

Rapport final, 27 septembre 2017

# Programme «réseaux thermiques»

## Utilisation des eaux de surface pour les réseaux thermiques

**Auteurs**

Beatrice Schaffner, HOLINGER AG

Klemens Niederberger, AquaPlus AG

**La présente étude a été élaborée pour le compte de SuisseEnergie.  
La responsabilité du contenu incombe exclusivement aux auteurs.**

**Adresse**

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale : 3003 Berne  
Infoline 0848 444 444, [www.suisseenergie.ch/conseil](http://www.suisseenergie.ch/conseil)  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch)

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	1
ZUSAMMENFASSUNG	3
1 OBJECTIF DU DOCUMENT ET GROUPES CIBLES	5
1.1 Situation initiale	5
1.2 Contenu du présent document	5
2 ANALYSES	7
2.1 Limites	7
2.2 Analyse des mandats	7
2.3 Analyse de la situation	9
2.3.1 Lois et ordonnances fédérales	9
2.3.2 Pratiques cantonales	10
2.3.3 Autres groupes d'intérêts	13
2.3.4 Potentiel des eaux de surface et besoins côté terre	13
2.3.5 Les effets du changement climatique sur la technologie	15
3 APPLICATION DES BASES LÉGALES DU CÔTÉ DES EAUX	17
3.1 Exigences de base du côté des eaux	17
3.2 Exigences écologiques pour les plans d'eau	19
3.3 Exigences écologiques pour les cours d'eau	23
3.4 Exigences écologiques du système fluvio-lacustre	24
3.5 Exigences de construction du côté des eaux	25
4 PROCÉDURE D'AUTORISATION	27
4.1 Remarques préliminaires	27
4.2 Procédure administrative	28
4.3 Autorisations et contrats fonciers côté terre	28
4.3.1 Obligation de raccordement	29
5 DESCRIPTION TECHNIQUE: UTILISATION DES EAUX POUR LES RÉSEAUX THERMIQUES	30
5.1 Éléments	30
5.2 Référence de dimensionnement	30
5.3 Concept d'utilisation des eaux	31

5.3.1	Conduites lacustres	32
5.3.2	Station de pompage	32
5.3.3	Séparation du système (échangeurs de chaleur)	32
5.3.4	Intégration	34
5.3.5	Conduites de distribution	40
6	EXPÉRIENCES DE LA BRANCHE	42
7	RECOMMANDATIONS	44
7.1	Recommandations écologiques et techniques	44
7.2	Recommandations en ce qui concerne les procédures	45
8	SOURCES	46

Annexe 1: Liste de contrôle pour la mise en œuvre (côté eau)

Annexe 2: Effets et mesures concernant les ouvrages liés aux lacs

Annexe 3: Lois et ordonnances

Annexe 4: Bases légales dans le domaine de l'écologie

## RÉSUMÉ

Les plans d'eau tels que les cours d'eau et les lacs possèdent un énorme potentiel thermique pour chauffer et refroidir les bâtiments. Bien qu'une infime part du potentiel puisse être utilisée de manière écologique et économique, ces eaux devraient apporter une contribution importante à la réalisation des objectifs de la stratégie énergétique 2050. Un grand nombre d'acteurs sont impliqués dans les projets utilisant les eaux de surface à des fins thermiques tels que cantons, communes, pays voisins, investisseurs/services industriels, associations, groupes d'intérêt, propriétaires fonciers et clients.

Aujourd'hui, les grands lacs sont principalement sollicités pour le chauffage et le froid à distance alors que l'eau des fleuves est principalement utilisée à des fins de refroidissement.

Les cours d'eau doivent être protégés conformément à la Constitution Fédérale. Si des données ne sont pas encore disponibles dans la phase de planification, une étude de la flore, de la faune et de l'environnement doit être effectuée afin de documenter les zones écologiquement et archéologiquement sensibles et les sites contaminés doivent être localisés. Les effets du retour de l'eau réchauffée ou refroidie dans le plan d'eau doivent être modélisés. Cette étude propose que le changement de température admissible dans le cours d'eau devrait être limité à un maximum de 0,5 °C au lieu de 1 °C prescrit aujourd'hui afin de laisser aux générations futures une marge de manœuvre. La température de retour dans les lacs lors du refroidissement devrait être plus proche de 20 °C que la valeur maximale légale définie de 30 °C.

Les résultats des échantillonnages et de la modélisation servent à optimiser la pose de conduites et à entreprendre d'éventuelles mesures alternatives. La profondeur d'extraction et de retour doivent être inférieures à la thermocline (en-dessous de 25 m) afin de minimiser l'impact sur la flore et la faune. Lors de la pose de conduites, des méthodes de forage peu perturbatrices pour la végétation, la faune et la flore et d'autres objets dignes de protection doivent être privilégiées. Lors du soutirage de l'eau, une grille conforme à l'ordonnance sur la protection des poissons doit être placée à l'extrémité de la conduite.

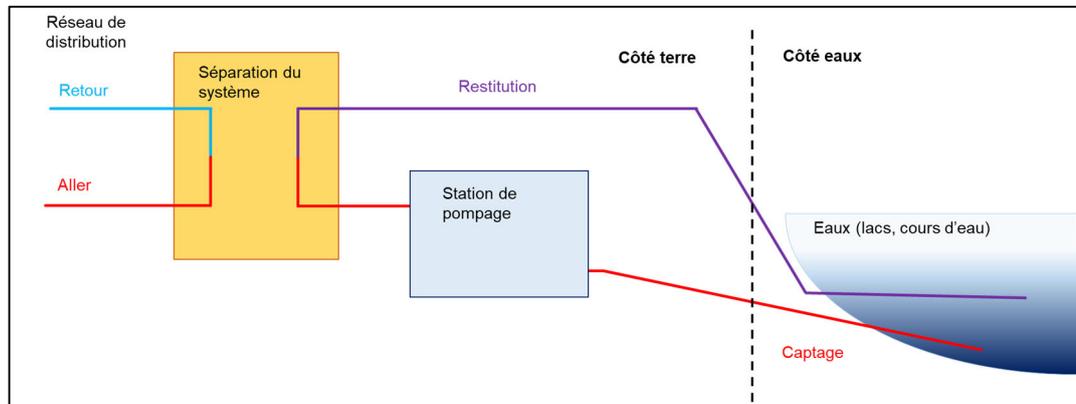
Le retour de l'eau chauffée après le refroidissement est considéré comme plus problématique que le retour de l'eau refroidie. Pour cette raison, l'utilisation future de l'eau du lac à des fins de refroidissement devrait prévoir une récupération interne de la chaleur fatale. Afin de réduire l'impact sur les cours d'eau, les installations à petite échelle ne devraient être approuvées qu'en cas d'un intérêt supérieur.

L'installation pour l'utilisation de l'énergie des cours d'eau se compose de:

- Conduites d'extraction et de retour (conduites en acier), conduite d'extraction avec crépine, conduite de retour avec tube mixte (si nécessaire)
- Station de pompage (pompe centrifuge) avec système de surpression (généralement souterraine pour obtenir une pression d'entrée de pompe)
- Séparation du système pour protéger l'eau et l'installation des dépôts (échangeur

de chaleur, généralement à plaques vissées)

- Réseau de distribution (conduites PE) avec raccordement direct (rare) ou indirect (commun)



Toutes les installations sont construites avec des matériaux communs. La surveillance de l'installation doit être effectuée selon les règles de l'art, en mettant l'accent sur la protection de l'eau (identification des fuites, températures atypiques, etc.).

Pour dimensionner le système, il faut connaître les besoins en chauffage et en refroidissement du périmètre de distribution. Le besoin en chaleur peut être estimé selon la consommation de gaz naturel et d'autres chiffres clés. Le besoin en refroidissement est difficile à déterminer. Celle-ci augmentera à l'avenir, tandis que la demande de chaleur diminuera.

Les communes peuvent définir des périmètres d'approvisionnement au moyen d'un plan énergétique. Il doit être techniquement et économiquement faisable pour les services industriels de fournir de la chaleur et du froid (par exemple, densément peuplé avec de grandes connexions, proche de l'eau). Outre le droit à la fourniture (exclusive) du périmètre, le fournisseur de services énergétiques doit également s'engager à respecter des obligations telles que la distribution de l'énergie dans les délais convenus préalablement par contrat. En cas d'obligation de raccordement pour les propriétaires fonciers, la commune doit s'accorder le droit de réviser les prix de l'énergie.

Le canton doit gérer la procédure d'autorisation, en tant qu'autorité principale, et rassembler les décisions des autorités cantonales. Les exigences de base pour octroyer un permis sont la démonstration qu'aucun impact négatif sur le plan d'eau n'est prévue, qu'il y ait un besoin en chauffage et en refroidissement sur le terrain, que la conformité à la loi soit respectée, qu'il existe des concepts et plans directeurs énergétiques et un intérêt public prépondérant. La commune est responsable de la procédure d'octroi de permis pour les terrains. Les cantons doivent tenir un registre des installations.

Parmi les nombreuses utilisations de l'eau du lac réalisées, citons le réseau d'eau du lac Meilen (intégration indirecte, chauffage), Spital Männedorf (intégration indirecte, chauffage et refroidissement), Genève Lac Nations (intégration directe, chauffage et refroidissement) et GeniLac (intégration directe, chauffage et refroidisse-

ment, captage dans le lac et retour dans le Rhône).

## ZUSAMMENFASSUNG

Gewässer wie Flüsse und Seen weisen ein enormes Potential an thermischer Energie zum Heizen und Kühlen auf. Auch wenn nur ein kleiner Teil davon sowohl ökologisch, wirtschaftlich als auch technisch genutzt werden kann, dürften die Gewässer einen gewichtigen Beitrag an die Zielerreichung der Energiestrategie 2050 leisten. Bei der thermischen Nutzung von Oberflächengewässern sind mit den Kantonen, Gemeinden, dem benachbarten Ausland, Investoren/Energiedienstleistern, Verbänden, Interessengruppen, Grundstückbesitzern und den Energiekunden eine Vielzahl von Anspruchsgruppen zu berücksichtigen.

Der Fokus für Wärme-/Kältenutzungen für Verbände liegt heute bei den grossen Seen. Dabei wird zwischen Heizen und Kühlen nicht unterschieden. Flusswasser wird heute hauptsächlich für Kühlungen eingesetzt.

Die Gewässer müssen gemäss Bundesverfassung geschützt werden. In der Planungsphase muss, sofern noch keine Daten vorliegen, eine Erhebung der Pflanzen- und Tierwelt sowie Umgebung gemacht werden, um ökologisch und archäologisch sensible Zonen zu dokumentieren sowie allfällige Altlasten zu lokalisieren. Die Effekte der Rückgabe des erwärmten oder abgekühlten Wassers in das Gewässer müssen modelliert werden. Dabei soll die zulässige Temperaturveränderung im Gewässer auf max. 0.5 °C anstatt heute auf 1 °C beschränkt werden, um auch zukünftigen Generationen einen Spielraum zu geben. Die Rückgabetemperatur in Seen bei Kältenutzungen soll näher bei 20 °C als beim gesetzlich maximalen Wert von 30 °C liegen.

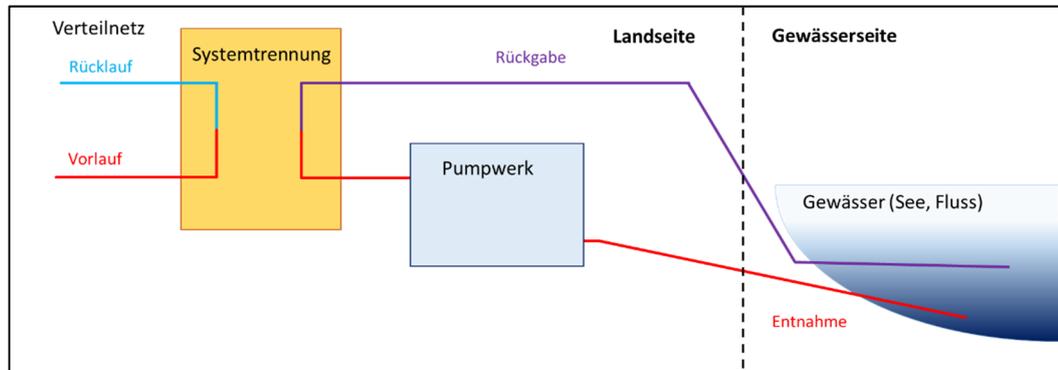
Die Ergebnisse der Datenerhebung und Modellierung dienen zur Optimierung der Leitungsführung und Tötung allfälliger Ersatzmannsnahmen. Dabei sollen sich sowohl die Entnahme- als auch die Rückgabentiefe unterhalb der Sprungschicht eines Sees (unter 25 m Wassertiefe) befinden, um die Flora und Fauna möglichst wenig zu beeinträchtigen. Beim Bau von Seeleitungen sollen bevorzugt Bohrverfahren mit geringer Störung der Vegetation und Tierwelt und weiterer schützenswerter Objekten eingesetzt werden. Zum gesetzlich vorgeschriebenen Fischschutz sind Seiher bei der Entnahmeleitung üblich und bewährt.

Die Rückgabe von erwärmtem Wasser aus Kühlnutzungen wird als problematischer erachtet als die Rückgabe von abgekühltem Wasser. Deshalb soll bei Kältenutzungen eine (mindestens zukünftige) Abwärmenutzung vorgesehen werden. Kleinanlagen sollen zur Reduktion der Anzahl der Eingriffe in die Gewässer nur bei Vorliegen eines übergeordneten Interesses bewilligt werden.

Die Anlage zur Energienutzung besteht aus:

- Entnahme- und Rückgabelleitungen (Stahlleitungen), Entnahmeleitung mit Seiher, Rückgabelleitung mit Mischrohr (falls erforderlich)
- Pumpwerk (Kreispumpe) mit Druckerhöhungsanlage (in der Regel unterirdisch, um einen Pumpenvordruck zu erhalten)

- Systemtrennung zum Schutz der Gewässer und der Anlage vor Ablagerungen (Wärmetauscher, in der Regel geschraubte Plattenwärmetauscher)
- Verteilnetz (PE-Leitungen) mit direkter Einbindung (selten) oder indirekter Einbindung (üblich)



Alle Anlagen sind in gängiger Bauweise und Werkstoffen ausgeführt. Die Überwachung der Anlage soll nach „Stand der Technik“ mit einem Fokus auf den Gewässerschutz ausgeführt werden (Identifizierung von Lecks, auffälligen Temperaturen etc.).

Zur Dimensionierung der Anlagen muss der Wärme- und Kältebedarf des zu versorgenden Perimeters bekannt sein. Der Wärmebedarf kann anhand Erdgasverbrauch und Kennzahlen gut abgeschätzt werden. Der Kältebedarf ist schwierig zu erfassen. Er wird in Zukunft zunehmen, während der Wärmebedarf abnehmen wird.

Die Gemeinden können Perimeter mittels eines Energieplans/Richtplans definieren. Deren Versorgung mit Wärme und Kälte muss für einen Energiedienstleister technisch und wirtschaftlich machbar sein (z. B. dicht besiedelt mit grossen Anschlüssen, Nähe zum Gewässer). Neben dem Recht zur (exklusiven) Versorgung des Perimeters muss der Energiedienstleister auch Pflichten wie die termingerechte Energielieferung mit einem vorher vertraglich vereinbarten Energiemix eingehen. Bei einer allfälligen Anschlusspflicht für Liegenschaftsbesitzer muss der Gemeinde das Recht eingeräumt werden, die Energiepreise zu überprüfen.

Im Bewilligungsverfahren soll der Kanton als Leitbehörde das Verfahren führen und die Entscheide der kantonalen Stellen in einem konzentrierten Entscheid zusammenführen. Grundvoraussetzungen für eine Bewilligung sind der Nachweis, dass keine negativen Auswirkungen auf das Gewässer zu erwarten sind, der landseitige Bedarfsnachweis für Wärme und Kälte, Konformität mit Energiegesetzen, -Konzepten und -Richtplänen sowie das Vorliegen eines öffentlichen Interesses. Die Gemeinde führt das landseitige Bewilligungsverfahren. Die Kantone sollen ein Anlagenregister führen.

Unter den mehreren realisierten Seewassernutzungen sind der Seewasserverbund Meilen (indirekte Einbindung, Heizen), Spital Männedorf (indirekte Einbindung, Heizen und Kühlen), Genève Lac Nations (direkte Einbindung, Heizen und Kühlen) und GeniLac (direkte Einbindung, Heizen und Kühlen, Fassung im See und Rückgabe in Rhone).

# 1 OBJECTIF DU DOCUMENT ET GROUPES CIBLES

## 1.1 Situation initiale

La stratégie énergétique 2050 vise à augmenter la part des sources d'énergie renouvelables indigènes. L'utilisation de l'énergie thermique des eaux de surface dans les réseaux thermiques peut apporter une contribution importante à cet égard, en particulier dans les villes à forte densité de population. De telles projets sont des démarches qui concernent plusieurs générations et nécessitent de gros investissement et ne peuvent être exploités de manière rentable qu'à long terme. Le potentiel de chauffage et de refroidissement des eaux de surface et la demande provenant des utilisateurs sont connus. Afin de pouvoir exploiter ce potentiel sur le plan écologique, technique et économique, des efforts globaux sont nécessaires.

- Les bases techniques et écologiques doivent être tangibles avant d'entrer dans la procédure d'autorisations, afin qu'il y ait un minimum de certitude en matière de planification à un stade précoce (avant la phase d'autorisation).
- Afin de pouvoir atteindre les objectifs, un concept global (intercantonal) est nécessaire.
- L'utilisation des plans d'eau doit être cartographiée au niveau du concept ou du plan énergétique.
- Le côté eau et le côté terre doivent être coordonnés afin qu'une procédure d'autorisation puisse être menée à bout dans un délai raisonnable.
- La sécurité en matière de planification est indispensable: les communes des sites et les fournisseurs de services énergétiques se mettent d'accord sur les objectifs, les droits et les obligations.

La coordination doit être assurée non seulement sur le plan technique, mais aussi sur le plan organisationnel des groupes d'intérêts:

- Investisseurs tels que les prestataires d'énergie, les contracteurs, les associations privées ayant une forte demande en énergie
- Autorités compétentes en matière d'autorisations:
  - Le canton, en raison des eaux qui leur appartiennent principalement
  - La commune, en tant qu'autorité octroyant les permis du côté terre avec droits et obligations
  - Les clients qui prélèvent de la chaleur et du froid

Des solutions durables peuvent ainsi être élaborées et un chemin possible pour une utilisation écologique à long terme des plans d'eau peut être présentée.

## 1.2 Contenu du présent document

Ce document de base fait le point sur les pratiques actuelles de l'utilisation ther-

mique des eaux de surface. Il comprend:

- Un aperçu de l'exploitation thermique des plans d'eau (lacs) ayant une profondeur de plus de 20 m et des cours d'eau dont le débit  $Q_{347}$  est supérieur à 500 l/s (pour les lacs peu profonds, un examen spécifique est nécessaire).
- Analyse de la situation, analyse des besoins
- Bases juridiques, normes, lignes directrices pour l'utilisation thermique des eaux de surface côté eau et côté terre
- Différences cantonales en ce qui concerne la mise en œuvre des lois fédérales
- Exigences écologiques et relatives à la construction côté eau
- Mise en œuvre de la base juridique côté eau et côté terre
- Aperçu de la pratique d'autorisation côté terre
- Aperçu de la technologie de l'utilisation des eaux, du prélèvement/rejet au réseau de distribution (sans augmentation de la température)
- Exemples typiques de projets réalisés
- Recommandations et critères de décision

Ce document est une aide pratique pour les preneurs de décisions, les planificateurs, les autorités, les investisseurs et les maîtres d'ouvrage. L'accent majeur est mis sur l'application des lois pour répondre aux exigences écologiques côté eau. En ce qui concerne le côté terre, l'expérience pratique est suffisante en raison du grand nombre de réseaux thermiques mis en place dans tous les cantons. Il est nécessaire de clarifier les droits et les obligations des différents groupes d'intérêts.

Ce document contient toutes les exigences générales et de niveau supérieur qui doivent également être mentionnées dans un cahier technique. Cependant, en raison des différences cantonales, ce document ne sert pas de cahier technique pour le dépôt d'une demande de concession et d'autorisation d'un réseau thermique. Les spécifications énumérées ici doivent être reprises dans un cahier technique.

## 2 ANALYSES

### 2.1 Limites

Ce document de base présente l'état actuel de la pratique et décrit les bases juridiques pour l'exploitation thermique des eaux de surface <sup>1</sup>. Il en découle des recommandations visant à simplifier la planification de ce genre de projets.

Seules les zones de captage d'eau et les conduites de distribution sont prises en compte (Figure 1) dans ce document. L'utilisation de l'énergie (élévation de la température, comme porteur frigorifique) n'est pas traitée.

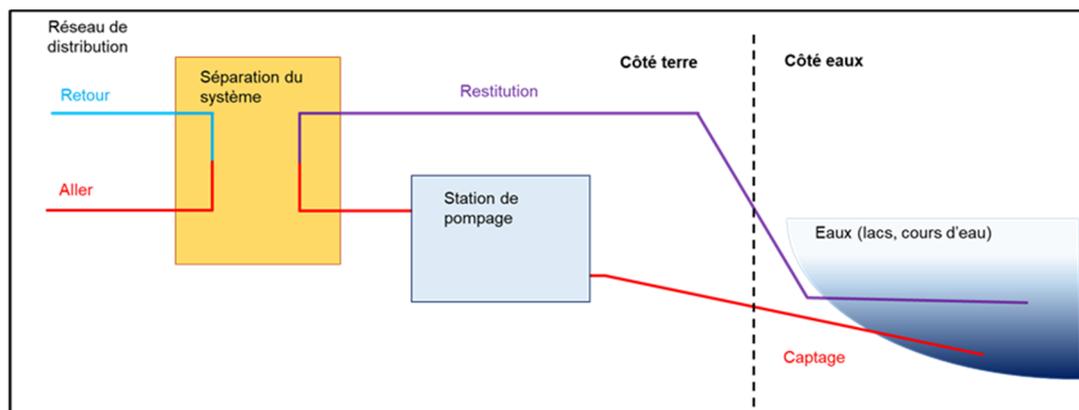


Figure 1: Système d'exploitation des eaux de surface examiné

La pression liée à l'utilisation des eaux de surface augmente. Les cantons l'ont reconnu et ils rédigent actuellement leurs propres directives pour fournir des aides à la planification aux groupes concernés. Ce document présente la situation en juillet 2017.

