

formation continue universitaire

Valorisation de la géothermie :

Le rôle clé des réseaux de chaleur

Présentation de l'outil GeoCAD

www.cuepe.ch/html/enseigne/formcont/GeoCAD_2016.xlsm

L. Quiquerez

10 novembre 2016

www.unige.ch/energie/fr/colconf/formcont/geodh/

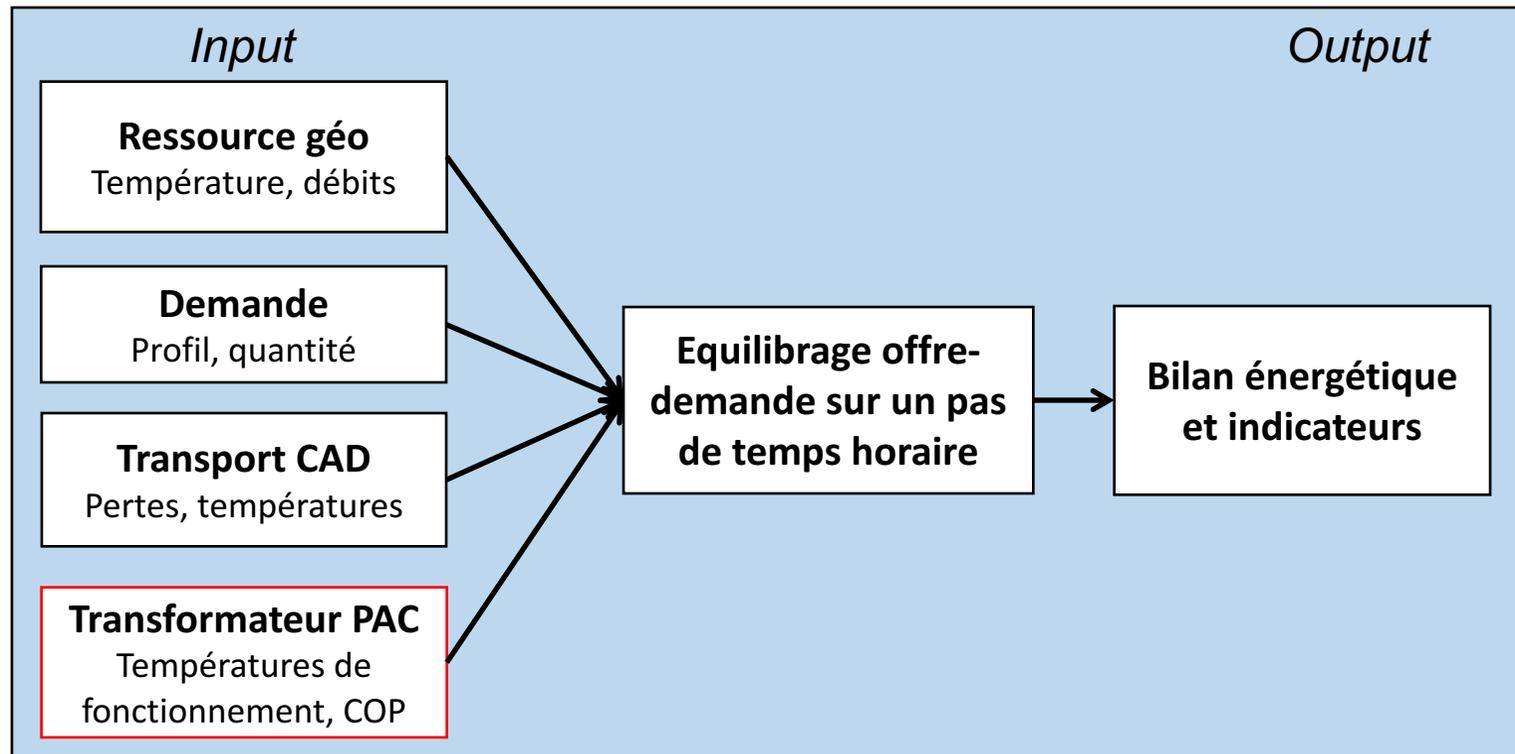
www.unige.ch/formcont/geodh/

But premier de l'outil:

- Mettre en avant les enjeux quantitatif (énergie) et qualitatif (température) liés à la valorisation de la ressource géothermique dans les réseaux de chaleur à travers l'élaboration de scénarios
- Pas un modèle de dimensionnement!

Caractéristiques:

- Modèle input-output
- Simulation sur un pas de temps horaire sur une année

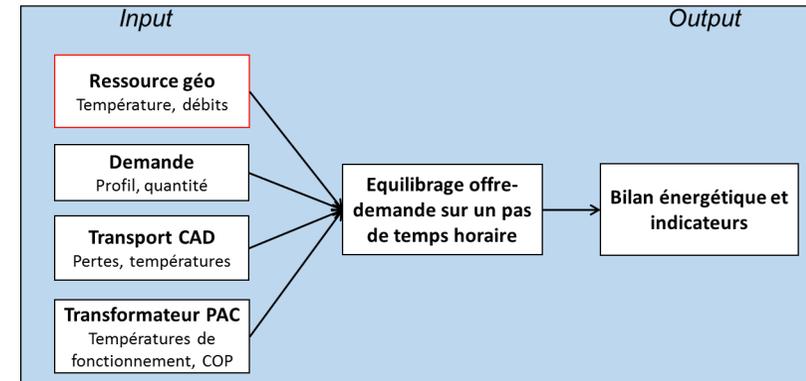


Ressource géothermique

- Température de la ressource ($30 \rightarrow x^{\circ}\text{C}$)
- Débits ($5 \rightarrow x \text{ l/s}$)

→ Puissance théorique (MW) calculée à partir d'une température de référence de réinjection de 25°C

→ Chaleur géothermique potentiellement valorisable (GWh/an) = $8760\text{h} \cdot \text{puissance théorique}$

