Les thermopompes : une technologie bien adaptée au Québec !

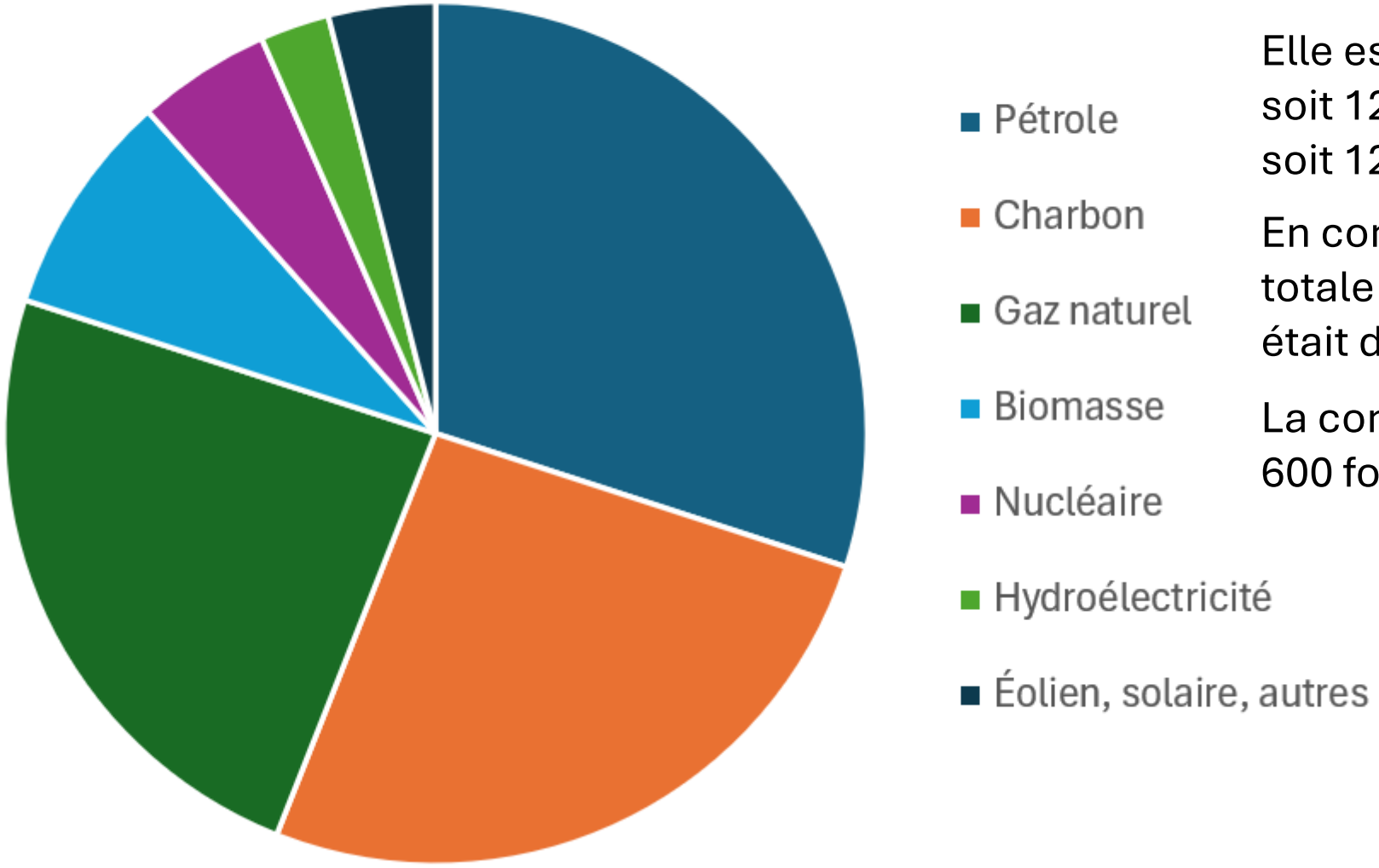
Michel Poirier

23 septembre 2026

Plan de la présentation

- Sources d'énergies utilisées
- Qu'est-ce qu'une thermopompe ?
- Types de thermopompe
- Fonctionnement des thermopompes
- Coût et rentabilité de l'installation d'une thermopompe
- Énergie géothermique
- Énergie rejetée

Consommation mondiale annuelle d'énergie

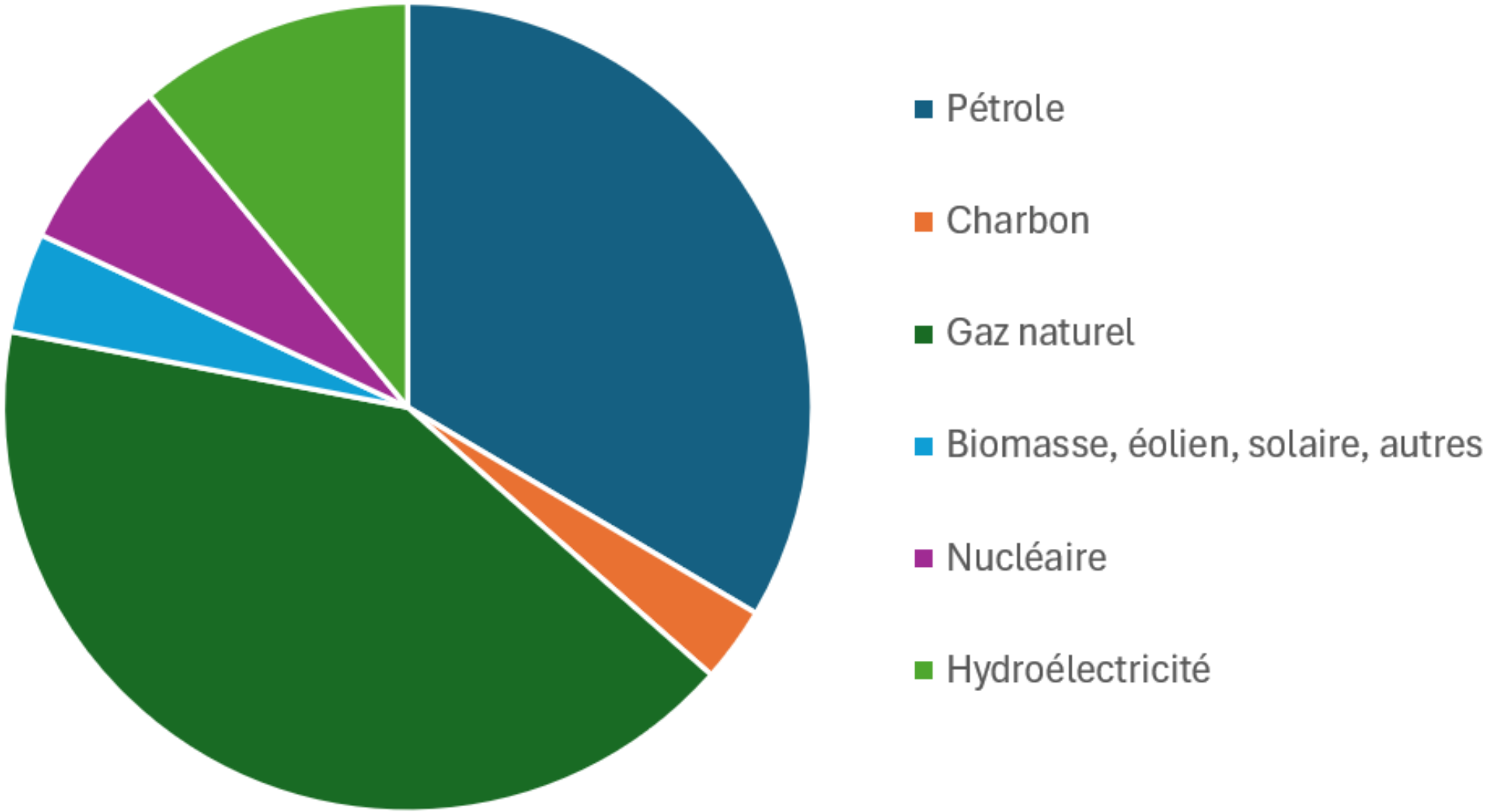


Elle est de 430 exajoules (EJ) / an
soit 120 000 térawattheures (TWh)
soit 120 000 000 000 000 kWh