### 2.2 Analyse des mandats

L'utilisation de la chaleur ambiante comme source pour le chauffage des bâtiments est une technologie largement utilisée. Lorsque les eaux de surface sont utilisées pour la production de chaleur, l'eau est prélevée dans le plan d'eau à basse température (généralement inférieure à 10 °C), refroidie à travers un échangeur de chaleur et restituée ensuite dans le plan d'eau (cycle primaire). La chaleur récupérée est transmise à une pompe à chaleur dans un second circuit d'eau fermé (circuit secondaire), portée à la température requise (généralement 40-60 °C) et ensuite utilisée. Lorsqu'elle est consommée à des fins de refroidissement, l'eau est prélevée dans le plan d'eau. Elle absorbe la charge thermique au niveau d'un échangeur de chaleur et est restituée dans le plan d'eau après avoir été chauffée.

Aujourd'hui, quelques grands réseaux utilisent les eaux de surface comme source de chaleur (voir chapitre 6).

<sup>1</sup>On considère comme eaux de surface thermiquement exploitables un lac d'une profondeur supérieure à 20 m et un cours d'eau dont le débit  $Q_{347}$  est supérieur à 500 l/s.

Divers facteurs clés favorisent ou d'entravent l'utilisation de la chaleur ambiante. Les facteurs déterminants et leurs effets sont présentés de manière qualitative dans le Tableau 1.

**Tableau 1: Les facteurs clés et leurs répercussions**

Facteur clés	Répercussion (+ = moteur, - = obstacle)
<b>Lois, ordonnances, concessions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Le MoPEC 2014 exige une part définie d'énergies renouvelables pour le chauffage des bâtiments.</li> <li>+ L'augmentation des taxes sur le CO2 fait grimper le prix des combustibles fossiles.</li> <li>- Les différences de réglementation entre les communes rendent les projets intercommunaux plus complexes.</li> <li>- Intervention sur le marché par le biais des dispositions légales.</li> <li>- Le chauffage et le froid à distance deviennent plus chers en raison des redevances de concession exigées par les communes.</li> </ul>
<b>Aspects techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Les nouvelles constructions chauffent avec de faibles températures aller, les solutions de pompes à chaleur nécessitent moins d'électricité et sont plus économiques.</li> <li>+ Des constructions bien isolées ont besoin de froid et de chaleur</li> <li>+ Les systèmes de régulation et de contrôle intelligents pour les réseaux permettent d'améliorer l'efficacité et donc la rentabilité (par exemple en évitant les pointes de charge).</li> <li>+ Les zones urbaines et les complexes de bâtiments existants se prêtent bien aux réseaux, mais moins aux solutions individuelles avec des énergies renouvelables telles que les panneaux solaires thermiques, les pompes à chaleur air-eau, les solutions géothermiques, etc.</li> <li>- Les bâtiments optimisés d'un point de vue énergétique ont des besoins en chaleur faibles ou nuls.</li> </ul>
<b>Marché</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Avec les solutions intégrées, le propriétaire ne doit pas s'occuper de la maintenance, de l'entretien, de la fourniture d'énergie (gestion par un contracteur).</li> <li>+ Sécurité en termes de planification: les dépenses courantes annuelles pour les réseaux de chauffage sont moins volatiles que pour le gaz naturel et le mazout.</li> <li>+ Des taxes sur le CO2 faibles ou nulles avec un mix d'énergies renouvelables</li> <li>+ Le besoin en refroidissement augmente</li> <li>- Diminution du besoin de chaleur due au réchauffement climatique et à la rénovation/remplacement des anciens bâtiments</li> <li>- Le démantèlement et l'amortissement des conduites de gaz naturel non amorties constituent un fardeau financier pour les fournisseurs d'énergie.</li> </ul>

<b>Écologie et société</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Les nouveaux réseaux de chauffage comportent une part très élevée d'énergies renouvelables afin de répondre aux exigences légales.</li><li>+ L'incitation à la densification des constructions va augmenter le recours aux solutions en réseaux.</li><li>+ La croissance démographique et l'utilisation progressive des surfaces pour le logement «compensent» au moins en partie les gains en termes d'efficacité, les réseaux restent donc importants.</li><li>+ Si les pompes à chaleur utilisent de l'électricité renouvelable, celle-ci ne peut être comptabilisée comme électricité renouvelable que si elle est utilisée dans le cadre d'un réseau (ce qui n'est actuellement pas possible pour les systèmes individuels).</li><li>- Les projets ayant un impact (temporaire) sur l'environnement sont suivis de manière très critique par les groupes d'intérêts et subissent, le cas échéant, des retards.</li><li>- Les eaux de surface sont déjà fortement sollicitées pour l'eau potable, les sports, les loisirs, la pêche, le tourisme, et d'autres interventions doivent être bien communiqués.</li><li>- Aujourd'hui, les plans d'eau ont tendance à être trop chauds, et un apport supplémentaire de chaleur pourrait représenter une charge inadmissible.</li><li>- La pose de conduites dans les plans d'eau (y compris les zones riveraines) peut entraîner un impact temporaire sur l'environnement (plantes, animaux)</li><li>- La pose de conduites de distribution provoque temporairement du bruit et des clôtures partielles de routes</li></ul>
----------------------------	--

Les vecteurs les plus importants sont les exigences légales, les progrès techniques dans le domaine de la production d'énergie (augmentation de l'efficacité) et la tendance sociale à privilégier des solutions non fossiles. La diminution du besoin en chaleur ainsi que l'augmentation des coûts de production, la pression croissante des différents groupes d'intérêts en ce qui concerne l'utilisation des eaux de surface et l'autonomie des communes, chacune avec ses propres exigences, sont susceptibles d'entraver la mise en œuvre de solutions en réseaux.

## 2.3 Analyse de la situation

### 2.3.1 Lois et ordonnances fédérales

Les lois fédérales pertinentes sont:

- Constitution fédérale [1]
- Loi et ordonnance sur la protection des eaux [2], [3]
- Loi sur la pêche [4]
- Loi et ordonnance sur la protection de la nature et du paysage [5], [6]

- Loi sur l'aménagement du territoire [7]
- Loi sur l'énergie [8]
- Loi sur le CO2 [9]

Les lois, ordonnances et directives cantonales et communales en découlent. Les eaux cantonales demeurent du ressort des cantons et les questions terrestres du ressort des communes.

Les lois, ordonnances, directives, normes, etc. et leurs articles correspondants sont énumérés en Annexe 3.

### 2.3.2 Pratiques cantonales

La mise en œuvre de la législation fédérale relève de la compétence des cantons. Il en résulte une multitude de pratiques diverses. Les cantons de Zurich, Berne, Vaud, Genève, Lucerne, Schwyz et Bâle-Ville, en tant qu'États riverains de grands plans d'eau, ont été invités à préciser s'ils proposent, en plus des lois, des aides à la planification, des directives ou des instruments similaires au niveau cantonal (Tableau 2). Les cantons de Zurich et de Berne (en cours) et les cantons riverains du lac de Constance et du lac des Quatre-Cantons (en cours) disposent d'une aide à la planification. Dans les autres cantons consultés, il n'existe pas de guide. Les exigences (températures, profondeurs, etc.) doivent découler des lois.

**Tableau 2: Les cantons et les entreprises riverains de grands plans d'eau consultés.**

Bâle-ville	Pas de cahier technique
Berne	En cours: explications [15]
Zurich	Aide à la planification [12]
Vaud	Pas de cahier technique
Genève	Pas de cahier technique
Lucerne	Pas de cahier technique
Schwyz	Pas de cahier technique
Commission de surveillance du lac des Quatre-Cantons (Uri, Schwyz, Obwald, Nidwald, Lucerne)	Utilisation de la chaleur et du froid du lac des Quatre-Cantons, ligne directrice, draft non approuvé [14]
Commission internationale pour la protection des eaux du lac de Constance (Allemagne, Suisse, Autriche, Principauté du Liechtenstein)	La directive sur le lac de Constance 2005 [13]

Aucun des cantons consultés ne souhaite des installations à petite échelle. De même, le rejet de charges thermiques (refroidissement uniquement) n'est autorisé que sous certaines conditions (contrôle de l'utilisation des rejets thermiques, exigences minimales pour les bâtiments approvisionnés, documentation de l'apport de chaleur).

L'«Aide à la planification pour l'utilisation de la chaleur et du froid des lacs et des cours d'eau» du canton de Zurich est probablement [12] l'un des premiers guides pratiques. Un document est actuellement en préparation dans le canton de Berne [15]. Les cantons de Vaud et de Genève, riverains du lac Léman, ne possèdent outre les lois en vigueur, pas de règlement cantonal. Le canton de Bâle-Ville, riverain du Rhin, ayant quelques installations de refroidissement, ne dispose pas non plus de directives ou d'aides à la planification propres. Le Rhin connaît déjà des températures supérieures à 25 °C en été, ce qui se traduit par des permis restrictifs dans le cadre de l'utilisation du froid.

Pour le lac de Constance et le lac des Quatre-Cantons, il existe des comités internationaux ou intercantonaux qui ont élaboré des directives pour l'utilisation de la chaleur et du froid provenant des lacs utilisés en commun (directives du lac de Constance [13], directives de la Commission de surveillance du lac des Quatre-Cantons, projet [14]). Il n'existe pas de directive ou de commission commune pour le lac de Zurich avec ses trois cantons riverains Zurich, Saint-Gall et Schwyz. Les cas intercantonaux sont traités séparément en fonction du projet.

Dans le , les priorités des grands cantons et des commissions consultés, sont énumérées.

Les règles communes ou divergentes suivantes sont marquantes:

- L'accent est mis sur les grands lacs
- 200 kW est la limite de puissance inférieure pour obtenir une autorisation de captage d'eaux profondes. Cette puissance permet de chauffer au moins 20 appartements.
- La conduite lacustre doit être dimensionnée avec une option d'extension ou avec un outil de dimensionnement prescrit.
- Aucune distinction n'est faite entre le chauffage (prélèvement de chaleur) et le refroidissement (apport de chaleur).
- La température maximale de retour de l'eau du lac peut être comprise entre 20 °C (directive sur le lac de Constance) et 30 °C dans le canton de Zurich, (LEaux)
- Un changement de température maximal de 7 °C n'est défini que pour le lac des Quatre-Cantons.
- Le changement maximal de la température d'un lac peut être compris entre 0,5 °C (canton de Berne) et 1 °C (directive sur le lac de Constance) dans le cadre de son exploitation thermique.
- Dans tous les cantons, la protection des plans d'eau contre la pollution du terrain est obligatoire.

**Tableau 3: Comparaison des exigences relatives à l'utilisation des eaux de surface des différents cantons (uniquement les cantons et les commissions disposant de guides, d'explications, etc.)**

	Confédération	Zurich	Suisse centrale	Lac de Constance	Canton de Berne
	Lois fédérales LEaux OEaux	Aides à la planification utilisation de la chaleur et du froid des cours d'eau et des lacs	Projet: utilisation de la chaleur et du froid lac des Quatre-Cantons (LU, UR, SZ, OW,NW)	Directives lac de constance (CH, DE, A, FL)	Explications pour la préparation d'une demande de concession de pompe à chaleur ou d'eau de refroidissement sur eaux de surface, PROJET
Conflits d'intérêt	Réglémenté par un droit spécial: pêcheurs professionnels	-	Coordination avec d'autres utilisations, pas d'interférence dans des zones clairement définies	- Pas de court-circuit - Distances minimales définies par rapport aux captages d'eau potable - Prévention des effets de sommation thermique	Réchauffement climatique: l'apport de chaleur est considéré comme critique
Température de restitution max. de l'eau de refroidissement	- Lacs: à déterminer au cas par cas en fonction des conditions locales - Cours d'eau: max 30 °C	- Lacs: max. 30 °C - Cours d'eau: en général, pas plus de 25 °C, restrictions si la température de l'eau atteint 25 °C	Pas d'informations	Max. 20 °C	-
Aptitude à être autorisé «seulement refroidissement»-	-	Preuve que les rejets thermiques ne peuvent pas être utilisés; une utilisation ultérieure des rejets thermiques par des tiers doit être autorisée	Généralement pas d'autorisation; examen et utilisation possible de la récupération des rejets thermiques	Examen de l'utilisation des rejets thermiques. Viser les systèmes combinés	Relevé des quantités d'eau. Températures et apport de chaleur (si la chaleur est utilisée, seule la quantité d'eau doit être enregistrée)
Refroidir: exigences relatives aux bâtiments alimentés	-	Nouvelles constructions: norme Minergie Bâtiments existants: optimisation énergétique	Ombage optimal des bâtiments raccordés	-	-
Changement de température entre le captage et la restitution	-	-	Max. 7 °C	-	-
Changement de température des eaux	- Lacs: pas d'informations - Cours d'eau: max. 3 °C (zone à truite: max. 1.5 °C)	- Eaux: 3 °C (zone à truite max. 1.5 °C)	Pas d'informations	Lac de Constance: max. 1 °C en dehors de la zone de mélange	- Lacs: max. 0.5 °C - Cours d'eau: max. 3°C (zone à truite: max. 1.5 °C)
Profondeur de prélèvement	-	< 200 kW: profondeur de prélèvement max. 4 m: pas d'eau profonde pour les petites installations	Min. 20 m	0 - 40 m de profondeur, en fonction de l'utilisation	20 - 70 m, adapté aux lacs et à leur utilisation
Profondeur de restitution	-	< 200 kW: restitution aux abords des berges (max. 2 m de profondeur)  Installations de refroidissement: Vérification / calcul de la profondeur de restitution	Été: en-dessous de la thermocline à 20 - 35 m ou restitution dans la Reuss Hiver: en-dessous de la thermocline ou près de la surface	20 - 40 m de profondeur, en hiver et dans des cas exceptionnels, justifiés par des raisons techniques, près de la surface	-
Restrictions pour les petites installations	-	< 200 kW: pas d'eaux profondes	< 200 kW: en général pas d'autorisation (preuve de l'intérêt public)	Éviter les installations < 200 kW	Les grandes installations doivent être privilégiées
Dimensionnement des conduites lacustres	-	> 200 kW: dimensionnement avec une réserve de 50 %	> 800 kW: planifier les options d'expansion en fonction des possibilités	Dimensionnement avec des instruments de mesure des directives du lac de Constance obligatoire	-

	Confédération	Zurich	Suisse centrale	Lac de Constance	Canton de Berne
	Lois fédérales LEaux OEaux	Aides à la planification utilisation de la chaleur et du froid des cours d'eau et des lacs	Projet: utilisation de la chaleur et du froid lac des Quatre- Cantons (LU, UR, SZ, OW,NW)	Directives lac de constance (CH, DE, A, FL)	Explications pour la préparation d'une demande de conces- sion de pompe à chaleur ou d'eau de refroidissement sur eaux de surface, PROJET
Protection des eaux contre la pollution	Valeurs limites: pas d'information sur les mesures techniques de protection	- Circuit intermédiaire obligatoire lors de l'utilisation de pompes à chaleur ou d'installations de refroidissement - Équipements de sécurité et de contrôle selon l'état de la technique	Installations, équi- pements de sécurité et de contrôle selon l'état de la technique	Les échangeurs de chaleur doivent être exploités avec le circuit intermédiaire	En général: le circuit intermédiaire est exigé.
Gérer les développe- ments futurs				Registre des installa- tions	

### 2.3.3 Autres groupes d'intérêts

Outre les exigences légales, il faut prendre en compte un certain nombre d'autres groupes d'intérêts ayant des droits spécifiques dans le processus d'autorisation. Il s'agit entre autres de:

- Corporations
- Pêcheurs professionnels
- Navigation
- Loisirs, baignade
- Etc.

Les intérêts de ces groupes ne se limitent pas seulement à l'environnement, mais sont également d'ordre financier.

### 2.3.4 Potentiel des eaux de surface et besoins côté terre

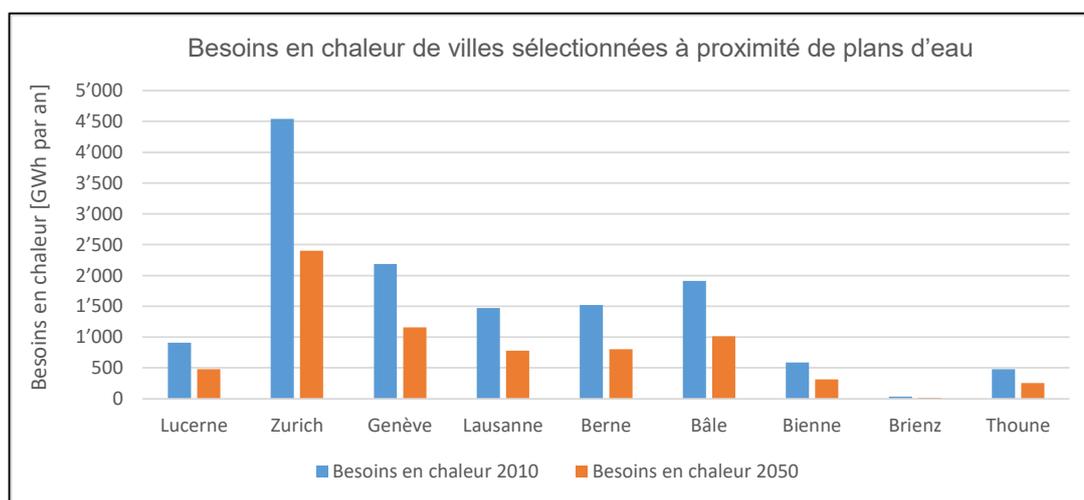
La consommation énergétique globale de la Suisse a considérablement augmenté au cours des dernières décennies, passant d'environ 50 TWh en 1950 à quelque 229 TWh en 2014 [17]. La consommation énergétique du secteur «ménage» a également augmenté et représente aujourd'hui environ un tiers de la consommation finale d'énergie, soit 76 TWh par an. Environ 80 % de ce montant est utilisé pour le chauffage et est principalement généré par des sources non renouvelables.

Près de 8 TWh d'électricité (soit 14 % de la consommation d'électricité) sont utilisés chaque année pour la production de froid [18]. Le besoin en froid et les exigences en matière de températures ne sont pas connues. Le froid peut également être fourni par les eaux de surface. Les eaux de surface peuvent être utilisées pour le refroidissement, de sorte que le refroidissement puisse être généré plus efficacement par l'électricité. Il est impossible de faire une estimation du froid fourni par les eaux de surface, car on ne connaît ni les besoins ni les exigences.

Le besoin en refroidissement devrait augmenter à l'avenir, tandis que le besoin en chaleur devrait diminuer.

Environ 17 TWh de chaleur peuvent être fournis aux bâtiments par an via les systèmes de chauffage à distance<sup>2</sup>. En supposant une réduction de la consommation de chaleur de 50% pour les bâtiments résidentiels et dans le tertiaire, et de 20% dans l'industrie, le besoin en chaleur diminuera pour atteindre environ 45 TWh par an en 2050 [19]. Les 17 TWh précités couvriraient alors environ 38 % du besoin en chaleur. Dans le cadre de ces considérations, le besoin en froid n'a pas encore été déterminé.

Pour sept grandes agglomérations à proximité de lacs et de cours d'eau, le besoin énergétique a été évalué en partant de l'hypothèse que ce besoin dépend linéairement du nombre d'habitants. Ces sept villes nécessitent environ 13 GWh de chaleur pour 15 % des habitants de la Suisse (Figure 2). En 2050, elles devraient avoir des besoins représentant environ 9 GWh de chaleur.



**Figure 2: Besoin en chaleur de huit grandes villes et de Brienz à proximité de plans d'eau.**

Pour l'évaluation du potentiel, 20 % des habitants de ces villes sont alimentés en chaleur par les plans d'eau (zones proches des plans d'eau).

Dans le Tableau 4, le besoin en chaleur qui pourrait être couvert par les eaux de surface est comparée au potentiel des eaux de surface correspondant. Le potentiel de chaleur dépasse de loin le besoin. Le potentiel a été déterminé sur la base d'un refroidissement ou d'un réchauffement du volume total de l'eau de 0,5 °C dans les lacs ou de 1 °C dans les cours d'eau. Le potentiel exploitable sur le plan technique, écologique et économique sera considérablement inférieur. Cependant, cette évaluation approximative montre la grande importance des eaux de surface en matière de fourniture d'énergie thermique.

<sup>2</sup> La condition pour l'évaluation du potentiel était que les coûts de distribution ne devaient pas dépasser 4,5 Rp/kWh, ce qui exclut les zones à faible densité de besoins.

**Tableau 4: Besoin en chaleur pouvant être satisfaite par les eaux de surface et potentiel thermique des eaux de surface<sup>3</sup>. [27]**

Évaluation du potentiel des eaux de surface [19]; à l'exception des valeurs pour les lacs de Brienz et de Thoune. [27]

Ville	Besoins en chaleur	Besoins en chaleur	Eaux	Potentiel thermique et frigorifique des eaux
	2010 GWh/a	2050 GWh/a		GWh/a
Lucerne	182	96	Lac des Quatre-Cantons	7'000
Zurich	908	481	Lac de Zurich	2'400
Genève	437	231	Lac Léman	30'000
Lausanne	295	156	Lac Léman	30'000
Berne	304	161	Aar	1'000
Bâle	383	203	Rhin	12'000
Bienne	118	62	Lac de Bienne	700
Brienz	33	17	Lac de Brienz	3'016
Thoune	481	254	Lac de Thoune	3'790
<b>Somme</b>	<b>3'140</b>	<b>1'662</b>		<b>89'906</b>

Le potentiel théorique calculé des eaux de surface dépasse de loin le besoin. Dans la présente étude, le potentiel exploitable n'a pas été analysé.

En 2008, les besoins énergétiques pour le froid de confort représentaient environ 1'200 GWh [18]. Une partie de cette énergie peut être remplacée par l'utilisation des eaux de surface. Cependant, cette part n'est pas connue. Une augmentation du besoin en froid est considérée comme étant garantie. Une grande partie des demandes et des autorisations relatives à un approvisionnement en eau du lac de Zurich concerne des utilisations de froid ou de chaleur/froid.

### 2.3.5 Les effets du changement climatique sur la technologie

Les effets du changement climatique sur les eaux de surface font l'objet de recherches.