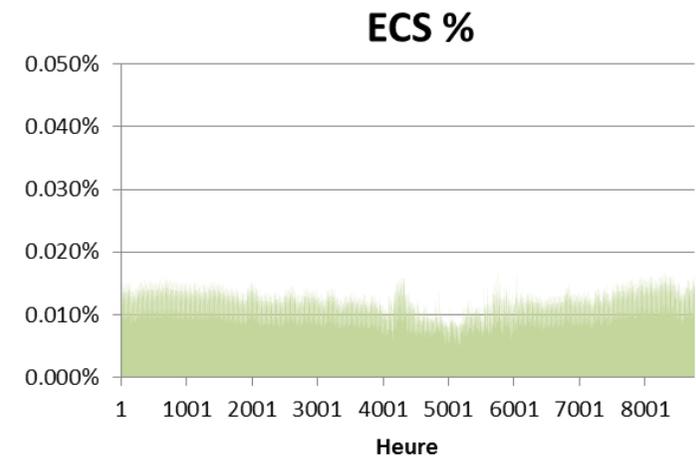
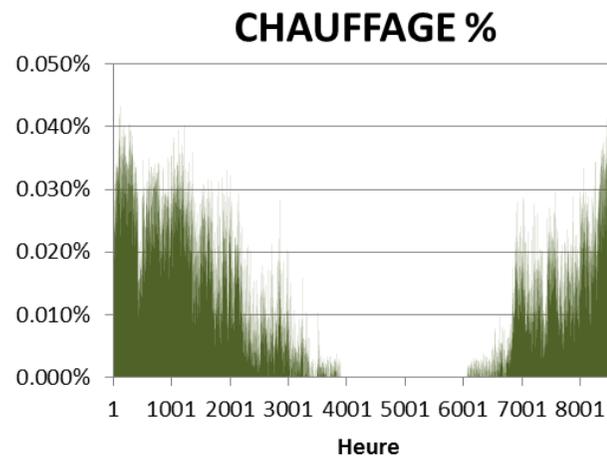
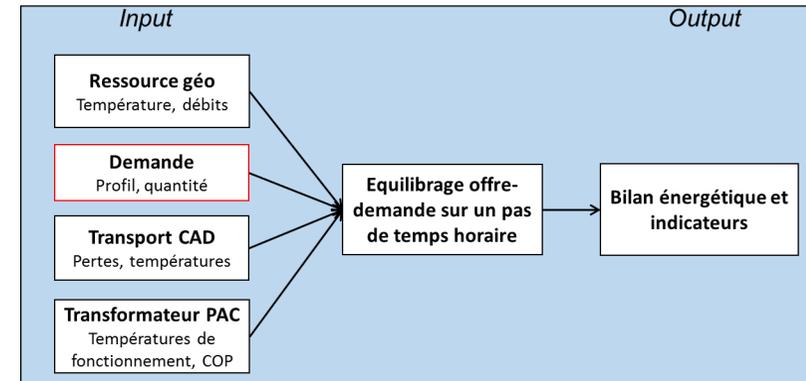


Demande

- Surface chauffée (SRE) en milliers de m²
- Demandes spécifiques annuelles de chauffage et d'ECS. Valeurs typiques pour le résidentiel:
 - Existant: chauff. 100 kWh/m²/an, ECS 30 kWh/m²/an
 - Neuf: chauff. 30 kWh/m²/an, ECS 30 kWh/m²/an

→ Demande totale annuelle (GWh/an) = SRE · demandes spécifiques

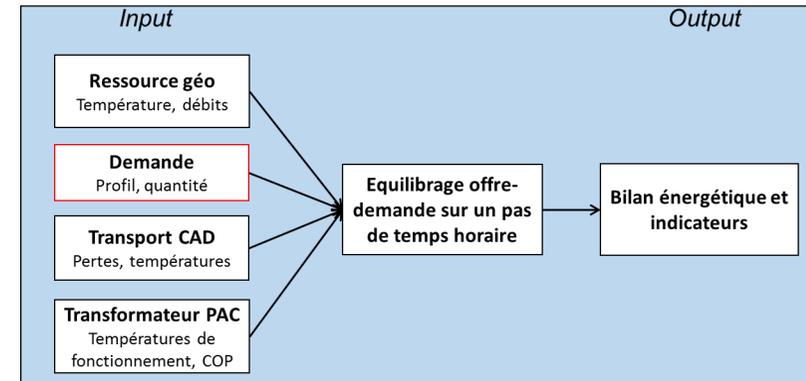
- Dynamique horaire générée à partir de profils relatifs pour le chauffage et l'ECS (*sources des données = cadiom09*)



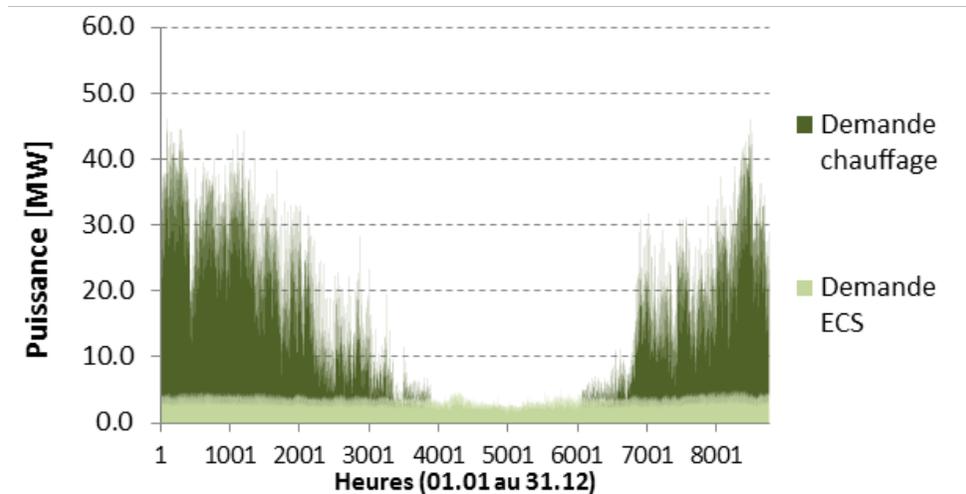
Demande

Exemple:

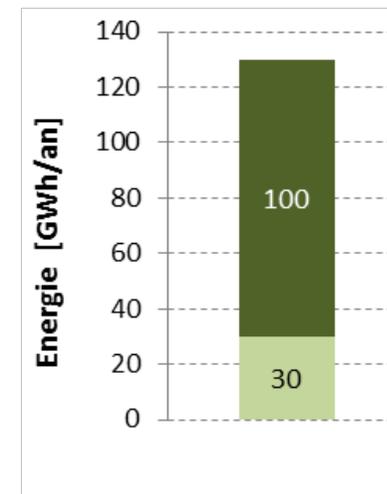
100 GWh/an chauffage et 30 GWh/an ECS



Profil horaire



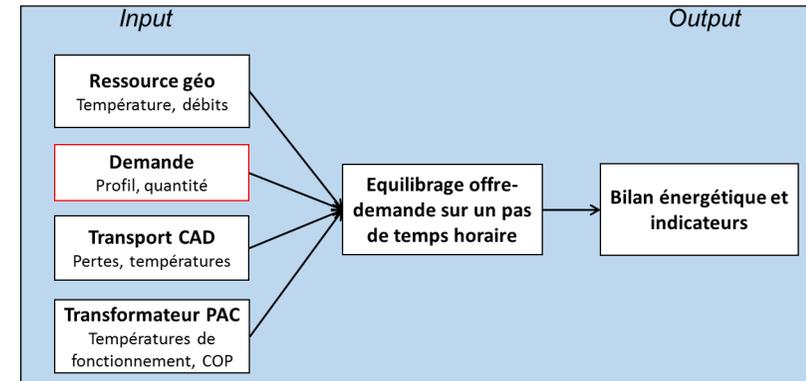
Quantité annuelle



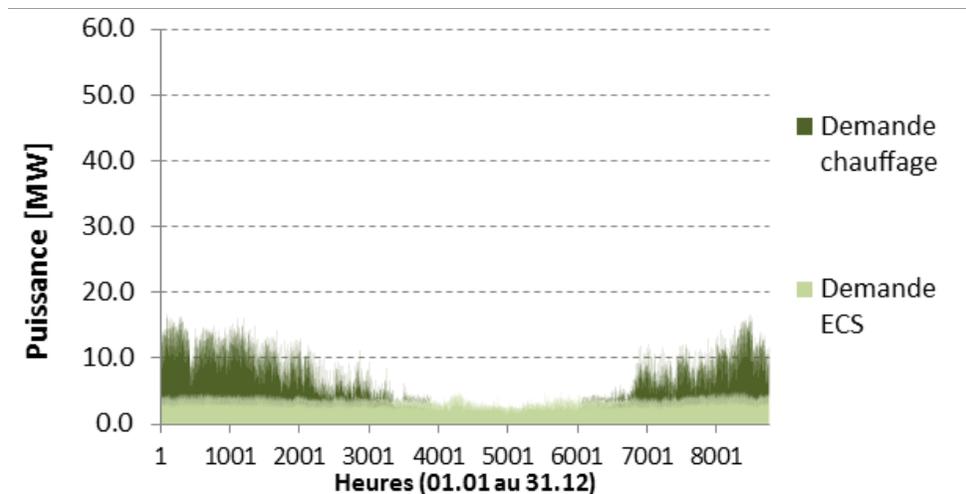
Demande

Exemple:

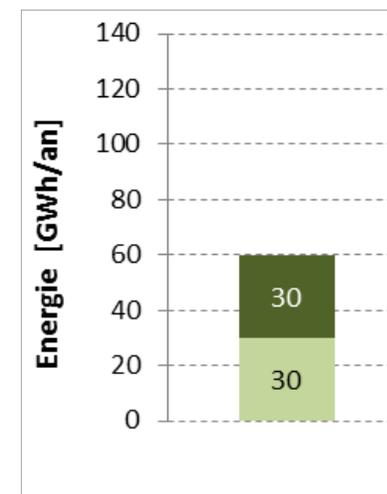
30 GWh/an chauffage et 30 GWh/an ECS



Profil horaire

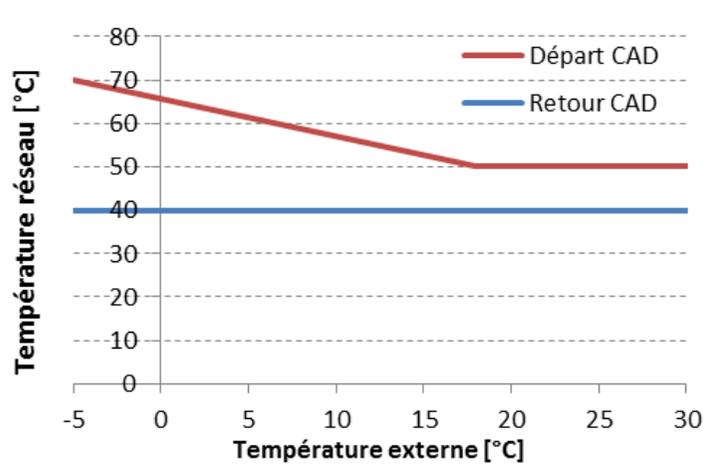


Quantité annuelle

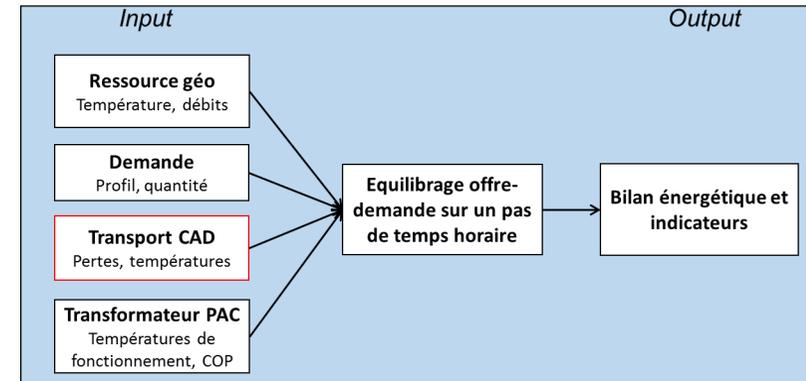


Transport CAD

- Température CAD aller été / hiver (-5°C)
- Température CAD retour

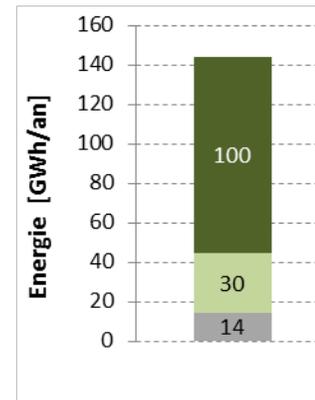
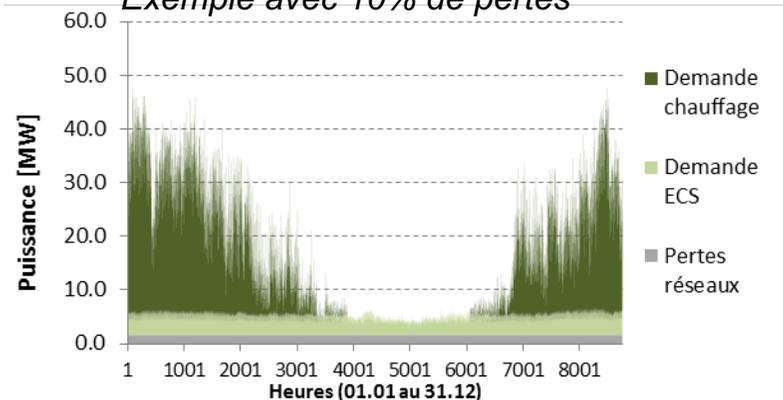


→ Débits CAD calculés à partir de l'énergie et des températures



- Pertes réseaux annuelle en %
→ Approvisionnement du CAD = $\text{demande} / (1 - \text{pertes})$
→ Pertes (MW) réparties de façon constante sur l'année

Exemple avec 10% de pertes



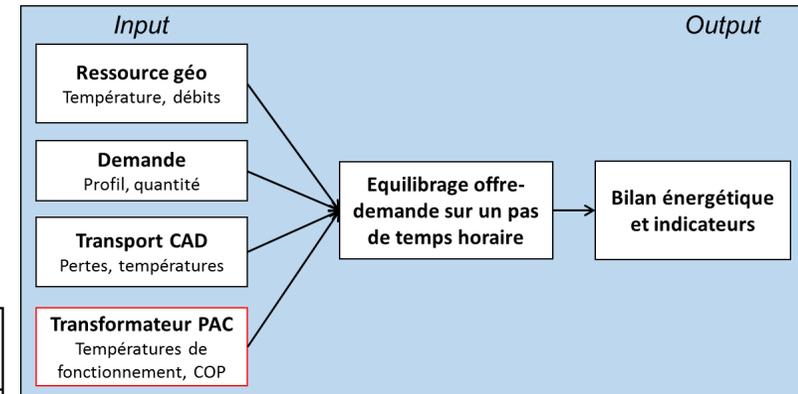
Approvisionnement du réseau

5 configurations

Choix avec ou sans PAC

(sauf si $T_{geo} < T_{cad,retour}$)

