte volonté de réduire la part de consommation énergétique pour la production de froid, qui peut représenter jusqu'à 40% de la facture d'électricité.

https://www.service-public.pf/sde/wp-content/uploads/sites/15/2020/02/BEPF_2018_website_online.pdf

https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/polynesie-francaise-50-delectricite-dorigine-renouvelable-des-2020-702/

1. Contexte

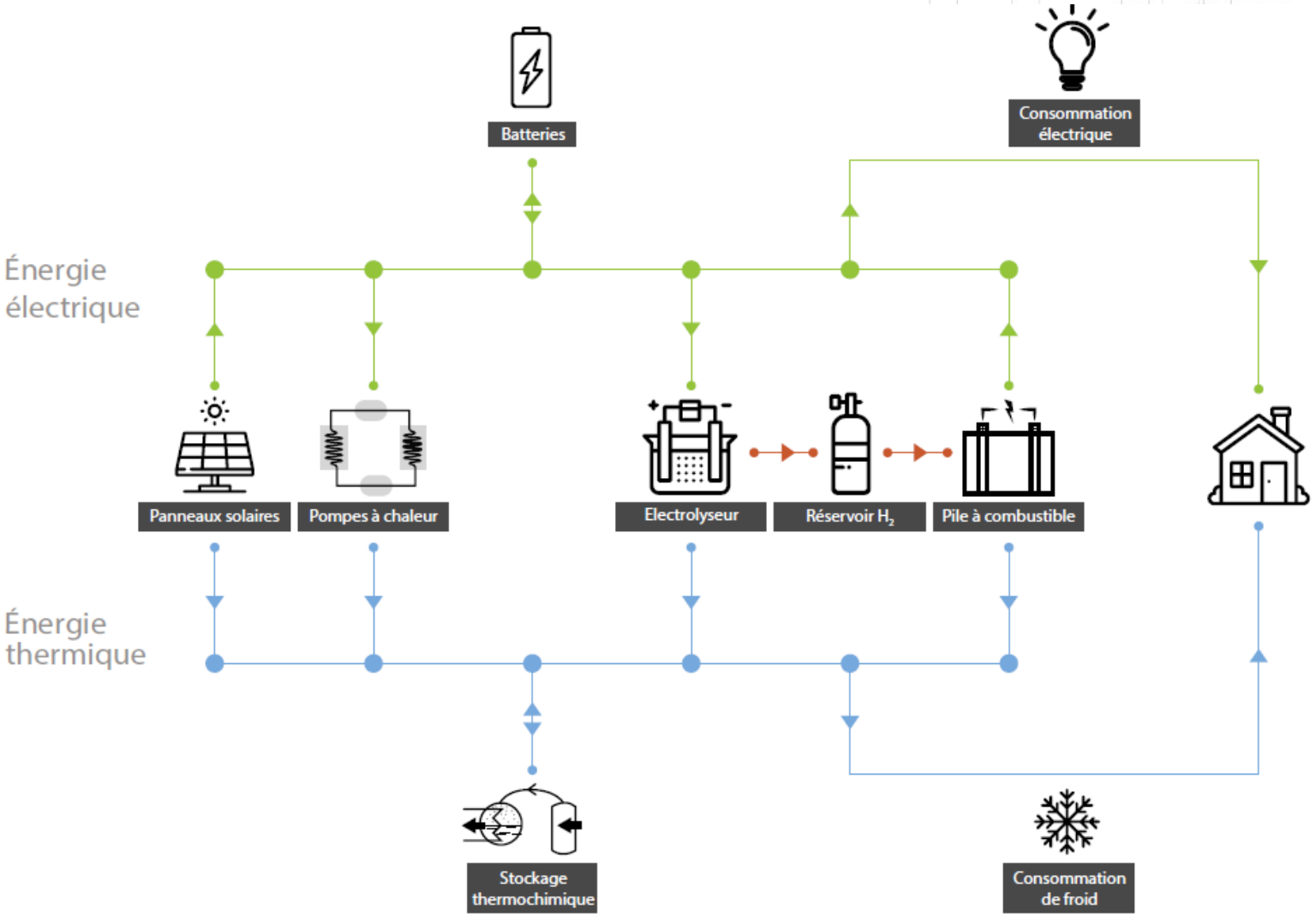
But de l'étude : Production d'électricité et de froid pour une habitation individuelle, non raccordée au réseau électrique.

Source : https://www.radio1.pf/un-f5-de-loph-pour-le-papy-de-papara-survivant-du-coronavirus/