En général, l'eau à la surface des lacs se réchauffe plus que la masse terrestre environnante, bien qu'il y ait des exceptions et des différences majeures [24]. Selon l'état actuel des connaissances, de nombreux lacs se réchauffent plus que la terre et l'air. La température moyenne estivale de surface de 235 lacs analysés dans le monde a augmenté de 0,34 °C [24]. La tendance est même plutôt sous-estimée, aurait déclaré le responsable de l'étude.

Diverses études ont examiné les conséquences du réchauffement climatique sur les lacs de Constance, de Zurich et Léman [26]. Il s'est avéré que ces trois plans d'eau présentent une réaction pratiquement identique en termes de bilan thermique et de température. Pour le lac de Constance, un calcul des variations des flux de chaleur a été effectué. À mi-21<sup>ème</sup> siècle (2045 à 2075), il en résulte une augmentation du

<sup>3</sup>Le potentiel thermique des lacs se réfère au volume total d'eau et à un refroidissement du lac de 0,5 °C. Pour les cours d'eau, l'énergie thermique a été déterminée avec un flux minimum en hiver et un refroidissement de 1 °C [19].

flux de chaleur moyen de l'atmosphère vers l'eau lacustre, avec une hausse de la température de surface de  $\sim 1,9$  °C.

Par rapport au potentiel de refroidissement supposé (avec un apport de chaleur correspondant), le changement climatique est beaucoup plus important. Il se trouve même que le réchauffement climatique attendu de la surface du lac d'environ  $1,9$  °C ne serait que modérément réduit (moins de  $\sim 0,5$  °C), même si l'utilisation maximale de la chaleur (chauffage) devait se faire en hiver.

Le réchauffement climatique a également des effets sur la demande: les besoins en chaleur vont diminuer, les besoins en froid vont augmenter. Dans le cas de refroidissement sans utilisation simultanée des rejets de chaleur, l'eau réchauffée est restituée au plan d'eau. Un conflit d'utilisation surgit, car un réchauffement supplémentaire des plans d'eau par des installations techniques n'est pas souhaité. La pression en ce qui concerne l'utilisation des plans d'eau va probablement s'accroître.

### 3 APPLICATION DES BASES LÉGALES DU CÔTÉ DES EAUX

Les bases légales pour les eaux de surface fournissent des lignes directrices claires pour les interventions dans les plans d'eau. Ces directives définissent le cadre du projet.

La mise en œuvre des bases légales a été divisée en:

- D Exigence directe à partir de la loi
- A Exigence dérivée
- N Pas d'exigence spécifique malgré le lien juridique

#### 3.1 Exigences de base du côté des eaux

- D L'apport ou le prélèvement de chaleur ne doit pas modifier la température du cours d'eau de plus de 3 °C, et celle des tronçons appartenant à la zone de truites de plus de 1,5 °C, par rapport à la température du cours d'eau dans son état naturel; en plus, la température de l'eau ne doit pas dépasser 25 °C. Ces exigences sont applicables après un mélange homogène. Il en résulte le potentiel thermique exploitable du plan d'eau concerné.
- A L'utilisation thermique acceptable d'un plan d'eau stagnant ne doit pas entraîner un changement de température supérieur à 0,5 °C<sup>4</sup> (tant pour l'utilisation de la chaleur avec refroidissement que pour l'utilisation du froid avec réchauffement) [25]. Il en résulte le potentiel de chaleur exploitable du plan d'eau concerné (changement de température de 0,5 °C maximum, cf. également Annexe 1).
- A Les autorités compétentes font un décompte systématique du potentiel de chaleur déjà exploité et en tiennent compte dans la pratique d'autorisation pour les nouvelles installations ou les extensions d'installations existantes. Une fois que le seuil est atteint, aucune autorisation supplémentaire pour l'utilisation thermique du plan d'eau ne peut être accordée. Pour divers plans d'eau, des accords intercantonaux ou même transnationaux sont indispensables.
- A Pour chaque projet d'exploitation thermique, un état réel des indicateurs pertinents pour la biosphère doit être relevé dans un environnement significatif de prélèvement et de rejet d'eau<sup>5</sup>:

---

<sup>4</sup>La valeur limite initiale d'un changement de température maximal de 1 °C date de 1981 [25] et est trop élevée selon les connaissances actuelles.

<sup>5</sup>La végétation sous-marine est également un bon indicateur pour les changements thermiques. D'autres organismes peuvent également être pris en considération (par exemple le macrozoobenthos ou les poissons), mais soit ils sont moins bien «décrits» par la loi, soit une enquête sérieuse prend beaucoup plus de temps ou il n'y a pas assez d'informations sur l'approche méthodologique ou leur pertinence en tant qu'indicateurs. Toutefois, lors de la soumission d'une demande de concession, des déclarations sur les aspects ichtyoécologiques (y compris tout impact sur les lieux de frai, le développement des larves et des juvéniles, la perturbation par les voies de transit, etc.) doivent être présentées dans le cadre du rapport sur l'écologie des eaux, en plus d'une évaluation des effets sur la végétation subaquatique.

- lacs: relevé de la végétation d'une section de berge d'au moins 100-200 m de long selon la méthode «MESAV+»[28]. Prise des plantes aquatiques avec des transects de plongée à des intervalles de 20 à 40 m du rivage à la limite inférieure de répartition. La zone considérée doit se trouver si possible dans une zone d'influence potentielle du retour de l'eau (tenir compte des courants du lac).
- cours d'eau: à l'heure actuelle, aucun indicateur approprié (poissons, invertébrés, diatomées, autres algues, végétation) ne peut être recommandé pour caractériser l'état RÉEL et pour contrôler le succès en ce qui concerne les conditions de température. Des clarifications / investigations ou des expériences in-situ doivent être effectuées, par exemple sur les processus de développement à température contrôlée tels que le comportement d'éclosion des poissons, l'émergence des invertébrés, etc. Pour le moment, au lieu d'utiliser une approche (encore à définir) axée sur l'immission au niveau de l'organisme, une surveillance différenciée de la température (à la fois absolue, par exemple avec des mesures par sonde, ainsi qu'en ce qui concerne le mélange en cas de retour de l'eau, par exemple avec des images thermiques) est conseillée.

L'état RÉEL AVANT la mise en service de l'installation est ainsi enregistré et constitue la base d'un monitoring ultérieur pour vérifier le degré de conformité des exigences légales.

Les autorités se voient confier les tâches suivantes, qui découlent des exigences de base:

- Pour chaque plan d'eau utilisé à des fins thermiques, les autorités fixent un état initial de la température ou des indicateurs, et surveillent les changements. Les effets du réchauffement climatique doivent être anticipés et pris en compte de manière appropriée lors de l'évaluation de la situation et de l'octroi des permis. Il convient d'apporter la preuve que les exigences légales (max. 3 °C ou 1,5 °C dans un cours d'eau, max. 0,5 °C dans un plan d'eau en raison des exigences légales) sont respectées à long terme par rapport à un état initial référencé (contrôle de réussite)<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup>Pour chaque cours d'eau, le «point zéro» (conditions de température non influencées) doit être déterminé par section et en fonction de l'altitude, et les charges initiales (par exemple les effluents de STEP et autres installations plus importantes et constantes) doivent être prises en compte. Une attention particulière doit être accordée aux tronçons à débit résiduel. Pour déterminer le changement de température maximal admissible, il convient de considérer non pas l'état ichthyoécologique, mais les espèces présentes dans les eaux. En particulier, pour les espèces sensibles à la température comme l'ombre, la truite de rivière et de lac, la limite est fixée à 1,5 °C, quelle que soit la région ichthyoécologique.

### 3.2 Exigences écologiques pour les plans d'eau

#### (Prélèvement et rejet dans le lac - profondeur supérieure à 20 m)

Les flux de chaleur les plus importants dans un plan d'eau (lac) sont indiqués dans la Figure 3. Le panache pourrait représenter l'apport de chaleur provenant d'une utilisation d'énergie.

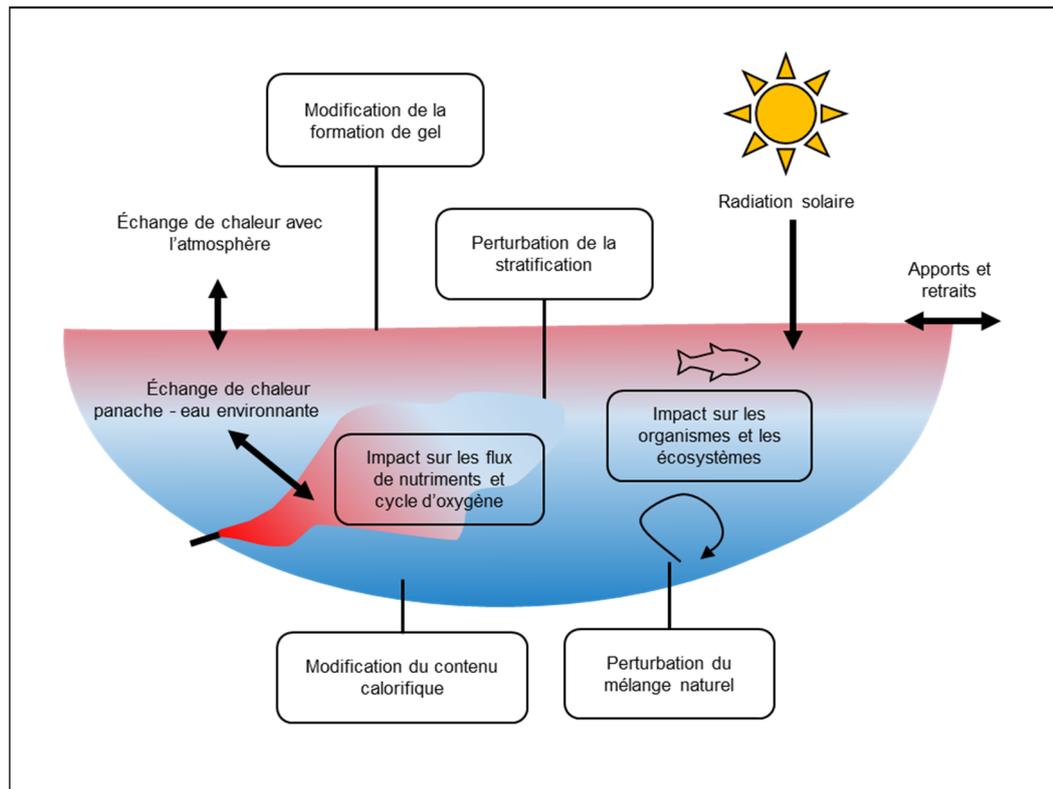


Figure 3: Vue d'ensemble des principaux flux de chaleur (flèches) dans un lac (de [28]).

- D L'eau restituée ne doit pas dépasser une température de 30 °C. Toutefois, la directive sur le lac de Constance [26] recommande que la température de retour de l'eau utilisée à des fins thermiques ne dépasse pas 20 °C.
- A L'eau restituée ne doit pas perturber la stratification thermique estivale (dans sa structure et sa durée) ainsi que la végétation immergée sous la thermocline adaptée aux conditions uniformément froides. Citation de la directive sur le lac de Constance [26]: «Afin de ne pas affecter négativement la température et la stratification (par exemple, réchauffement local / stratification de la surface), le bilan nutritif du lac et l'activité biologique dans la couche de surface, le rejet de l'eau de refroidissement au cours du semestre d'été devrait toujours se faire en dessous de la thermocline (en dessous de 20 m de profondeur du lac)». La profondeur de rejet doit donc être déterminée en conséquence, la remontée de l'eau de rejet chauffée ne doit pas affecter la limite inférieure de la végétation (si possible, pas non plus la potentielle).
- A Dans les lacs suisses, la limite de profondeur maximale de la végétation est considérée à 20 m [20]. En règle générale, le rejet de l'eau devrait donc être effectué à une profondeur d'au moins 25 m, une marge de 5 m étant prévue

pour la remontée de l'eau de rejet chauffée jusqu'à ce qu'elle soit mélangée <sup>7</sup>.

Cette spécification permet également d'éviter qu'une eau plus riche en nutriments, collectée en profondeur, ne pénètre dans la zone euphotique (trophogène) et ne stimule une croissance indésirable d'algues et de plantes aquatiques.

Le retour de l'eau chauffée provenant du refroidissement doit être si possible minimisé et les rejets thermiques doivent être exploités d'une autre manière.

Le dimensionnement du rejet de l'eau de refroidissement réchauffée doit être conçu de telle manière que la stratification ait lieu entre 20 et 40 m de profondeur, ou même entre 20 et 60 m [26]. Afin de garantir une telle stratification, les détails du rejet doivent être clarifiés au cas par cas (profondeur, diamètre de la conduite, angle, vitesse d'écoulement,  $\Delta T$ , etc) <sup>8</sup>.

- A La zone affectée par le changement de température autour du point de rejet de l'eau doit être aussi peu étendue que possible ou le mélange avec l'eau ambiante doit se faire dans le plus petit espace possible autour du dispositif de rejet. Vous trouverez ici des informations concrètes à ce sujet: [26] le changement de température en dehors de la zone de mélange doit être inférieur à 1 °C. Une zone de mélange est définie comme une zone de 20 x 20 m à l'horizontale et de 10 m à la verticale. Ou inversement: après le rejet de l'eau chauffée ou refroidie, la zone présentant un écart de température de 1 °C par rapport à l'eau ambiante ne doit pas dépasser 20 x 20 x 10 m [26]<sup>9</sup>.

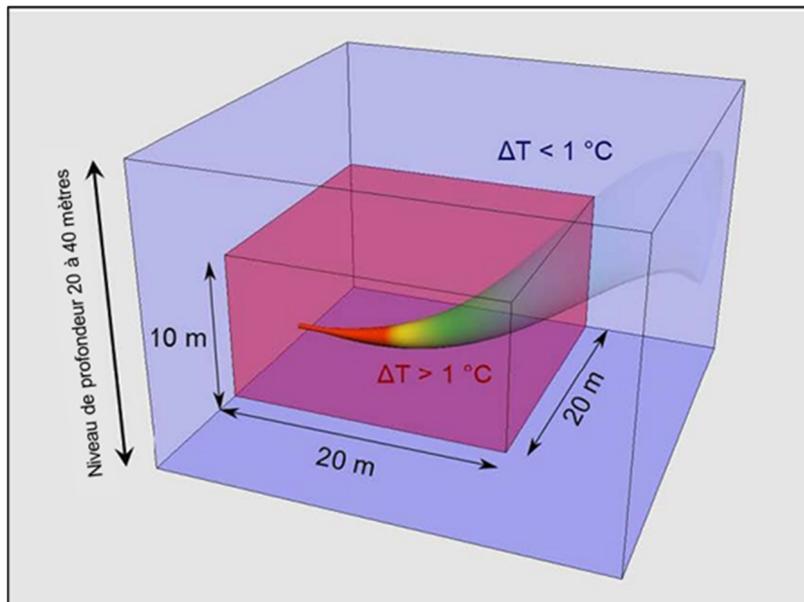
---

<sup>7</sup>La modélisation (calcul de la stratification) doit fournir des informations précises sur la profondeur de rejet. En eau profonde, il n'y a pratiquement pas d'écart de densité (même température dans la colonne d'eau), l'eau chauffée peut donc potentiellement remonter jusqu'à la limite inférieure de la thermocline, mais la limite de la végétation se situe en réalité ou en théorie plus bas. Des mesures doivent être prises pour forcer le mélange afin de minimiser la hauteur de remontée de l'eau chauffée.

<sup>8</sup>Le respect des spécifications doit être vérifié au moyen d'un calcul de modélisation / stratification.

Le consensus actuel concernant le rejet des eaux lacustres usées est qu'aucune eau profonde plus riche en nutriments ne doit entrer dans la zone euphotique (productive) et que la stratification estivale ne doit pas être perturbée. Cela signifie que l'eau prélevée en profondeur est toujours restituée sous la thermocline, selon les présentes recommandations, à une profondeur supérieure à 20 m. Or, la modélisation dans le lac de Constance a montré que, [28], [30], dans le meilleur des cas, l'impact écologique est réduit si la stratification naturelle est utilisée pour minimiser la différence de température entre l'eau rejetée et l'eau environnante (rejet d'eau chauffée près de la surface, rejet d'eau refroidie en profondeur). Si la chaleur est injectée près de la surface, il faut s'attendre à une éventuelle prolongation de la stratification estivale de quelques jours au maximum.

Il convient de clarifier encore davantage si, en mettant en balance les effets nutritifs indésirables en surface et la prolongation de la stagnation estivale avec un réchauffement des eaux profondes, les présentes recommandations doivent être adaptées en matière du rejet de l'eau. Un rapport d'expertise de l'EAWAG [27] rédigé en 2016 recommande que des quantités d'eau chauffée plus importantes soient systématiquement restituées aux couches plus profondes.



**Figure 4: Représentation schématique de la zone de mélange lorsque de l'eau réchauffée est rejetée dans un lac [13].** Citation: «La profondeur de rejet de l'eau utilisée à des fins thermiques doit être choisie en tenant compte des conditions de stratification, de telle sorte que la stratification se fasse dans une zone comprise entre 20 et 60 mètres de profondeur d'eau.»

- A Afin de protéger les poissons, les captages d'eau sont équipés d'une crépine dont le maillage ne dépasse pas 5 mm et dont le débit est inférieur à 10 cm/s [12].
- N/A Le rejet de l'eau refroidie (provenant de l'utilisation de la chaleur en hiver et si nécessaire toute l'année de la préparation de l'eau chaude) est considéré sans danger du point de vue écologique. En principe, un refroidissement modéré des eaux de surface, surtout pendant les mois d'été, peut être considéré comme positif, car il compense, au moins partiellement, les effets du réchauffement climatique et favorise les espèces qui aiment le froid. [28] Néanmoins, la limite d'une variation de 0,5 °C s'applique également au refroidissement.

Étant donné qu'il est recommandé d'effectuer le prélèvement, pour l'utilisation de la chaleur et du froid ainsi que pour l'utilisation combinée, à une profondeur d'au moins 20 m ou plus, le rejet doit également se faire à une profondeur inférieure à la thermocline d'été.

- D Si les exigences ne peuvent pas être remplies ou seulement partiellement, une expertise écologique aquatique (limnologique) étendue est nécessaire. En cas d'impacts inévitables sur des espaces vitaux dignes de protection (en pesant tous les intérêts), le pollueur doit, conformément à l'article 18 de la LNH, prendre des mesures spéciales pour assurer la meilleure protection possible, la restauration ou fournir une compensation appropriée.

L'annexe 1 présente, sous la forme d'une «liste de contrôle» / d'un arbre de décision, la procédure de planification de l'utilisation thermique des eaux stagnantes mettant l'accent sur les aspects écologiques, pour la soumission d'une demande de permis à l'autorité compétente.

### 3.3 Exigences écologiques pour les cours d'eau

#### (Prélèvement et rejet dans les cours d'eau)

Les flux de chaleur les plus importants dans un cours d'eau sont indiqués dans la Figure 5. Le panache représente l'apport de chaleur provenant d'une utilisation d'énergie (fictive).

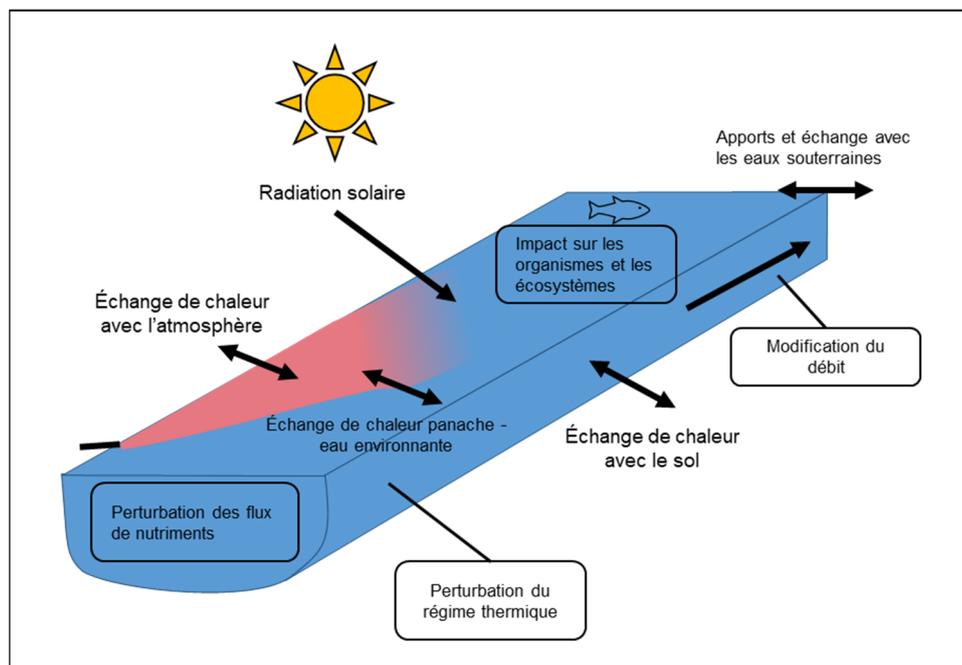


Figure 5: Rejets thermiques dans les cours d'eau: aperçu des principaux flux de chaleur (flèches), des processus concernés et des effets possibles (encadrés), [28].

- D La température de l'eau de refroidissement ne doit pas dépasser 30 °C et l'apport ou le prélèvement de chaleur ne doit pas modifier la température 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 par rapport à la température de son état naturel; la température de l'eau ne doit pas dépasser 25 °C. Ces exigences sont applicables après un mélange homogène <sup>9</sup>.

<sup>9</sup>Le respect des spécifications doit être démontré par un calcul de modélisation/mélange. L'exigence s'applique par rapport à «l'état le plus naturel possible du cours d'eau» (LEaux). Ainsi, tous les rejets thermiques d'un tronçon de cours d'eau doivent être pris en compte (considération sommaire). Outre les utilisations thermiques, il faut également tenir compte d'autres changements thermiques tels que le rejet d'eaux usées traitées, les tronçons à débit résiduel et les éclusées. Dans la mesure du possible, l'installation d'utilisation de l'eau de refroidissement doit être conçue de sorte que la température de rejet soit plus proche de 25 °C que le maximum légal de 30 °C. Ceci figure dans diverses prescriptions cantonales.

