

Utilisation thermique des corps d'eau

Adrien Gaudard, Institut Fédéral des Sciences et Technologies de l'Eau (Eawag)

Introduction

Les corps d'eau (océans, lacs, rivières et eaux souterraines) sont d'immenses réserves d'énergie thermique. En effet, l'eau est un stockage de chaleur très efficace, grâce à sa grande capacité thermique. Ces réserves naturelles de chaleur peuvent être utilisées pour le chauffage et le refroidissement de bâtiments, d'infrastructures, de procédés industriels, etc. Une utilisation thermique des corps d'eau permet de suppléer ou de remplacer les chauffages à combustibles fossiles (tels que mazout ou gaz) ainsi que les climatiseurs gourmands en électricité.

Cet article se concentre sur l'utilisation thermique des lacs et rivières. Ceux-ci peuvent offrir très localement de grandes quantités d'eau, permettant la mise en place de systèmes d'utilisation thermique de grande taille (par exemple à l'échelle de quartiers ou de parcs industriels, avec une puissance de chauffage/refroidissement > 10 MW).

En Suisse, la plupart des agglomérations sont à proximité directe d'un lac ou d'une rivière. De nombreux systèmes d'utilisation thermique sont actuellement en fonctionnement, cependant presque tous sont de petite taille (< 2 MW). En Suisse romande, il existe quelques systèmes de plus grande taille : Genève-Lac-Nations (GLN) [Wicht 2016], CAD La-Tour-de-Peilz, l'EPFL et l'Unil à Lausanne et le Freecooling de la Maladière.

Technique

Le savoir-faire est bien établi en Suisse. L'extraction de chaleur ou de froid d'un lac ou d'une rivière implique une prise d'eau, un circuit primaire où circule l'eau captée et (souvent) un circuit secondaire qui amène le fluide caloporteur aux utilisateurs. Des échangeurs de chaleur permettent le transfert de chaleur entre les différents circuits. Le diagramme de la figure 1 illustre un tel système.

Pour le chauffage, des pompes à chaleur sont utilisées et le fluide de chauffage circule généralement dans un circuit tertiaire, qui est centralisé (un seul pour tous les utilisateurs) ou décentralisé (un pour chaque utilisateur). Pour le refroidissement, l'eau captée est souvent assez froide pour fournir un refroidissement direct sans climatiseur (« freecooling »). Logiquement, l'efficacité d'une utilisation thermique pour le chauffage est d'autant meilleure que l'eau

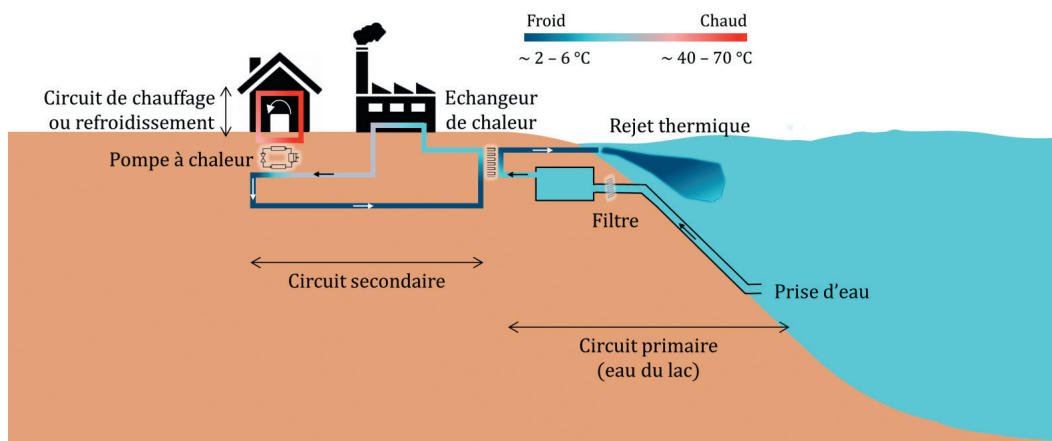


Figure 1 : Exemple d'un système d'utilisation thermique d'un lac. L'eau du lac est utilisée pour refroidir une industrie et chauffer une maison. Ici, le chauffage est dominant, ainsi l'eau rejetée est plus froide que l'eau captée.

captée est chaude (et inversement pour le refroidissement).

L'utilisation thermique s'accompagne d'un rejet d'eau à une température modifiée : plus chaude dans le cas d'une utilisation pour du refroidissement, plus froide dans le cas du chauffage. Ce rejet se fait souvent dans le même corps d'eau que celui où l'eau est captée, et peut causer des impacts qui ont été récemment résumés [Gaudard et al. 2017]. Notamment, ceux-ci peuvent être négatifs pour l'écosystème en cas de rejet d'eau chaude (après utilisation pour le refroidissement). Les installations avec une demande en froid importante – p.ex. les centrales nucléaires – peuvent ainsi avoir un effet dommageable. Dans les lacs en particulier, il est essentiel d'éviter de générer des déplacements de nutriments (nitrate et phosphate) ou de perturber le mélange hivernal. La conception et le timing d'un rejet thermique influencent ses impacts sur les corps d'eau [Gaudard et al. 2017].