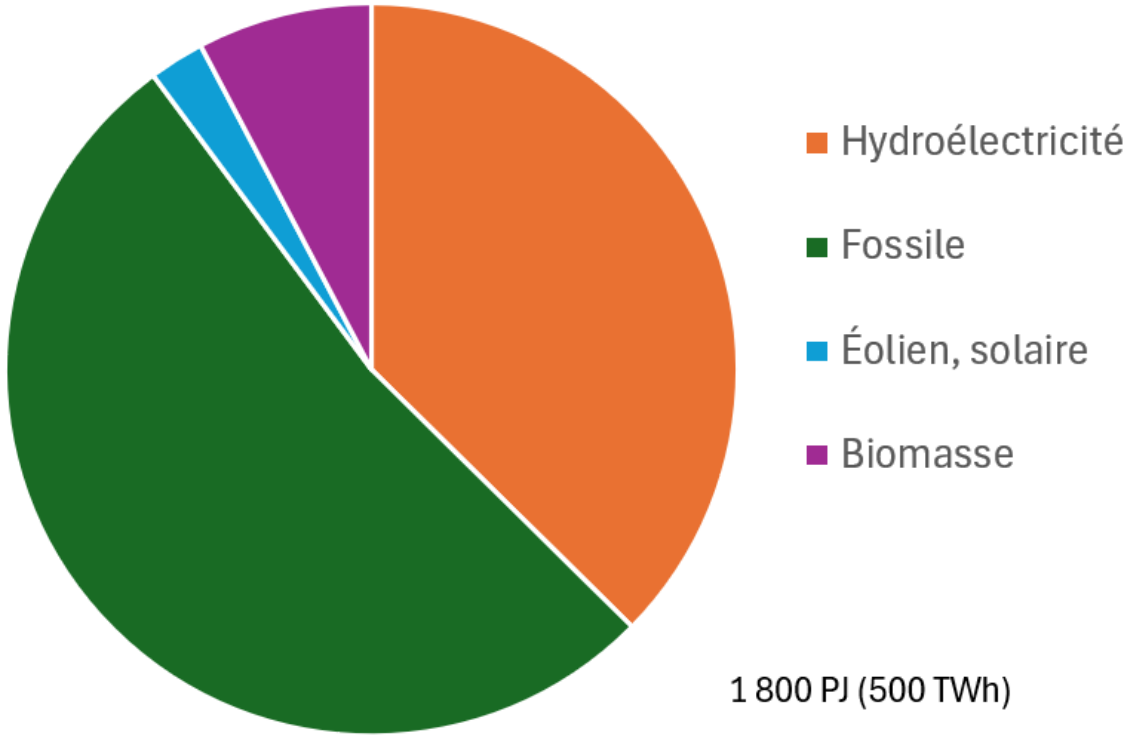
En comparaison, la production totale d'électricité par Hydro-Québec était d'environ 196 TWh en 2023

La consommation mondiale est donc 600 fois celle d' Hydro-Québec.

Consommation annuelle d'énergie au Canada (8 500 PJ)

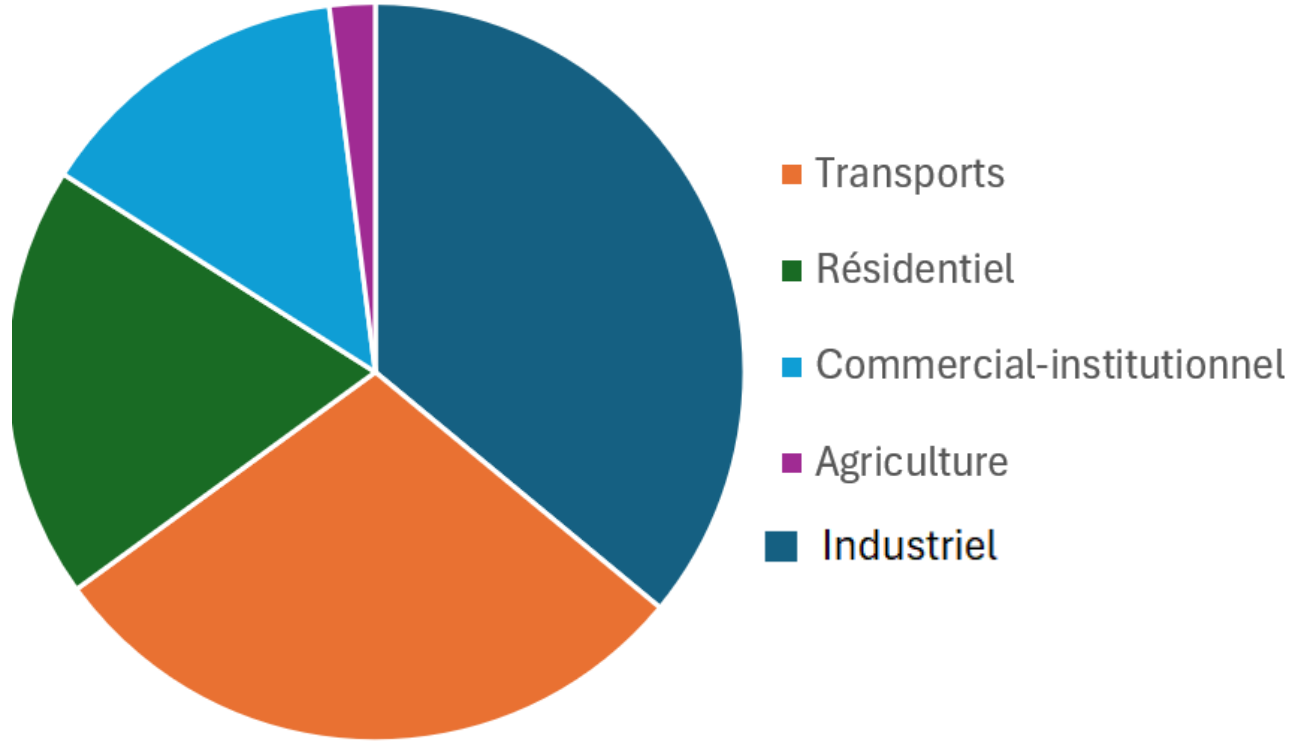


Consommation annuelle d'énergie au Québec



1 800 PJ (500 TWh)

Consommation d'énergie au Québec par secteur



Comment décarboner le Québec/Canada

- Transport : Véhicules à batteries (comparaison)
- Résidentiel, commercial et institutionnel : Chauffage électrique, de préférence avec des thermopompes
- Industriel : Électrification des procédés