- A L'eau doit être restituée au cours d'eau en continu [29], tout phénomène d'écluse doit être évité (fluctuation de température).
- D L'eau doit être réchauffé assez lentement pour ne pas entraîner d'atteintes nuisibles à la flore, à la faune et aux micro-organismes.
- D La température du cours d'eau peut être portée à un maximum de 25 °C par un apport de chaleur. Lorsque les températures estivales atteignent déjà  $\geq 25$  °C sans exploitation, il existe des restrictions supplémentaires (éventuellement temporaires) sur les conditions de rejets. Afin de protéger les espèces sensibles à la température telles que l'ombre, la truite de rivière ou la truite de lac, une température maximale bien inférieure à 25 °C devrait être envisagée dans les eaux où ces espèces sont présentes.
- A L'eau ne peut être prélevée dans les cours d'eau, pour les installations de chauffage et de refroidissement, que si le débit par temps sec  $Q_{347}$  est supérieur à 500 l/s [12]. La quantité maximale prélevée ne doit pas dépasser 20 % du débit par temps sec  $Q_{347}$  [29]. Dans le cas des rejets (canaux en amont), d'autres critères peuvent être appliqués.
- A Afin de protéger les poissons, les captages d'eau sont équipés d'une crépine dont le maillage ne dépasse pas 5 mm et dont le débit est inférieur à 10 cm/s [12]. Selon les prescriptions du canton d'Argovie [29], le maillage des captages d'eau alimentés par des pompes ne doit pas dépasser 2,5 mm.
- N Lorsque les exigences légales sont respectées, le rejet de l'eau refroidie (provenant de l'utilisation de la chaleur) est considéré comme n'ayant qu'une importance écologique mineure. Dans certaines circonstances, un (léger) refroidissement du cours d'eau peut permettre d'atténuer les effets du réchauffement climatique et d'autres exploitations. Toutefois, les valeurs légales de  $\pm 1,5$  °C ou  $\pm 3$  °C, par rapport à l'état naturel, sont considérées comme valeurs limites.
- N Le prélèvement et le rejet de l'eau doivent avoir lieu sur une courte distance. Le prélèvement de l'eau à des fins thermiques ne doit pas engendrer un tronçon à débit résiduel. Faute de quoi, les exigences légales en la matière doivent être respectées (entre autres, les articles 29 à 36 de la LEaux [2]).

### 3.4 Exigences écologiques du système fluvio-lacustre

#### (Prélèvement dans un lac et rejet dans un cours d'eau)

- A Les exigences pour les cours d'eau en tant que tels (cf. chapitre 3.3) s'appliquent également dans le cas d'un prélèvement d'eau dans un lac et à son rejet dans un cours d'eau, à l'exception des dispositions sur les débits résiduels, qui ne doivent pas être prises en compte puisqu'il n'y a pas de rejet. En règle générale, les effets du déversement de l'eau d'un lac dans un cours d'eau devraient être plutôt positifs, car l'eau du lac provenant des profondeurs est probablement plus froide que le débit provenant de la surface du lac, même si elle est utilisée pour un refroidissement (et que l'eau réchauffée est restituée).

- D Si le rejet de l'eau a un impact significatif sur le débit d'un cours d'eau, celui-ci doit être protégé conformément aux articles 31-33 de la LEaux (exigence de la LEaux , art. 34, [2].

D'un point de vue écologique, l'exploitation de la chaleur (avec retour de l'eau refroidie) est plutôt considérée comme «sans danger». Elle joue même un rôle dans la lutte contre le réchauffement climatique. Par contre, l'utilisation des eaux de surface à des fins de refroidissement ou de rejet de chaleur (ou de «réchauffement des eaux») doit être considérée de manière critique. Le présent rapport de base énumère et justifie les prescriptions permettant d'éviter ou de réduire au minimum les effets locaux indésirables dus à l'eau de rejet réchauffée, mais comme les lacs sont un système de transit, cet «apport de chaleur» ou une partie de celui-ci atteint inévitablement les cours d'eau et y entraîne un changement de température (au même titre que le rejet de l'eau de lac réchauffée directement dans le débit sortant du lac). Nous recommandons (en s'appuyant sur les exigences légales) que les rejets thermiques des installations soient principalement utilisés à d'autres fins et qu'ils ne soient pas «rejetés» dans un écosystème. Dans tous les cas, l'utilisation de froid doit également être conforme à la règle selon laquelle l'eau stagnante ne doit pas subir un changement de température de plus de 0,5 °C par rapport à l'état initial (comme pour le refroidissement lors de l'utilisation de chaleur).

### 3.5 Exigences de construction du côté des eaux

#### Eaux stagnantes

- D/A Avant la pose d'une conduite de prélèvement ou de rejet dans le fond du lac, une étude de la végétation doit être réalisée dans un rayon d'au moins 50 m à gauche et à droite de la conduite prévue (méthode MESAV+), [28]. Cela permet d'optimiser le tracé de la conduite en affectant le moins possible les zones de végétation dense ou les espèces menacées. Cela permet aussi d'obtenir des informations sur le potentiel de recolonisation. La conduite doit être enterrée à une profondeur d'au moins 10 m [12], après quoi les conduites de distribution peuvent être posées à découvert sur le fond du lac. Les dommages causés sur le fond du lac (y compris la destruction temporaire de la végétation) doivent être compensés. Cela peut prendre la forme d'un suivi de recolonisation sur le tracé de l'excavation, d'une compensation directe pour le tracé à découvert par le biais d'une mesure de revalorisation ou d'une participation financière à un projet de revalorisation existant.

*Remarque: Dans le cadre de projets avec exploitation du potentiel thermique d'un lac, une étude du fond du lac et de la végétation est généralement requise sur une distance de rive d'au moins 100 m (cf. Chapitre 3.1). Les bases nécessaires pour optimiser la pose des conduites sont ainsi déjà existantes.*

- D Pour augmenter les chances d'obtenir une autorisation, il faut aussi prendre en compte les zones présentant un intérêt archéologique. Les objets archéo-

logiques ne doivent en aucun cas être affectés ni pendant la phase de construction (par exemple par le déversement des eaux de rejet avec érosion possible d'une zone du fond du lac présentant un intérêt archéologique).

- A Les travaux de construction dans le lac ne peuvent être réalisés qu'en dehors des périodes de protection pour les poissons (mi-novembre-décembre, mars-juin) et les plantes aquatiques (mars-août). La période de construction se limite aux mois suivants: janvier-février, septembre-mi-novembre. Si la conduite est posée en utilisant une technique de forage douce (pas de forage dans la zone d'eau peu profonde), la période de construction possible s'étend à janvier-février et juin-mi-novembre.
- A Les conduites d'eau lacustres doivent être posées de préférence en utilisant une technique de forage (forage à jet, forage à la tarière, forage à la presse). Cela permet de préserver le fond du lac jusqu'à la sortie du trou de forage, qui se trouve à une profondeur inférieure à 20 m, et la zone du rivage jusqu'à l'entrée du trou de forage (généralement à l'emplacement de la station de pompage).
- R Si le volume requis de la zone de mélange ne peut être maintenu lors du rejet de l'eau dans les eaux, des mesures de construction particulières doivent être envisagées, par exemple un tube mélangeur spécial comme accessoire à l'extrémité de la conduite de rejet ou la  $\Delta T$  doit être réduite. Si la zone de mélange est encore plus étendue, un rapport d'écologie aquatique supplémentaire doit être demandé.
- A Les captages d'eau potable et les éventuels sites contaminés au fond du lac doivent être pris en compte.
- A Un court-circuit entre le rejet et le prélèvement doit être évité.

### **Cours d'eau**

- A Les travaux de construction dans les cours d'eau ne peuvent être entrepris qu'en dehors des périodes de protection des poissons réglementées par les cantons respectifs. En général, ces dernières durent du 1<sup>er</sup> octobre au 30 avril.
- D L'ouvrage de prise d'eau doit être conçu de manière à obtenir un mélange complet le plus rapidement possible (courte distance de mélange)<sup>10</sup>.
- A La capacité d'écoulement du cours d'eau ne peut être réduite par des installations pour des raisons de sécurité en cas de crue, ni directement ni par le risque de dépôts alluviaux [12].

---

<sup>10</sup>Les tronçons de rejet (canaux de dérivation, etc.) en tant qu'affluents artificiels peuvent être exemptés des exigences des dispositions sur les débits résiduels et d'autres exigences légales. Toutefois, si ces tronçons présentent une valeur écologique, une mise en œuvre partielle ou intégrale des exigences légales est revendiquée dans le cadre d'une pesée des intérêts [31].

## 4 PROCÉDURE D'AUTORISATION

Les lois sur l'énergie sont en cours de révision dans un certain nombre de cantons comme Lucerne, Soleure et Bâle-Campagne (à partir de juillet 2017). La nécessité d'une ligne directrice - analogue à celle pour les eaux a été reconnue. Le projet commun «Droits et obligations en matière de fourniture de chaleur dans un réseau» de SuisseÉnergie et des cantons de Zurich, Lucerne, Saint-Gall et Thurgovie ainsi que de la ville de Zurich a étudié les domaines de mesures correspondants et les a illustrés par des études de cas [22]. Les questions terrestres et les interfaces à régler sont indiquées dans la Figure 6. Les interfaces avec la législation cantonale concernant les eaux se trouve dans le champ «Commune d'implantation».

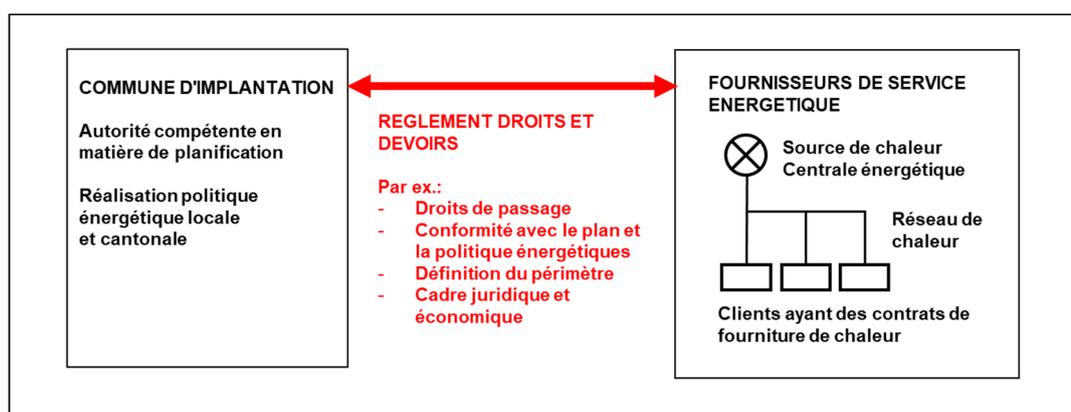


Figure 6: Questions nécessitant une réglementation entre les communes et les services industriels (de [22]).

### 4.1 Remarques préliminaires

La procédure d'autorisation est gérée par deux instances:

- Canton: côté eau (service cantonal spécialisé/autorité cantonale compétente), routes cantonales
- Commune d'implantation: côté terre

Les exigences de base pour obtenir une autorisation en matière d'utilisation des eaux sont les suivantes:

- Preuve que le projet n'a pas d'impact négatif sur les eaux
- Le projet est conforme à la demande: l'offre et la demande sont démontrées
- Conformité aux lois, concepts et plans directeurs en matière d'énergie
- Existence d'un intérêt public

Étant donné que la procédure implique le canton, la commune d'implantation et les propriétaires privés (Figure 6), le canton doit mener la procédure d'autorisation en tant qu'autorité principale, et regrouper les décisions de tous les services cantonaux en une seule décision commune. Dès que le projet est d'intérêt public, il est mis à l'enquête publique. La décision est prise par le pouvoir exécutif du canton (Conseil

d'État). Les études écologiques et les mesures qui en découlent côté eaux (relevé de l'état actuel, évaluation des impacts, mesures compensatoires) correspondent approximativement à une étude ou un rapport d'impact sur l'environnement RIE/EIE. Toutefois, la construction et l'exploitation des captages d'eau et des retours d'eau ne sont pas soumises à une EIE.

## 4.2 Procédure administrative

Les thèmes suivants doivent être traités par les services cantonaux spécialisés (liste non exhaustive):

- Exploitation des eaux: concession pour le prélèvement et le rejet
- Génie hydraulique: procédure d'autorisation de construire pour la mise en place de conduites, de pompes, de séparation de systèmes (si dans la zone des berges/la zone de protection des berges)
- Pêche
- Transport (navigation)
- Droit forestier
- Loi sur la protection contre le feu
- Droit du travail
- Permis de construire pour les routes cantonales

La commune est responsable de la procédure:

- Permis de construire bâtiment et génie civil (à condition que la station de pompage et la séparation du système soient situées dans le périmètre communal et non dans la zone des berges des eaux)
- Permis de construire/permission de voirie pour les conduites de distribution
- Contrat de concession entre l'organe responsable (prestataire d'énergie/contracteur) et la commune

La documentation technique à soumettre correspond à celle d'un projet de construction. Si le canton est l'autorité principale, la commune d'implantation doit coordonner le permis de construire communal avec la décision du canton (Conseil d'État).

## 4.3 Autorisations et contrats fonciers côté terre

L'utilisation thermique des eaux de surface est un projet de plusieurs générations qui nécessite des investissements importants. L'investissement et l'exploitation de l'installation peuvent être confiés à un organe responsable privé, à un prestataire d'énergie ou à un «contracteur». Les droits et obligations doivent être réglés contractuellement dans une *concession d'usage privatif* entre la commune d'implantation et l'organe responsable (privé):

- Définition du périmètre à usage particulier

- Concession d'usage privatif de terrains publics pour la construction de stations de pompage, de séparations de systèmes, de conduites, etc.
- Exploitation, entretien, renouvellement de l'installation
- Concession de servitudes sur les terrains appartenant à la commune
- Concession d'une exclusivité pour l'organe responsable privé
- Obligation de présenter une offre et d'approvisionner les immeubles à l'intérieur du périmètre
- Servitudes avec propriétaires fonciers privés
- Obligation de mise en œuvre et d'exploitation
- Étapes contraignantes pour la construction et l'exploitation du projet
- Permis de construire/permission de voirie
- Bilans énergétiques pour les livraisons d'énergie aux clients; conformité avec MoPEC 2014 le cas échéant
- Questions de responsabilité
- Conditions pour une obligation de raccordement
- Les redevances de concession à la charge de l'organe responsable (privé) (une condition pour les redevances de concession peut être la part d'énergie renouvelable)
- Durée de la concession, réglementation relative aux avoirs en déshérence

S'agissant d'un projet de plusieurs générations, impliquant le canton, les communes, un organe responsable et des propriétaires fonciers, la commune d'implantation doit porter une attention particulière au choix de l'organe responsable. Une concession pour l'utilisation des eaux de surface peut également être mise au concours public. La question de savoir si les meilleurs organes responsables peuvent être trouvés par le biais d'un appel d'offres est ouverte.

#### **4.3.1 Obligation de raccordement**

L'organe responsable a besoin d'une sécurité en termes de planification à la date du raccordement des propriétaires fonciers. À cette fin, une obligation de raccordement peut être formulée si les éléments:

- conditions
- utilité
- exigibilité

sont réunis. En contrepartie, la commune d'implantation est autorisée à revoir les prix de l'énergie sur demande.

## 5 DESCRIPTION TECHNIQUE: UTILISATION DES EAUX POUR LES RÉSEAUX THERMIQUES

### 5.1 Éléments

Une installation à usage énergétique des eaux se compose des éléments de base suivants (Figure 7):

- Conduites lacustres: conduites de prélèvement et de rejet
- Station de pompage
- Séparation du système: échangeur de chaleur
- Conduites de distribution

### 5.2 Référence de dimensionnement

Les réseaux thermiques sont des projets dont les coûts d'investissement sont élevés et dont la durée de vie utile est longue (Tableau 5). Les conduites de prélèvement et de rejet, et les conduites de distribution avec les travaux de génie civil représentent une part substantielle des investissements. Il est donc judicieux de dimensionner les ouvrages de manière durable dans une perspective à long terme.

**Tableau 5: Durée d'utilisation des différents éléments des réseaux thermiques.**  
Toutes les données de [23]

Ouvrage	Durée d'utilisation
Conduite de prélèvement et de rejet	50-80 ans
Station de pompage	Partie structurelle: 50 ans Partie mécanique (pompes, robinetterie, technique de mesure): 15-25 ans
Technique de mesure et de réglage	10-20 ans
Échangeur de chaleur	15-25 ans
Conduites de distribution terrestres	50-80 ans

Pour une conception bien fondée de ces éléments de l'infrastructure, il faut répondre, entre autres, aux questions fondamentales suivantes:

- Quel est la puissance de prélèvement des eaux?
- Quelle est la quantité d'eau annuelle requise pour alimenter le périmètre défini?
- Quel est l'emplacement optimal de la conduite de prélèvement et de rejet?
- Quelle est la dimension du périmètre côté terre à aménager?

- Quels sont les besoins en énergie et en puissance du périmètre (chaleur et froid)?
- Quelle doit être la densité de raccordement pour une exploitation rentable?
- Comment l'énergie est-elle composée pour respecter la part non renouvelable de 90 % maximum (en tenant compte du facteur de pondération 2 pour l'électricité et d'une couverture éventuelle de la charge de pointe fossile)?
- Comment le nombre d'habitants et le type d'utilisation (logement, services, artisanat, vente, etc.) évoluent-ils?
- Comment le besoin en chauffage et en refroidissement va-t-il évoluer (nouvelle construction, rénovation, type d'utilisation, prise en compte du changement climatique)?

La recherche des paramètres de dimensionnement optimaux et la conception de l'installation qui réponde aux exigences écologiques est un processus évolutif visant à garantir que les besoins côté terre et côté eau peuvent être satisfaits.

### 5.3 Concept d'utilisation des eaux

Les exigences légales et écologiques peuvent être satisfaites au moyen des mesures techniques décrites ci-dessous.

L'utilisation thermique des eaux de surface comprend les conduites d'eau lacustres (conduites de prélèvement et de rejet), la station de pompage, la séparation du système (échangeur de chaleur) et les conduites de distribution. L'exemple d'un prélèvement d'eau d'un lac avec intégration indirecte est présenté dans la Figure 7. L'eau lacustre est aspirée par la conduite de prélèvement et pompée dans le système de chauffage jusqu'à l'échangeur de chaleur (séparation du système). L'eau y est refroidie (ou chauffée à des fins de refroidissement) et est rejetée dans les eaux à une température plus basse (ou plus élevée).

Dans le circuit secondaire (réseau de distribution, cf. Figure 7), l'eau est chauffée à des fins de chauffage (ce point ne fait pas partie de cette étude).

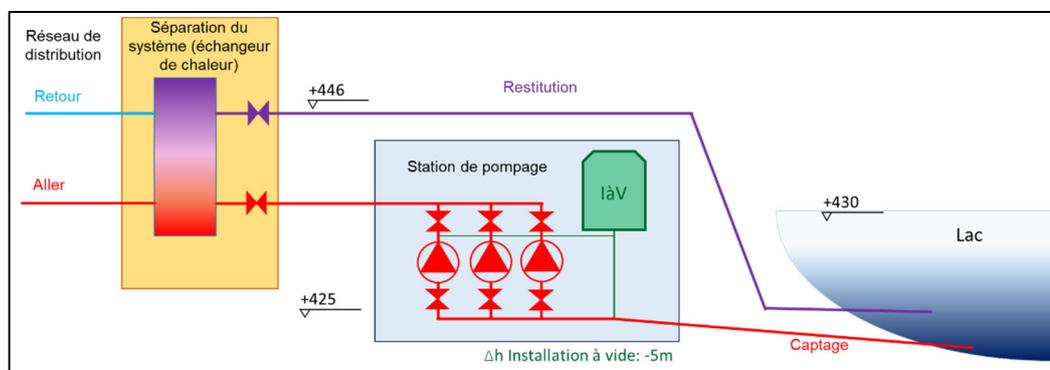


Figure 7: Représentation schématique des installations pour l'utilisation thermique des eaux.

### 5.3.1 Conduites lacustres

En ce qui concerne les conduites de prélèvement et de rejet, il existe des procédures et des matériaux éprouvés:

- Type de pose: «près des rives», jusqu'à une profondeur d'eau de 10 m (ou jusqu'à la limite de la végétation) posées dans le fond du lac;  
en eaux profondes, (en dessous de 10 m de profondeur ou sous la limite de la végétation) posées au fond
- Méthodes de pose: Les méthodes de forage doivent être favorisées, car ce sont les moins invasives pour le fond du lac et la zone littorale. Lors de la construction d'une tranchée ouverte, l'habitat (flore et faune) le long du tracé de la conduite est endommagé pendant la période de construction et doit être restauré par la suite.
- Matériau: Acier St. 37.0 avec gaine en PE comme protection contre la corrosion
- Dimensionnement: Vitesse de l'eau environ 1,5 m/s
- Protection piscicole: Crépine d'aspiration et de rejet avec un maillage de 5 mm maximum, à environ 3 m au-dessus du fond du lac [12]
- Rejet: En cas de mélange insuffisant (vérification par modélisation), un tube mélangeur doit être utilisé.

### 5.3.2 Station de pompage

- Type de pompe: pompes centrifuges avec convertisseur de fréquences pour un contrôle énergétique efficace du prélèvement de l'eau
- Régulation le besoin en chauffage et en refroidissement détermine la quantité d'eau (en fonction des besoins)
- Redondance par exemple 2 x 50 % ou 2 x 100 %

Les pompes nécessitent une pression d'entrée définie. Si le niveau du prélèvement de l'eau se situe bien en dessous de la buse d'aspiration de la pompe et que de ce fait la pression d'entrée de la pompe n'est plus donnée, cette pression doit être générée dans la station de pompage. Il existe deux variantes:

- Système à vide pour aspirer l'air dans la conduite de prélèvement et générer une pression d'entrée (Figure 7)
- Réservoir (bassin) dont le niveau d'eau génère de manière statique la pression d'entrée.