1. Contexte

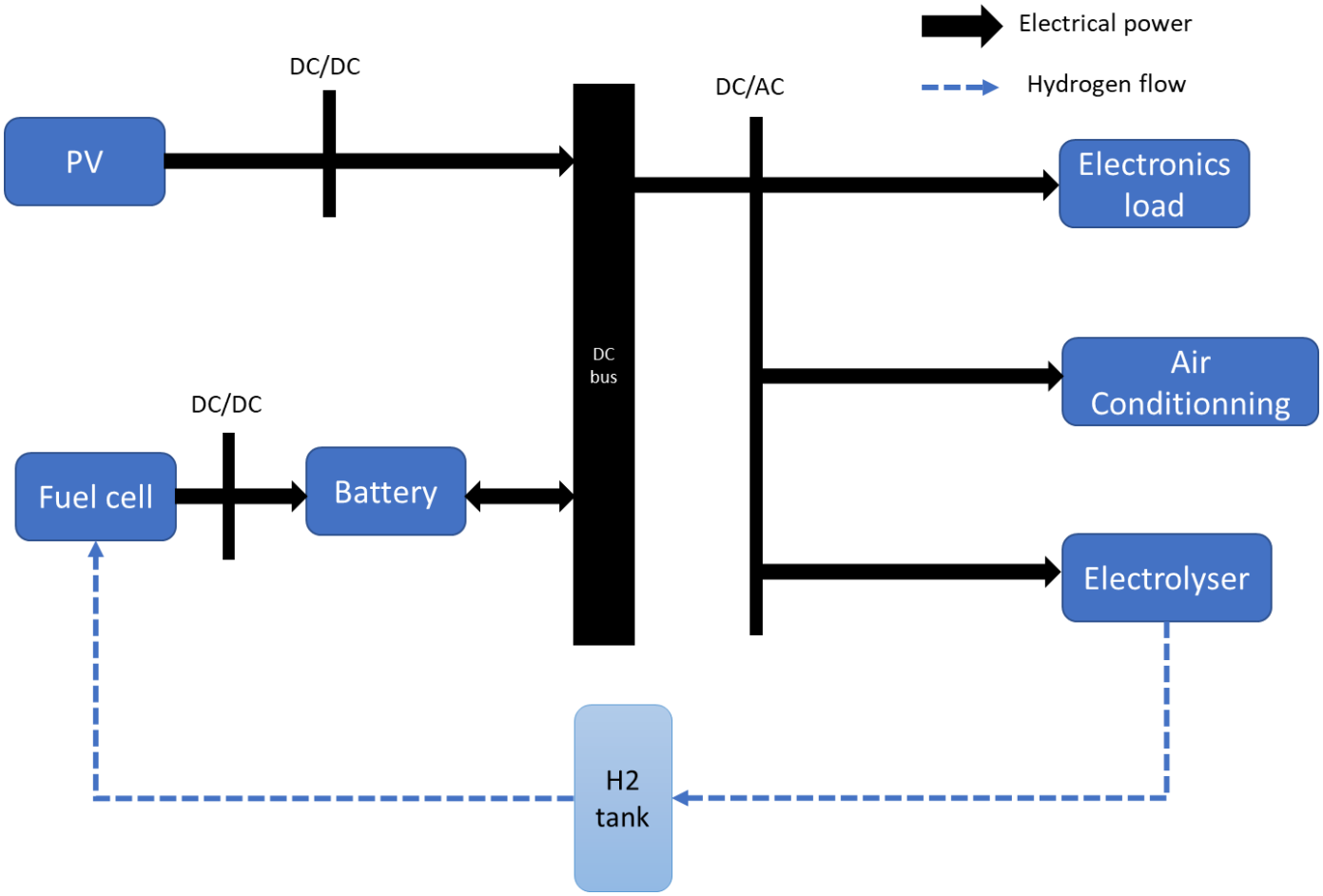
- « **Batterie hydrogène** » pour l'amélioration de l'autonomie et la réduction des GES.
- **Production de froid par procédé thermochimique** par récupération de chaleur. Ces systèmes sont couramment utilisés avec des collecteurs solaires (Ts = 50 ˚C). En augmentant Ts, il est possible d'améliorer le rendement global du système. Brique H_2 ➔ Ts = 60°C.
- Étude du **couplage** des technologies hydrogène énergie pour le stockage et la production d'énergie électrique, et des techniques de production de froid par procédé thermochimique.
- **Preuve De Concept**