Le potentiel thermique des principaux lacs et rivières suisses a été récemment estimé et comparé à la demande régionale [Gaudard et al. 2018]. Il en ressort que le potentiel est globalement bien supérieur à la demande, à l'exception des cours d'eau dans les zones très denses telles que l'agglomération zurichoise.

Utilisation thermique des lacs et rivières

Lacs

Les lacs absorbent naturellement la chaleur du soleil et de l'air pendant le printemps et l'été, puis la restituent progressivement en automne et en hiver. Les grands lacs suisses sont thermiquement stratifiés du printemps à l'hiver ; c'est-à-dire que les eaux de surface sont plus chaudes et légères que les eaux profondes, flottant ainsi au-dessus. En deuxième moitié d'hiver, les lacs ont souvent une température

relativement homogène aux alentours de 4 à 6°C. En cas d'hiver très rude, ou dans les lacs de plus haute altitude, les couches de surface peuvent devenir plus froides que les couches profondes (stratification inverse).

Des facteurs autres que la température sont également importants pour une utilisation thermique, par exemple :

- **Activité biologique :** les couches de surface hébergent la majorité des organismes aquatiques. Ceux-ci peuvent poser problème pour l'infrastructure : formation de biofilm dans les échangeurs de chaleur [BFE 2017], colonisation des tuyaux par les moules, etc. Une filtration est utile, mais souvent imparfaite face aux plus petits organismes.
- **Stabilité des berges :** un glissement de terrain dans le lac (observé p.ex. dans le lac de Biemme) peut avoir un fort impact sur les prises d'eau via un apport de sédiments. Il s'agit donc d'éviter les zones à risque.
- **Renouvellement de l'eau :** certains lacs (ou parties de lacs, selon la topographie et la stratification) reçoivent peu d'apports d'eau. En conséquence, il faut beaucoup de temps pour que leur eau se renouvelle. Dans de tels bassins, la chaleur ou le froid amené par un rejet thermique peut plus facilement s'accumuler au fil du temps, avec des possibles impacts pour les utilisations thermiques. Dans les bassins à renouvellement rapide en revanche, un rejet thermique est promptement diffusé ou transféré ailleurs (p.ex. au reste du lac ou à l'exutoire).
- **Impact du vent :** des vents forts peuvent induire de considérables mouvements d'eau. Au début de l'été, on observe parfois des remontées d'eau froide profonde. En automne, il arrive que de

l'eau chaude de surface atteigne des profondeurs importantes (on observe par exemple des températures jusqu'à 15°C à 40 m dans le lac Léman). Les grands lacs soumis au vent sont plus sensibles à cet effet.

Pour l'utilisation thermique d'un lac pour le chauffage (qui se fait majoritairement en hiver), une prise d'eau à une profondeur de 15 à 40 m est souvent optimale. Les couches de surface devraient être évitées à cause du risque de stratification inverse et parce qu'elles hébergent plus d'activité humaine et biologique. Pour le refroidissement, une profondeur supérieure à 30 m est nécessaire pour garantir une température froide tout au long de l'année.

Rivières

Le régime hydrique et thermique des rivières (exemple : figure 2) dépend fortement de la source de l'eau, ainsi que de la présence de lacs en amont. Le long du cours d'une rivière, sa température évolue également selon la température de l'air, les affluents, etc.

Les rivières dont le bassin versant est à haute altitude – donc nourries principalement par la fonte de neige et de glace (p.ex. le Rhône en Valais) – sont très froides en hiver (< 3°C) et fraîches en été (< 15°C). Ces rivières ont une température trop basse pour une extraction de chaleur efficace en hiver ; en revanche, elles conviennent bien à une utilisation thermique pour le refroidissement.

Les rivières en aval des grands lacs (p.ex. le Rhône à Genève) ont une température similaire à celle des couches de surface du lac d'où elles proviennent : généralement supérieure à 4°C en hiver et atteignant plus de 20°C en été. Ces rivières se prêtent bien à une utilisation thermique pour le chauffage. Cependant, leur température peut être périodiquement trop élevée