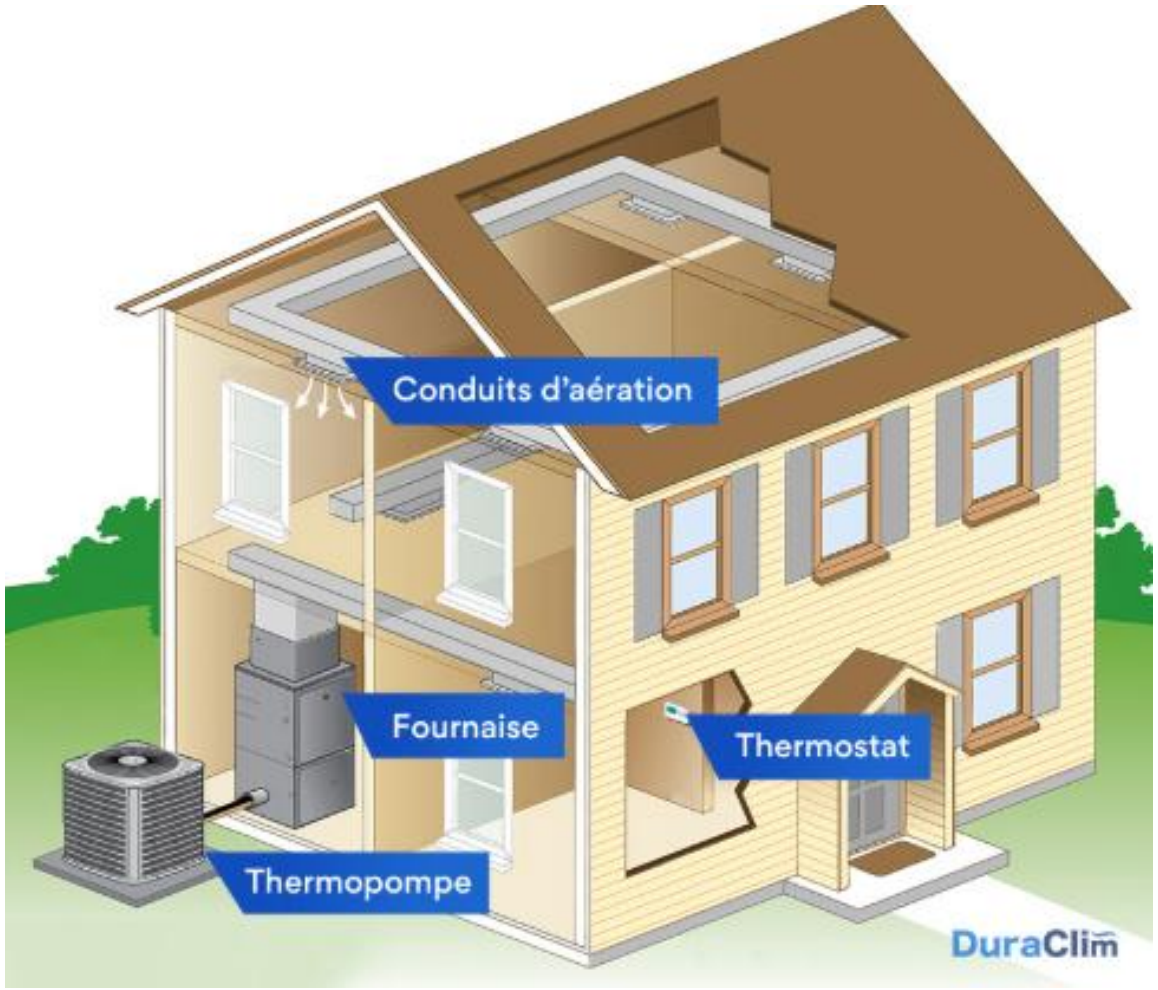
Type de thermopompes

- En anglais : Heat Pump (traduction : pompe à chaleur)
- Thermopompe à air (Air Source Heat Pump, ASHP)
- Thermopompe géothermique (Ground Source Heat Pump, GSHP)
- Autres types de thermopompes : par exemples, thermopompe à eau, thermopompe à absorption

Fonctionnement d’une thermopompe

- Une thermopompe ne produit pas de chaleur, contrairement à une fournaise à l’huile ou une plinthe électrique
- Une thermopompe est plutôt un appareil qui déplace de la chaleur
- Une thermopompe utilise la technologie des systèmes de réfrigération ; celle qu’on retrouve dans les réfrigérateurs, les congélateurs, les climatiseurs, etc.

