

## Utilisation thermique des lacs et rivières

L'utilisation des eaux de surface à des fins de régulation thermique (extraction de chaleur et de froid) gagne en importance, notamment dans le cadre de la nouvelle stratégie énergétique de la Confédération. Reste cependant à estimer les conséquences écologiques pour les systèmes exploités. L'Eawag s'est intéressé à ce sujet dans le cadre d'un projet de recherche appliqué.

Cette fiche s'adresse aux concepteurs et gestionnaires d'installations, aux spécialistes des bureaux d'études et des services fédéraux et cantonaux et aux autorités compétentes. Des informations plus détaillées peuvent être obtenues sur le site: <https://thermdis.eawag.ch/fr>.

### Stratégie à long terme: gestion des aspects thermiques à grande échelle et surveillance écologique des eaux

Le régime thermique des rivières présente des fluctuations saisonnières plus ou moins marquées selon leur régime hydrologique. Dans les cours d'eau fortement sollicités par les activités humaines, les rejets thermiques peuvent par ailleurs avoir un impact sur de grandes distances. Ainsi, dans les fleuves, il peut arriver qu'une modification de la température reste mesurable sur des centaines de kilomètres (Fig. 1). Il est alors important de coordonner les utilisations thermiques dans le bassin versant afin (i) d'assurer un traitement équitable des utilisateurs, (ii) de limiter les impacts physiques et écologiques et (iii) d'as-

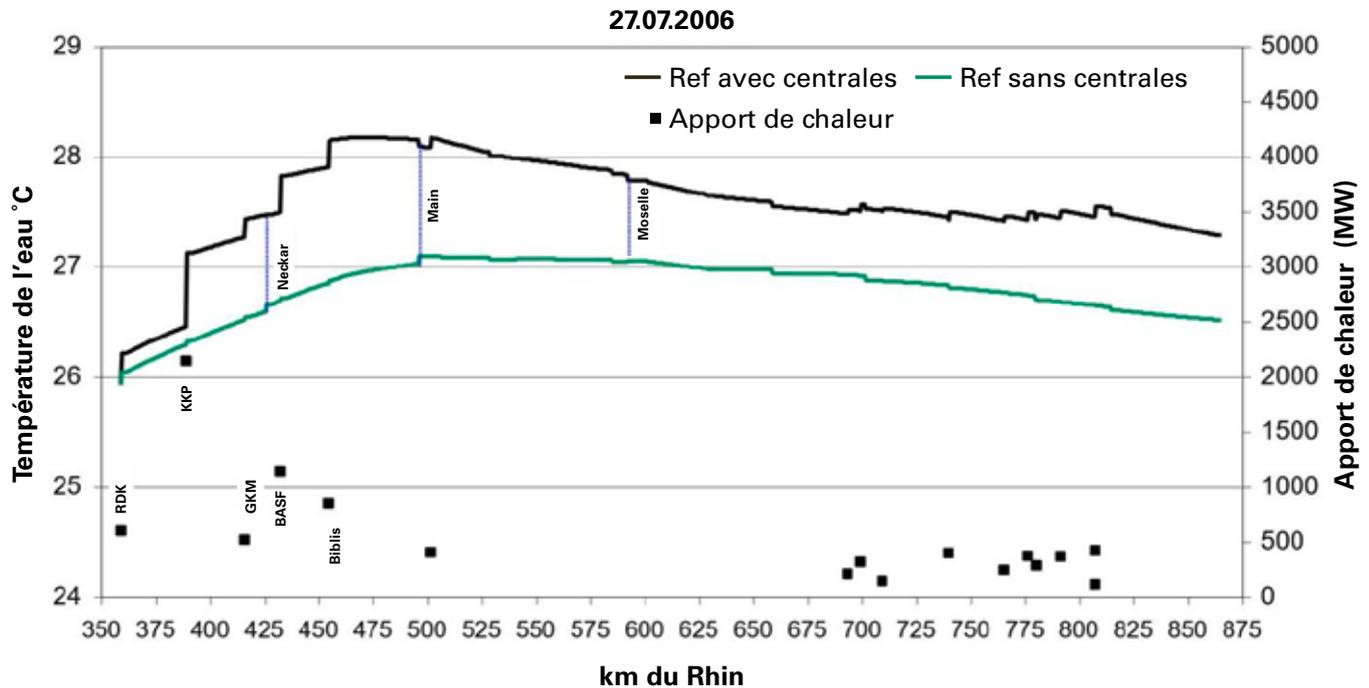
surer la pérennité des fonctions écologiques et socio-économiques du cours d'eau. Ceci exige une planification à grande échelle. Les mesures de protection du milieu (en général des restrictions d'utilisation thermique) doivent s'appliquer à tous les utilisateurs au niveau de tous les cours d'eau impactés.