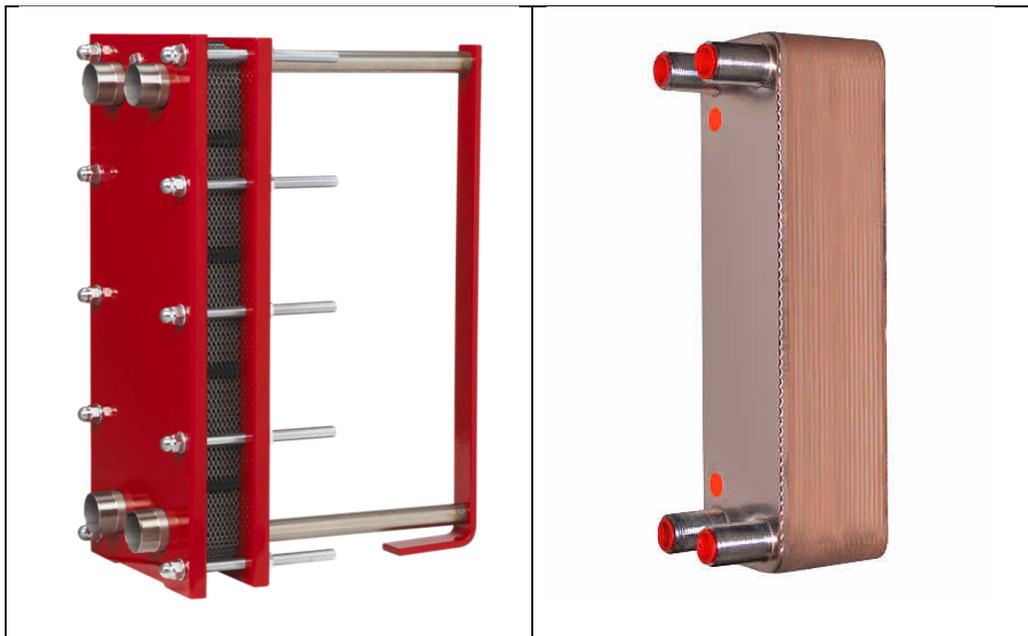
### 5.3.3 Séparation du système (échangeurs de chaleur)

La protection des eaux contre la pollution due à l'utilisation de l'énergie constitue la plus haute priorité. Par conséquent, pour la séparation du système on utilise *tou-*

jours un échangeur de chaleur ( Figure 7). Celui-ci peut être placé tout près des eaux (intégration indirecte) ou à distance dans les locaux du consommateur (intégration directe).

Comme échangeurs de chaleur, on utilise des échangeurs de chaleur à plaques. Ceux-ci sont compacts et ont fait leurs preuves dans le domaine de l'eau. Le nettoyage s'effectue par rinçage, si nécessaire au moyen d'un acide ou d'un désinfectant pour éviter toute croissance végétale côté eau. L'eau de nettoyage doit être évacuée par la canalisation. Une crépine ou un filtre lavable à contre-courant peut être installé(e) dans la conduite forcée pour protéger l'échangeur de chaleur.

Avec les échangeurs de chaleur vissés (à gauche Figure 8), les plaques peuvent être démontées et nettoyées individuellement pour le nettoyage. Au besoin, la puissance peut être augmentée en installant des plaques supplémentaires. À cause des vis de serrage, ils prennent plus de place que les échangeurs de chaleur à plaques brasées. Les échangeurs de chaleur à plaques vissées sont utilisés pour de plus grandes puissances et en particulier dans le secteur professionnel comme les centrales de chauffage.



**Figure 8:** À gauche, échangeur de chaleur à plaques vissées, à droite, échangeur de chaleur à plaques brasées.

Les échangeurs de chaleur à plaques brasées (à droite Figure 8) ne nécessitent ni vis de serrage ni joints entre les plaques. Ils prennent ainsi moins de place. En revanche, ils ne peuvent pas être démontés. En cas de défectuosité d'une seule plaque ou de salissures tenaces, ils doivent être remplacés dans leur intégralité. Les échangeurs de chaleur brasés sont utilisés pour les petites puissances (par exemple pour les raccordements domestiques) ou dans le cas d'exigences en matière d'étanchéité élevées (échangeurs de chaleur pour la séparation des systèmes internes des machines dans les pompes à chaleur).

La *température différentielle* (différence de température entre les deux fluides dans l'échangeur de chaleur) du transfert de chaleur est choisie aussi petite que possible, dans une plage comprise entre 0,5 °C et 2 °C maximum. La température différentielle en K est directement proportionnelle à la surface de l'échangeur: plus la différence de température est faible, plus la surface de l'échangeur est grande.

Les échangeurs de chaleur à faisceau tubulaire peuvent également être utilisés comme alternative aux échangeurs de chaleur à plaques. Ces derniers sont cependant de plus grande dimension pour une même puissance. Ils sont utilisés par exemple dans le cas de milieux contenant des particules.

### 5.3.4 Intégration

Dans ce document, l'élévation de température n'est pas prise en compte, seules les conduites d'eau froide sont donc évaluées. Les systèmes d'approvisionnement simultané en chaleur et en froid (systèmes à trois ou quatre conduites) ne sont pas décrits.

#### Intégration indirecte

Une intégration indirecte signifie que l'échange énergétique entre les eaux de surface et le réseau de distribution a lieu dans une centrale via un échangeur de chaleur (Figure 7). L'eau de surface est prélevée, passe à travers l'échangeur de chaleur central, refroidit et retourne dans les eaux près du point de prélèvement. L'eau du réseau de distribution circule en circuit fermé. Tout cela est conditionné <sup>11</sup> de manière à éviter les dépôts et la corrosion sur les conduites et les équipements. La température dans le réseau de distribution peut être réglée à tout moment, par exemple en fonction de la saison. La température aller de l'ensemble du réseau de distribution est constante. La température de retour dans les eaux, qui est déterminée par la température du flux de retour, doit être conforme aux exigences légales.

L'intégration indirecte prévoit deux échangeurs de chaleur pour la séparation du système (Figure 9);

- entre les eaux de surface (conduites de prélèvement et de retour) et le réseau de distribution (circuit indirect)
- entre le circuit indirect et le système de chauffage/refroidissement du bâtiment du consommateur (par exemple, la pompe à chaleur ou l'installation de refroidissement du consommateur)

Tout transfert de chaleur est associé à une perte d'efficacité. La température aller est donc toujours différente de la température des eaux. Si l'eau est utilisée à des fins de chauffage, par exemple, la température aller est légèrement inférieure à la température des eaux.

---

<sup>11</sup>L'eau est adoucie et un agent anticorrosion approprié y est ajouté.

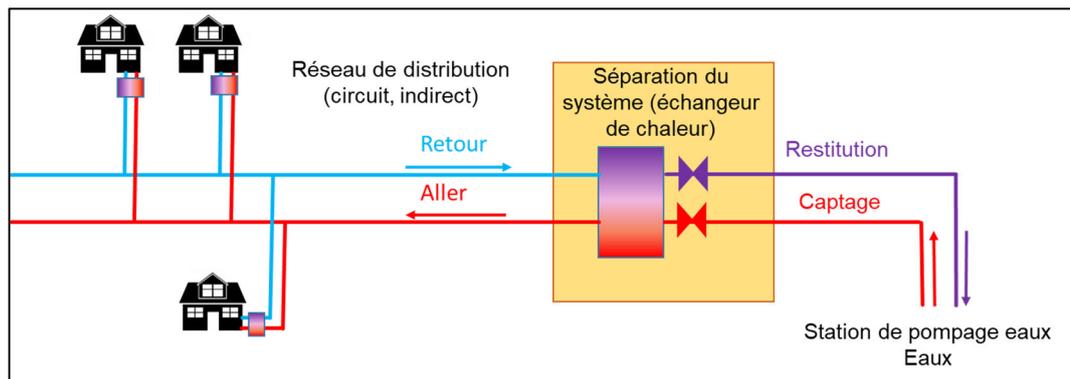


Figure 9: Intégration indirecte

L'intégration indirecte offre la possibilité d'une élévation centralisée de la température: une centrale de chauffage prépare l'eau du circuit en fonction de la température finale des consommateurs. Cependant, l'élévation de la température peut aussi avoir lieu individuellement dans chaque bâtiment.

### Intégration directe

Contrairement à l'intégration *indirecte*, l'intégration *directe* n'implique pas de séparation du système centralisé, mais plusieurs échangeurs de chaleur décentralisés situés sur le lieu d'utilisation comme séparations du système. Les pompes à chaleur et les installations de refroidissement utilisant des fluides dangereux pour l'eau doivent toujours être séparés de l'eau sur place par un circuit intermédiaire.

Dans le réseau de distribution côté terre, l'eau prélevée coule directement vers le lieu d'utilisation et y est refroidie ou réchauffée (chauffage ou refroidissement) et retourne dans les eaux. Les eaux lacustres ou fluviales sont transportées dans tout le périmètre du projet dans un système ouvert (pas de circuit fermé).

La température aller est déterminée par la température des eaux, celle du retour par le refroidissement ou le chauffage destiné aux consommateurs (système à deux conduites, Figure 10). Le conditionnement de l'eau n'est pas possible pour des raisons de protection des eaux. Le rejet peut avoir lieu à un endroit approprié du point de vue technique, économique et écologique. Un prélèvement dans un lac et un rejet dans le cours d'eau en aval est envisageable.

Grâce à l'intégration directe, seul un seul échangeur de chaleur, qui entraîne toujours une différence de température, se situe entre le prélèvement (eaux) et l'aller. Ceci constitue le principal avantage de l'intégration directe: l'eau est livrée au consommateur à la température de prélèvement, ce qui présente un grand avantage pour les besoins de refroidissement.

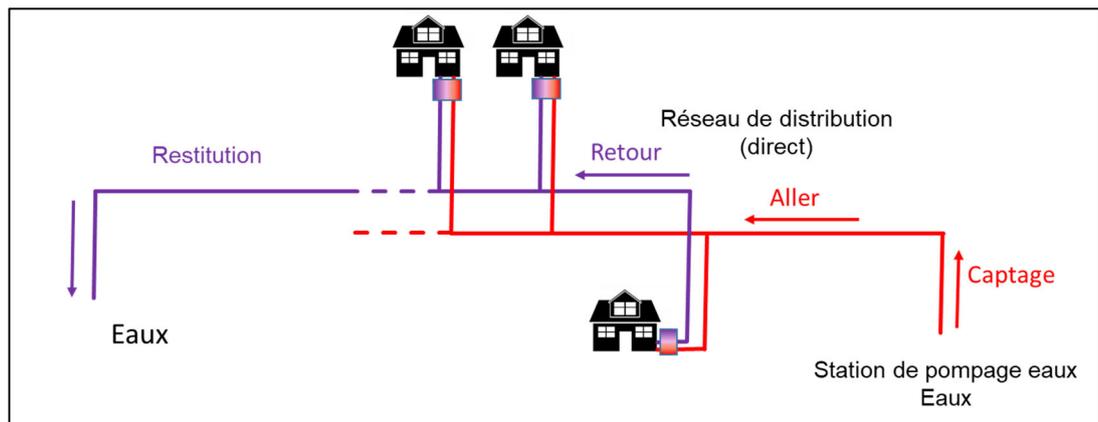


Figure 10: Intégration directe, système à deux conduites

L'intégration directe présente la possibilité d'un «système à une conduite». L'utilisateur prélève l'eau du réseau de distribution, la chauffe ou la refroidit via un échangeur de chaleur et la renvoie dans la même conduite (Figure 11). La température dans la conduite est déterminée par les utilisateurs et par la température des eaux.

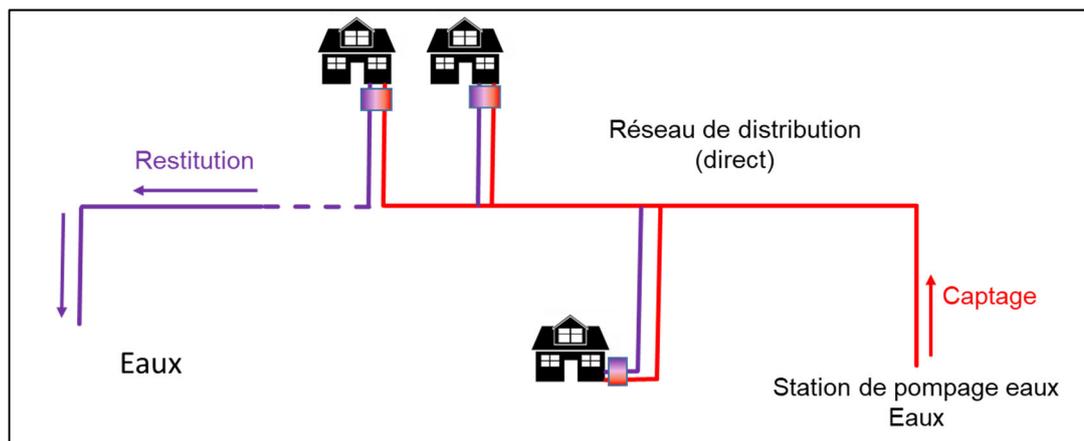


Figure 11: Intégration directe, système à une conduite

Étant donné qu'une seule conduite doit être posée, ce type d'intégration est moins onéreux qu'un système à deux conduites. La température de l'eau du consommateur situé en aval est variable dans le temps, imprévisible et directement influencée par les raccordements situés en amont. La régulation hydraulique est particulièrement difficile en raison des nombreuses influences variables dans le temps. Ce type d'intégration était courant lors des premiers réseaux de chauffage à distance. Aujourd'hui, cette intégration n'est envisagée que pour les raccordements individuels, car les risques et les inconvénients l'emportent sur les avantages d'un investissement moins coûteux.

Le risque de contamination est plus important avec l'intégration directe en raison des nombreuses séparations de système individuelles. La régulation et le contrôle hydrauliques sont particulièrement difficiles en raison de la température aller incontrôlable.

Une élévation centralisée de la température n'est pas possible avec l'intégration directe, car l'eau qui alimente les consommateurs en énergie est renvoyée dans les eaux.

### Comparaison de l'intégration directe et indirecte

Le Tableau 6 présente une comparaison des caractéristiques les plus importantes de l'intégration directe et indirecte. Étant donné que le réseau de distribution a une très longue durée de vie (50 à 80 ans) et que ses coûts d'investissement représentent une part importante des coûts d'investissement globaux, une analyse coûts-bénéfices approfondie doit être effectuée avant de prendre toute décision.

**Tableau 6: Comparaison de l'intégration directe et indirecte**

Paramètre	Intégration indirecte	Intégration directe système à une conduite	Intégration directe système à deux conduites
<b>Diffusion</b>	Courante	Obsolète	Raccordements individuels
<b>Température dans le réseau de distribution</b>	1-2 K plus chaud/froid que les eaux	Comme la température des eaux jusqu'au 1 <sup>er</sup> utilisateur, puis variable	Comme la température des eaux
<b>Élévation de la température centralisée</b>	Possible	Pas possible	Pas possible
<b>Interfaces Séparation du système</b>	Centralisé	Décentralisé, plusieurs	Décentralisé, plusieurs
<b>Corrosion</b>	Conduites lacustres, échangeur de chaleur centralisé	Conduites lacustres, conduites de distribution, tous les échangeurs de chaleur	Conduites lacustres, conduites de distribution, tous les échangeurs de chaleur
<b>Risque de fuites</b>	Faible	Élevé	Élevé
<b>Encrassement des installations / croissance de plantes et de mollusques</b>	Conduites lacustres, échangeur de chaleur centralisé	Conduites lacustres, conduites de distribution, tous les échangeurs de chaleur	Conduites lacustres, conduites de distribution, tous les échangeurs de chaleur
<b>Service + maintenance</b>	Moyen	Coûteux (nettoyage)	Coûteux (nettoyage)

### **Critères de décision: intégration directe ou indirecte**

Les critères de décision en ce qui concerne la sélection du système (Figure 12) découlent de la comparaison entre l'intégration directe et indirecte. Le principal avantage de l'intégration directe est son utilisation à des fins de refroidissement: avec un seul échangeur de chaleur pour la séparation du système sur le lieu d'utilisation, la (basse) température de l'eau peut être utilisée pour le refroidissement <sup>12</sup>. Étant donné que chaque objet raccordé augmente le risque de contamination de l'eau, l'intégration directe convient aux systèmes comportant quelques grands raccordements bien surveillés. Dans les nouveaux systèmes d'utilisation du froid, la température aller doit être déterminée de telle sorte qu'une intégration indirecte soit possible. Cela réduit le risque de pollution des eaux, car un seul échangeur de chaleur doit être surveillé pour séparer le système.

Si l'eau est utilisée à des fins de chauffage, l'intégration directe ne présente aucun avantage.

---

<sup>12</sup>Pour éviter que l'échangeur de chaleur ne soit trop grand, la différence de température  $\Delta T$  entre les eaux et le circuit secondaire est réglée à environ 1-2 K. Si l'eau atteint une température de 6°C, il en résulte une température de 7-8° sur le côté secondaire. Le maintien de basses températures peut être déterminant pour les circuits de refroidissement.

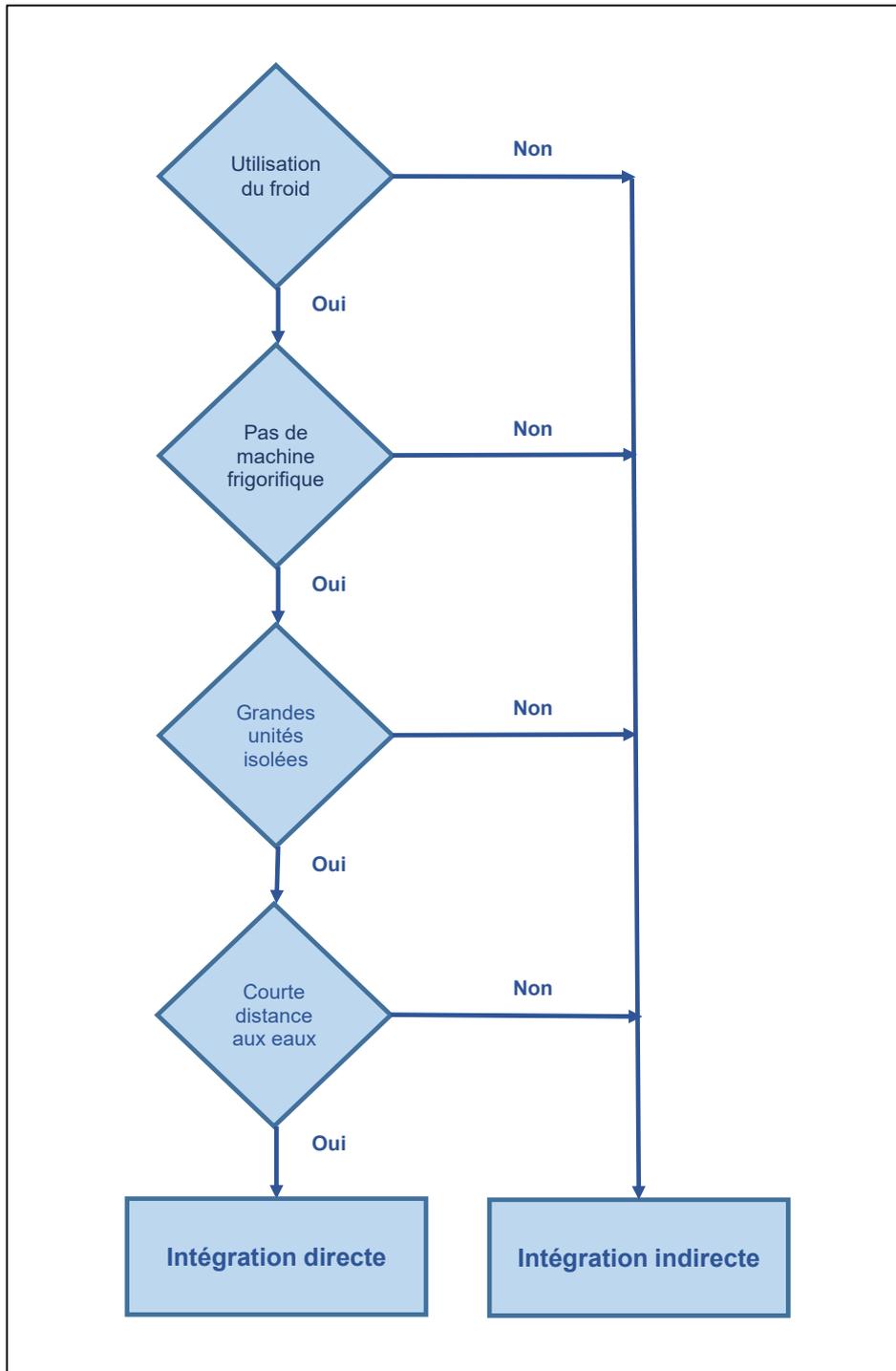


Figure 12: Critères de décision pour une intégration directe ou indirecte.

### **Particules en suspension dans l'eau**

Lors de la planification des filtres et des échangeurs de chaleur ainsi que des conduites et des structures de prélèvement/rejet, il faut tenir compte du fait que diverses particules en suspension dans l'eau peuvent pénétrer dans le système et occasionner des problèmes techniques et opérationnels. Il s'agit notamment du phyto- et du zooplancton, des méduses d'eau douce, des crevettes flottantes, des bactéries du fer et du soufre, des bivalves (y compris les moules migratrices et quagga) et d'autres «matières en suspension» organiques et inorganiques. Afin que l'exploitation se déroule le mieux possible, l'eau du lac circule dans un circuit distinct, qui reste séparé du réseau de chauffage ou de refroidissement. Faute de quoi, en raison d'une accumulation de dépôts de type «biofilm», les systèmes doivent être périodiquement nettoyés mécaniquement ou même chimiquement. En annexe 2 figure une synthèse des particules aquatiques présentant un éventuel problème pour les installations techniques de prélèvement et de rejet d'eaux stagnantes ou courantes, de leur impact et des mesures envisageables.

#### **5.3.5 Conduites de distribution**

L'eau dans les conduites de distribution est froide avec des températures autour de 10 °C. Il est donc possible d'utiliser des tuyaux en polyéthylène. La différence de température entre les conduites aller et retour est faible, environ 4 °C. Cela signifie que les conduites doivent être dimensionnées de manière correspondante (grande dimension) par rapport au chauffage à distance. Par rapport aux conduites en acier, les conduites en PE sont plus souples et résistent mieux à la corrosion. Par conséquent, la protection contre la corrosion et, dans de nombreux cas, les pièces moulées qui s'adaptent à l'environnement peuvent être supprimées (Tableau 7). En revanche, les conduites en acier ont une durée de vie plus longue et, surtout dans le cas de grandes dimensions, une excellente stabilité.

Les coûts d'investissement des conduites sont comparables.

Dans le cas des conduites rigides en acier, les travaux de génie civil peuvent être plus complexes car, contrairement aux conduites en PE, elles ne peuvent pas s'adapter aux irrégularités. Les conduites en acier flexibles (conduites annelées) ne sont utilisées que dans les cas où il n'existe pas d'autre solution appropriée.