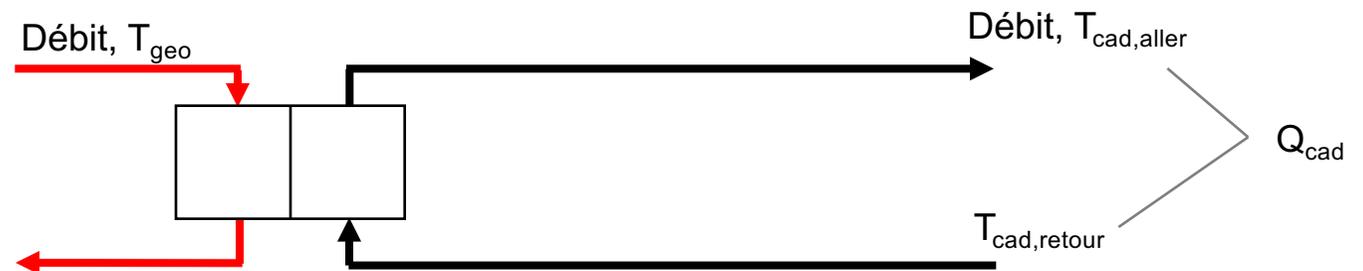
	Sans PAC	Avec PAC
$T_{geo} > T_{cad,aller}$	Géothermie directe (a)	Géothermie directe + PAC "supercooling" (c)
$T_{cad,aller} > T_{geo} > T_{cad,retour}$	Géothermie directe, mais appoint nécessaire pour le complément de température requis (b)	Géothermie directe + PAC "supercooling". Appoint nécessaire pour le complément de température requis si la température de production maximale de la PAC est inférieure à la température aller du CAD. (d)
$T_{geo} < T_{cad,retour}$		Pas de géothermie directe et PAC indispensable. Appoint nécessaire pour le complément de température requis si la température de production maximale de la PAC est inférieure à la température aller du CAD. (e)



Géothermie directe (a, b)

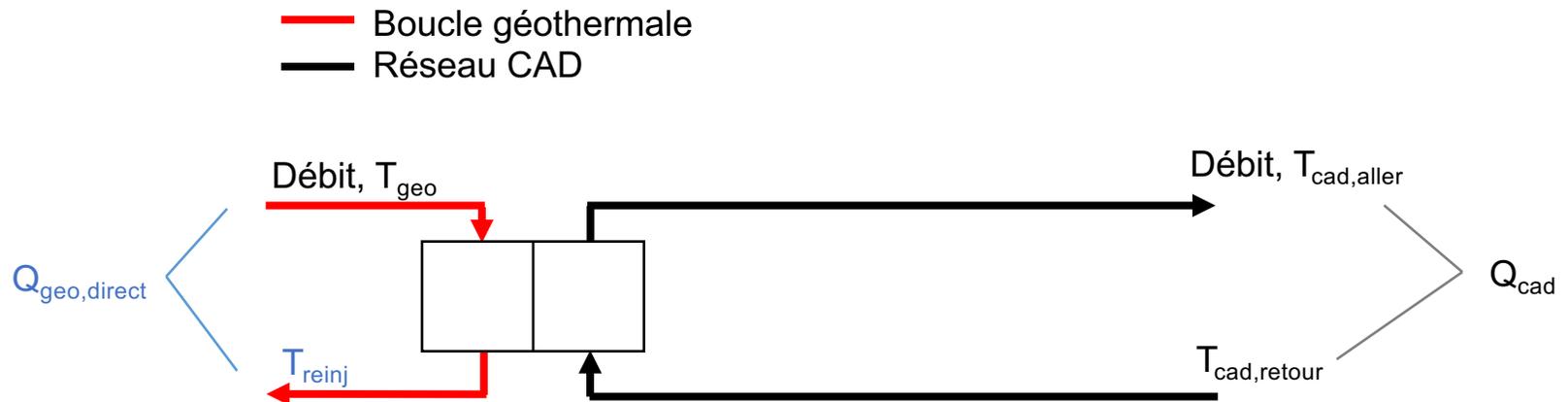
Hypothèse: échangeur parfait et de surface infinie

— Boucle géothermale
— Réseau CAD



Géothermie directe (a, b)

Hypothèse: échangeur parfait et de surface infinie



$Q_{geo,direct} = \text{minimum de}$

$(T_{geo} - T_{cad,retour}) \cdot \text{débit}_{geo} \cdot \rho \cdot c$ → Limitation liée au débit de la ressource et à la température retour du CAD

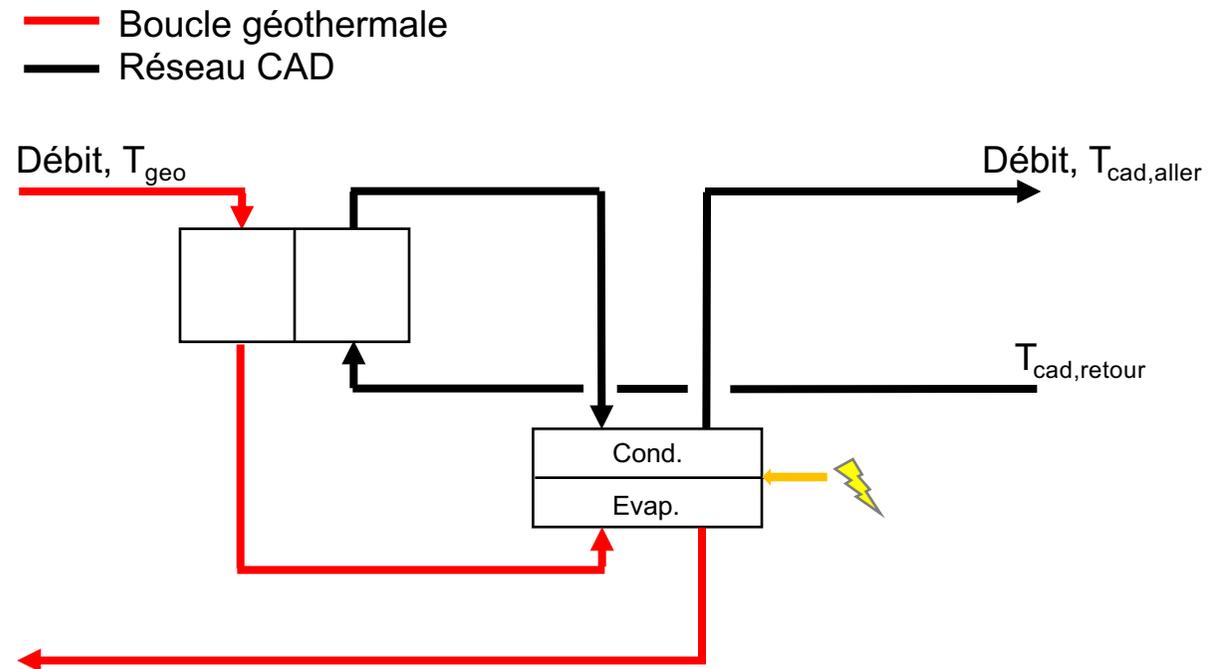
$(T_{cad,aller} - T_{cad,retour}) \cdot \text{débit}_{cad} \cdot \rho \cdot c$ → Limitation liée à la quantité de chaleur demandée sur le CAD