De même, les procédures concernant les lacs situés à la frontière entre cantons et/ou pays doivent être harmonisées (autorisations, conditions, etc.). Les commissions de protection des eaux (comme la [CIPEL](#) pour le Léman, l'[AKV](#) pour le lac des Quatre-Cantons ou l'[IGKB](#) pour le lac de Constance) peuvent élaborer des démarches uniformisées et favoriser leur adoption.

Au-delà du respect des exigences (légales) en matière de protection, il est important de connaître l'impact physique et écologique de l'utilisation thermique des eaux. Un suivi effectué par l'exploitant sous l'égide des autorités peut ainsi permettre de mieux comprendre les contraintes thermiques et d'optimiser les installations. Par exemple, les questions suivantes pourraient être étudiées pour chaque saison:

- Quelle est, localement, l'amplitude maximale des changements de température?
- Jusqu'à quelle distance et avec quelle intensité l'impact thermique se répercute-t-il vers l'aval ou au sein du lac?
- Quelles sont les réactions des espèces sensibles dans les zones impactées ?

Les échanges de chaleur entre les masses d'eau doivent également être pris en compte dans la planification et l'évaluation des impacts (effet de l'arrivée d'un affluent réchauffé dans un lac, par exemple).



Exemple d'évolution de la température du Rhin en été entre Karlsruhe et la frontière entre l'Allemagne et les Pays-Bas avec et sans impact des rejets thermiques dus au refroidissement des centrales. Avec les changements climatiques, les épisodes de chaleur où les températures atteignent des niveaux dangereux pour certains organismes aquatiques s'intensifieront. (Source: CIPR)