2. Architecture système



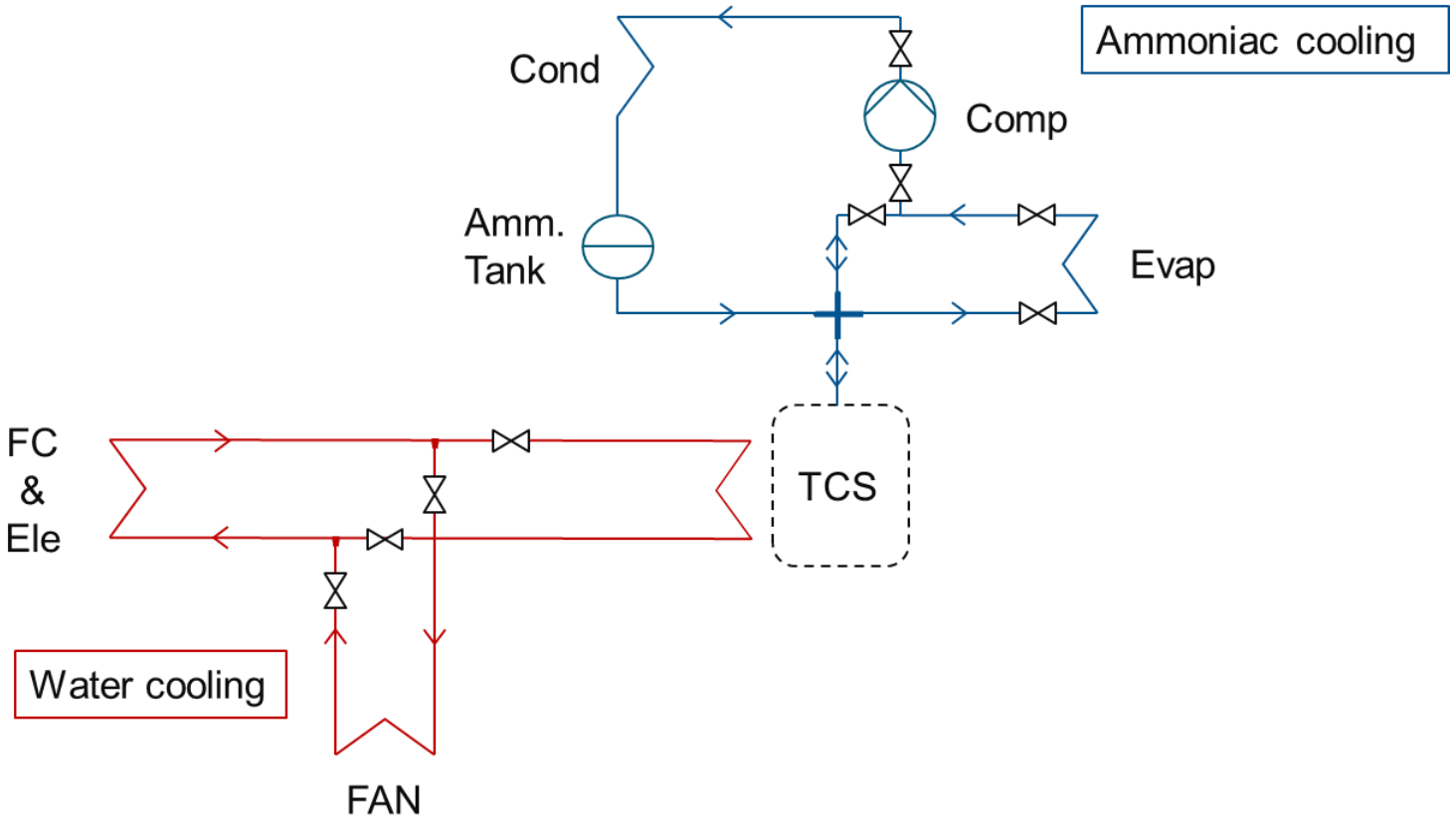
2. Architecture système

Réseau électrique



2. Architecture système

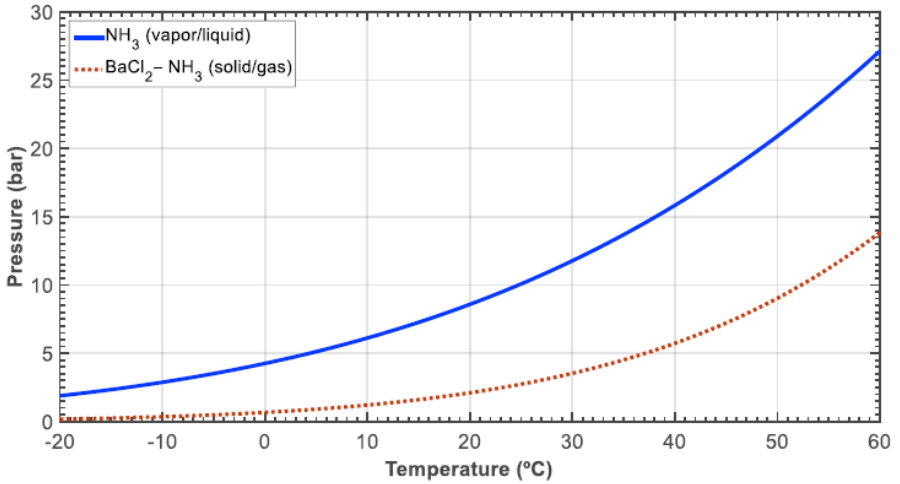
Réseau thermique

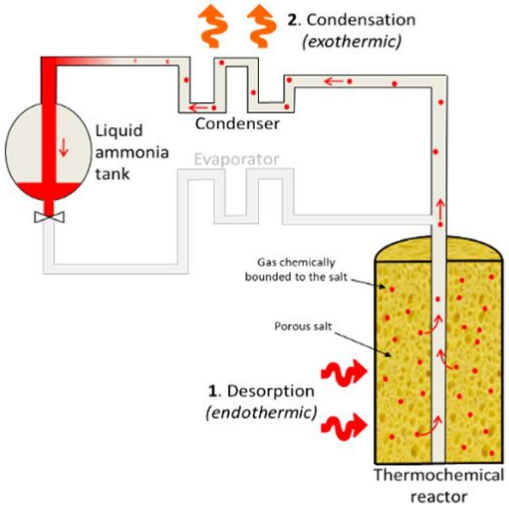


2. Architecture système

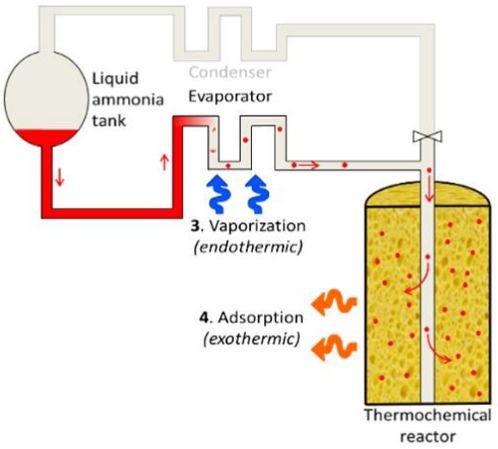
TCS : ThermoChemical Storage

Couple $BaCl_2/NH_3$ T et P proches des conditions standard.
Tev = 0°C à 4 bars
Tcond = 40°C à 16 bars
NH_3 fréquent pour la production de froid.