$(T_{geo} - T_{cad,retour}) \cdot \text{débit}_{cad} \cdot \rho \cdot c$ → Limitation liée à la température aller du CAD (si $T_{geo} < T_{cad,aller}$)

Appoint requis = $Q_{cad} - Q_{geo,direct}$

ρ , la masse volumique de l'eau: 1000 kg/m³
 c , la chaleur spécifique de l'eau: 4.18 kJ/kg.K

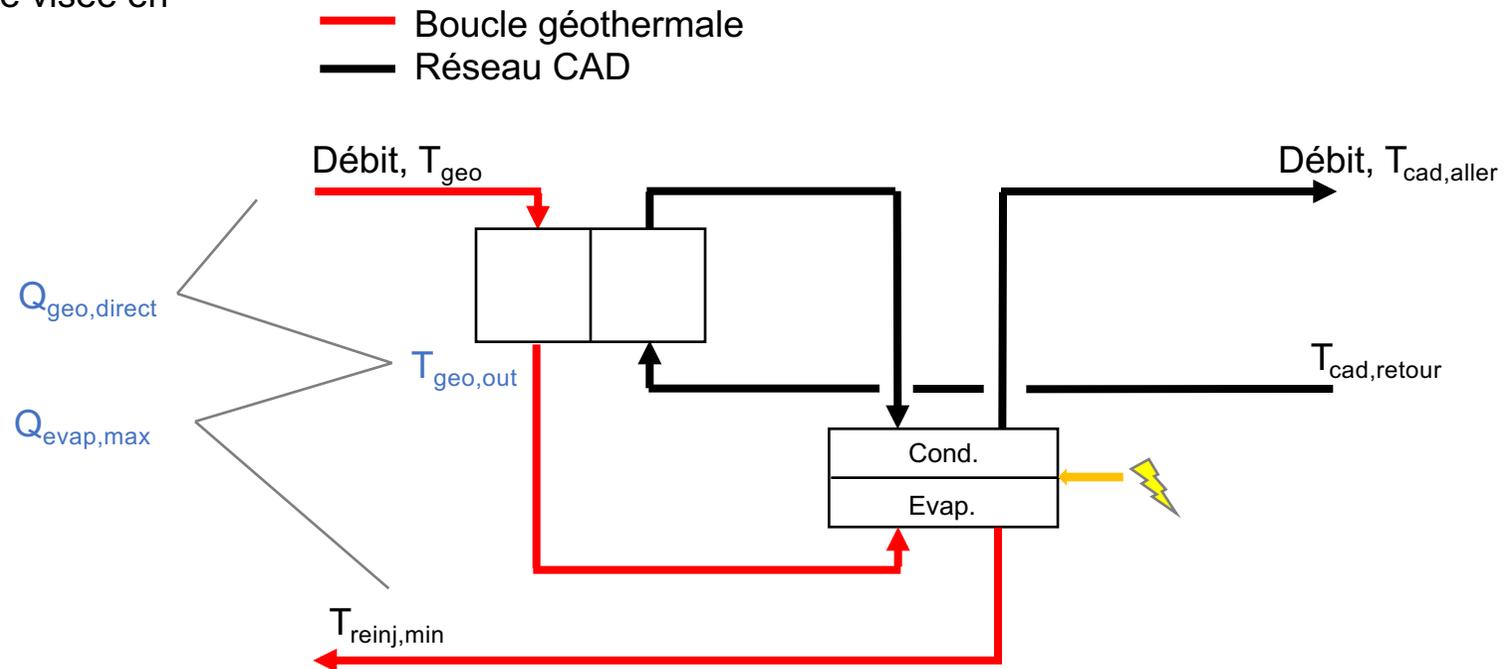
Géothermie directe + PAC «supercooling» (c, d)



Géothermie directe + PAC «supercooling» (c, d)

Input PAC

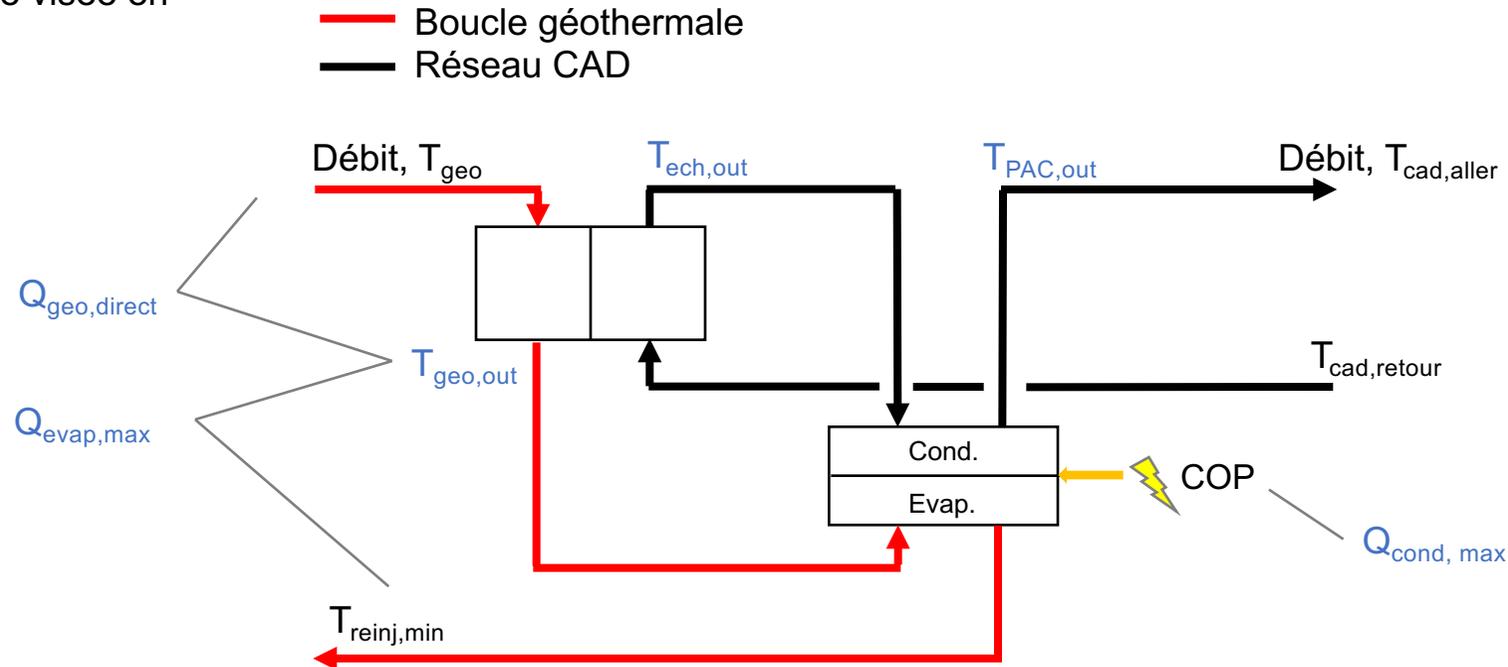
- Temp. de réinjection minimale visée en sortie de l'évaporateur