Tableau 7: Propriétés des conduites en PE et en acier

Propriétés	Conduites en PE	Conduites en acier
Durée d'utilisation	50 ans <sup>13</sup>	> 50 ans
Flexibilité	Peu flexible ou flexible	Rigide ou flexible <sup>14</sup>
Résistance à la corrosion	Résistante	Nécessite une protection anticorrosion
Poids	Faible	Élevé
stabilité propre	Suffisante	Élevée

Les conduites de distribution sont soumises à des variations de température et se déplacent. Pour que ce déplacement soit possible, elles sont enveloppées de gravier rond non concassé (exemple d'un système à deux conduites dans la Figure 13). La profondeur de pose dépend de la charge de la route (déformation des conduites par les charges) et du climat (résistance au gel) et est d'au moins 0,6 m. Dans l'exemple ci-dessous (Figure 13), un sentier pédestre et une piste cyclable passent au-dessus des conduites. Une profondeur de pose de 0,6 m est suffisante pour ces faibles charges.

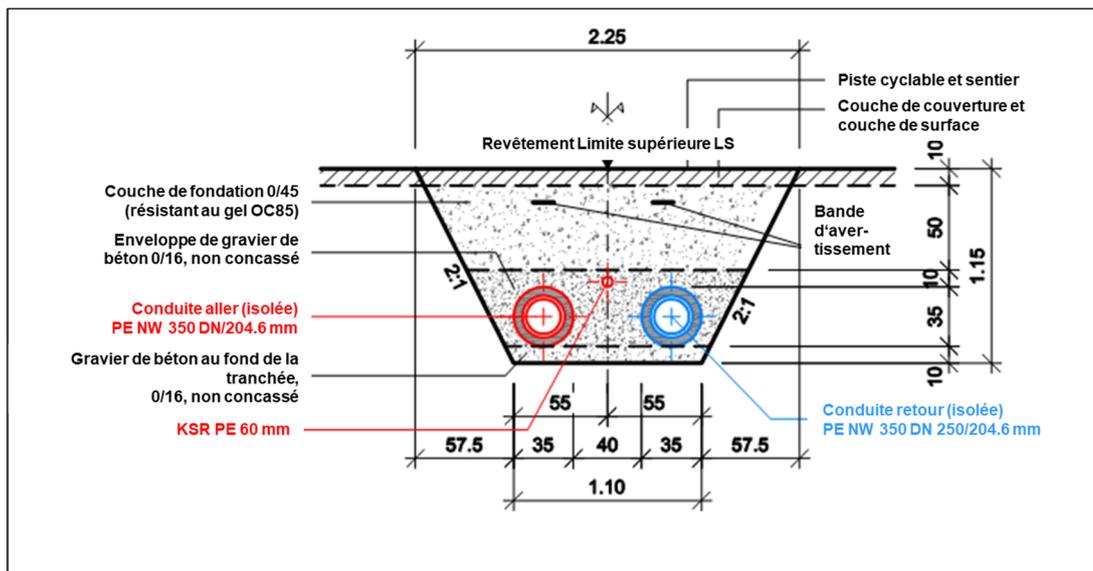


Figure 13: Profil typique d'une tranchée avec deux conduites isolées

<sup>13</sup> La durée de vie dépend de la température et de la pression d'exploitation

<sup>14</sup> Les conduites annelées sont flexibles, mais coûteuses à l'achat. La perte de pression y est également plus élevée et les pompes de circulation ont donc besoin d'une plus grande puissance.

## 6 EXPÉRIENCES DE LA BRANCHE

Il existe de nombreuses utilisations thermiques des eaux de surface. Quatre exemples caractéristiques sont décrits:

- Intégration indirecte
  - Eau du lac Meilen, chauffage (réalisé) et refroidissement (prévu)
  - Énergie à partir l'eau du lac pour l'hôpital de Männedorf: prélèvement à partir d'une conduite d'eau potable existante de capacité suffisante et intégration indirecte, rejet dans le lac.
- Intégration directe, chauffage et refroidissement:
  - Genève Lac Nations: prélèvement et rejet dans le lac
  - GeniLac avec prélèvement dans le lac et rejet dans le Rhône

### Réseau de chaleur avec l'eau du lac, Meilen

L'installation est dimensionnée à des fins de chauffage avec des systèmes de pompe à chaleur dans les locaux des consommateurs. L'eau est prélevée à 35 m de profondeur et restituée à 12 m de profondeur. La température de l'eau du lac varie entre 4 °C et 7 °C. La différence entre la température de retour et la température de l'eau du lac est de 3 °C maximum. L'intégration est *indirecte* (un échangeur de chaleur central absorbe l'énergie de l'eau du lac et la transfère au circuit intermédiaire). Les bâtiments chauffés sont reliés à ce circuit fermé, où la température requise est générée par des pompes à chaleur. La puissance utilisée est de 300 kW, le système peut être étendu à 800 kW (à partir de juillet 2017). Le refroidissement de la maison communale est planifié avec l'eau de circulation.

Le réseau est exploité par les Services électriques du canton de Zurich - EKZ.

### Hôpital de Männedorf: chauffage et refroidissement [20]

La conduite d'eau lacustre existante, qui fournit en eau les groupes de communes de l'Oberland zurichois GWVZO, a une capacité suffisante pour alimenter l'hôpital de Männedorf en chaleur et en froid. L'eau est pompée à partir du puits d'eau brute existant dans un bâtiment de référence, dans lequel se situe l'échangeur de chaleur pour la séparation du système (intégration indirecte). À l'intérieur de l'hôpital, l'énergie est transférée dans l'eau de circulation aux pompes à chaleur ou aux circuits de refroidissement. Le volume d'approvisionnement en eau lacustre atteindra un maximum de 230 m<sup>3</sup>/h (800 kW) en phase finale de construction. L'eau du lac a une température de prélèvement comprise entre 3,5 °C et 8 °C. La température de retour est inférieure de 3 K au maximum. Lorsque des travaux de nettoyage sont effectués sur la conduite d'eau lacustre (chloration choc), la redondance est réalisée via le réseau d'approvisionnement en eau.

### **Genève Lac Nations: chauffage et refroidissement**

Depuis 2001, l'eau du lac est utilisée à la fois pour le chauffage et le refroidissement dans un réseau d'environ 5 km de long. L'eau du lac est prélevée à une profondeur de 37 m. La température varie entre 5 °C en hiver, 8 °C en été et 10 °C en automne. L'intégration est directe. Cela signifie que l'eau du lac est pompée vers les bâtiments et de là, restituée dans le lac. Le système est séparé par des systèmes internes de chauffage (pompes à chaleur) et de refroidissement du bâtiment. La quantité nominale d'eau du lac prélevée est de 2'800 m<sup>3</sup>/h.

Le réseau est exploité par les Services Industriels de Genève SIG

### **GeniLac: chauffage et refroidissement**

GeniLac est le nom de la deuxième station de captage d'eau du lac de Genève à des fins de chauffage et de refroidissement. L'eau sera prélevée à une profondeur de 45 mètres et approvisionnera le centre-ville et l'aéroport de Genève Cointrin en chaleur et en froid. Le projet est actuellement en cours de réalisation (état: juillet 2017). La température de l'eau du lac devra être comprise entre 3°C et 10°C et la puissance de prélèvement de 8 m<sup>3</sup>/s. Le projet prévoit un système avec intégration *directe* et un rejet de l'eau dans le Rhône.

Le réseau est exploité par les Services Industriels de Genève SIG.

## 7 RECOMMANDATIONS

### 7.1 Recommandations écologiques et techniques

Les services cantonaux doivent tenir un registre central des installations. L'évolution de l'utilisation thermique des eaux peut ainsi être suivie. À cette fin, les installations autorisées et la quantité d'énergie utilisée sont enregistrées en permanence côté eau de manière distincte pour le chauffage et le refroidissement, [26].

Par analogie avec les cartes géo-spatiales existantes sur l'utilisation de l'énergie côté terre, les cantons établissent des cartes des eaux pour lesquelles ont été identifiées les zones potentielles ou non souhaitables d'une utilisation thermique. Ces cartes devraient également indiquer les installations déjà réalisées et les zones particulièrement sensibles sur le plan écologique. Dans ce contexte, les zones de protection des rives devraient également être prises en compte.

Une utilisation thermique planifiée doit être modélisée de manière aussi réaliste que possible (au niveau local et en fonction des eaux), en particulier en ce qui concerne l'eau de retour refroidie ou chauffée. Les mesures actuelles de la température du plan d'eau au cours de l'année ainsi que les conditions d'écoulement doivent être prises en compte (ou relevées).

Le rejet de l'eau chauffée ou refroidie doit avoir lieu sous la thermocline à une profondeur d'au moins 25 m. La stratification doit avoir lieu entre 20 m et 40 m, ou même 60 m de profondeur.

Afin de minimiser autant que possible le risque écologique, de tenir compte du réchauffement climatique et de laisser une certaine marge de manœuvre aux générations futures, le changement de température admissible devrait être fixé à 0,5 °C au lieu de 1 °C [13], [26].

Les installations à petite échelle ne devraient être autorisées qu'en cas d'un intérêt supérieur<sup>15</sup>. Cela permet de réduire le nombre d'interventions lors de constructions.

Les utilisations de froid uniquement doivent être autorisées avec modération en fonction de la situation. Lors de la planification pour une utilisation de froid uniquement, il convient de présenter un concept qui permette d'utiliser les rejets de chaleur au moins à moyen terme, par exemple en étendant le réseau de distribution. La chaleur restituée dans l'environnement doit être réduite au minimum.

Dans la mesure du possible, l'installation d'utilisation de l'eau de refroidissement doit être conçue de sorte que la température de rejet soit plus proche de 20 °C que le maximum légal de 30 °C (exigence des directives du lac de Constance [26]).

La surveillance des installations construites doit être effectuée selon les règles de l'art. L'objectif est de détecter les fuites dans les échangeurs de chaleur, les températures irrégulières et autres anomalies et de les corriger rapidement de manière professionnelle.

---

<sup>15</sup>Dans de nombreux cantons, les installations de moins de 200 kW sont considérées comme de petites installations.

## 7.2 Recommandations en ce qui concerne les procédures

Dans le cadre de la procédure d'autorisation, le canton, en tant qu'autorité directrice, doit regrouper les décisions de tous les services cantonaux en une décision commune. Les autorisations de la commune d'implantation doivent s'y appuyer.

Les périmètres délimités dans les plans directeurs communaux, pour l'utilisation thermique des eaux de surface, doivent être conçus de telle façon que leur aménagement réponde aux exigences écologiques des eaux et soit réalisable du point de vue technique et économique pour un fournisseur de services énergétiques.

La commune d'implantation, en tant qu'autorité compétente en matière d'autorisation des conduites de distribution, doit déterminer quelle procédure (procédure invitant à soumissionner, procédure d'appel d'offres) sera utilisée pour choisir les services industriels appropriés. Cela dépend également de la part d'immeubles communaux raccordés [22].

Une concession et un permis de construire pour le réseau de distribution, éventuellement avec des droits exclusifs pour un organe responsable, doivent être contrebalancés par une obligation d'approvisionnement et de livraison dans des délais convenus par contrat. Ainsi, un plan directeur contraignant peut être mis en œuvre.

En cas d'obligation de raccordement au réseau, la commune doit avoir le droit de réviser les conditions de raccordement, telles que les prix, l'exigibilité et l'utilité.

Les redevances de concession pour les conduites de distribution devraient être liées à la «qualité» de l'énergie, par exemple à une part maximale non renouvelable.

Afin de promouvoir des solutions communes, le secteur public devrait donner l'exemple en raccordant les bâtiments communaux.

Olten, le 31.8.2017

Beatrice Schaffner/Klemens Niederberger

HOLINGER AG/AquaPlus AG

## 8 SOURCES

- [1] Constitution fédérale 101 du 18 avril 1999 (état au 12 février 2017)
- [2] Loi fédérale sur la protection des eaux RS 814.20, (Loi sur la protection des eaux, LEaux) du 24 janvier 1991 (état 1<sup>er</sup> janvier 2017)
- [3] Ordonnance sur la protection des eaux RS 814.201 (OEaux) du 28 octobre 1998 (état au 1<sup>er</sup> mai 2017)
- [4] Loi fédérale sur la pêche RS 923.0 (LFSP) du 21 juin 1991 (état au 1<sup>er</sup> mai 2017)
- [5] La loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage RS 451 (LPN) du 1<sup>er</sup> juillet 1966 (état au 1<sup>er</sup> janvier 2017)
- [6] Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage RS 451.1 8 (OPN) du 16 janvier 1991 (état au 1<sup>er</sup> mars 2015)
- [7] Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (loi sur l'aménagement du territoire LAT) du 22 juin 1979 (état au 1<sup>er</sup> janvier 2016).
- [8] Loi sur l'énergie LEne, RS 730.0 du 26 juin 1998 (état au 1<sup>er</sup> janvier 2017)
- [9] Ordonnance sur la réduction des émissions de CO2 (Ordonnance sur le CO2) SR 641.71 du 23 décembre 2011 (état au 1<sup>er</sup> janvier 2013)
- [10] Modèles de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC), version 2014; Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie, Conférence des services cantonaux de l'énergie, 2015
- [11] Ordonnance concernant la gestion de l'immobilier et la logistique de la Confédération, OILC SR 172.010.21 du 5 décembre 2008 (état au 1<sup>er</sup> janvier 2016)
- [12] Wärme- und Kältenutzung aus Flüssen und Seen (AWEL Amt für Abfall, Wasser Energie und Luft, Abteilung Wasserbau, Baudirektion Kanton Zürich (400-058-Planungshilfe-002)
- [13] IGKB (Commission Internationale pour la protection du lac de Constance), 2005/2014: Directives Lac de Constance 2005 (avec modification du chapitre 5 du 13.05.2014). 30 p.
- [14] Wärme- und Kältenutzung aus dem Vierwaldstättersee, Richtlinie (nicht genehmigter Entwurf); Aufsichtskommission Vierwaldstättersee, Uri - Schwyz – Obwalden – Nidwalden – Luzern, V02.2017\_05\_30.
- [15] Erläuterungen zur Erarbeitung eines Gesuchs um Erteilung einer Wärmepumpen- oder Kühlwasserkonzession mit Oberflächenwasser, ENT-WURF; Amt für Wasser und Abfall, Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, Stand Juni 2017, noch nicht publiziert.
- [16] Facteurs énergétiques nationaux de la Suisse, 2009 ([www.endk.ch](http://www.endk.ch))
- [17] Consommation d'énergie en Suisse et dans le monde; Faits sur l'énergie

N° 4, SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie, juillet 2015

- [18] Elektrizitätsbedarf fürs Kühlen in der Schweiz; Kampagne effiziente Kälte (partnerschaftliches Projekt des Vereins für Kältetechnik (SVK) und des Bundesamts für Energie (BFE); EnergieSchweiz, 3003 Bern und SVK, 8005 Zürich, 3.9.2012
- [19] Livre blanc du chauffage à distance en Suisse – Stratégie ASCAD; Association Suisse du Chauffage A Distance, 5443 Niederrohrdorf, avec un mandat de l'Office fédéral de l'énergie, 2014
- [20] Lachavanne, J.B., Jaquet, J.M., Juge, R. & Perfetta, J., 1985: Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Vierwaldstättersees. Im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee, Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bundesamt für Umweltschutz und der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee. 109 S., zusätzlich Plandarstellungen
- [21] Dr. jur. Willy Zimmermann: Die Anschlusspflicht für Fernwärme; Schweizer Ingenieur und Architekt 37/82, Heft 37 1982, S 749-752.
- [22] Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund; Ein Gemeinschaftsprojekt von energieschweiz und der Kantone Zürich, Luzern, St. Gallen, Thurgau sowie der Stadt Zürich, Februar 2016.
- [23] Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux SSIGE, collection de normes W 1006 Recommandations pour le financement de l'approvisionnement en eau; SSIGE, 8027 Zurich, édition de janvier 2009.
- [24] C. O'Reilly et al.: Rapid and highly warming of lake surface waters around the globe; Geophysical Research Letters, 2015, 10.1002/2015GL066235.
- [25] BEW (Bundesamt für Energiewirtschaft), 1981: Wärmepumpen an Oberflächengewässern. Studie Nr. 19. Bericht, Eawag, Dübendorf (Güttinger H und D.M. Imboden).
- [26] Wüest, A., Fink, G. 2014: Potenzial zur Wärme- und Kühlenergienutzung aus dem Vierwaldstättersee. Wärmeentzug (Heizen) und Einleitung von Kühlwasser. Faisabilité. Im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV).
- [27] Gaudard, A. 2016: Wärme- und Kältenutzung aus Briener-, Thuner- und Bielersee. Abschätzung des Potenzials und Beeinflussung der Seeökosysteme. Bericht im Auftrag des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern. 27 S.
- [28] Gaudard, A., Schmid, M. Wüest, A., 2017: Thermische Nutzung von Oberflächengewässern. Mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung. Aqua & Gas Nr. 5 2017: 140-145.
- [29] Kanton Aargau, Abteilung für Landschaft und Gewässer (ALG), 2017: Auflagen und Hinweise für die Wasserentnahmen aus einem Bach. 2 Seiten.
- [30] Fink, G. et al. 2014: Large lakes as sources and sinks of anthropogenic heat: Capacities and limits. Water Resources Research 50(9) : p. 7285-

7301.

- [31] OFEFP (aujourd'hui OFEV) 2000: Instructions «Débits résiduels – Comment peuvent-ils être déterminés?»
- [32] AquaPlus 2014: Wasserpflanzenenerhebung. Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen und Seegrundverhältnisse. Fachartikel Aqua & Gas. Nr. 7/8 2014. 12 S.
- [33] Énergie à partir l'eau du lac pour l'hôpital de Männedorf, 2012: Aqua & Gas Nr. 12/ 2012 S. 2012 -48.

# **Annexe 1**

Liste de contrôle pour la mise en oeuvre (côté eau)

**Planung neue Anlage thermische Nutzung Oberflächengewässer**  
**Checkliste zur Berücksichtigung bzw. Erfüllung der ökologischen Vorgaben**

A)	Fassung und Rückgabe in See	JA → siehe Vorgehen A1	(1)
B)	Fassung und Rückgabe in Fluss	JA → siehe separates Vorgehen ▲	
C)	Fassung in See, Rückgabe in Fluss	JA → siehe separates Vorgehen ▲	
<hr/>			
A1	Wird mit der Anlage die vom zuständigen Kanton geforderte minimale Ausbauleistung erreicht?	JA → A2    NEIN → A1a	(2)
A1a	... Nutzungskreis vergrössern bis Vorgabe für minimale Leistung erfüllt ist		
<hr/>			
A2	Ist das benötigte Energiepotenzial für das Gewässer noch verfügbar?	JA → A3    NEIN → A2a	(3)
A2a	... wenn der Plafond der maximalen Nutzung erreicht ist, kann das Projekt nicht bewilligt werden → die Planung ist abzubrechen		
<hr/>			
A3	Kann am vorgesehenen Standort der Wasserfassung bzw. der Wasserrückgabe bei $\geq 25$ m Wassertiefe die Beeinträchtigung von Schutzwerten und Aktivierung von Risiken ausgeschlossen werden? Gewässerraum am Ufer von $\geq 15$ m für oberirdische Anlagenteile, Archäologische Fundstätte, Fischlaichgründe, Trinkwasserfassung, Altlasten (Deponien) auf dem Gewässergrund	JA → A4    NEIN → A3a	(5)
A3a	... Standort der vorgesehenen Anlagenteile bzw. Wasserrückgabe ändern bis Schutzwerte nicht mehr beeinträchtigt bzw. Risiken nicht mehr aktiviert werden können, flexible Modellierung der Projektspezifikationen vorsehen (siehe Punkt A6)		
<hr/>			
A4	Sind für eine Modellierung des Projektes die nötigen Grundlagen vorhanden, insbesondere Temperaturdaten? ★	JA → A6    NEIN → A4a	(5)
A4a	... eigene Messungen der Temperaturverhältnisse im Umfeld des Projektgebietes (insb. der Wasserrückgabe) über den Zeitraum von mindestens 1 Jahr planen		
<hr/>			
A5	Liegt vom Projektgebiet als IST-Zustand (u.a. Grundlage für Monitoring) eine aktuelle Wasserpflanzenenerhebung nach «Methode MESAV+» auf einer Uferlänge von 100–200 m vor? ★	JA → A6    NEIN → A5a	(5) (6)
A5a	... entsprechende Untersuchung veranlassen, das Zeitfenster für diese Erhebungen sind Juli/August, falls die Leitung eingegraben wird, müssen diese Daten rechtzeitig zur Baueingabe zur Verfügung stehen		
<hr/>			
A6	Modellierung der Auswirkungen der Anlage im Betrieb bei Wasserrückgabe (erwärmt / abgekühlt) durchführen, Szenarien Sommer / Winter / Übergangszeit darstellen.  Ist die Tiefe des Rückgabewassers auf $\geq 25$ m festgelegt? Steigt das erwärmte Rückgabewasser nicht höher auf als 20 m Wassertiefe? Kann das Durchmischungsvolumen von $20 \times 20 \times 10$ m für $\Delta T = 1^\circ \text{C}$ eingehalten werden? Ist ein «Zirkelschluss» des genutzten Wassers auszuschliessen (auch Seeströmungen beachten)?	JA → A7    NEIN → A6a	
A6a	... wenn Rückgabe auf mind. 25 m Wassertiefe nicht möglich → zusätzliches gewässerökologische Gutachten einholen oder Wasserrückgabe in Fliessgewässer		
	... wenn warmes Wasser höher als auf 20 m Tiefe aufsteigt → Wasserrückgabe tiefer legen, $\Delta T$ verkleinern, Durchmischung verbessern		
	... wenn Durchmischungsvolumen grösser als $20 \times 20 \times 10$ m → Mischrohr vorsehen, $\Delta T$ verkleinern		
	... wenn immer noch grösser → zusätzliches gewässerökologisches Gutachten einholen		
<hr/>			
A7	Erfolgt die Verlegung der Leitung mittels eines Bohrverfahrens mit definierter Austrittsstelle der Fassung und Rückgabe?	JA → ok    NEIN → A7a	(8)
A7a	... die Leitungsführung erfolgt offenbar mit Eingrabung im Gewässergrund bis mindestens 10 m Wassertiefe. Hierzu werden die Daten der Wasserpflanzenenerhebung benötigt, siehe Punkt A5 (Optimierung der Leitungsführung, Bemessung Ersatzbedarf, Einschätzung Wiederbesiedlungspotenzial). Einbezug allfälliger weiterer Schutzgüter, insbesondere Archäologische Fundstätten.		