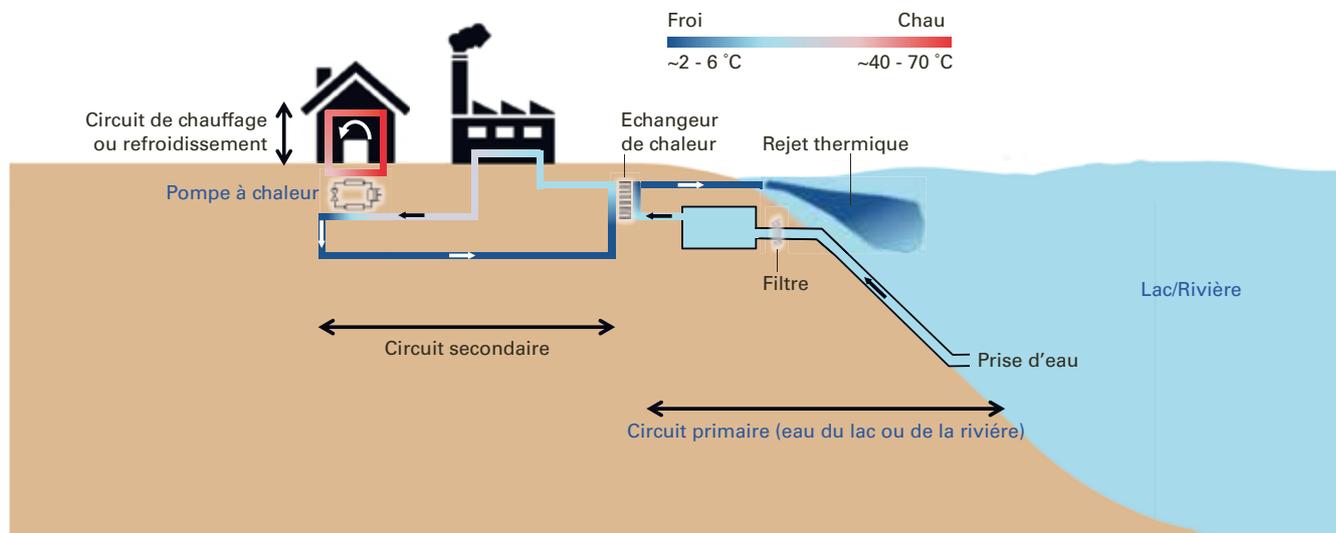
## Recommandations

### Caractéristiques des lacs et rivières permettant une utilisation thermique

- Les cours d'eau de montagne se prêtent à une utilisation à des fins de refroidissement l'été en raison de leur faible température. L'hiver, en revanche, ils présentent souvent de faibles débits et une température inférieure à 3 °C, de sorte qu'ils ne permettent pas de prélèvements de chaleur.
- Les rivières de plaine se prêtent surtout aux prélèvements de chaleur étant donné qu'elles conservent des débits suffisants l'hiver et que leur température descend rarement en dessous de 4 °C. L'été, elles conviennent mal à la réception de rejets de chaleur car elles présentent déjà des températures élevées. La température dépasse notamment de plus en plus souvent le seuil légal de 25 °C fixé pour les utilisations thermiques dans les émissaires de lacs de basse altitude ou dans les rivières à faible courant, ce qui limite les possibilités de refroidissement.
- Le fonctionnement des installations peut être perturbé par le développement d'algues, de bactéries, de coquillages ou d'incrustations sur les surfaces. Cet aspect doit être pris en compte lors de leur conception. Ce développement est favo-

risé dans les eaux réchauffées et riches en nutriments: les prélèvements dans la couche de surface des lacs semblent donc contre-indiqués. Il est en général nécessaire d'utiliser des filtres pour empêcher le développement biologique sur les surfaces et donc limiter les coûts d'exploitation.

- La couche de surface des lacs fait l'objet de nombreux usages. Elle présente une forte activité biologique et des températures extrêmement variables. Dans les lacs, il est donc recommandé de ne pas effectuer de prélèvements d'eau à moins de 15 m de profondeur. Pour les besoins de refroidissement, il est préférable de prévoir une profondeur de plus de 30 m. Pour les installations nécessitant en continu une température basse et stable, une profondeur de 50 à 70 m semble idéale. Il faut toutefois considérer que, dans les grands lacs, les tempêtes d'automne peuvent conduire à une hausse temporaire des températures même à ces profondeurs. Cet aspect doit être pris en compte dans la conception des installations.
- Lors du choix des sites, les prélèvements et restitutions d'eau existants et les autres usages (zones de protection, par exemple) doivent être pris en compte. Des rejets thermiques ou des déversements d'effluents d'épuration au voisinage peuvent perturber l'exploitation.



Principe du chauffage avec l'eau d'un lac: l'eau du lac est acheminée vers un échangeur de chaleur où elle est réchauffée par le liquide du circuit secondaire. L'énergie fournie permet de chauffer un bâtiment à l'aide d'une pompe à chaleur. Ensuite, l'eau du lac refroidie est rejetée dans le corps d'eau.

### Ouvrages de prélèvement et de restitution

- La construction d'un ouvrage de prise ou de restitution d'eau est toujours une perturbation pour un cours d'eau. Il convient d'évaluer soigneusement les impacts possibles sur les zones de protection et les organismes aquatiques avant la construction: il est notamment très important de savoir si la zone concernée joue un rôle particulier pour certaines espèces (pour la fraye, par exemple).
- Le nombre d'ouvrages aménagés sur un cours d'eau, comme ceux de prélèvement ou de restitution, doit être le plus faible possible. Pour la même quantité d'énergie, il est préférable d'opter pour un petit nombre de grandes installations que pour une multitude de petites. Lors de la planification de nouvelles installations, il convient donc de tenir compte des usages existants ou prévus dans les environs.
- Les prises d'eau en lac ou en rivière doivent être conçues de façon à ce que les poissons, même petits, ne puissent y pénétrer. Des grilles ou dispositifs équivalents doivent donc être installés et la vitesse d'aspiration ne doit pas excéder 10 cm/s. Pour garantir un temps de contact aussi bref que possible entre les poissons et la grille dans les cours d'eau, celle-ci doit être disposée avec un angle aussi faible que possible par rapport au courant.
- Dans les systèmes combinant chauffage et refroidissement (réseaux d'énergie), une partie de la chaleur peut être directement réinjectée dans le réseau sans passer par le milieu aquatique. Ces usages combinés sont à privilégier dans une optique de protection des eaux.
- Dans les lacs, il est important de tenir compte de la stabilité des rives. Les sites au sous-sol instable ou les zones présentant des risques de glissement des sédiments doivent être évités.

