



MOOC Énergies Renouvelables

Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

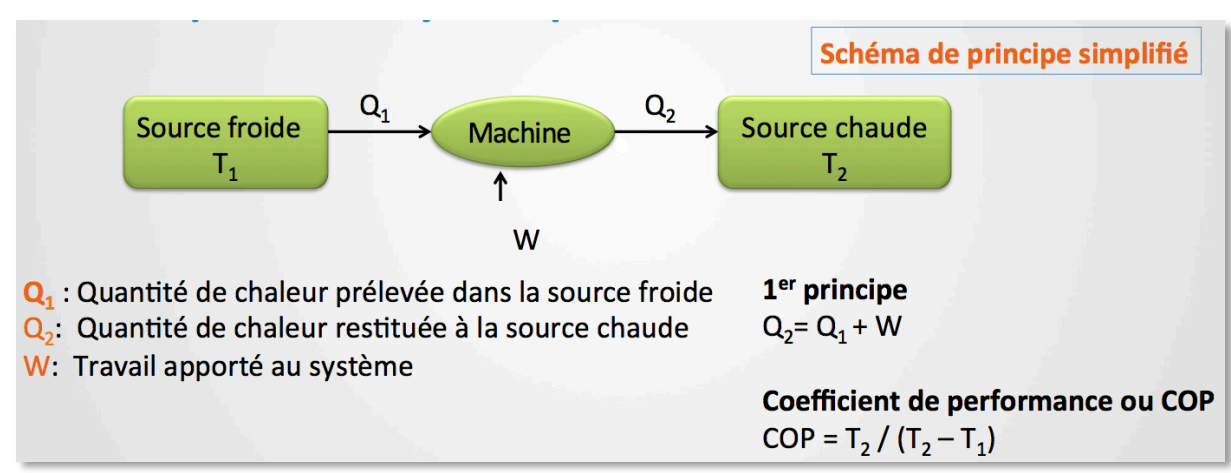
Les pompes à chaleur géothermiques

Sandrine PINCEMIN

Enseignante-Chercheuse – EPF Ecole d'ingénieurs-E-S

La géothermie basse température est couplée à des systèmes thermodynamiques. Le système thermodynamique le plus souvent utilisé est la pompe à chaleur, pompe à chaleur géothermique. L'objet de cette présentation est donc la présentation de ces différentes pompes à chaleur.

- Le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur est présenté sur ce slide, il y a ici donc un schéma simplifié d'une pompe à chaleur qui est composée d'une machine et cette machine est entourée de deux types de sources.



➤ L'objectif de la pompe à chaleur est de prélever de l'énergie d'une source froide afin de la porter vers une source chaude.

⇒ On cherche donc à maximiser les transferts d'énergie.

Différents éléments doivent donc être pris en compte :

- Q1. La quantité de chaleur prélevée dans la source froide ;

- Q2. La quantité de chaleur restituée à la source chaude.

⇒ Et pour que ce système puisse fonctionner, il est nécessaire d'apporter un travail au système. Ce travail est symbolisé par le symbole W .

➤ Au niveau des évaluations des performances de ce type de système, on doit donc faire un bilan énergétique. Pour faire ce bilan, on se base sur le premier principe, le principe de conservation de l'énergie qui nous dit que l'énergie restituée à la source chaude est égale à l'énergie prélevée à la source froide plus le travail.

➤ À partir de ce premier principe, on pourra évaluer les performances de notre installation par le biais d'un COP dont le calcul peut se faire comme étant le rapport de la température de la source chaude sur la variation entre la température de la source chaude et la source froide.

⇒ Un COP est un élément qui est fondamental pour évaluer les performances de notre installation.

⇒ De façon générale, l'ordre de grandeur d'un COP est compris entre 3 et 5.

➤ Au niveau de ces ordres de grandeur, on se base souvent sur les COP théoriques, néanmoins il est important de prendre en compte le fait qu'un COP théorique est très supérieur à un COP mesuré de façon réelle.