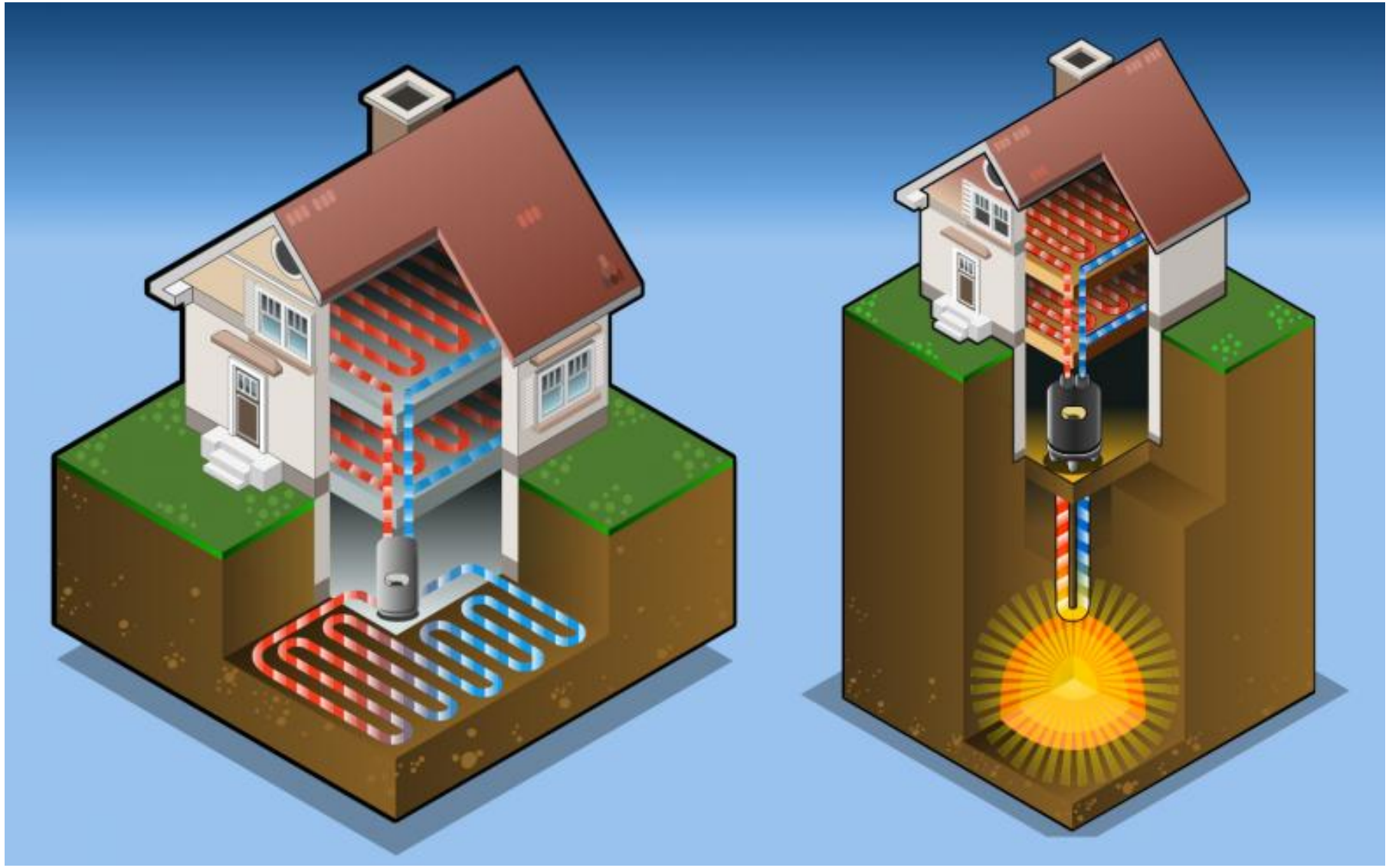
Thermopompes à air





https://duraclim.com/

Thermopompes géothermiques

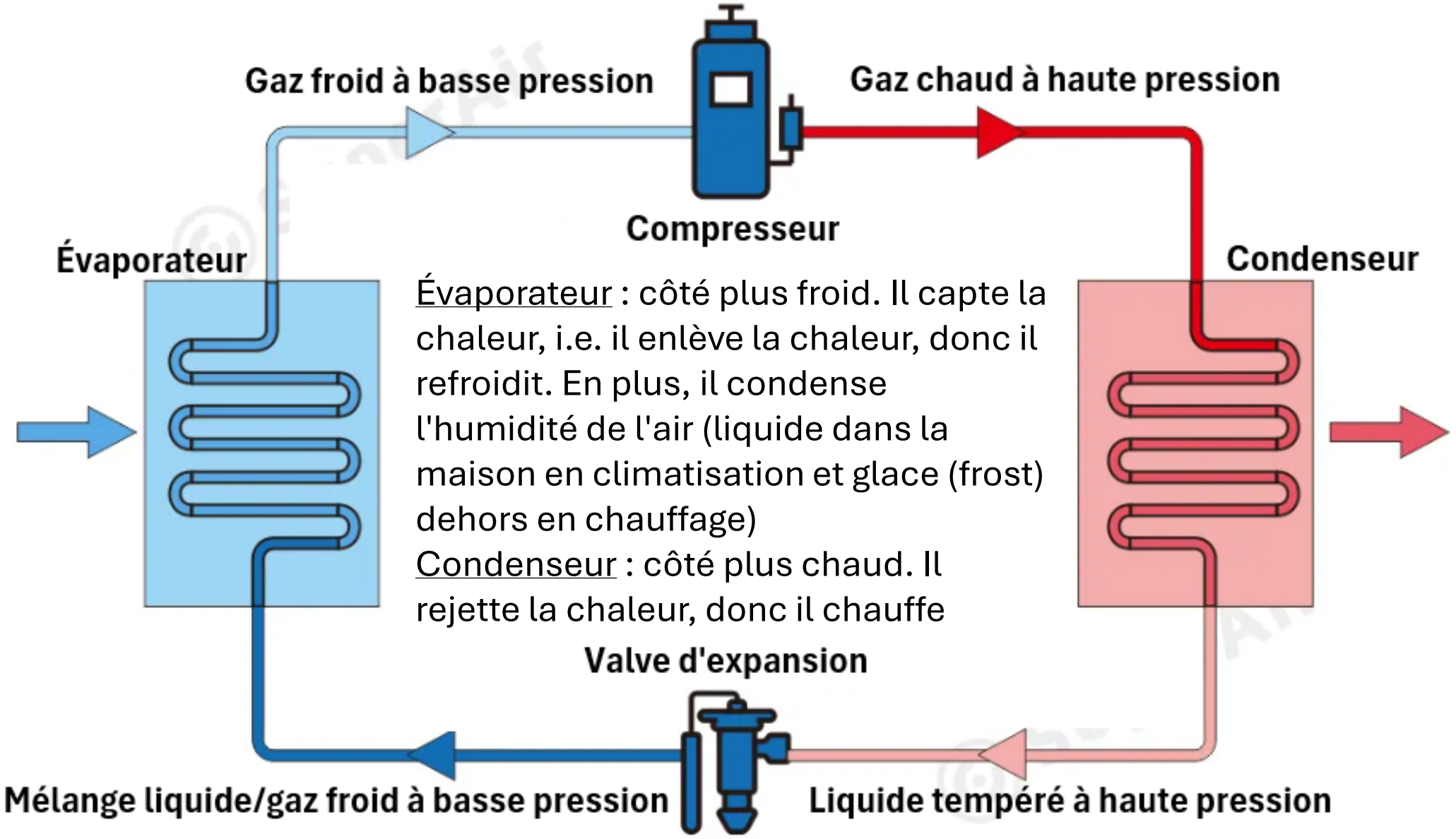


https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-expliquees/puiser-dans-lenergie-souterraine-grace-une-thermopompe/

Cas des condos sur le lac à Saint-Bruno

- Les bâtiments exploitent la chaleur du sol entourant le site grâce à des puits géothermiques reliés à des thermopompes individuelles dans chaque unité. Le fluide caloporteur circule en boucle fermée sous terre pour extraire la chaleur en hiver et la rejeter en été pour la climatisation.

Fonctionnement d’une thermopompe



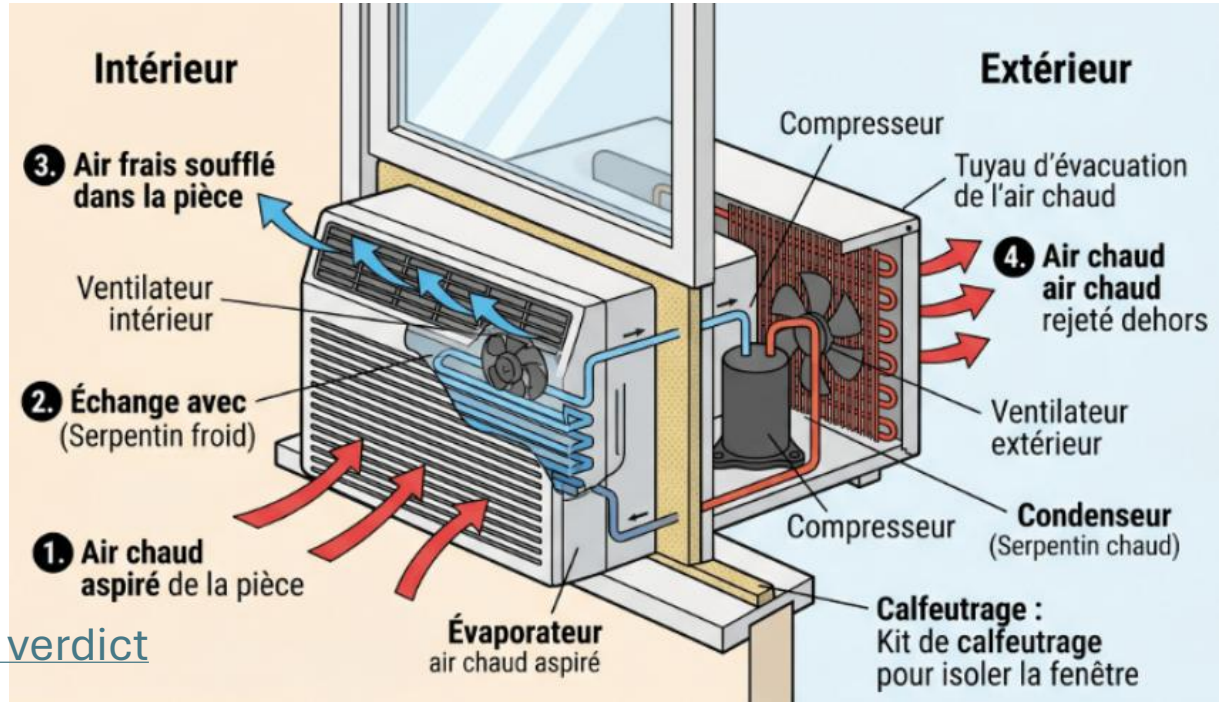
Évaporateur : côté plus froid. Il capte la chaleur, i.e. il enlève la chaleur, donc il refroidit. En plus, il condense l'humidité de l'air (liquide dans la maison en climatisation et glace (frost) dehors en chauffage)

Condenseur : côté plus chaud. Il rejette la chaleur, donc il chauffe

Thermopompe murale versus unité d’air climatisé







https://duraclim.com/

Climatiseur de fenêtre : est-ce vraiment efficace ? Notre verdict

Composantes d’une thermopompe





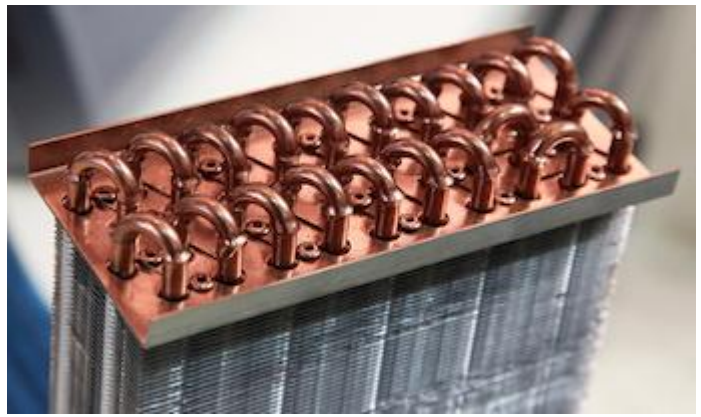


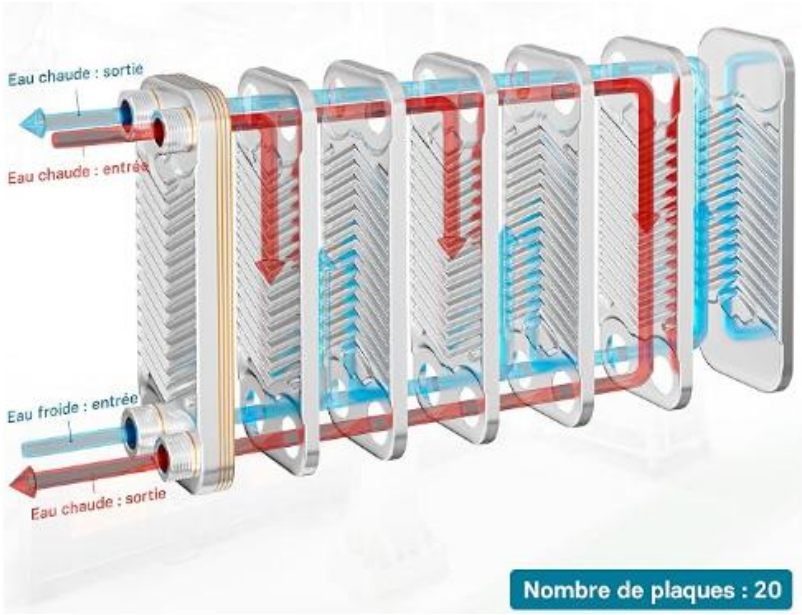
Composantes d’une thermopompe (suite)