Anmerkungen:

- ▲ Die Checklisten bzw. Vorgehensweisen für die Nutzungstypen B) und C) sind analog des Beispiels A) anhand der im Bericht aufgeführten Vorgaben zu erstellen.
  - ★ Für die Planung bzw. Baueingabe zeitlich sensitive Schritte, sie benötigen entweder eine grössere Vorlaufzeit (Temperaturmessung während mind. 1 Jahr) oder können nur zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgeführt werden (Wasserpflanzenerhebung nur im Juli / August).
- 1 Die Anlage wird kombiniert für Wärme-/Kältenutzung geplant (Ausbauziel für beide Nutzungsarten). Die Wasserrückgabe soll auf einer Tiefe von  $\geq 25$  m erfolgen. Dadurch wird verhindert, dass die sommerliche Temperaturschichtung sowie der Lebensraum der ab ca. 10 m–max. 20 m Tiefe vorkommenden und an gleichförmig kalte Verhältnisse adaptierten Wasserpflanzen durch erwärmtes Rückgabewasser beeinflusst wird. Die Lage der Wasserfassung wird projektspezifisch festgelegt. Die Rückgabe von abgekühltem Wasser (bei Wärmenutzung im Winter) wird als ökologisch eher unbedenklich beurteilt.
  - 2 Verschiedene Kantone geben für die Seewassernutzung pro Anlage eine minimale Ausbauleistung vor, damit im Endeffekt möglichst wenige, dafür grosse Anlagen realisiert werden und die «Anhäufung» von Leitungen vermieden werden kann (u.a. auch zur Vermeidung von gegenseitigen Störungen durch erwärmtes oder abgekühltes Rückgabewasser).
  - 3 Für jedes Gewässer wird das nutzbare thermische Potenzial festgelegt (Vorgabe: maximale Temperaturveränderung von 0.5 °C gegenüber den natürlichen Verhältnissen).
  - 4 Falls mit dem Projekt der Plafond des nutzbaren Potenzials überschritten wird, könnte ggf. die Leistung reduziert werden. Dies bedingt jedoch die Zustimmung der zuständigen Behörde zur Unterschreitung der minimalen Anlagengrösse.
  - 5 Es ist bei den zuständigen kantonalen Stellen (Fischerei, Gewässerschutz, Naturschutz, Archäologie, Altlasten) nachzufragen, welche Daten bzw. welche Kenntnisse zum Projektgebiet vorhanden sind.
  - 6 Die Daten der Seegrundverhältnisse, der Vegetation, Grossmuscheln und der Modellierung des fischökologischen Potenzials sollten nicht mehr als 5 Jahre zurückliegen.
  - 7 Die aktuelle Bewilligungspraxis der Kantone favorisiert möglichst wenige, dafür grosse Anlagen. Bei sehr grossen Anlagen kann möglicherweise das Durchmischungsvolumen von 20 x 20 x 10 m nicht erfüllt werden. Grosse «Wärmekörper» behindern jedoch die freie Fischwanderung im Gewässer. Es ist zu nachzuweisen, dass wenige grosse Durchmischungszonen geringere Auswirkungen haben als mehrere kleine. Die Untergrenze des aufsteigenden Wassers von 20 m sollte auf jeden Fall eingehalten werden. Bei nicht zu vermeidenden Auswirkungen auf schutzwürdige Lebensräume (unter Abwägung aller Interessen) hat der Verursacher gem. NHG Art. 18 für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonst für angemessenen Ersatz zu sorgen.
  - 8 Mit der Eingrabung der Seewasserleitung in das Sediment wird temporär die Vegetation zerstört. Die Wasserpflanzenerhebung dient dazu, mit einer Optimierung der Leitungsführung den Verlust bezüglich Pflanzenmenge (Vegetationsdichte) und allfälliger gefährdeter Arten möglichst gering zu halten und die Wiederbesiedlung sicherzustellen. Ggf. müssen stark gefährdete Arten, insbesondere Grossmuscheln, vorgängig umgesiedelt werden. Sofern im vorgesehenen Grabungsbereich weitere Werte vorkommen, v.a. eine archäologisch bedeutende Fundstelle, muss ggf. auf eine Eingrabung generell verzichtet werden. Die Aspekte bevorzugte Fischlaich- bzw. Fischfanggründe müssen mit der zuständigen Fachstelle und dem Berufsfischer geklärt werden. Obwohl bei den Grabungsarbeiten die Schonzeiten (Anfang März–Ende Mai, Mitte November–Ende Dezember) eingehalten werden und der Eingriff der Eingrabung temporär ist, könnten die Auswirkungen als nicht tolerierbar eingeschätzt werden.

## **Annexe 2**

Effets et mesures concernant les ouvrages liés au lac

## **Auswirkungen von Algen und anderen seebürtigen anorganischen oder organischen Partikeln auf die Infrastruktur von thermischen Anlagen**

### **Partikel unterschiedlicher passiver oder aktiver Mobilität**

- Trübstoffe aus Zuflüssen, internen Rutschungen, Bergstürzen etc.
- Kalkpartikel infolge biogener Entkalkung im Sonner (v.a. eutrophe Gewässer)
- Abwasser (Entlastungen, Tiefenwassereinleitungen von ARA-Ausläufen)
- Plankter (Phytoplankton, u.a. Kieselalgen; Zooplankton)
- Süsswasserquallen
- Süsswassergarnelen
- Eisenbakterien (z. B. *Leptothrix ochracea*)
- Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*)
- Schwefelbakterien (z. B. *Beggiatoa alba*, *Beggiatoa arachnoidea*)
- Larven (Nauplien) der Wandermuscheln, Quaggamuscheln etc.

### **Probleme bei technischen Anlagen**

- Ansaugkorb verstopft, Wasserdurchfluss nimmt ab
- Filter verstopfen, häufige Rückspülungen, grössere Menge an Abwasser fallen an
- Wärmetauscher verstopfen, Leistungsabfall
- Weitere Anlagen wie Tossbecken, Leitungen können kontaminiert sein

### **Massnahmen**

- Ansaugkorb regelmässig reinigen, Zugang ins Innere des Ansaugkorbes gewährleisten
- Filter verstopfen sukzessive → automatische Rückspülung, Filtergut via Kanalisation entsorgen
- Wärmetauscher reinigen, desinfizieren
- Leitungen nicht mit Seewasser gefüllt über lange Zeit stehen lassen. Sonst erfolgt eine Sauerstoffzehrung und allenfalls ein Wachstum von z.B. Eisenbakterien.
- Tossbecken reinigen und Entfernen des Schlicks/Schlammes, Desinfektion wenn Wandermuscheln etc. vorhanden sind
- Verhindern, dass von der Rückgabestelle Seewasser in Richtung Wärmetauscher und bis zum Ansaugkorb geführt werden kann (Umkehr des Wasserflusses zu Spülzwecken, Gefahr der Kontamination durch Wandermuscheln etc.)
- Prüfen, ob Ersatzsysteme vorhanden sein müssen
- generell Inspektionsöffnungen in allen Anlagen (vor allem Leitungen) vorsehen. Bei langen Leitungen gilt es vorgängig zu prüfen, wie diese Leitungen von Ablagerungen, Biofilmen, Bewuchs, Wandermuscheln etc. bei Bedarf effizient und ohne lange Stillstand gereinigt werden können (Roboter («Molch», Spülung, Desinfektion etc.). Ein Molch sollte an mehreren Orten in die Leitung eingeführt werden können, da diverse Schieber, Schleusen etc. keine Durchgängigkeit über die ganze Länge erlauben. «Parkplatz» für den Molch bei Nichtgebrauch sowie Schleuse(n) für das Ein- und Ausführen des Gerätes vorsehen.

- Materialisierung und Leitungsführung so wählen, dass Druckabfall möglichst klein bleibt (bedingt geringe Reibung)
- Unterscheidung in Sekundärkreislauf (Seewasser) und Primärkreislauf (Prozesswasser)
- Ablauf in die Kanalisation für Rückspülwasser, Desinfektionswasser etc.

# **Annexe 3**

Lois et ordonnances

## Bundesgesetze

<b>Gesetzliche Grundlage</b>	
<b>Bundesverfassung [1]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 75: Raumplanung: zweckmässige Nutzung und haushälterischer Umgang mit Boden</li> <li>- Art. 76: Regelung der Nutzung und Schutz der Gewässer</li> <li>- Art. 89: Die Kantone sind für Massnahmen zuständig, die den Energieverbrauch in Gebäuden betreffen</li> </ul>
<b>Gewässerschutzgesetz GSchG [2]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 1: Erhaltung der natürlichen Lebensräume Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs</li> <li>- Art. 29-36: Sicherung angemessener Restwassermengen (wird relevant, wenn in Fliessgewässern zwischen Fassung und Rückgabe eine grössere Distanz besteht oder die Entnahme bzw. Rückgabe von Seewasser in einem Fliessgewässer zu massgeblichen Veränderungen des Abflussgeschehens führt)</li> </ul>
<b>Gewässerschutzverordnung GSchV [3]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anhang 1: Ökologische Ziele: Einhaltung naturnaher Temperaturverhältnisse</li> <li>- Anhang 2: Konkretisierung naturnaher Temperaturverhältnisse, und thermischer Nutzung von Fliessgewässern</li> <li>- Anhang 3: Anforderungen Rückgabe von Wasser aus Kühlanlagen</li> </ul>
<b>Bundesgesetz über die Fischerei BGF [4]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 1: Schutz der Lebewesen und Lebensräume</li> <li>- Art. 8: Bewilligungspflicht für thermische Nutzungen</li> <li>- Art. 9: Definition von Massnahmen für Neuanlagen zum Erhalt günstiger Lebensbedingungen</li> </ul>
<b>Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz NHG [5]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 18 und 21: Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt, vor allem Uferbereiche inkl. Ufervegetationen, Riedgebiete Forderung nach Massnahmen bei nicht zu vermeidenden Beeinträchtigungen</li> </ul>
<b>Verordnung über den Natur- und Heimatschutz NHV [6]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 14: Schutz von Lebensraumtypen mit ihren Kennarten</li> </ul>
<b>Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) [7]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 17: Schutzzonen</li> <li>- Art. 22-24: Baubewilligung</li> </ul>
<b>Energiegesetz EnG [8]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art 42: Kantone schaffen günstige Rahmenbedingungen für eine effiziente Energienutzung und die Nutzung erneuerbaren Energien</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 48: Bund und Kantone fördern die Aus- und Weiterbildung der Personen, die mit den Aufgaben des Energiegesetzes betraut sind</li> <li>- Art: 47: Die Kantone beraten die Öffentlichkeit und die Behörden</li> </ul>
<b>CO2-Gesetz [9]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art.9: Reduktion der CO2-Emissionen in der Gebäudeheizung und Berichterstattung gegenüber dem Bund</li> </ul>

### Verantwortung der Kantone, Verordnungen, Label

<b>Gesetz, Verordnung, Label, Empfehlungen</b>	<b>Grundlage</b>	<b>Stossrichtung und Auswirkung in den Kantonen/Gemeinden</b>
<b>Energiegesetz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bundesverfassung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gesetzgebung im Gebäudebereich ist an <b>Kantone</b> delegiert</li> <li>- Verstärkte Nutzung von einheimischen und erneuerbaren Energien</li> <li>- Senkung des Energieverbrauchs</li> </ul>
<b>Verordnung über den Natur- und Heimatschutz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amtsstellen der <b>Kantone</b> sind für den Vollzug zuständig</li> <li>- Verlangt den Schutz von schützenswerten Lebensräumen und Denkmälern</li> </ul>
<b>Raumplanungsgesetz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bundesverfassung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kantonale Baugesetze und –Verordnungen</li> <li>- Schutz von sensiblen Gebieten</li> </ul>
<b>MuKE n 2014</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Energiegesetz</b></li> <li>- <b>Fliesst in kantonale Energiegesetze ein</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Harmonisierung unter den Kantonen</b></li> <li>- <b>Konkretisiert Energieversorgung von Gebäuden</b></li> <li>- <b>Macht Energieträger vergleichbar<sup>1</sup></b></li> <li>- <b>Senkung des Energieverbrauchs und Erhöhung des erneuerbaren Anteils<sup>2</sup></b></li> </ul>

<sup>1</sup> Strom hat den Gewichtungsfaktor 2, auch wenn es sich um erneuerbaren Strom handelt. Bei einer Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe von 2.5 ergibt sich ein nicht erneuerbarer Energieanteil von 80 %.

<sup>2</sup> In der Wärmeerzeugung sind maximal 90 % nicht erneuerbare Energieträger erlaubt.

<b>Energiestadt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Label von EnergieSchweiz<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leistungsausweis für Gemeinden</li> <li>- Senkung des Energieverbrauchs</li> <li>- Fördert erneuerbare Verbundlösungen</li> <li>- Räumliche Energieplanung</li> </ul>
<b>Minergie®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verein mit dem höchsten Energie-Standard für Gebäude</li> <li>- EnergieSchweiz strebt einen hohen Anteil an Minergie-Bauten an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Senkung des Energieverbrauchs</li> <li>- Abnahme des Wärmebedarfs</li> </ul>
<b>KBOB</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verordnung über das Immobilienmanagement und die Logistik des Bundes VILB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimierung des Energieverbrauchs mit Priorisierung erneuerbarer Energien oder Abwärme</li> <li>- Bei Nutzung von Oberflächengewässern Priorisierung von Verbundlösungen mit hoher Leistung</li> </ul>

---

<sup>3</sup> Das heutige Programm „EnergieSchweiz“ wurde 1990 vom Bundesrat als „Energie 2000“ ins Leben gerufen und fördert die Energieeffizienz sowie den Einsatz erneuerbarer Energien.

# **Annexe 4**

Bases légales dans le domaine de l'écologie

## Gesetzliche Grundlagen Bereich «Ökologie»

Hinsichtlich der Entnahme und Rückgabe von Wasser aus stehenden und fliessenden Gewässern zur Wärme- und Kältenutzung liegen diverse gesetzliche Anforderungen vor. Sie sind nachfolgend zusammengestellt, die Auswahl beschränkt auf die Annahme, dass das «genutzte» Wasser mit Ausnahme der Temperatur keine Veränderung erfährt, also keine Inhaltsstoffe zugesetzt oder entnommen werden und die vorhandenen Konzentrationen, z.B. Sauerstoffgehalt oder DOC, gleich bleiben. (1)

Es ist festzuhalten, dass die thermische Veränderung der Gewässer gemäss Art. 4 Gewässerschutzgesetz (GSchG) von 1991 rechtlich gesehen als «Verunreinigung» zu verstehen ist. Es heisst darin in Art. 4, dass jede nachteilige physikalische, chemische oder biologische Veränderung des Wassers unter den Begriff der «Verunreinigung» fällt.

*(1) Auf die «chemische» Gewässerqualität wird nicht eingegangen in der Annahme, dass das für Wärme- oder Kältegewinnung genutzte Wasser in seiner Beschaffenheit nicht verändert wird. Um dies sicherzustellen, soll das Seewasser stets nur mit einem Zwischenkreislauf eingesetzt werden. Ein Spezialfall würde die Einbringung von nährstoffreichem Tiefenwasser in die euphotische (produktive) Zone eines stehenden Gewässers darstellen, was aber den ökologischen Zielen gem. Anhang 1 GSchV widersprechen würde. Eine Sonderlösung muss ggf. für die Bekämpfung eines unerwünschten pflanzlichen oder tierischen Bewuchses an der Fassungs- oder Austrittsstelle oder in der Leitung selbst sowie dem Wärmetauscher getroffen werden. Hier kämen die Vorgaben gem. GSchV, Anh. 3.3 zum Tragen: Werden dem Kühlwasser Stoffe zugegeben, die Gewässer verunreinigen können (z.B. Biozide), sind für diese Stoffe Anforderungen an die Einleitung festzulegen.*

### **Gewässerschutzgesetz (GSchG) vom 24.1.1991, Stand 1.1.2017**

In einem übergeordneten Sinne verweist bereits der Zweck des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) in Art. 1 darauf hin, dass (durch Eingriffe, Nutzungen, etc.) keine nachteiligen Einwirkungen auftreten dürfen.

*GSchG – Art. 1 Zweck*

*Dieses Gesetz bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen.*

*Es dient insbesondere:*

- a. der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen;*
- b. der Sicherstellung und haushälterischen Nutzung des Trink- und Brauchwassers;*
- c. der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt;*
- d. der Erhaltung von Fischgewässern;*
- e. der Erhaltung der Gewässer als Landschaftselemente;*
- f. der landwirtschaftlichen Bewässerung;*
- g. der Benützung zur Erholung;*
- h. der Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs.*

Im vorliegenden Kontext ist insbesondere die Formulierung «der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt» sowie «der Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs» relevant. Dieser Grundsatz ist in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) mit Ausführung zu den ökologischen Zielen konkretisiert.

In Anhang 1 wird dazu für oberirdische Gewässer (2) im Detail auf die Integrität der Lebensgemeinschaften hingewiesen.

*(2) Gesetzliche Vorgaben für Grundwassernutzung oder Einleitung von Drainagewasser aus Untertagebauten werden nicht berücksichtigt, die vorliegende Arbeit beinhaltet nur Kälte- und Wärmegewinnung aus Oberflächengewässern.*

## *GSchV – ANHANG 1: Ökologische Ziele für Gewässer*

### *1 Oberirdische Gewässer*

*1 Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen:*

- a. naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren;*
- b. eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.*

*2 Die Hydrodynamik (Geschiebetrieb, Wasserstands- und Abflussregime) und die Morphologie sollen naturnahen Verhältnissen entsprechen. Insbesondere sollen sie die Selbstreinigungsprozesse, den natürlichen Stoffaustausch zwischen Wasser und Gewässersohle sowie die Wechselwirkung mit der Umgebung uneingeschränkt gewährleisten.*

*3 Die Wasserqualität soll so beschaffen sein, dass:*

- a. die Temperaturverhältnisse naturnah sind;*

Bezüglich einer thermischen Nutzung der Gewässer ist insbesondere die Anforderung relevant, dass «die Temperaturverhältnisse» naturnah sein sollen. In Anhang 2 wird diese Forderung unter dem Aspekt «Anforderungen an die Wasserqualität» relativ umfassend konkretisiert:

## *GSchV – ANHANG 2: Anforderungen an die Wasserqualität*

### *1 Oberirdische Gewässer*

#### *11 Allgemeine Anforderungen*

*1 Die Wasserqualität muss so beschaffen sein, dass:*

- b. Laichgewässer für Fische erhalten bleiben;*
- f. Stoffe, die durch menschliche Tätigkeit ins Gewässer gelangen, die Fortpflanzung, Entwicklung und Gesundheit empfindlicher Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen nicht beeinträchtigen. (3)*

*(3) Eine Temperaturänderung durch Kühl- oder Wärmenutzung ist analog dem Terminus «Stoffe, die durch menschliche Tätigkeit ins Gewässer gelangen» zu handhaben.*

#### *12 Zusätzliche Anforderungen an Fließgewässer*

*3 Durch Wasserentnahmen, Wassereinleitungen und bauliche Eingriffe dürfen die Hydrodynamik, die Morphologie und die Temperaturverhältnisse des Gewässers nicht derart*

*verändert werden, dass dessen Selbstreinigungsvermögen vermindert wird oder die Wasserqualität für das Gedeihen der für das Gewässer typischen Lebensgemeinschaften nicht mehr genügt.*

*4 Die Temperatur eines Fliessgewässers darf durch Wärmeeintrag oder –entzug gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand um höchstens 3 °C, in Gewässerabschnittender Forellenregion um höchstens 1,5 °C, verändert werden; dabei darf die Wassertemperatur 25 °C nicht übersteigen. Diese Anforderungen gelten nach weitgehender Durchmischung.*

### *13 Zusätzliche Anforderungen an stehende Gewässer*

*1 Durch Terrainveränderungen (z.B. Ausbaggerungen, Verlagerung von Baggergut innerhalb des Gewässers, Uferabgrabungen und -aufschüttungen, Uferbefestigungen und -eindämmungen) dürfen die Morphologie und die Funktionen des Seebodens, die zur Erhaltung der für das Überleben der Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen genügenden Wasserqualität notwendig sind, nicht dauernd nachteilig verändert werden.*

*2 Der Nährstoffgehalt darf höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten.*

*3 Für Seen gilt ausserdem:*

*a. Durch Seeregulierungen, Wassereinleitungen und -entnahmen, Kühlwassernutzung und Wärmeentzug dürfen im Gewässer die natürlichen Temperaturverhältnisse, die Nährstoffverteilung sowie, insbesondere im Uferbereich, die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen für die Organismen nicht nachteilig verändert werden.*

In weiteren Anhängen der GSchV sind ergänzende Vorgaben enthalten, welche auch für die thermische Nutzung eine Relevanz aufweisen. Es geht dabei insbesondere um die Einleitung von Industrieabwasser in Gewässer, wo bezüglich Temperatur die allgemeine Anforderung «höchstens 30 °C» gilt sowie um die Rückgabe von Industrieabwasser bzw. Wasser aus Kühlanlagen in Gewässer. (4)

(4) Die thermische Veränderung der Gewässer stellt gemäss dem Gewässerschutzgesetz eine Verunreinigung dar und ist im weiteren Sinne als «verschmutztes Abwasser» zu handhaben.