Géothermie directe + PAC «supercooling» (c, d)

Input PAC

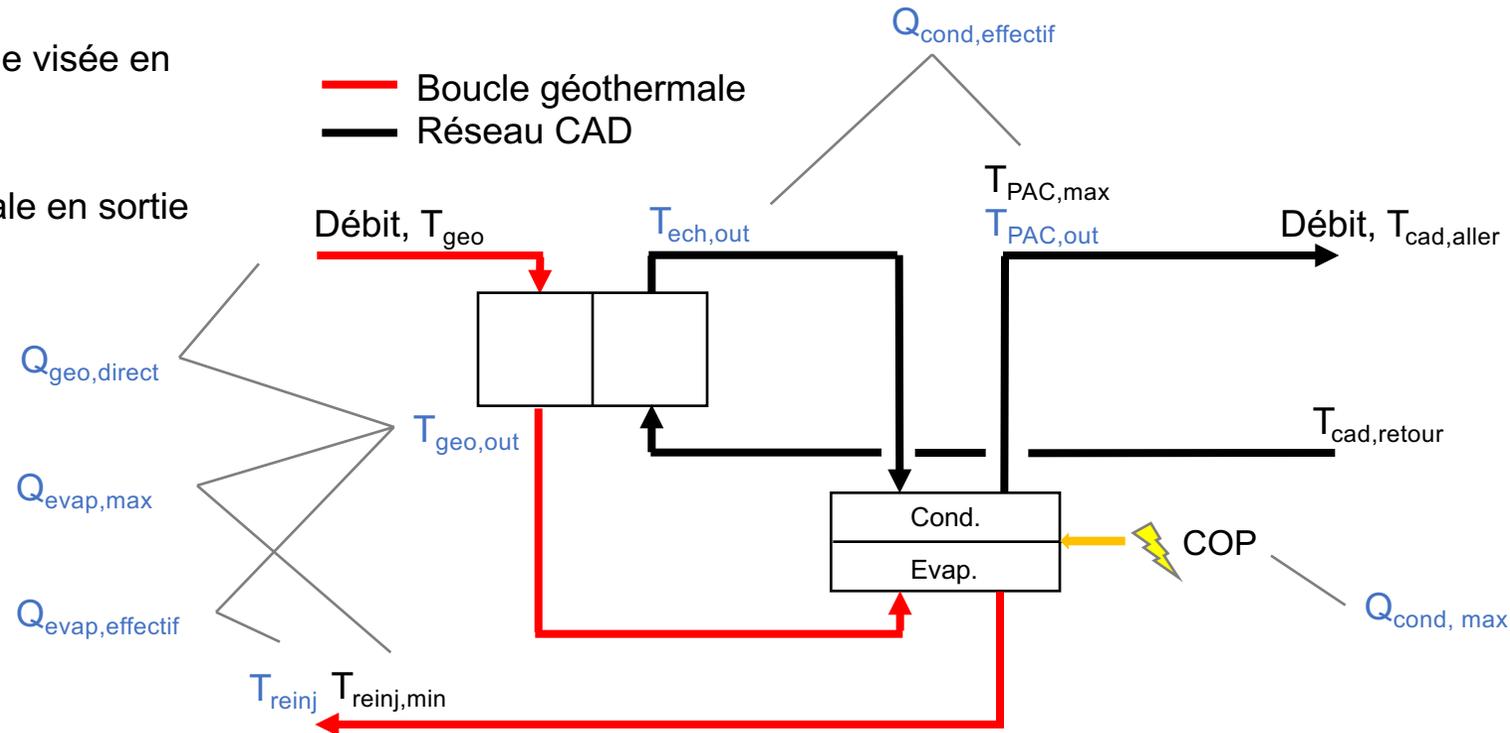
- Temp. de réinjection minimale visée en sortie de l'évaporateur
- COP de la PAC



Géothermie directe + PAC «supercooling» (c, d)

Input PAC

- Temp. de réinjection minimale visée en sortie de l'évaporateur
- COP de la PAC
- Temp. de production maximale en sortie du condenseur

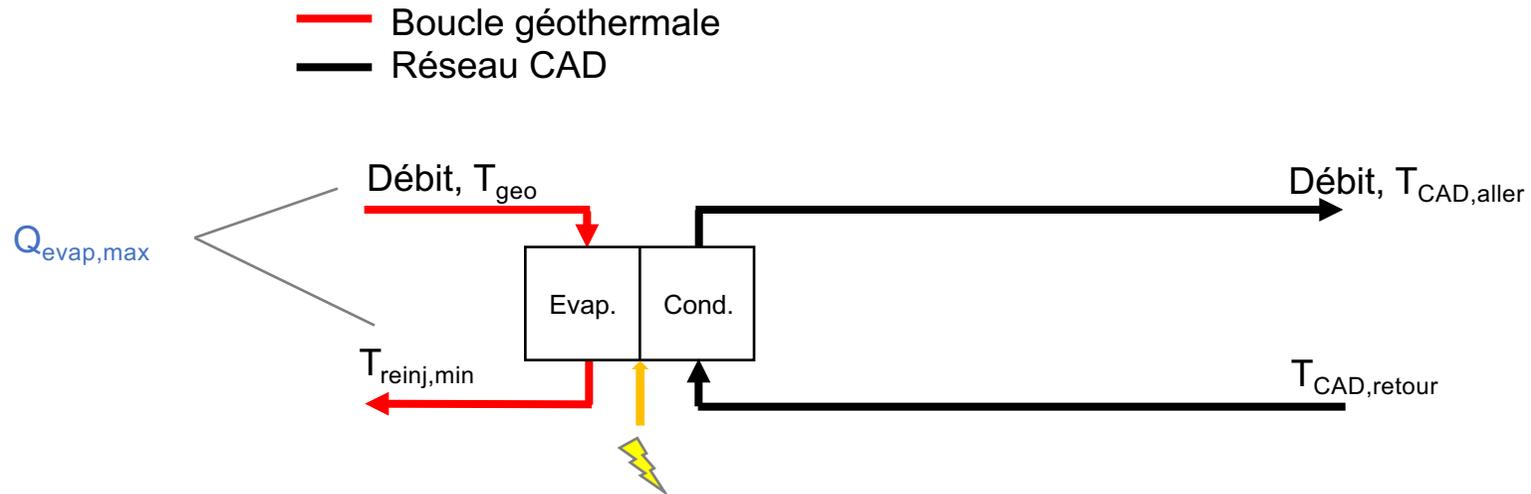


$$\text{Appoint requis} = Q_{\text{cad}} - (Q_{\text{geo,direct}} + Q_{\text{cond,effectif}})$$