### Prises d'eau et rejets thermiques

- La quantité de chaleur pouvant être retirée d'un cours d'eau ou lui être apportée dépend du débit (de la prise) et de la différence de température ( $\Delta T$ ). L'efficacité du système est d'autant plus élevée que le débit est faible et le  $\Delta T$  élevé. Mais, en général, un  $\Delta T$  plus élevé équivaut également à des perturbations écologiques plus importantes localement. D'un autre côté, un débit de prélèvement ou de restitution trop fort peut également avoir des effets négatifs, en provoquant des déplacements d'eau entre les différentes couches d'un lac, par exemple.
- La **restitution** dans l'émissaire de l'eau captée dans le lac peut être une solution pour limiter les impacts. Cette possibilité doit être prise en considération lors de la planification.
- Une bonne connaissance des **cycles saisonniers** typiques des milieux aquatiques aide à limiter les impacts écologiques en permettant, par exemple, de mieux positionner les rejets thermiques dans le temps et dans l'espace.
- Les **échangeurs de chaleur submergés** peuvent constituer une alternative intéressante aux prélèvements d'eau si les courants locaux sont suffisants pour permettre des échanges efficaces. Ils présentent l'avantage de ne pas provoquer des déplacements d'eau mais peuvent exiger des travaux assez lourds dans le milieu.

## Utilisation thermique des cours d'eau

- Il convient d'éviter l'apparition d'un tronçon à débit résiduel. En cas de forte exploitation (prélèvement d'une part considérable de l'écoulement naturel), la restitution doit s'effectuer à l'aval immédiat de la prise d'eau.
- La restitution doit impérativement s'effectuer dans le même cours d'eau que le prélèvement. Il se pourrait, autrement, que des maladies (MRP chez les poissons, peste de l'écrevisse) ou des animaux exotiques envahissants soient transportés dans des secteurs non encore contaminés.
- D'après l'Ordonnance sur la protection des eaux, les déversoirs doivent être conçus de manière à garantir un mélange rapide des eaux sur toute la largeur de la rivière afin d'éviter les fortes disparités locales de température. Mais il peut être judicieux de déroger exceptionnellement à cette règle s'il est démontré qu'un mélange graduel des eaux serait bénéfique à l'écosystème (en permettant, par exemple, une évacuation plus rapide de chaleur dans l'atmosphère, la préservation d'un couloir de migration peu perturbé pour les poissons ou celle de refuges contre la chaleur au niveau de résurgences d'eau souterraine ou de l'arrivée d'affluents froids).
- Les utilisations à des fins de refroidissement ne doivent pas induire de hausse des températures maximales estivales. Ces extrêmes peuvent compromettre la survie des organismes aquatiques et sont amenées à s'intensifier avec le dérèglement climatique, même sans utilisation thermique supplémentaire.
- Les exigences saisonnières des espèces vivant dans un cours d'eau doivent être prises en compte en complément des seuils légaux pour évaluer les impacts potentiels d'un rejet thermique (températures préférentielles pour la migration ou la fraye qui peuvent varier localement, par exemple).
- La chaleur apportée à un cours d'eau y perdure en général sur de grandes distances. Lors de l'évaluation des impacts potentiels, il convient donc de tenir également compte des autres contraintes thermiques survenant dans le cours supérieur et le cours inférieur de la rivière.