➤ L'évaluation des COP réels et donc des performances réelles de notre installation est soumise à l'ajout d'un coefficient compris entre 0,4 et 0,7.

⇒ De cette façon, on pourra évaluer les performances réelles de notre installation.

➤ L'objectif de ces systèmes, c'est d'avoir un COP qui soit le plus élevé possible.

⇒ Plus le COP sera important, plus notre système sera efficace et plus les économies, si on parle en termes financiers, plus les économies pourront être importantes.

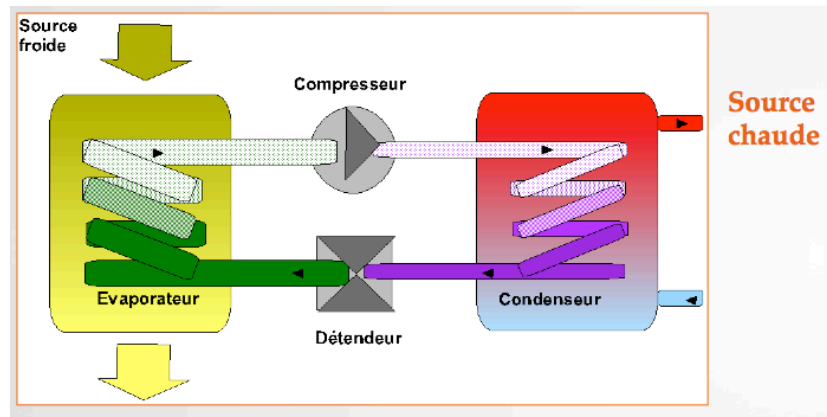
⇒ C'est ce que l'on voit sur le tableau présenté sur ce slide.

Au niveau des pompes à chaleur, il existe différentes catégories.

• La première catégorie est la pompe à chaleur à compression.

➤ Cette pompe à chaleur est celle qui est la plus représentée sur le marché et on a quasiment en France que cette pompe à chaleur qui est utilisée.

- Le schéma de principe de cette pompe à chaleur est présenté ici en haut à gauche, on a différents éléments qui composent cette pompe à chaleur et ces éléments composent les différentes étapes.



- La première étape consiste à la compression ;
 - deuxième étape, on passe au niveau du condenseur ;
 - ensuite une détente ;
 - et enfin, on récupère de la chaleur au niveau de l'environnement.
- La première étape consiste donc à prendre le fluide frigorigène qui est sous la forme d'une phase gazeuse et l'objectif du compresseur est de permettre à ce fluide frigorigène d'avoir sa pression et sa température qui augmentent.
 - Une fois la pression et température augmentées et le niveau que l'on souhaite au niveau de notre installation obtenu, le fluide frigorigène est envoyé au niveau du condenseur.
 - ⇒ L'objectif ici est de permettre au fluide frigorigène de transférer son énergie vers un autre fluide qui nous servira pour nos applications.
 - ⇒ Ce fluide frigorigène va donc avoir sa température qui diminue et sa pression qui diminue.
 - ⇒ À la sortie du condenseur, le fluide frigorigène sera passé en phase liquide.
 - La troisième étape est l'étape de détente.
 - ⇒ La température et la pression de ce fluide diminuent et en sortie du détendeur, on aura une étape où on va pouvoir régénérer ce fluide - si on peut le dire comme ça -, on va le passer au niveau de l'évaporateur, il va de nouveau échanger par le biais d'un échangeur de l'énergie avec un fluide qui va lui permet de repasser en phase gazeuse avant de rentrer de nouveau au niveau du compresseur.
 - ⇒ On pourra ensuite reproduire à nouveau le cycle.

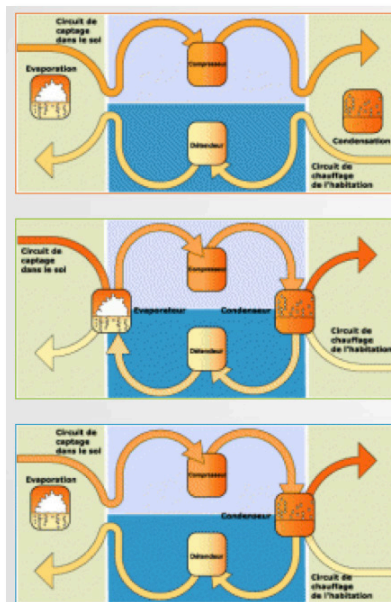
Quels sont les fluides frigorigènes qui sont utilisés ?