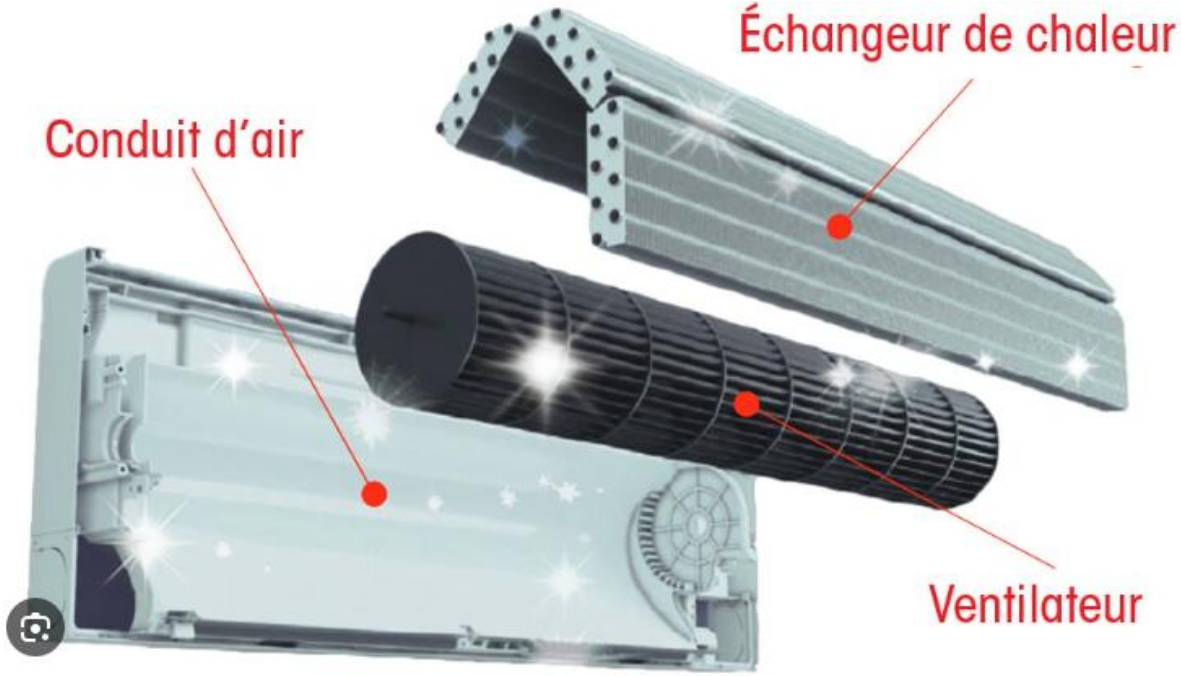






Composantes d’une thermopompe (suite)

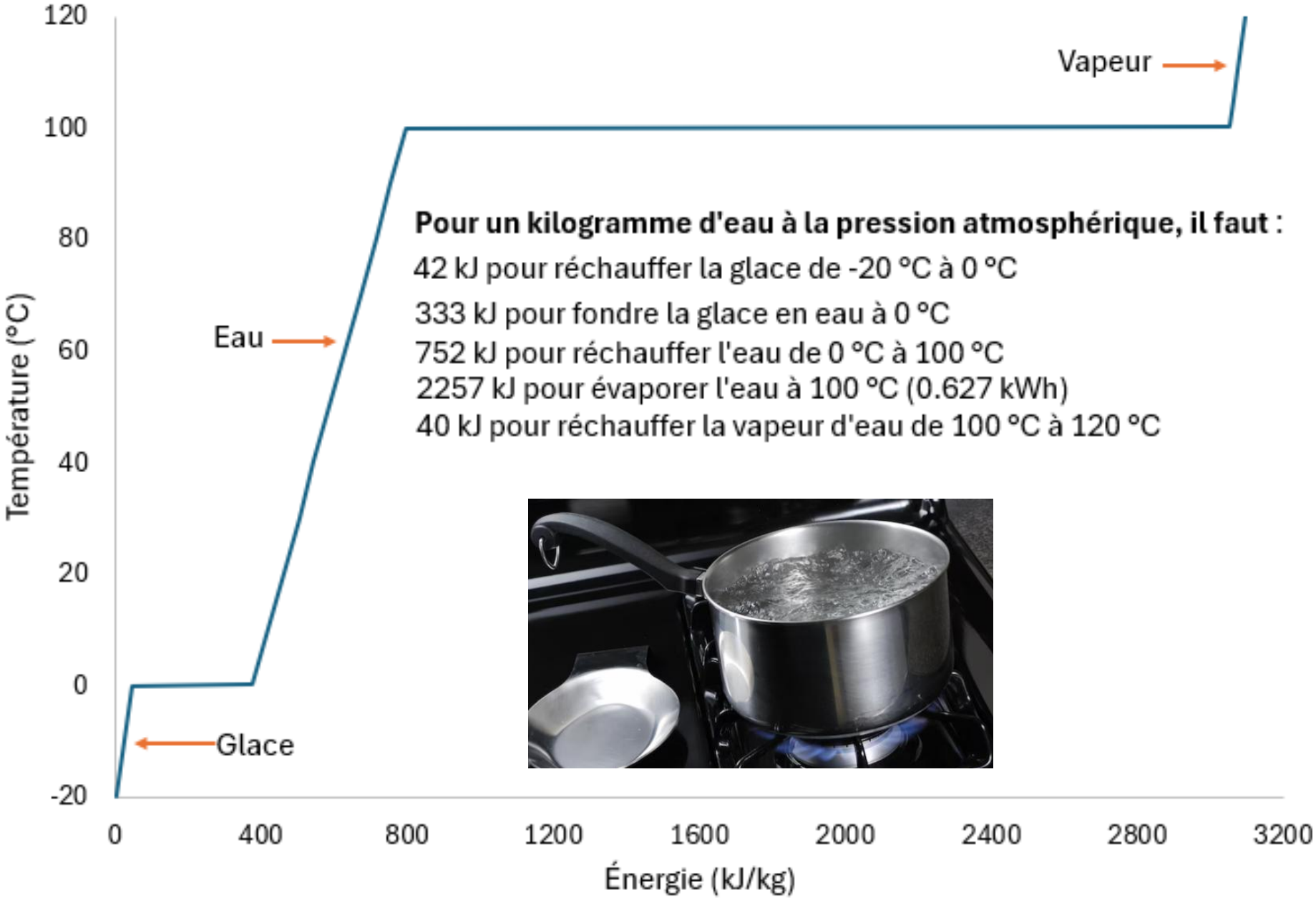




Propriétés de l’eau

- Énergie de congélation/fusion de l'eau à 0 °C = 333 kJ/kg
- Énergie d’évaporation/condensation de l'eau à 100 °C = 2257 kJ/kg
- La chaleur spécifique de l'eau est :
  - 2.09 kJ/kg·°C (glace)
  - 4.18 kJ/kg·°C (liquide)
  - 2.01 kJ/kg·°C (vapeur)

Eau



Pour un kilogramme d'eau à la pression atmosphérique, il faut :