Stockage de chaleur

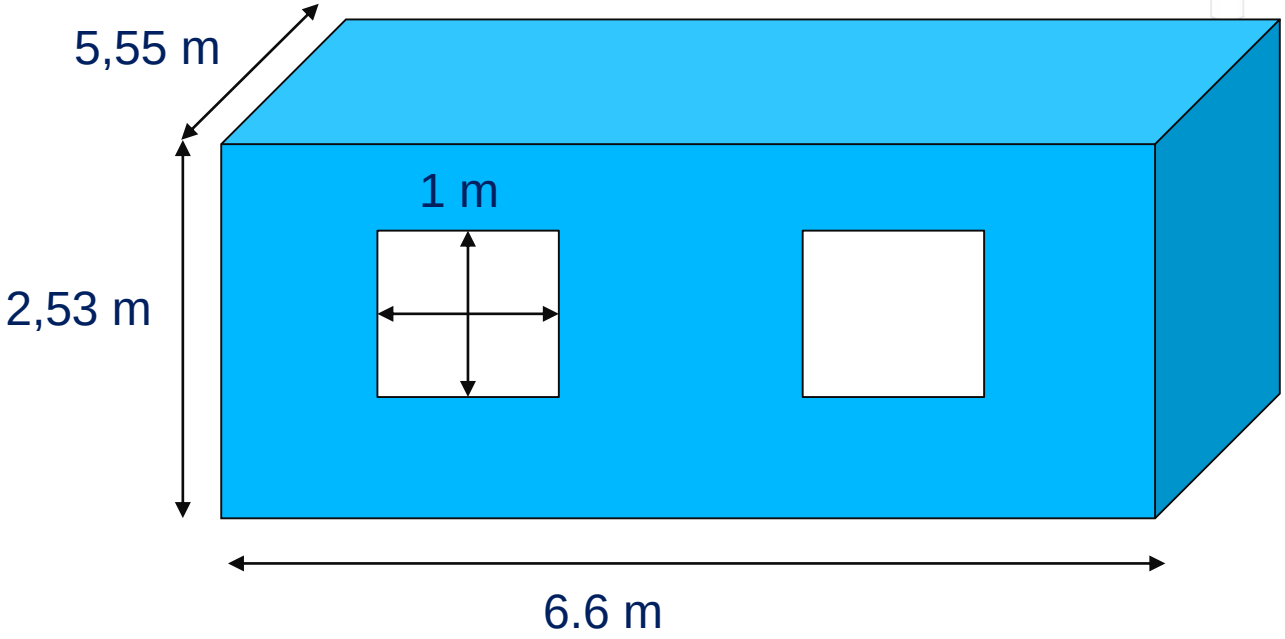


Production de froid

2. Architecture système

L’ensemble des équipements de production (hors PV) et de stockage sont contenus dans un container