PAC. Pas de géothermie directe (e)

Input PAC

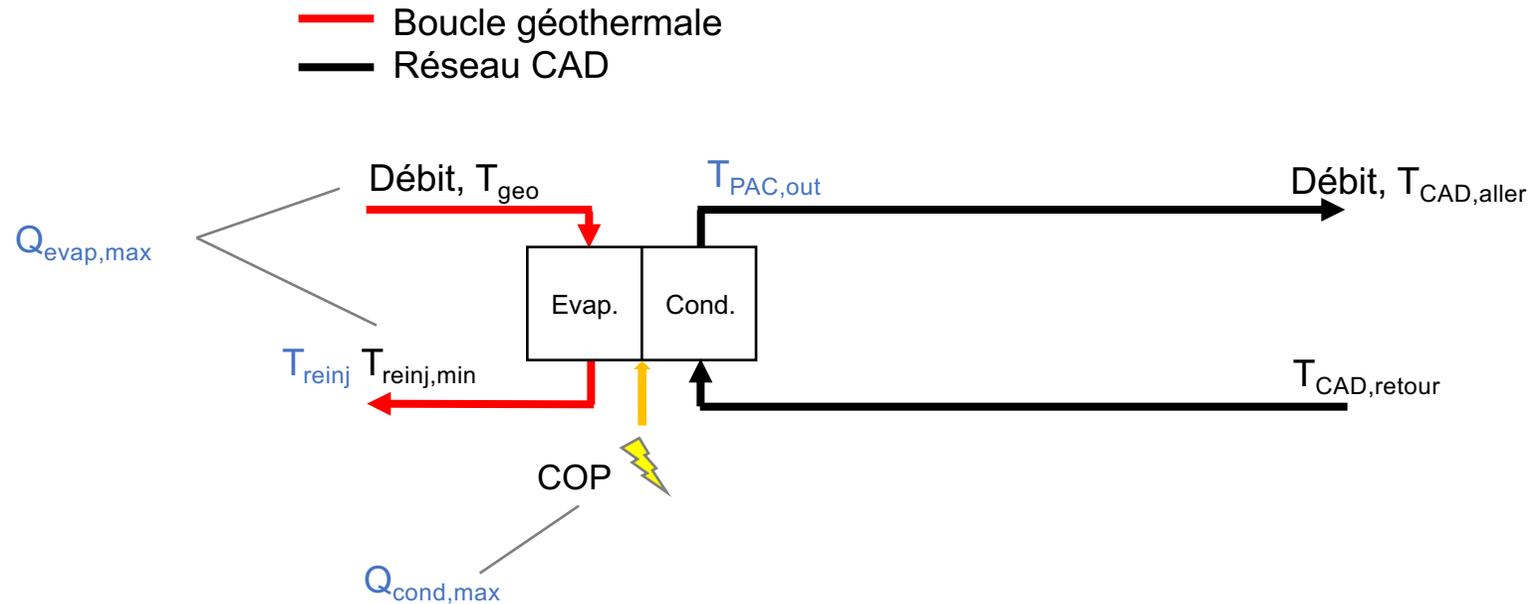
- Temp. de réinjection minimale visée en sortie de l'évaporateur



PAC. Pas de géothermie directe (e)

Input PAC

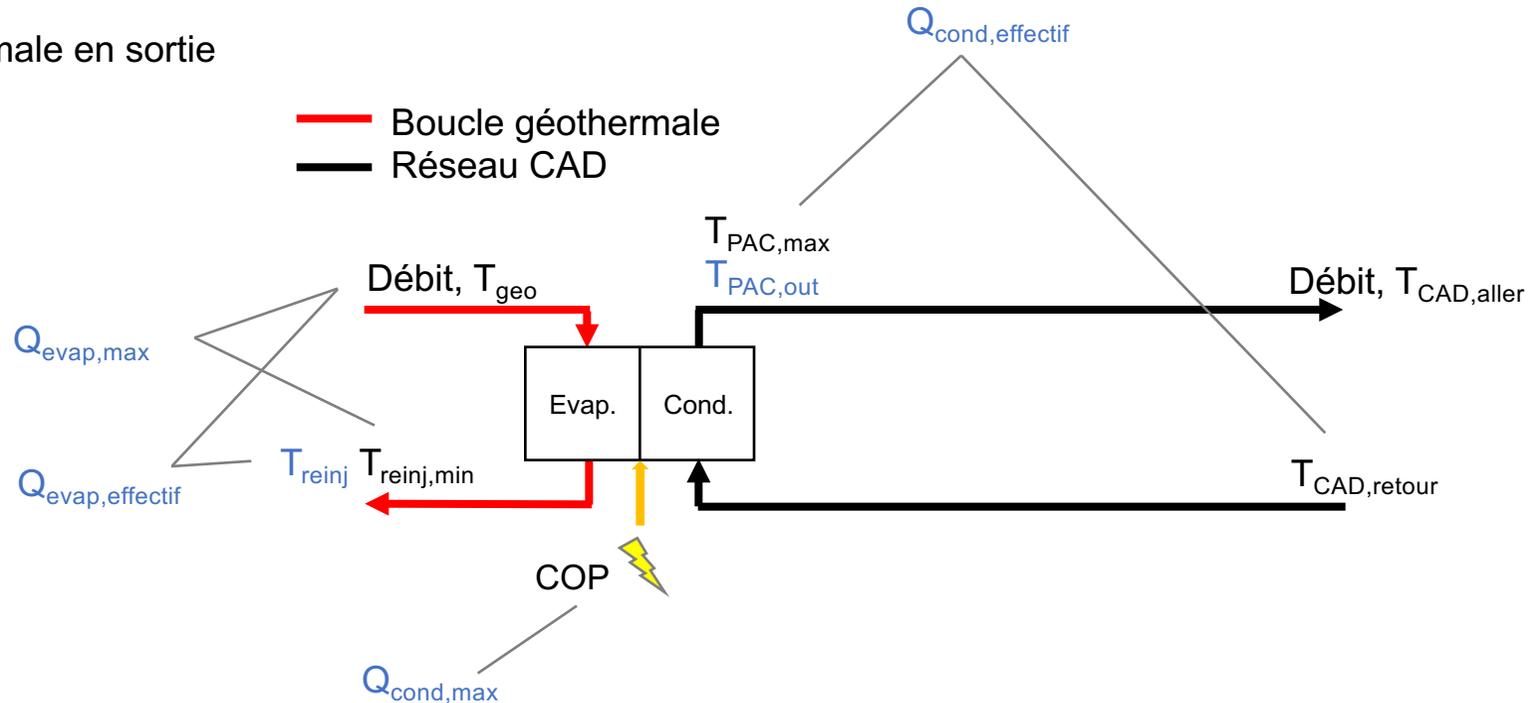
- Temp. de réinjection minimale visée en sortie de l'évaporateur
- COP de la PAC