## Utilisation thermique des lacs

- Il convient d'éviter un réchauffement de la couche supérieure. Tout doit notamment être fait pour éviter que le brassage saisonnier soit retardé ou affaibli de façon notable.
- Dans les couches profondes, la chaleur injectée peut s'accumuler pendant une période assez longue jusqu'au prochain brassage hivernal. Le changement de température dû à l'utilisation thermique du lac atteint donc un maximum juste avant le brassage. Pour évaluer cette différence de température, il convient, en plus de la quantité de chaleur apportée ou prélevée, de tenir compte de sa distribution verticale suite au développement du panache d'eau injectée (qui équivaut juridiquement à des eaux polluées) et des processus naturels de mélange. Le domaine de profondeur dans lequel la majorité de la chaleur s'accumule de façon saisonnière est qualifié de volume receveur.
- La somme de toutes les utilisations thermiques d'un lac ne doit pas réchauffer le volume récepteur de plus de 0,5 °C ou le refroidir de plus de 1 °C. On considère qu'un refroidissement de quelques dixièmes de degrés n'est pas susceptible de causer de dommages. En revanche, les effets potentiels doivent être soigneusement évalués dans le cas de refroidissements de plus de 0,5°C ou plus généralement d'apports de chaleur.
- Les bassins isolés du reste d'un lac (échanges d'eau très réduits) doivent être considérés séparément.
- Selon la profondeur du rejet thermique, on distingue deux cas de figure:
  - a) L'eau injectée se stabilise à la même profondeur que le prélèvement. Il faut alors éviter que la restitution gêne le captage (effet court-circuit).
  - b) L'eau injectée se stabilise à une autre profondeur que celle à laquelle s'effectue le prélèvement. En plus du transfert d'énergie thermique, le rejet provoque alors un déplacement d'eau entre les deux profondeurs. Cette translocation ne doit pas entraîner de flux significatif de nutriments ni de modification notable de la stratification. Une réduction du débit injecté (obtenue en général par une hausse du  $\Delta T$ ) permet de limiter les quantités d'eau déplacées. Une telle approche est souhaitable si les effets probables du déplacement d'eau sont plus forts que ceux de la modification de température provoquée localement au niveau de la restitution.
- La restitution doit être conçue de façon à ce que les courants résultants ne perturbent pas les processus naturels (formation de gel en surface, sédimentation, développement de la végétation riveraine, etc.).

## Informations sur d'autres aspects importants (sources externes)

- Informations générales: [Aperçu des rapports du programme «réseaux thermiques»](#) (SuisseEnergie, OFEN 2021)
- Conduites: [Utilisation des eaux de surface pour les réseaux thermiques](#) (SuisseEnergie, OFEN 2017)
- Echangeurs de chaleur et pollution: [Wärmerückgewinnung aus Abwasser](#); (Schriftenreihe der Eawag, Nr. 19; Eawag 2009)
- Pompes à chaleur: [Guide Pompes à chaleur: planification, optimisation, fonctionnement, entretien](#). (OFEN, 2008, révisé en 2018)
- Réseaux de chaleur, chauffage à distance: [Livre blanc - Le chauffage à distance en Suisse - Stratégie ASCAD](#); Perspectives à long terme de l'efficacité énergétique renouvelable dans le chauffage de proximité et à distance en Suisse (eicher+paoli, 2014) et [F1 f Directive pour réseaux de chaleur à distance](#) (SSIGE; édition 2017)
- Refroidissement: [Chauffer et rafraîchir grâce aux eaux usées](#), Conseils à l'intention des maîtres d'ouvrage, des communes et des exploitants (SuisseEnergie, OFEN 2016)

## Bases légales

Les exigences générales relatives aux conditions de température formulées dans l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) s'appliquent à toutes les utilisations de chaleur ou de froid à partir des lacs ou des cours d'eau:

- OEaux, annexe 1, 1<sup>3</sup>  
*La qualité de l'eau doit être telle que:*  
*a. le régime de température présente des caractéristiques proches de l'état naturel.*
- OEaux, annexe 2, 12<sup>3</sup>  
*Le prélèvement et le déversement d'eau ainsi que les ouvrages de construction ne doivent pas modifier l'hydrodynamique, la morphologie et la température du cours d'eau dans une mesure telle que sa capacité d'autoépuration soit réduite ou que la qualité de l'eau soit insuffisante pour permettre le développement de biocénoses spécifiques au cours d'eau.*

Une limite est fixée pour le changement de température maximal admissible dans les cours d'eau. Elle se réfère à la température la plus proche possible de l'état naturel. Cela signifie que les modifications déjà existantes du régime thermique doivent être prises en compte dans la planification de nouvelles installa-

tions. Par ailleurs, les modifications de la température ne sont autorisées que dans la mesure où les exigences générales indiquées plus haut sont respectées:

- OEaux, annexe 2, 12<sup>4</sup>  
*L'apport ou le prélèvement de chaleur ne doit pas modifier la température la plus proche possible de l'état naturel du cours d'eau de plus de 3° C et celle des tronçons appartenant à la zone à truites de plus de 1,5° C; la température de l'eau ne doit en outre pas dépasser 25° C. Ces exigences sont applicables après un mélange homogène.*

L'OEaux n'indique pas de limite quantitative pour les modifications de température admissibles dans les lacs mais formule des exigences qualitatives:

- OEaux, annexe 2, 13<sup>3</sup>  
*Pour les lacs, il faut également que:*  
*a. la régulation des eaux du lac, le déversement et le prélèvement d'eau, l'utilisation de l'eau pour le refroidissement et pour le prélèvement de chaleur n'altèrent pas, dans le plan d'eau, le régime naturel des températures, la répartition des nutriments ni les conditions de vie et de reproduction des organismes, en particulier dans la zone littorale.*

Exigences relatives aux circuits de refroidissement ouverts:

- OEaux, annexe 3.3, 21<sup>1</sup>  
*Les installations équipées de circuits de refroidissement ouverts doivent être planifiées et exploitées selon l'état de la technique de manière à produire le moins de chaleur possible et à permettre autant que possible la récupération des rejets thermiques.*
- OEaux, annexe 3.3, 21<sup>4</sup>  
*Pour les déversements dans les cours d'eau et les retenues fluviales, les exigences suivantes sont en outre applicables:*  
*a. la température des eaux de refroidissement ne doit pas être supérieure à 30 °C; par dérogation à cette exigence, l'autorité peut autoriser une température de 33 °C au maximum lorsque la température du cours d'eau dans lequel se fait le prélèvement dépasse 20 °C;*  
*b. le réchauffement des eaux ne doit pas être supérieur à 3 °C par rapport à une température aussi peu influencée que possible et dans les tronçons appartenant à la zone à truites du cours d'eau, il ne doit pas être supérieur à 1,5 °C; la température de l'eau ne doit pas dépasser 25 °C. Lorsque la température de l'eau dépasse 25 °C, l'autorité peut accorder des dérogations si le réchauffement de la température de l'eau n'excède pas 0,01 °C par déversement ou que le déversement provient d'une centrale nucléaire existante ;*  
*c. le déversoir doit garantir un mélange rapide des eaux;*  
*d. les eaux doivent être réchauffées assez lentement pour ne pas entraîner d'atteintes nuisibles aux biocénoses.*
- OEaux, annexe 3.3, 21<sup>5</sup>  
*En cas de déversement dans les lacs, en plus des exigences mentionnées aux al. 1 à 3, les conditions à remplir, en particulier en ce qui concerne la température des eaux de refroidissement, la profondeur et le type de déversement, seront fixées cas par cas en fonction de la situation locale.*

**Plus d'info:** Site Web du projet <https://thermdis.eawag.ch/fr> (en français, en allemand et en anglais). Propriétés des grands lacs et rivières suisses importantes pour les utilisations thermiques (températures habituelles, débits d'étiage, etc.); potentiels saisonniers d'extraction de chaleur ou de froid; utilisations thermiques existantes; développement d'un panache thermique; Les potentiels thermiques des grands lacs et rivières suisses peuvent être consultés sur [map.geo.admin.ch](http://map.geo.admin.ch), "Potentiel thermique des eaux".

**Personne à contacter à l'Eawag:** Martin Schmid, département Eaux de surface, +41 58 765 2193, [martin.schmid@eawag.ch](mailto:martin.schmid@eawag.ch)

**Ont contribué à cette fiche:** Adrien Gaudard (†), Martin Schmid, Alfred Wüest, dpt. Eaux de surface; Andri Bryner, Peter Penicka, dpt. Communication

**Adresse:** Eawag, Überlandstrasse 133, CH-8600 Dübendorf, Schweiz, +41 58 765 5511, [info@eawag.ch](mailto:info@eawag.ch), [eawag.ch](http://eawag.ch)