### *GSchV – ANHANG 3.3: Einleitung von anderem verschmutztem Abwasser in Gewässer*

#### *2 Besondere Anforderungen*

##### *21 Durchlaufkühlung*

*1 Anlagen mit Durchlaufkühlung sind so zu planen und zu betreiben, dass die Wärme soweit möglich zurückgewonnen wird.*

*2 Der Gelöste organische Kohlenstoff (DOC) darf im Kühlwasser um höchstens 5 mg/l DOC erhöht werden.*

*3 Werden dem Kühlwasser Stoffe zugegeben, die Gewässer verunreinigen können (z.B. Biozide), sind für diese Stoffe Anforderungen an die Einleitung festzulegen.*

*4 Für Einleitungen in Fliessgewässer und Flusstau gilt zudem:*

*a. Die Temperatur des Kühlwassers darf höchstens 30 °C betragen; die Behörde kann kurzfristige, geringfügige Überschreitungen im Sommer zulassen.*

*b. Die Aufwärmung des Gewässers darf gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand höchstens 3 °C, in Gewässerabschnitten der Forellenregion höchstens 1,5 °C, betragen; dabei darf die Wassertemperatur 25 °C nicht übersteigen.*

*c. Das Einlaufbauwerk muss eine rasche Durchmischung gewährleisten.*

*d. Das Gewässer darf nur so schnell aufgewärmt werden, dass keine nachteiligen Auswirkungen für Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen entstehen.*

*5 Für Einleitungen in Seen sind zusätzlich zu den Anforderungen nach den Absätzen 1–3 die Einleitungsbedingungen, insbesondere die Temperatur des Kühlwassers, die Einleitungstiefe und die Einleitungsart, entsprechend den örtlichen Verhältnissen im Einzelfall festzulegen.*

Im Gegensatz zu Fliessgewässern liegen für Seen keine näheren Angaben vor, in welcher Art die Temperaturveränderung sein darf, sowohl was das gesamte Gewässer betrifft (nutzbarer Kälte- oder Wärmeinhalt), als auch bezüglich des Volumens mit einer definierten Temperaturdifferenz zum Umgebungswasser bei der Rückgabestelle, damit keine nachteiligen Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften entstehen. Im Kapitel «Ökologische Anforderungen» werden dazu konkrete «Ableitungen» (Interpretationen) aus den in den gesetzlichen Grundlagen enthaltenen Vorgaben vorgenommen.

Ein besonderer Aspekt der thermischen Nutzung in Fliessgewässern kommt dann zum Tragen, wenn die Entnahme- und Rückgabestelle nicht in kurzer Distanz zueinander liegen (wie dies in verschiedenen kantonalen Vorgaben empfohlen wird), sondern für eine bestimmte Fliessstrecke eine Restwassersituation entsteht. In einem solchen Fall muss mit der Einreichung eines Gesuches auch eine Restwasserbetrachtung bzw. ein Restwasserbericht gem. GSchG Art. 31–36 mitgeliefert werden. Als Grundlage dient die Wegleitung «Angemessene Restwassermengen – Wie können sie bestimmt werden?» (BUWAL – heute BAFU – 2000). Das Gleiche würde gelten, wenn durch eine Wasserentnahme in einem stehenden Gewässer die Wasserführung eines Fliessgewässers wesentlich verändert würde. Gemäss kantonalen Merkblättern soll nur aus Fliessgewässern mit mehr als 500 l/s  $Q_{347}$  Wasser für Wärme- oder Kühlanlagen genutzt werden.

*GSchG – Art. 29 Bewilligung*

*Eine Bewilligung braucht, wer über den Gemeingebrauch hinaus:*

*a. einem Fliessgewässer mit ständiger Wasserführung Wasser entnimmt;*

*b. aus Seen oder Grundwasservorkommen, welche die Wasserführung eines Fliessgewässers mit ständiger Wasserführung wesentlich beeinflussen, Wasser entnimmt.*

*GSchG – Art. 30 Voraussetzungen für die Bewilligung*

*Die Entnahme kann bewilligt werden, wenn:*

- a. die Anforderungen nach den Artikeln 31–35 erfüllt sind;*
- b. zusammen mit andern Entnahmen einem Fliessgewässer höchstens 20 Prozent der Abflussmenge Q347 und nicht mehr als 1000 l/s entnommen werden; oder*
- c. für die Trinkwasserversorgung im Jahresmittel einer Quelle höchstens 80 l/s, dem Grundwasser höchstens 100 l/s entnommen werden.*

*GSchG – Art. 31 Mindestrestwassermenge*

*1 Bei Wasserentnahmen aus Fliessgewässern mit ständiger Wasserführung muss die Restwassermenge mindestens betragen:*

- bis 60 l/s Abflussmenge Q347 50 l/s*
- und für je weitere 10 l/s Abflussmenge Q347 8 l/s*
- für 160 l/s Abflussmenge Q347 130 l/s*
- und für je weitere 10 l/s Abflussmenge Q347 4,4 l/s mehr,*
- für 500 l/s Abflussmenge Q347 280 l/s*
- und für je weitere 100 l/s Abflussmenge Q347 31 l/s mehr,*
- für 2500 l/s Abflussmenge Q347 900 l/s*
- und für je weitere 100 l/s Abflussmenge Q347 21,3 l/s mehr,*
- für 10 000 l/s Abflussmenge Q347 2 500 l/s*
- und für je weitere 1000 l/s Abflussmenge Q347 150 l/s mehr,*
- ab 60 000 l/s Abflussmenge Q347 10 000 l/s.*

*2 Die nach Absatz 1 berechnete Restwassermenge muss erhöht werden, wenn folgende Anforderungen nicht erfüllt sind und nicht durch andere Massnahmen erfüllt werden können:*

- a. Die vorgeschriebene Wasserqualität der Oberflächengewässer muss trotz der Wasserentnahme und bestehender Abwassereinleitungen eingehalten werden.*
- b. Grundwasservorkommen müssen weiterhin so gespiesen werden, dass die davon abhängige Trinkwassergewinnung im erforderlichen Ausmass möglich ist und der Wasserhaushalt landwirtschaftlich genutzter Böden nicht wesentlich beeinträchtigt wird.*
- c. Seltene Lebensräume und -gemeinschaften, die direkt oder indirekt von der Art und Grösse des Gewässers abhängen, müssen erhalten oder, wenn nicht zwingende Gründe entgegenstehen, nach Möglichkeit durch gleichwertige ersetzt werden.*
- d. Die für die freie Fischwanderung erforderliche Wassertiefe muss gewährleistet sein.*
- e. Bei Fliessgewässern bis 40 l/s Abflussmenge Q347 unterhalb von 800 m ü. M., die als Laichstätten oder als Aufzuchtgebiete von Fischen dienen, müssen diese Funktionen weiterhin gewährleistet sein.*

#### *GSchG – Art. 32 Ausnahmen*

*Die Kantone können in folgenden Fällen die Mindestrestwassermengen tiefer ansetzen:*

- a.20 wenn die Abflussmenge Q347 des Gewässers kleiner als 50 l/s ist: auf einer Strecke von 1000 m unterhalb einer Wasserentnahme aus einem Gewässer, das höher als 1700 m ü. M. liegt, oder aus einem Nichtfischgewässer, das zwischen 1500 und 1700 m ü. M. liegt;*
- b. bei Wasserentnahmen aus Nichtfischgewässern bis zu einer Restwasserführung von 35 Prozent der Abflussmenge Q347;*
- bbis.21 auf einer Strecke von 1000 m unterhalb einer Wasserentnahme in Gewässerabschnitten mit geringem ökologischem Potenzial, soweit die natürlichen Funktionen des Gewässers nicht wesentlich beeinträchtigt werden;*
- c. im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung für ein begrenztes, topographisch zusammenhängendes Gebiet, sofern ein entsprechender Ausgleich durch geeignete Massnahmen, wie Verzicht auf andere Wasserentnahmen, im gleichen Gebiet stattfindet; die Schutz- und Nutzungsplanung bedarf der Genehmigung des Bundesrates;*
- d. in Notsituationen für befristete Entnahmen, insbesondere zur Trinkwasserversorgung, für Löschzwecke oder zur landwirtschaftlichen Bewässerung.*

#### *GSchG – Art. 33 Erhöhung der Mindestrestwassermenge*

*1 Die Behörde erhöht die Mindestrestwassermenge in dem Ausmass, als es sich aufgrund einer Abwägung der Interessen für und gegen die vorgesehene Wasserentnahme ergibt.*

*2 Interessen für die Wasserentnahme sind namentlich:*

- a. öffentliche Interessen, denen die Wasserentnahme dienen soll;*
- b. die wirtschaftlichen Interessen des Wasserherkunftsgebiets;*
- c. die wirtschaftlichen Interessen desjenigen, der Wasser entnehmen will;*
- d. die Energieversorgung, wenn ihr die Wasserentnahme dienen soll.*

*3 Interessen gegen die Wasserentnahme sind namentlich:*

- a. die Bedeutung der Gewässer als Landschaftselement;*
- b. die Bedeutung der Gewässer als Lebensraum für die davon abhängige Tier- und Pflanzenwelt, samt deren Artenreichtum, namentlich auch für die Fischfauna, deren Ertragsreichtum und natürliche Fortpflanzung;*
- c. die Erhaltung einer Wasserführung, die ausreicht, um die Anforderungen an die Wasserqualität der Gewässer langfristig zu erfüllen;*
- d. die Erhaltung eines ausgeglichenen Grundwasserhaushalts, der die künftige Trinkwassergewinnung, die ortsübliche Bodennutzung und eine standortgerechte Vegetation gewährleistet;*
- e. die Sicherstellung der landwirtschaftlichen Bewässerung.*

*4 Wer einem Gewässer Wasser entnehmen will, unterbreitet der Behörde einen Bericht über:*

a. die Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen auf die Interessen an der Wasserentnahme, insbesondere auf die Herstellung von elektrischer Energie und deren Kosten;

b. die voraussichtlichen Beeinträchtigungen der Interessen gegen eine Wasserentnahme und über mögliche Massnahmen zu deren Verhinderung.

#### *GSchG – Art. 34 Wasserentnahmen aus Seen und Grundwasservorkommen*

*Wird einem See oder einem Grundwasservorkommen Wasser entnommen und dadurch die Wasserführung eines Fliessgewässers wesentlich beeinflusst, so ist das Fliessgewässer sinngemäss nach den Artikeln 31–33 zu schützen.*

#### *GSchG – Art. 35 Entscheid der Behörde*

*1 Die Behörde bestimmt im Einzelfall die Dotierwassermenge und die anderen Massnahmen, die zum Schutz der Gewässer unterhalb der Entnahmestelle notwendig sind.*

*2 Sie kann die Dotierwassermenge zeitlich unterschiedlich festlegen. Die Wassermenge nach den Artikeln 31 und 32 darf nicht unterschritten werden.*

*3 Die Behörde hört vor ihrem Entscheid die interessierten Fachstellen und, bei Entnahmen für Anlagen zur Wasserkraftnutzung mit einer Bruttoleistung über 300 kW, den Bund an.*

#### *GSchG – Art. 36 Kontrolle der Dotierwassermenge*

*1 Wer einem Gewässer Wasser entnimmt, muss der Behörde durch Messungen nachweisen, dass er die Dotierwassermenge einhält. Ist der Aufwand nicht zumutbar, so kann er den Nachweis durch Berechnung der Wasserbilanz erbringen.*

*2 Weist er nach, dass die zufließende Wassermenge zeitweise geringer ist als die festgelegte Dotierwassermenge, so muss er während dieser Zeit nur so viel Dotierwasser abgeben, wie Wasser zufließt.*

*Folgende weitere Gesetzeswerke sind für die thermische Nutzung von Bedeutung, indem zu spezifischen Organismengruppen ergänzende oder präzisierende Bestimmungen vorliegen und auch der Fall definiert wird, wenn sich die Beeinträchtigung eines Schutzgutes durch einen technischen Eingriff unter Abwägung aller Interessen (was für eine Anlage zur Kälte-/Wärmegewinnung zutreffen könnte) nicht vermeiden lässt.*

#### **Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) vom 21.6.1991, Stand 1.5.2017**

Im Zweck des Gesetzes in Art. 1 stehen allfällige Beanspruchungen eines Gewässers unter einem grundsätzlichen Vorbehalt, indem die natürliche Artenvielfalt und der Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen sind.

*BGF – Art. 1 Zweck*

*1 Dieses Gesetz bezweckt:*

- a. die natürliche Artenvielfalt und den Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen;*
- b. bedrohte Arten und Rassen von Fischen und Krebsen zu schützen;*
- c. eine nachhaltige Nutzung der Fisch- und der Krebsbestände zu gewährleisten;*

In Art. 8 wird für technische Eingriffe, worunter auch eine thermische Nutzung mit den erforderlichen Anlagen (Leitungen, Fassungs- und Rückgabebauwerk) fällt, eine Bewilligung gefordert:

*BGF – Art. 8 Bewilligung für technische Eingriffe*

*1 Eingriffe in die Gewässer, ihren Wasserhaushalt oder ihren Verlauf sowie Eingriffe in die Ufer und den Grund von Gewässern brauchen eine Bewilligung der für die Fischerei zuständigen kantonalen Behörde (fischereirechtliche Bewilligung), soweit sie die Interessen der Fischerei berühren können.*

*3 Eine Bewilligung brauchen insbesondere:*

- a. die Nutzung der Wasserkräfte; (5)*
- c. Fluss- und Bachverbauungen sowie Uferrodungen; (5)*
- e. die Verlegung von Leitungen in Gewässer;*
- f. maschinelle Reinigungsarbeiten in Gewässern; (5)*
- h. Wasserentnahmen;*
- i. Wassereinleitungen;*

*(5) Eine thermische Nutzung könnte im weiteren Sinne analog einer «Nutzung der Wasserkräfte» verstanden werden. Anlagenteile einer thermischen Nutzung könnten Auswirkungen wie eine Verbauung haben, allfällige landseitige Bauten sind u.U. mit einer Uferrodung verbunden. Der Unterhalt von Leitungen zur thermischen Nutzung könnte allenfalls unter maschinelle Reinigungsarbeiten fallen*

In Art. 9 werden zusätzliche Massnahmen für Neuanlagen definiert, welche mindestens zum Teil auch für eine thermische Nutzung von Bedeutung sind:

*BGF – Art. 9 Massnahmen für Neuanlagen*

*1 Die zur Erteilung der fischereirechtlichen Bewilligung zuständigen Behörden haben unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten und allfälliger anderer Interessen alle Massnahmen vorzuschreiben, die geeignet sind:*

- a. günstige Lebensbedingungen für die Wassertiere zu schaffen hinsichtlich:*

- 1. der Mindestabflussmengen bei Wasserentnahmen,*
  - 5. der Wassertiefe und -temperatur,*
  - 6. der Fliessgeschwindigkeit;*
  - b. die freie Fischwanderung sicherzustellen;*
  - c. die natürliche Fortpflanzung zu ermöglichen;*
  - d. zu verhindern, dass Fische und Krebse durch bauliche Anlagen oder Maschinen getötet oder verletzt werden.*
- 2 Lassen sich bei den vorgesehenen Eingriffen in die Gewässer, ihren Wasserhaushalt oder ihren Verlauf sowie bei Eingriffen in die Ufer und den Grund von Gewässern keine Massnahmen finden, die schwerwiegende Beeinträchtigungen von Interessen der Fischerei im Sinne von Artikel 1 verhindern können, so muss nach der Abwägung der Gesamtinteressenlage entschieden werden.*
- 3 Massnahmen nach Absatz 1 müssen bereits bei der Projektierung der technischen Eingriffe vorgesehen werden.*

#### **Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) vom 1.7.1966, Stand 1.5.2017**

Auch im Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) bzw. der dazugehörigen Verordnung (NHV) sind für eine thermische Nutzung relevante Bestimmungen und Vorgaben enthalten. Es geht in einem übergeordneten Sinne ebenfalls um den integralen Schutz von Organismen und Lebensräumen, welche durch Bauten, Anlagen oder anderweitige Beanspruchung beeinträchtigt oder gefährdet sein könnten. Der Lebensraumtyp «Uferbereich» sowie die Vegetationsform «Ufervegetation, inkl. Wasserpflanzen bzw. Wasserpflanzengesellschaften» werden darin explizit aufgeführt. Sie können bei einer Kälte- oder Wärmenutzung sowohl baulich als auch betrieblich betroffen sein.

#### *NHG – Art. 18 (Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt)*

*1 Dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten ist durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken. Bei diesen Massnahmen ist schutzwürdigen land- und forstwirtschaftlichen Interessen Rechnung zu tragen.*

*Ibis Besonders zu schützen sind Uferbereiche, Riedgebiete und Moore, seltene Waldgesellschaften, Hecken, Feldgehölze, Trockenrasen und weitere Standorte, die eine ausgleichende Funktion im Naturhaushalt erfüllen oder besonders günstige Voraussetzungen für Lebensgemeinschaften aufweisen.*

*1ter Lässt sich eine Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume durch technische Eingriffe unter Abwägung aller Interessen nicht vermeiden, so hat der Verursacher für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonst für angemessenen Ersatz zu sorgen.*

*Art. 18b – 1 Die Kantone sorgen für Schutz und Unterhalt der Biotope von regionaler und lokaler Bedeutung.*

*NHG – Art. 21 (Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt)*

*1 Die Ufervegetation (Schilf- und Binsenbestände, Auenvegetationen sowie andere natürliche Pflanzengesellschaften im Uferbereich (6) ) darf weder gerodet noch überschüttet noch auf andere Weise zum Absterben gebracht werden. (6)*

*(6) inkl. Wasserpflanzen; «Absterben» ist als maximale Stufe einer «nachteiligen Veränderung» gem. GSchV Anh. 1 zu verstehen*

*NHG – Art. 22 (Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt)*

*1 Die zuständige kantonale Behörde kann für das Sammeln und Ausgraben geschützter Pflanzen und das Fangen von Tieren zu wissenschaftlichen sowie zu Lehr- und Heilzwecken in bestimmten Gebieten Ausnahmen gestatten.*

*2 Sie kann die Beseitigung der Ufervegetation in den durch die Wasserbaupolizei- oder Gewässerschutzgesetzgebung erlaubten Fällen für standortgebundene Vorhaben bewilligen.<sup>65</sup>*

*NHV – 3. Abschnitt: Schutz der einheimischen Pflanzen- und Tierwelt*

*Art. 14 Biotopschutz*

*1 Der Biotopschutz soll insbesondere zusammen mit dem ökologischen Ausgleich (Art. 15) und den Artenschutzbestimmungen (Art. 20) den Fortbestand der wildlebenden einheimischen Pflanzen- und Tierwelt sicherstellen.*

*2 Biotope werden insbesondere geschützt durch:*

- a. Massnahmen zur Wahrung oder nötigenfalls Wiederherstellung ihrer Eigenart und biologischen Vielfalt;*
- b. Unterhalt, Pflege und Aufsicht zur langfristigen Sicherung des Schutzziels;*
- c. Gestaltungsmassnahmen, mit denen das Schutzziel erreicht, bestehende Schäden behoben und künftige Schäden vermieden werden können;*
- d. Ausscheidung ökologisch ausreichender Pufferzonen;*
- e. Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen.*

*3 Biotope werden als schützenswert bezeichnet aufgrund:*

- a. der insbesondere durch Kennarten charakterisierten Lebensraumtypen nach Anhang 1;*
- b. der geschützten Pflanzen- und Tierarten nach Artikel 20;*
- c. der nach der Fischereigesetzgebung gefährdeten Fische und Krebse;*

*d. der gefährdeten und seltenen Pflanzen- und Tierarten, die in den vom BAFU erlassenen oder anerkannten Roten Listen aufgeführt sind;*

*e. weiterer Kriterien, wie Mobilitätsansprüche der Arten oder Vernetzung ihrer Vorkommen.*

*4 Die Kantone können die Listen nach Absatz 3 Buchstaben a–d den regionalen Gegebenheiten anpassen.*

*5 Die Kantone sehen ein zweckmässiges Feststellungsverfahren vor, mit dem möglichen Beeinträchtigungen schützenswerter Biotope sowie Verletzungen der Artenschutzbestimmungen des Artikels 20 vorgebeugt werden kann.*

*6 Ein technischer Eingriff, der schützenswerte Biotope beeinträchtigen kann, darf nur bewilligt werden, sofern er standortgebunden ist und einem überwiegenden Bedürfnis entspricht. Für die Bewertung des Biotops in der Interessenabwägung sind neben seiner Schutzwürdigkeit nach Absatz 3 insbesondere massgebend:*

*a. seine Bedeutung für die geschützten, gefährdeten und seltenen Pflanzen- und Tierarten;*

*b. seine ausgleichende Funktion für den Naturhaushalt;*

*c. seine Bedeutung für die Vernetzung schützenswerter Biotope;*

*d. seine biologische Eigenart oder sein typischer Charakter.*

*7 Wer einen Eingriff vornimmt oder verursacht, ist zu bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonst angemessenen Ersatzmassnahmen zu verpflichten.*

#### *Art. 20 Artenschutz*

*1 Das unberechtigte Pflücken, Ausgraben, Ausreissen, Wegführen, Anbieten, Verkaufen, Kaufen oder Vernichten, insbesondere durch technische Eingriffe, von wildlebenden Pflanzen der im Anhang 2 aufgeführten Arten ist untersagt.*

*2 Zusätzlich zu den im Bundesgesetz vom 20. Juni 1986 über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel genannten gelten die wildlebenden Tiere der im Anhang 3 aufgeführten Arten als geschützt. Es ist untersagt, Tiere dieser Arten*

*a. zu töten, zu verletzen oder zu fangen, sowie ihre Eier, Larven, Puppen, Nester oder Brutstätten zu beschädigen, zu zerstören oder wegzunehmen;*

*3 Die zuständige Behörde kann zusätzlich zu den Ausnahmegewilligungen nach Artikel 22 Absatz 1 NHG weitere Ausnahmegewilligungen erteilen,*

*a. wenn dies der Erhaltung der biologischen Vielfalt dient;*

*b. für technische Eingriffe, die standortgebunden sind und einem überwiegenden Bedürfnis entsprechen. Ihr Verursacher ist zu bestmöglichen Schutz- oder ansonst angemessenen Ersatzmassnahmen zu verpflichten.*

*4 Die Kantone regeln nach Anhören des BAFU den angemessenen Schutz der im Anhang 4 aufgeführten Pflanzen- und Tierarten.*

*NHV – ANHANG 1: Liste der schützenswerten Lebensraumtypen*

*(Auswahl: Seen, Seeufer)*

*Quellfluren, Gewässer, Uferbereiche, Verlandungsgesellschaften und Flachmoore (u.a. Armleuchteralgenrasen, Laichkrautgesellschaften, Wasserlinsengesellschaften, Seerosengesellschaften, Strandlingsgesellschaften, Stillwasser-Röhricht, Landschilf-Röhricht, Gross- und Kleinseggenrieder, ...)*

*NHV – ANHANG 2: Liste der geschützten Pflanzen*

*(... darunter solche, welche durch Bau und Betrieb einer Seewassernutzung betroffen sein könnten)*

*NHV – ANHANG 3: Liste der geschützten Tiere*

*(... darunter solche, welche durch Bau und Betrieb einer Seewassernutzung betroffen sein könnten)*

*NHV – ANHANG 4: Liste der kantonal zu schützenden Arten*

*(... darunter solche, welche durch Bau und Betrieb einer Seewassernutzung betroffen sein könnten)*