3. Modélisation énergétique

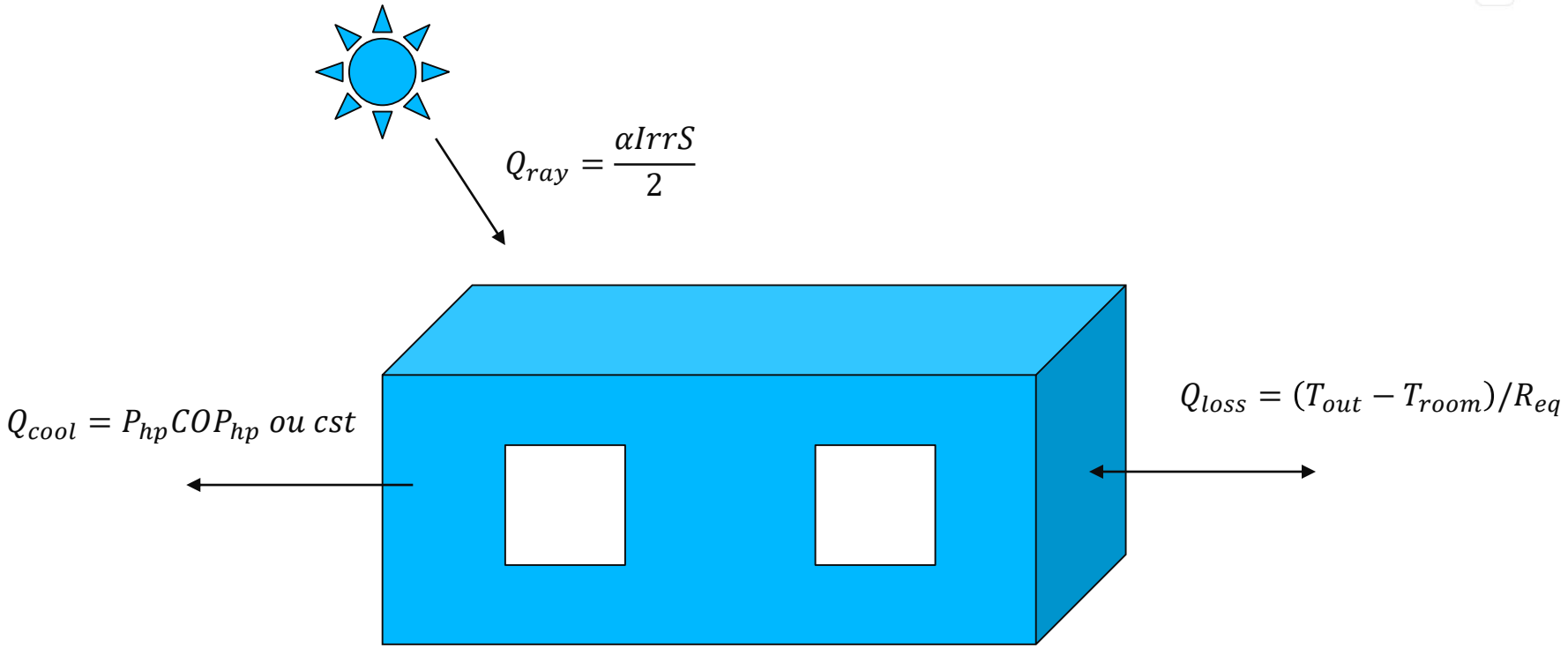


Surface total des parois :136 m².
Surface au sol : 37m²

Table 2. Physical characteristics of the house

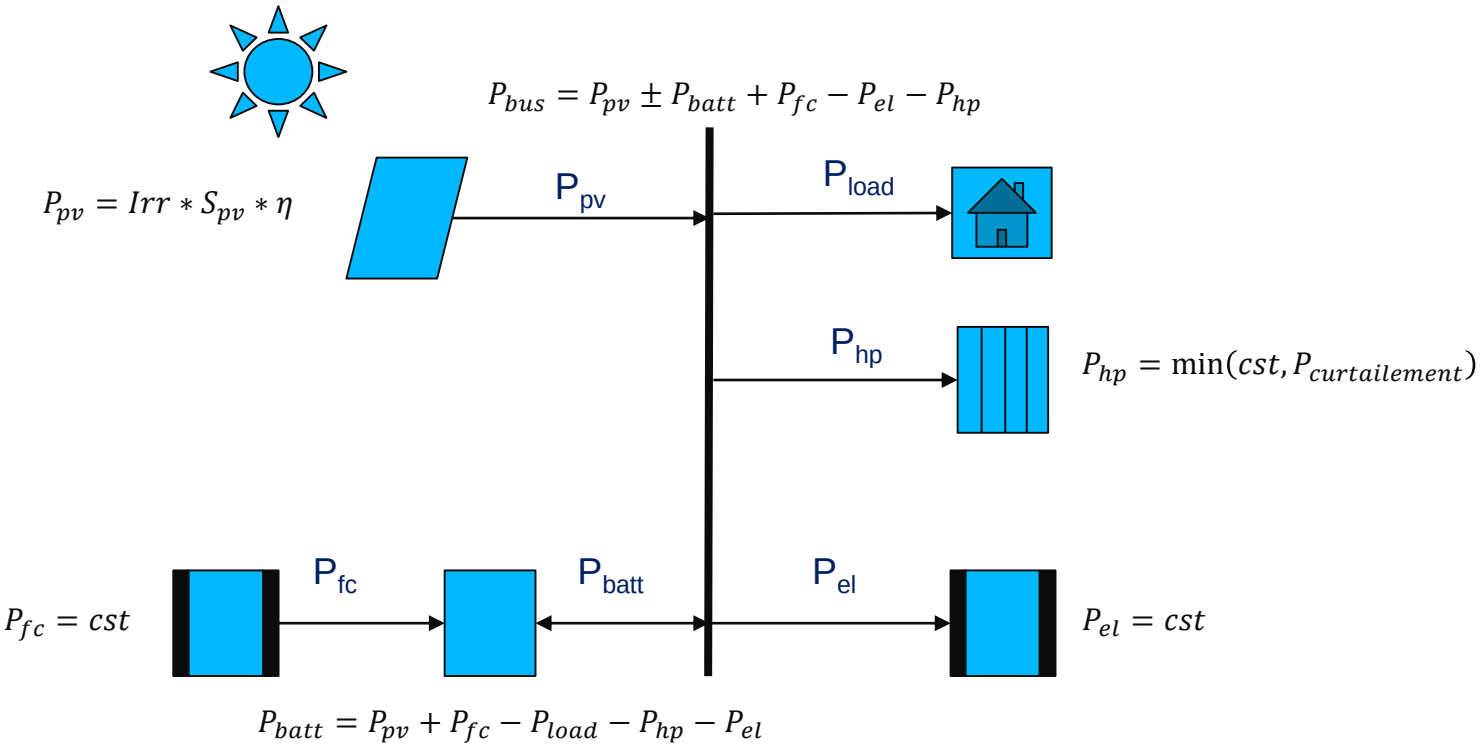
	Materials	Width (mm)	Surface (m²)	Thermal conductivity (W/m/°C)	Equivalent resistance (°Cm²/W)
Walls	Steel/Polystyrene/Steel	5/50/5	127.5	0.038	0.031
Windows	Glass/air/glass	3/13/3	4	0.78	

3. Modélisation énergétique



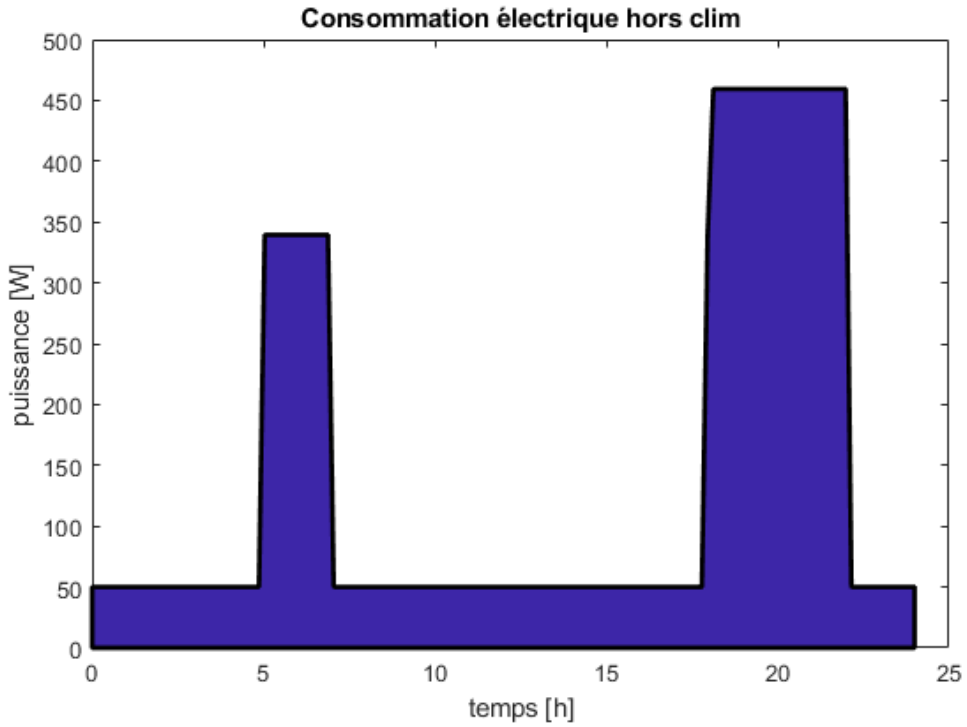
$$\frac{dT_{room}}{dt} = \frac{1}{Mc}\left(\frac{dQ_{loss}}{dt} + \frac{dQ_{ray}}{dt} - \frac{dQ_{cool}}{dt}\right)$$