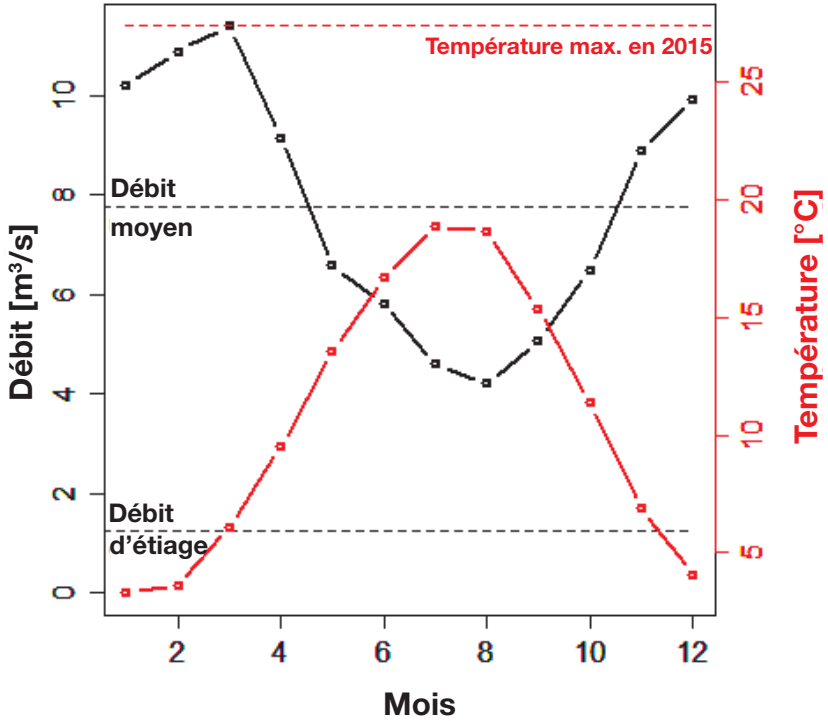


Figure 2: Débits et températures mensuels moyens dans la Broye à Payerne.
 Source des données: Office fédéral de l'environnement (OFEN).

(> 25°C, p.ex. en cas de canicule). Pendant ces périodes, l'extraction de froid est peu intéressante ou même non autorisée.

Les débits minimaux et les extrema de température doivent être pris en compte, car ils limitent l'utilisation thermique d'une rivière donnée. Dans l'exemple de la Broye à Payerne (figure 2), le débit moyen est de près de 8 m³/s, mais le débit d'étiage (Q347, dépassé 95 % du temps) est de 1.3 m³/s. Bien que les températures estivales moyennes ne dépassent pas 19°C,

jusqu'à 27°C ont été mesurés durant la canicule de 2015.

Rentabilité

La construction d'un système d'utilisation thermique représente un fort investissement: pré-études et planification, pose d'une prise d'eau, mise en place du réseau de chaleur/froid, etc. Dans le cas de l'extraction de froid, l'investissement est en général rapidement rentable, car les

alternatives (p.ex. climatisation électrique) sont coûteuses. Dans le cas de l'extraction de chaleur en revanche, les alternatives (combustibles) sont relativement bon marché, ce qui fait que le seuil de rentabilité ne peut souvent être atteint qu'à long terme (au mieux 10 ans). Cette période est supportable pour les organes publics, mais moins pour l'économie privée.

La rentabilité d'une installation peut être améliorée par différentes mesures. Avec une bonne coordination, on s'assure que les utilisateurs proches (actuels et futurs) sont pris en compte dans le projet, ce qui maximise la densité d'approvisionnement. L'optimisation de la production journalière de chaleur/froid (p.ex. en couvrant les pics de demande grâce à une chaudière, en stockant la chaleur ou en adaptant la température d'approvisionnement) permet de réduire les coûts de fonctionnement – cette optimisation est particulièrement efficace pour les gros systèmes. Finalement, des aides financières (p.ex. les aides cantonales et communales, ou celles de la fondation KliK via ses programmes « Réseaux thermiques » et « Froid écologique ») améliorent également la rentabilité.

Conclusions

L'utilisation thermique des corps d'eau est une source d'énergie locale, propre et renouvelable. En Suisse, sa mise en œuvre va dans le sens de la stratégie énergétique en participant aux réductions des émissions de CO₂. De plus, elle peut s'appuyer sur des acteurs régionaux et a des retombées positives sur l'économie.

Les lacs et rivières sont globalement des sources de chaleur et de froid adéquates. L'extraction de chaleur peut être irréalisable dans les rivières de montagne (trop froides en hiver), et l'extraction de froid peut parfois être problématique dans les

rivières de plaine (trop chaudes en été). Aujourd'hui, ce sont plutôt des difficultés de coordination et des critères de rentabilité qui limitent l'essor de la technique. L'utilisation thermique des lacs et rivières est particulièrement adaptée aux projets d'envergure pouvant être supportés par des entités publiques avec une vision à long terme.

Remerciements

L'auteur remercie de nombreux relecteurs attentifs qui ont contribué à améliorer cet article, ainsi que l'OFEV, qui a financé ce projet.

Références

- Wicht, M. 2016. GeniLac, un principe simple au service d'une innovation. In : *Aqua & Gas* 96(9), pp. 68-71.
- Gaudard, A., M. Schmid, et A. Wüest 2017. Utilisation thermique des eaux superficielles : aperçu des éventuels impacts physiques et écologiques. In : *Aqua & Gas* 97(3), pp. 44-49.
- Gaudard, A., M. Schmid, et A. Wüest 2018. Thermische Nutzung von Seen und Flüssen : Potenzial der Schweizer Oberflächengewässer. In : *Aqua & Gas* 98(2), pp. 26-33.
- BFE 2017. Nutzung von Oberflächengewässern für thermische Netze. Programm « Thermische Netze, » EnergieSchweiz.

Pour plus d'informations :

Adrien Gaudard
Institut Fédéral des Sciences et Technologies de l'Eau (Eawag)
Seestrasse 79 – 6047 Kastanienbaum
adrien.gaudard@eawag.ch
<https://thermdis.eawag.ch/fr>