42 kJ pour réchauffer la glace de -20 °C à 0 °C

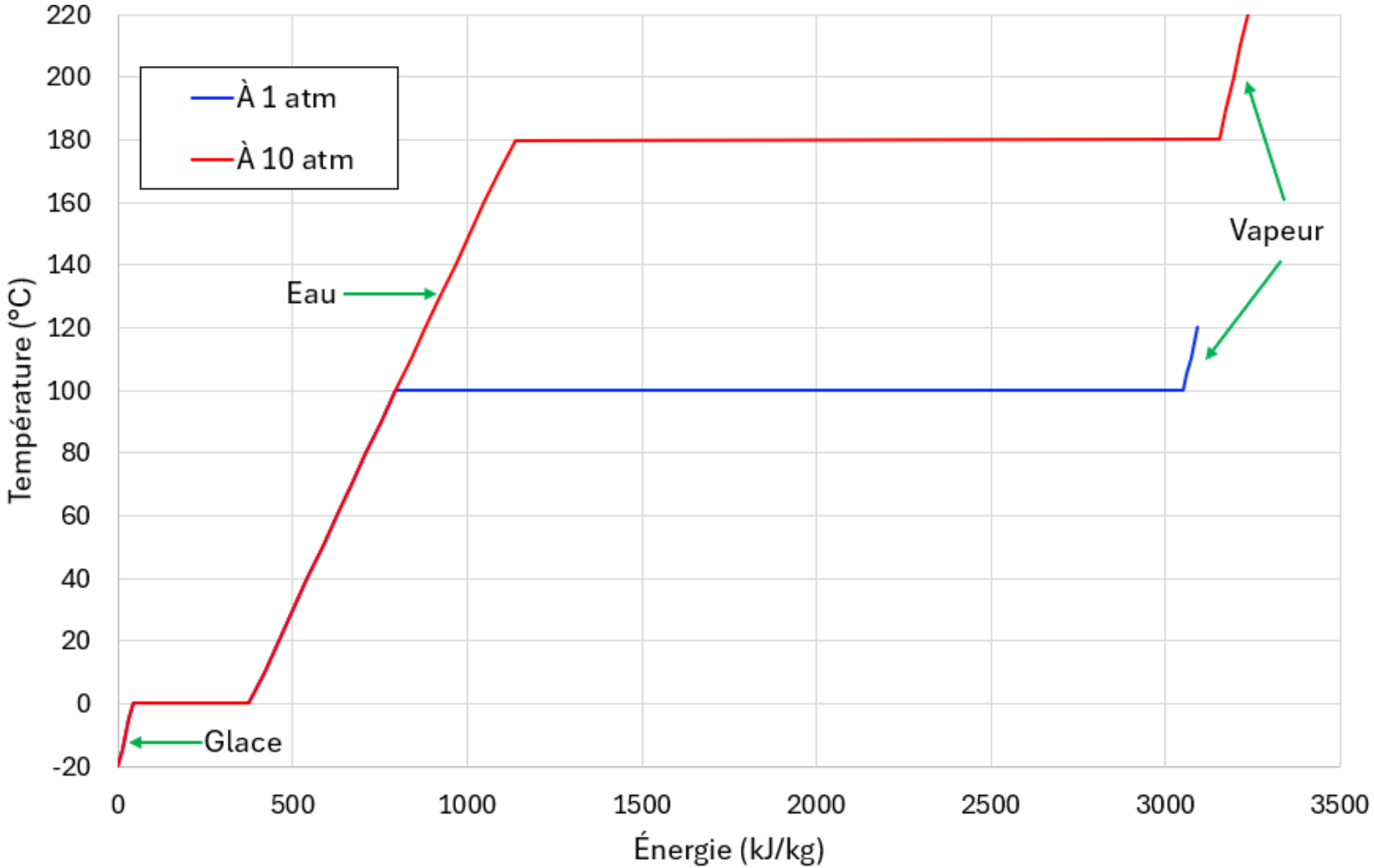
333 kJ pour fondre la glace en eau à 0 °C

752 kJ pour réchauffer l'eau de 0 °C à 100 °C

2257 kJ pour évaporer l'eau à 100 °C (0.627 kWh)

40 kJ pour réchauffer la vapeur d'eau de 100 °C à 120 °C

Eau


220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
Température (°C)
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
Énergie (kJ/kg)
À 1 atm
À 10 atm
Eau
Vapeur
Glace

Fluide

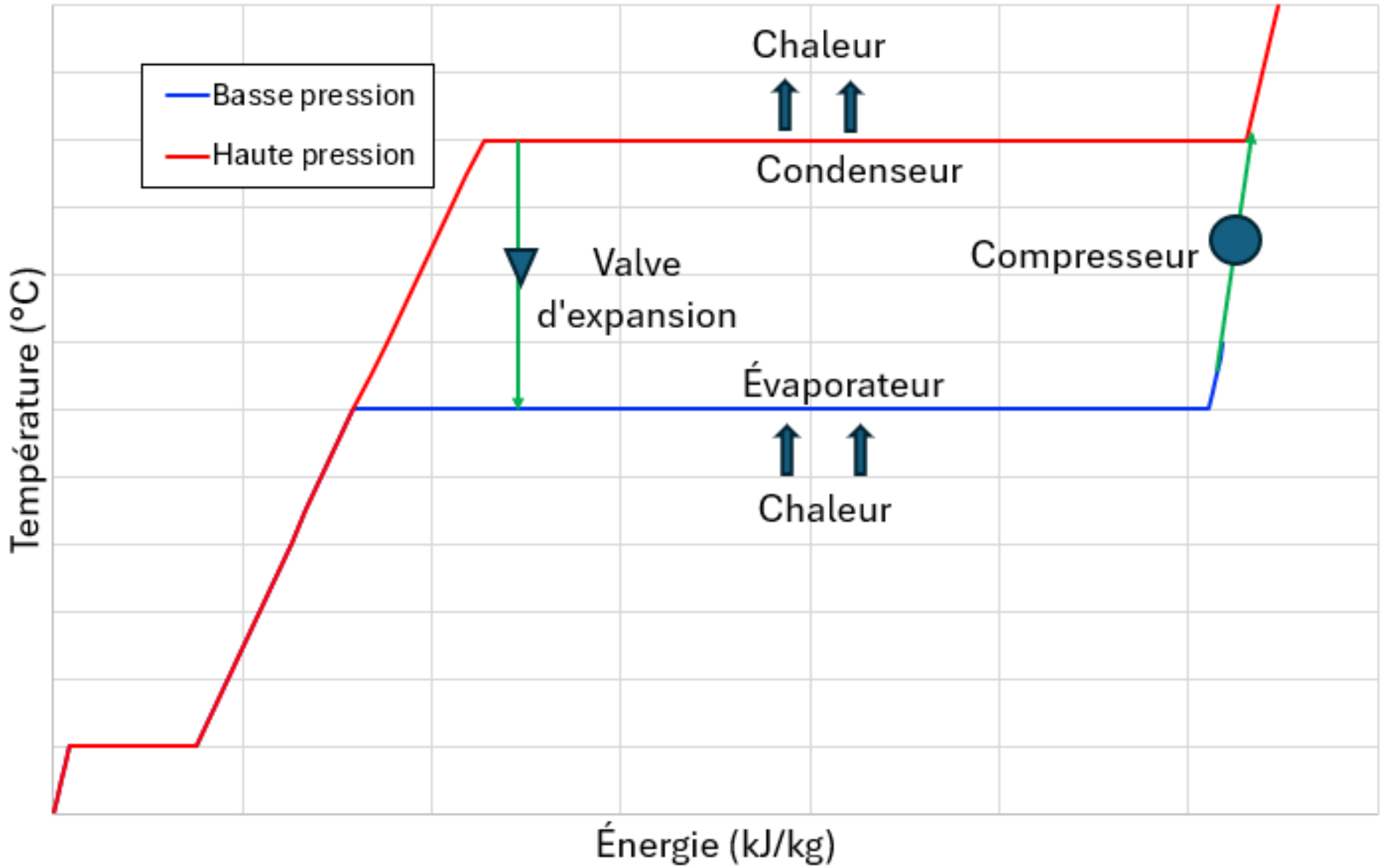
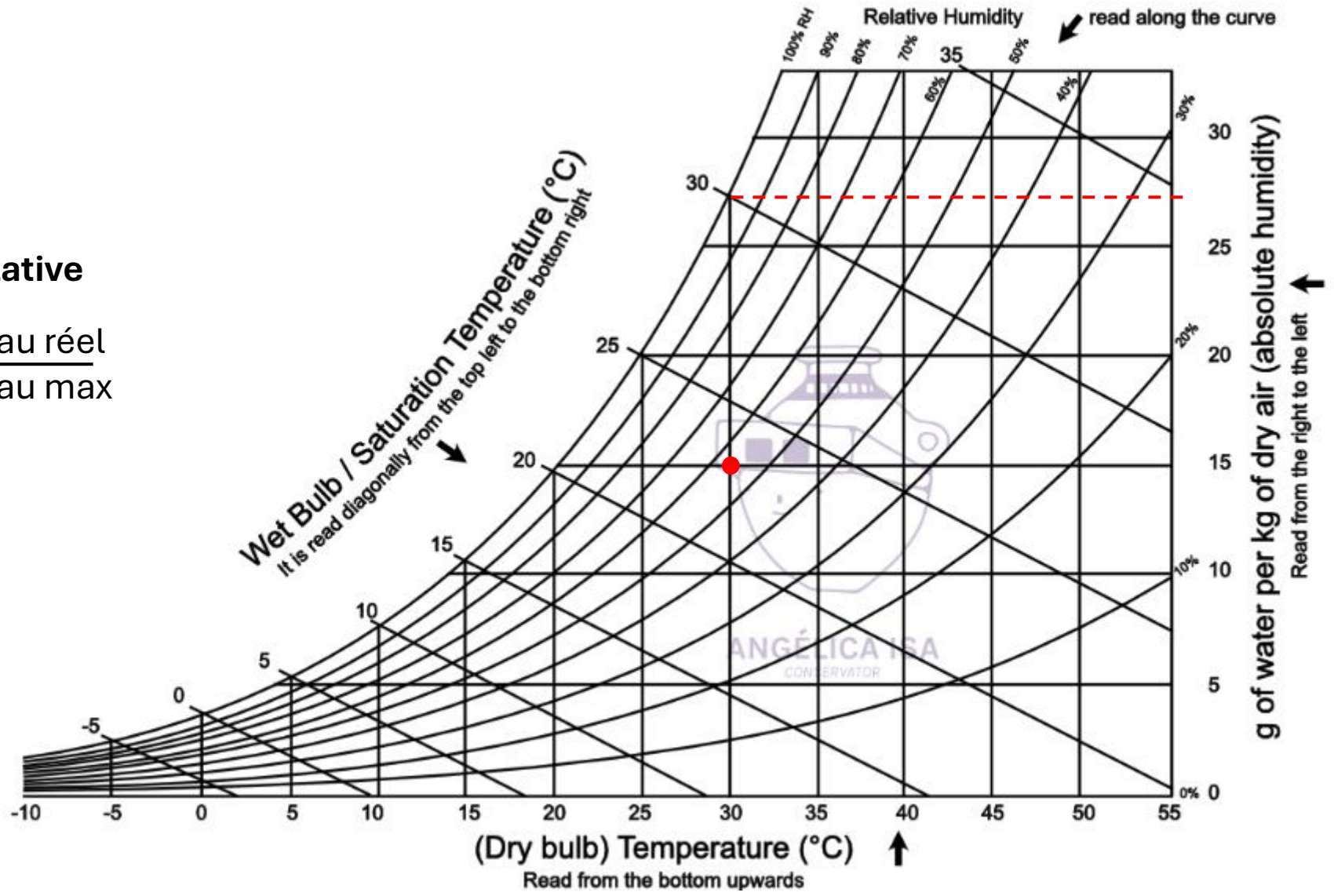