3. Modélisation énergétique



4. Modélisation énergétique

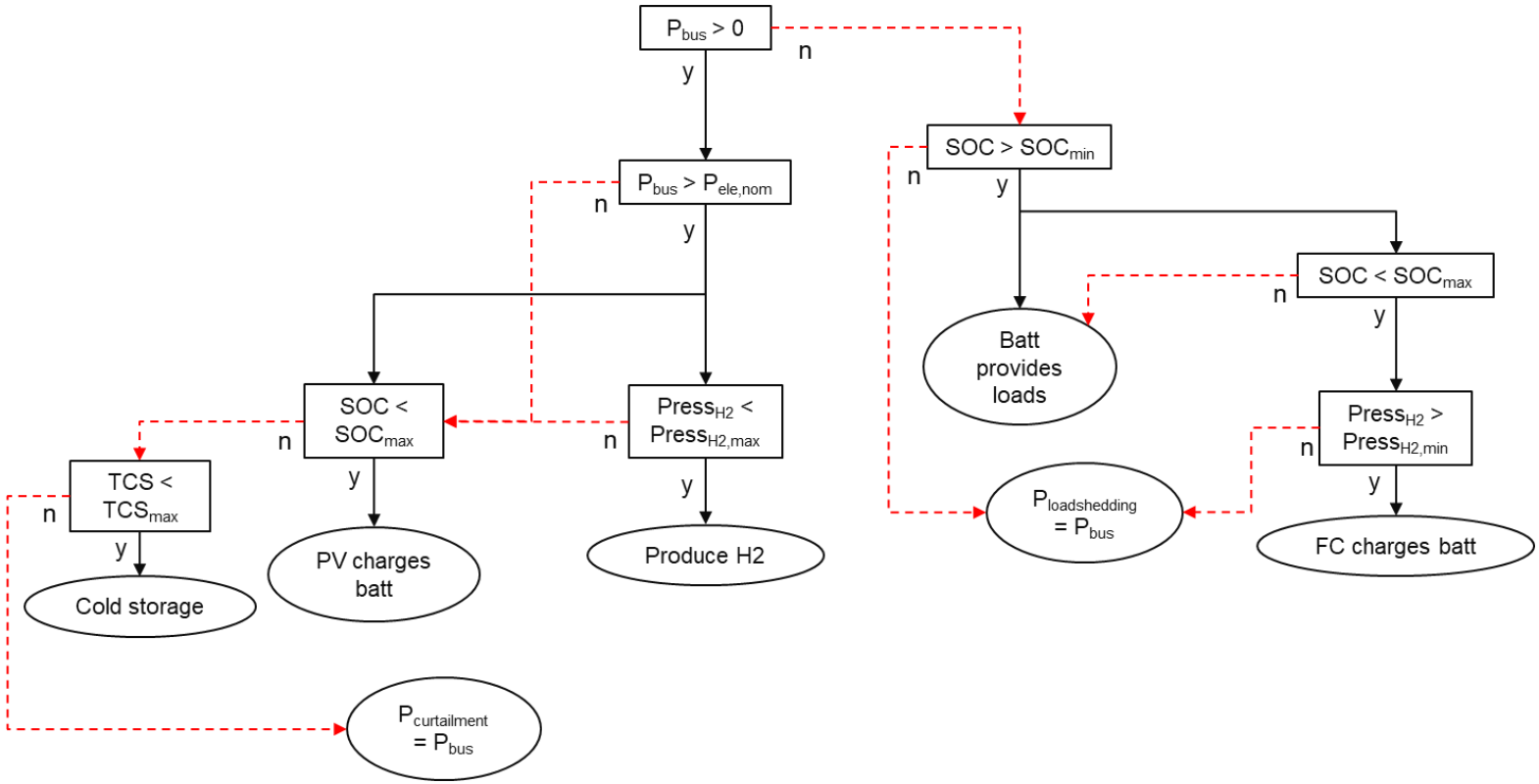
Besoin en énergie : dépendant du profil de consommation et du mode d'occupation du bâtiment.
Mode d'occupation **: le soir entre 18h et 08h du matin**
Profil de consommation électrique :



Besoins identifiés :
- Electrique (hors clim) : 1 266 kWh
- Frigorique : 4 976 kWh