- Ils sont de différentes sortes et la sélection se fera en fonction de la température de compression et la température de condensation ou de la température de vaporisation.
- Différentes catégories de fluides existent, mais il apparaît que certains de ces fluides comme les CFC ou les HFC présentent un fort impact environnemental et dans des objectifs d'efficacité énergétique, on cherche à avoir des fluides qui soient le moins impactants possibles.
- ⇒ Aujourd'hui, on utilisera donc des composés qui seront différents et de façon organique, ces composés seront à base de CO₂ ou à base d'ammoniac.
- L'autre catégorie de pompe à chaleur, c'est la pompe à chaleur à absorption.
- Ici, la différence principale réside dans le fait que l'apport on ne va pas se faire sous la forme d'une énergie mécanique mais sous la forme d'une énergie thermique.
- ⇒ Vous avez un schéma de principe présenté sur ce slide et, de nouveau, quatre étapes seront nécessaires pour la production d'énergie.
- La première et la dernière étape seront différentes puisqu'ici, on fera des étapes où on cherchera à séparer ou à regrouper deux particules afin de produire cette énergie dont on a besoin.
- Le principe de fonctionnement, on utilise donc ici des réactions thermochimiques ou des réactions de sorption.
- ⇒ On va donc mettre deux fluides en présence, que l'on va séparer par rapport à une énergie thermique ou que l'on va regrouper.
- ⇒ En fonction de ces séparations (donc la phase 1 dans le désorbeur) on va séparer les deux fluides, on obtiendra donc notre fluide frigorigène qui va repartir sous phase gazeuse dans le condenseur, il va se condenser comme précédemment (c'est-à-dire sa température et sa pression vont diminuer suite à un échange avec un autre fluide), il va ensuite aller dans une autre étape où il va de nouveau pouvoir se recharger et repartir sous la forme évaporation, sous la forme gaz, et enfin, une phase de régénération, mais ici ce sera une phase de régénération au niveau d'un absorbeur où on remettra les deux éléments en présence.

Les deux types de pompe à chaleur sont utilisés de manière différente. De façon générale, on trouvera essentiellement des applications avec des pompes à chaleur à compression.

Au niveau des installations, on aura donc différentes installations qui pourront être mises en place, on va coupler notre pompe à chaleur avec un échangeur qui va être soit horizontal, soit vertical, l'objectif étant la récupération de l'énergie contenue dans le sol.

- Cette récupération de l'énergie dans le sol va se faire en couplant la pompe à chaleur avec des capteurs horizontaux.
- ⇒ Donc dans le premier cas, on aura un couplage pour les procédés à détente directe uniquement possible avec des capteurs horizontaux.
- ⇒ Si on utilise des fluides intermédiaires, dans ces cas-là on pourra utiliser différents types d'échangeurs (ici on utilisera le fluide frigorigène qui sera utilisé sera uniquement utilisé au niveau de la pompe à chaleur, il ne sera pas propagé dans les capteurs horizontaux, verticaux ou compacts qui auront été utilisés).
- Enfin, une autre installation possible, c'est un procédé mixte qui sera uniquement utilisable avec des capteurs horizontaux.
- ⇒ De nouveaux ici, le fluide frigorigène, comme dans le premier cas pourra être utilisé tant au niveau de la pompe à chaleur qu'au niveau de l'installation globale.



Le procédé à détente directe

Capteurs horizontaux

Pas d'utilisation avec les capteurs verticaux.

Le procédé avec fluide intermédiaire

Courant pour les échangeurs fermés (horizontaux, verticaux ou compacts).

Le moyen terme ou procédé mixte

Utilisable uniquement avec des capteurs horizontaux.

Source Ademe