Basse pression
Haute pression
Chaleur
Condenseur
Valve
d'expansion
Compresseur
Évaporateur
Chaleur
Température (°C)
Énergie (kJ/kg)

Diagramme psychrométrique

Humidité relative

Grammes d'eau réel
Grammes d'eau max

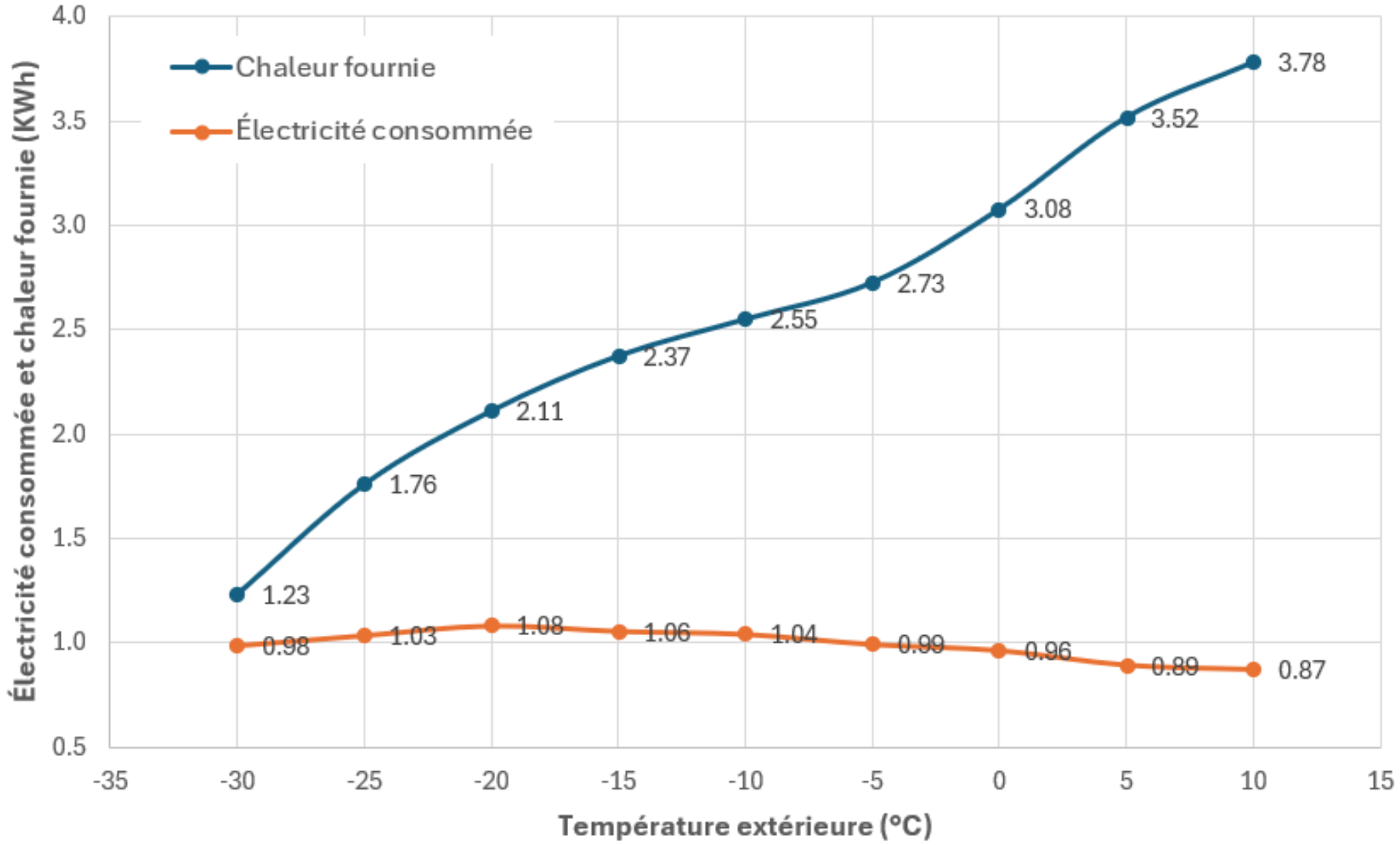


Humidité absolue

Grammes d'eau
kg d'air sec

[Understanding psychrometric charts and dew points | Angelica Isa]/

Performance d’une thermopompe Mr. Slim de Mitsubishi de 12000 BTU chauffant l'air d'un bâtiment à 20°C



Températures extérieures à Saint-Bruno en 2025

Plage de température (°C)	Nombre d'heures	% de l'a
Sous -20 °C	~50 h	0,6 %
-20 °C à -15 °C	~225 h	2,6 %
-15 °C à -10 °C	~485 h	5,5 %
-10 °C à -5 °C	~820 h	9,4 %
-5 °C à 0 °C	~1 010 h	11,5 %
0 °C à 5 °C	~1 110 h	12,7 %
5 °C à 10 °C	~1 110 h	12,7 %
10 °C à 15 °C	~1 160 h	13,2 %
15 °C à 20 °C	~1 260 h	14,4 %
20 °C à 25 °C	~1 070 h	12,2 %
25 °C à 30 °C	~380 h	4,3 %
Au-dessus de 30 °C	~80 h	0,9 %
TOTAL	**8 760 h**	**100,0 %**

Est-ce rentable ?

- Pour un cottage de 1 800 pi^2 (900 pi^2 par étage, plus un sous-sol) construit en 1991 dans la région de Montréal, le coût annuel de chauffage se situe entre $1800 et $2600 avec des plinthes électriques, mais chute de $750 à $1200 si une thermopompe efficace est installée (Mon Confort)
- Une thermopompe permet d'économiser de 40 % à 50 % sur les coûts de chauffage
- Moi avec thermopompes : coût total de 2000 $/an
- Mon voisin sans thermopompe : coût total de 3600 $/an