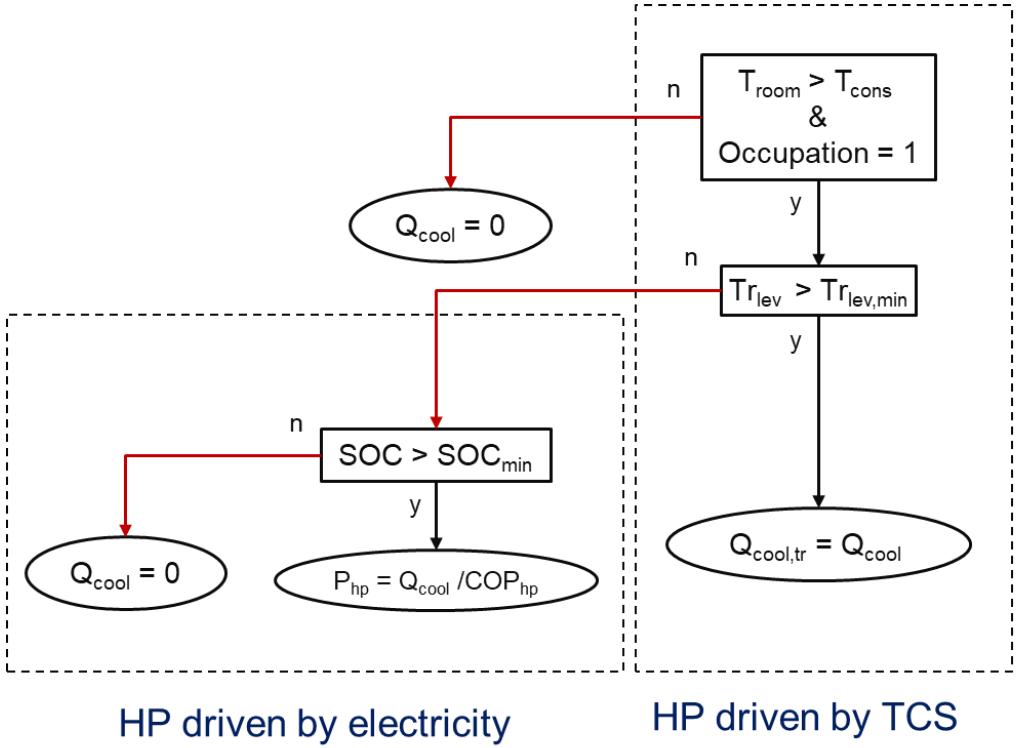
4. Gestion des flux de puissance

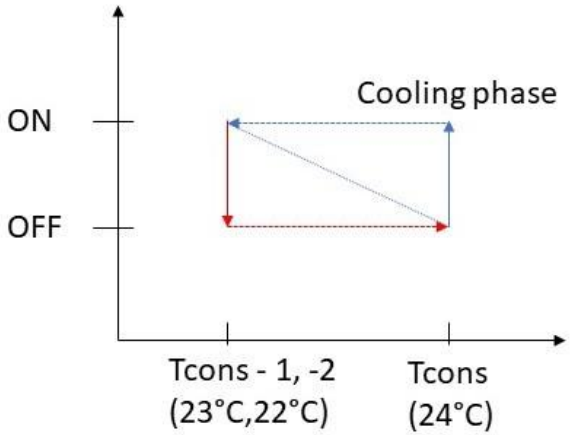
- Production d'électricité d'origine PV
- Utilisation pour charge électrique et climatisation
- Stockage primaire dans une batterie
- Stockage secondaire sous forme d'hydrogène via un électrolyseur
- La pile à combustible assure la recharge de la batterie en l'absence de PV
- Possibilité de stocker du froid par compression



4. Gestion des flux de puissance

- La climatisation doit être assurée lorsque le bâtiment est occupé et que la température est supérieure à la température souhaitée
- La climatisation peut être assurée de 2 manières :
  - Par stockage thermochimique (TCS)
  - Par compression mécanique de vapeurs