PAC. Pas de géothermie directe (e)

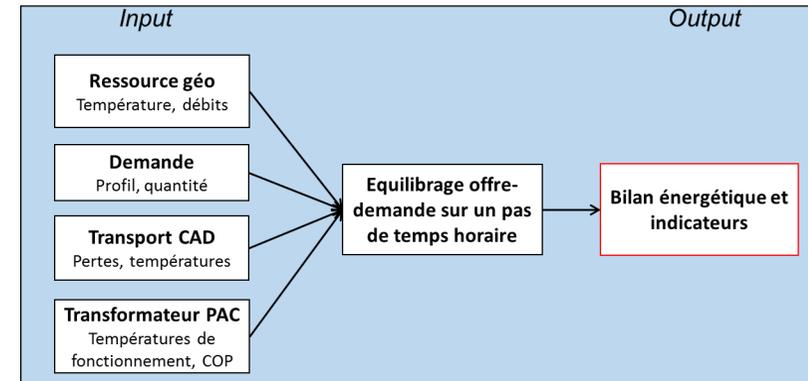
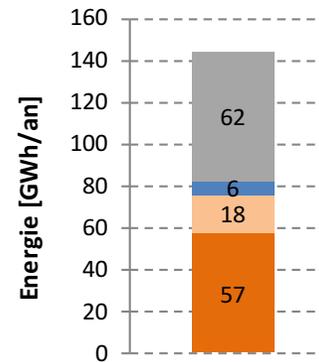
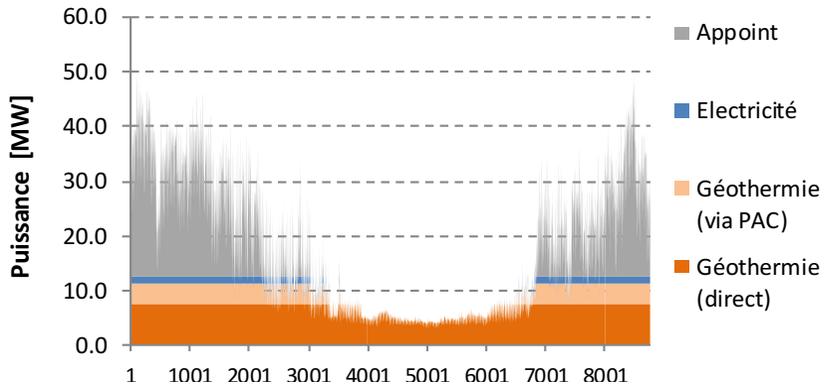
Input PAC

- Temp. de réinjection minimale visée en sortie de l'évaporateur
- COP de la PAC
- Temp. de production maximale en sortie du condenseur

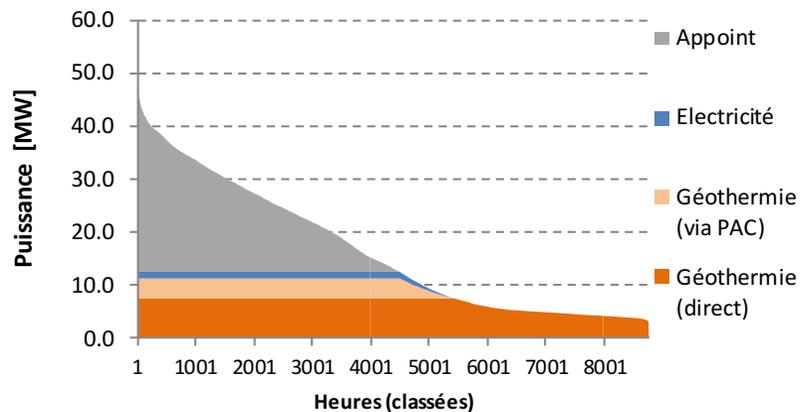


$$\text{Appoint requis} = Q_{\text{cad}} - Q_{\text{cond,efficace}}$$

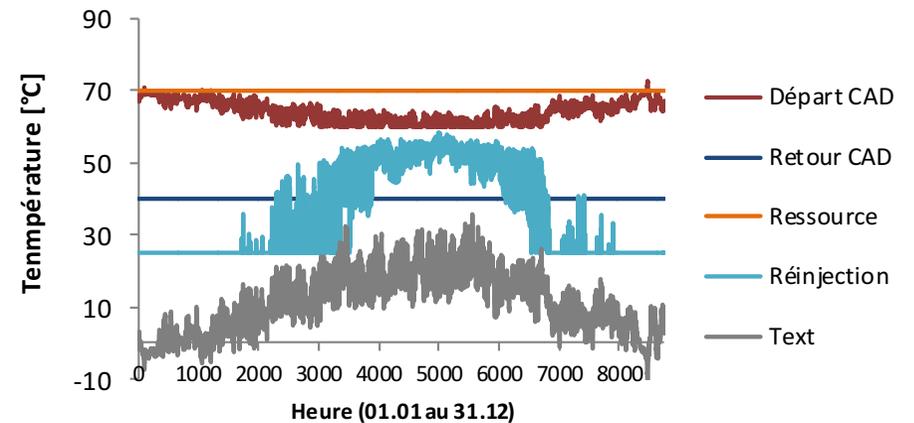
Courbe de charge et bilan annuel



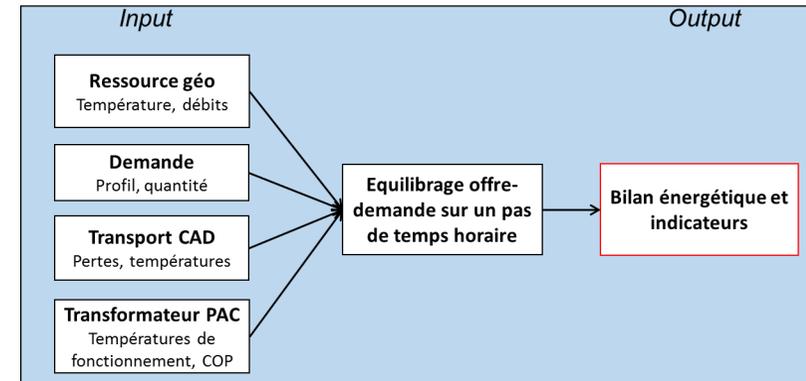
Courbe de charge classée



Températures



Indicateurs



Dimensionnement relatif de la géothermie

- **Dimensionnement relatif à la puissance max du CAD [MW/MW]**
Puissance géoth. théorique / Puissance horaire maximale appelée sur le CAD
- **Dimensionnement relatif à la SRE [W/m²]**
Puissance géoth. théorique / SRE totale

Valorisation énergétique

- **Taux de valorisation de la ressource géothermique [GWh/GWh]**
Chaleur géoth. valorisée annuellement / Chaleur géoth. potentiellement valorisable annuellement
- **Fraction géothermique dans le CAD [GWh/GWh]**
Chaleur géoth. valorisée annuellement / Chaleur totale fournie au CAD annuellement