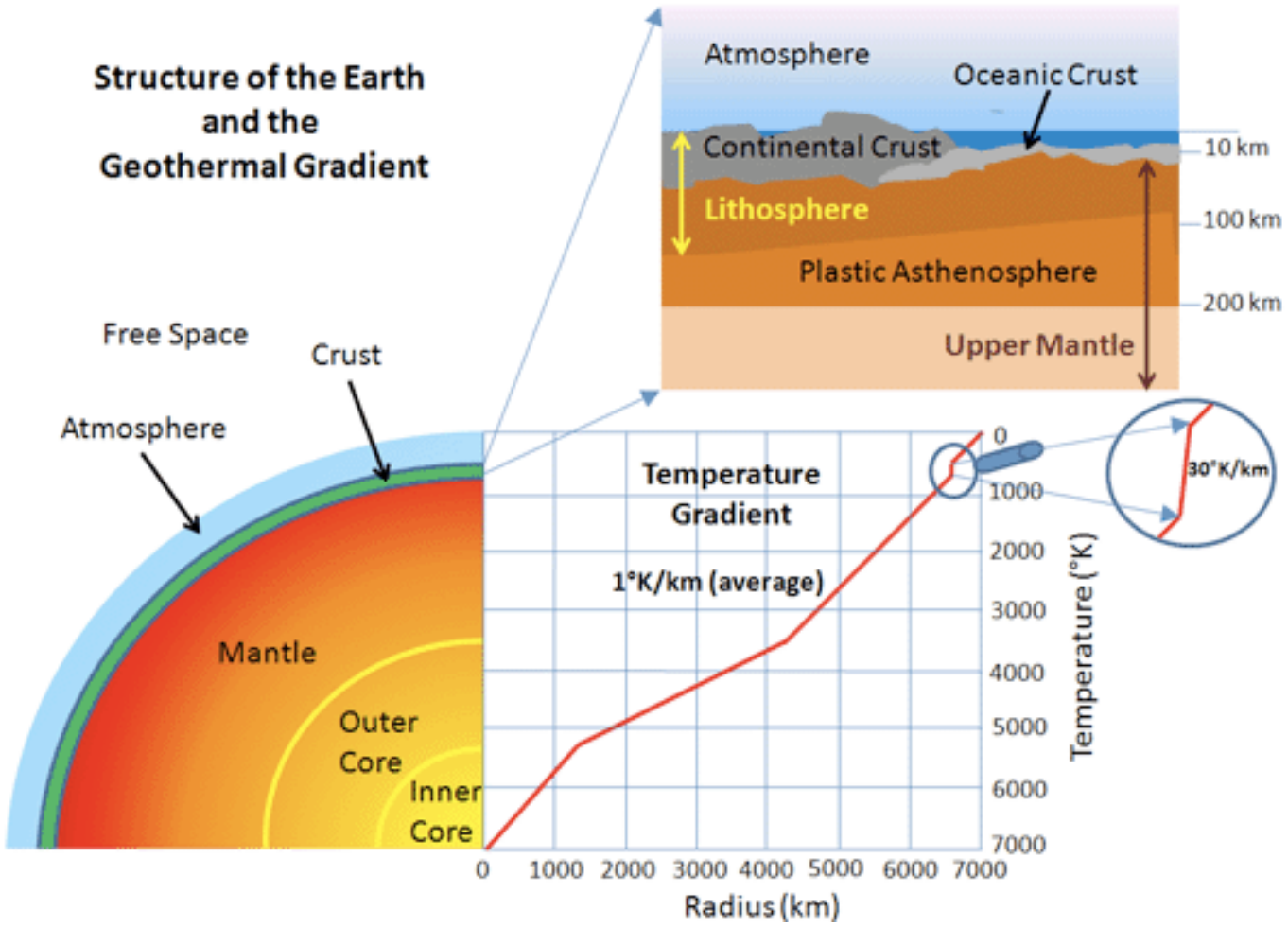
Énergie géothermique

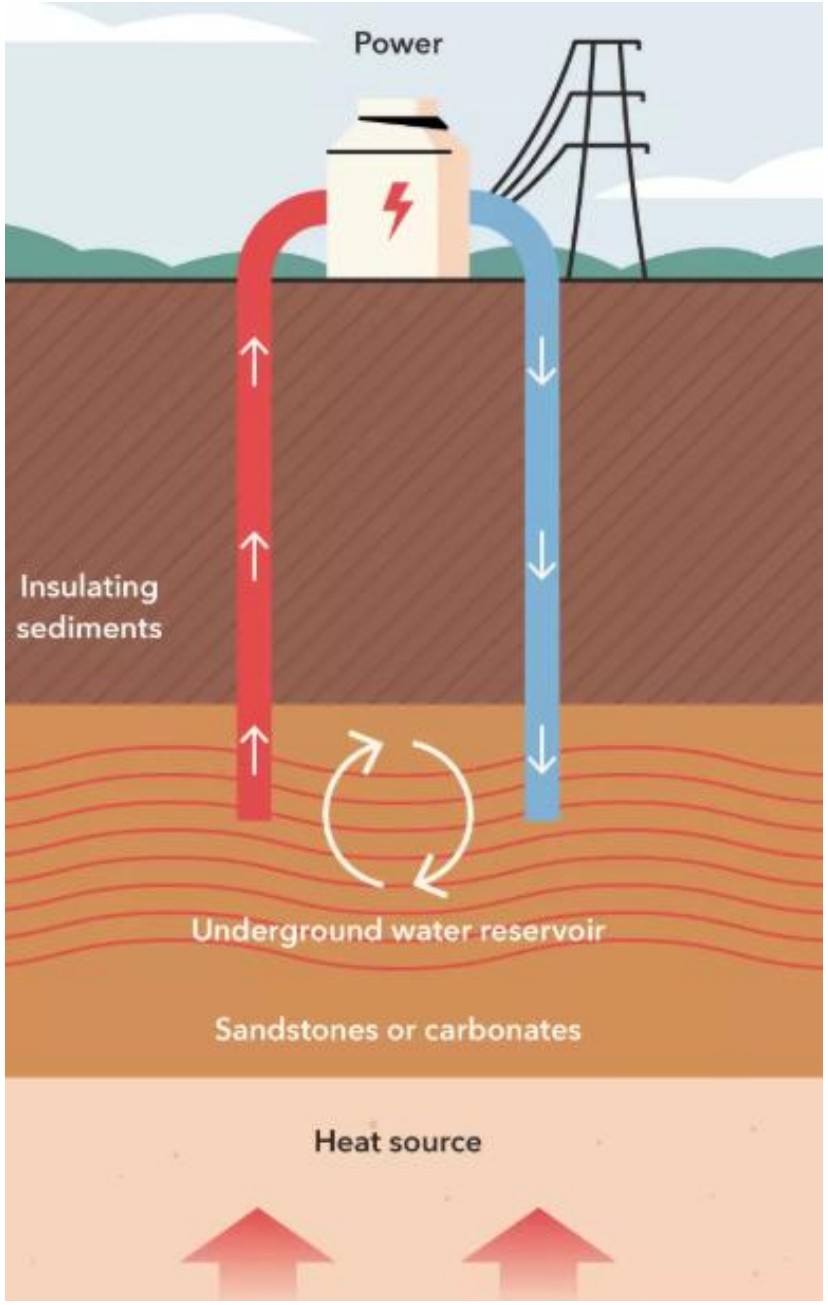
- En français : Thermopompe géothermique (ou pompe à chaleur géothermique)
- En anglais : Ground-Source Heat Pump (GSHP)

- En anglais : Geothermal energy
- En français : Énergie géothermique

- Utilisation de la haute température (plus de 300 °C) à grande profondeur dans le sol pour chauffer les bâtiments ou pour produire de l’électricité. Il n’y a pas de cycle à compression

Énergie géothermique





https://www.energybc.ca/hightempgeo.html

https://www.nrdc.org/stories/geothermal-energy-advantages-challenges-and-potential#how-does-it-work

Utilisation de chaleur qui serait autrement perdue

Cas de Serres Toundra situées à Saint-Félicien au Saguenay–Lac-Saint-Jean

- Les Serres Toundra sont raccordées par une boucle d’eau chaude à l'usine de pâte de papier avoisinante (Produits forestiers Résolu). L'eau chaude issue des procédés industriels de l'usine est acheminée vers le complexe serricole pour en chauffer une partie importante. Cette valorisation des rejets thermiques permet de réduire drastiquement la consommation de combustibles fossiles (comme le gaz naturel) pour maintenir les serres à température optimale durant les rudes hivers au Lac-Saint-Jean

Utilisation des plans d’eau (lacs, rivières, …)

Cas de la ville de Toronto

- L'eau du lac Ontario est utilisée pour la gestion énergétique des bâtiments à Toronto. Le principe de fonctionnement est :

1. Prélèvement en eau profonde : Trois conduites s'étendent à plus de 5 km dans le lac Ontario jusqu'à une profondeur de 83 mètres où l'eau reste à une température constante de 4 °C toute l'année.
2. Échange thermique sans mélange : L'eau froide du lac est acheminée vers une station de pompage et, grâce à un vaste réseau d'échangeurs thermiques, la fraîcheur du lac est transférée à une boucle d'eau glacée qui serpente sous le centre-ville.

- C'est le plus grand réseau urbain de ce type au monde

Merci de votre attention !