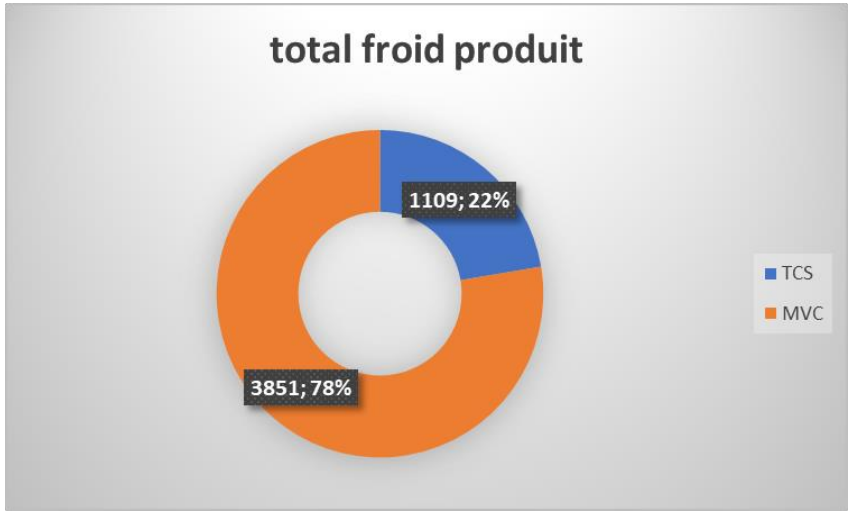


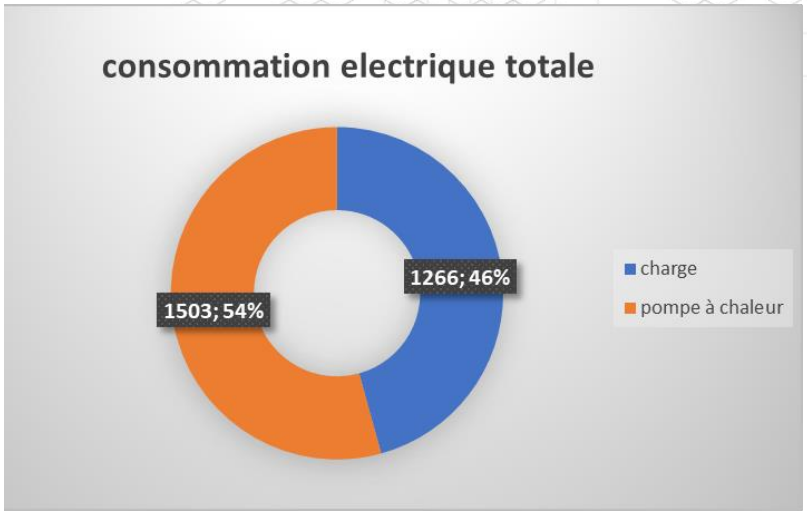


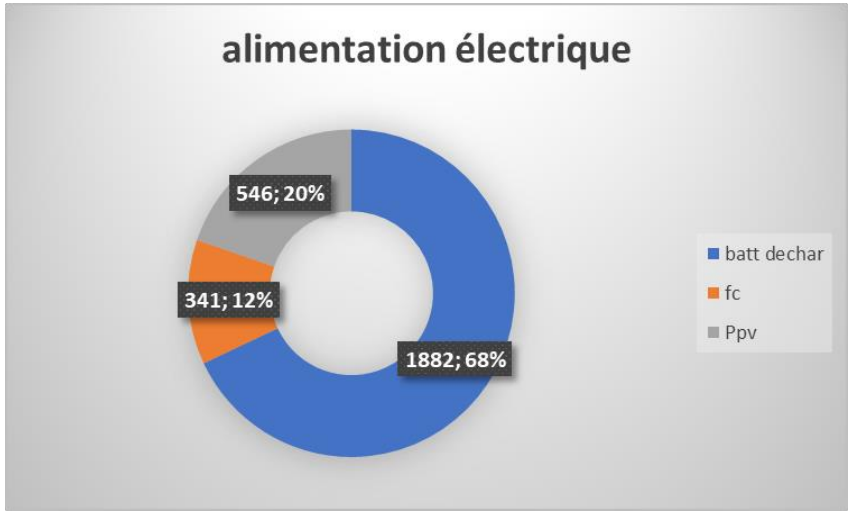
5. Résultats

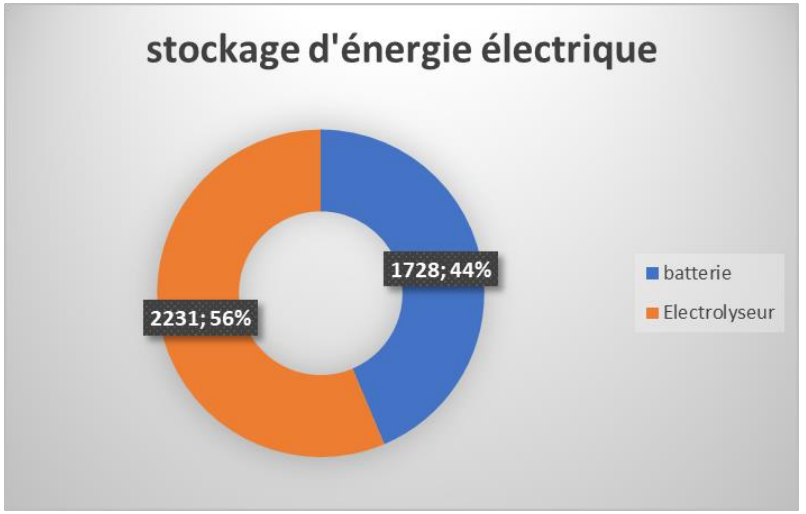
- Paramètres de simulation :
  - Base de données météo avec un pas de temps de 10 min.
  - Occupation nocturne : 18h → 08h
  - Pcharge max: 450 W
  - Tconsigne = 24°C
  - COP_{TCS} = 0,46
  - COP_{HP} = 3,5
  - Pfc = 1400 W
  - Pele = 2000 W
  - Capacité batterie = 5200 Wh
  - Pression H2 max = 60 bars
  - Caractéristiques d'équipements réels

5. Résultats


total froid produit
1109; 22%
3851; 78%
TCS
MVC


consommation electrique totale
1266; 46%
1503; 54%
charge
pompe à chaleur


alimentation électrique
546; 20%
341; 12%
1882; 68%
batt dechar
fc
Ppv


stockage d'énergie électrique
1728; 44%
2231; 56%
batterie
Electrolyseur

6. Conclusions & Perspectives

Conclusions

- Demande électrique répondu tout le temps pour une surface de PV installée moindre : 18 m2 (49% de la surface au sol)
- Confort thermique assuré : - de 1h par jours ou il fait « trop chaud » (T_{in} > 26˚C)
- TCS rempli 22% des besoins en froid
- Le compresseur de clim représente 54% de la part de consommation électrique
- 6,7 % de l'énergie solaire est perdue

Perspectives

- Le prototype est en cours de montage à Tahiti
- Différentes techniques et scénarii de gestion à étudier
- Différents profils de bâtiment
- Impact technico-économique et durée de vie à étudier

Merci de votre attention

Informations :
https://projetrecif.promes.cnrs.fr
https://anr.fr/Projet-ANR-18-CE05-0043

Contact :
hugo.lambert@femto-st.fr
hugo.lambert@utbm.fr