

Chauffer et rafraîchir grâce aux eaux usées

Guide pour les maîtres d'ouvrage et les communes



Sommaire

Avant-propos

Par le Conseiller fédéral Moritz Leuenberger 1

Généralités

Fonctionnement du chauffage aux eaux usées 2

Un potentiel important en Suisse 4

Pour quels bâtiments récupérer la chaleur des eaux usées? 6

Exemples

La région pilote de Bâle

20 ans d'exploitation des eaux usées 8

Morat, Centre du Lœwenberg

Les CFF montrent l'exemple 10

Immeubles locatifs à Winterthur

Le promoteur mise sur les eaux usées 12

Schaffhouse et Singen

Chaleur et climatisation pour l'industrie 14

Sandvika (Oslo)

De l'énergie pour tout un quartier 16

Faits

De bonnes notes en écologie 18

Rentabilité: tenir compte de la totalité des coûts 20

Aspects techniques

Potentiel et gain énergétique 22

Production et utilisation 24

Comment procéder

Les communes, moteurs de l'innovation 26

Les différentes étapes pour le maître de l'ouvrage 28

Le contracting pour le financement et l'exploitation 30

Service

Information et conseils 32

Impressum

Editeur

SuisseEnergie

Office fédéral de l'énergie (OFEN), 3003 Berne

Direction du projet

Action «SuisseEnergie pour les infrastructures»

Thomas Bühler

Crêt 108, CH-2314 La Sagne

Tél: 032 933 88 40, fax: 032 933 88 50

energie@infrastructures.ch

www.infrastructures.ch

Graphisme

Susanne Staubli, Zurich

Mise en page

Thomas Bruggisser, Zurich

www.grafiktraktor.ch

Commande

Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL)

3003 Berne, www.publicationsfederales.ch

Numéro de commande 805.691.f

05.06

Avant-propos

Boucler la boucle

S'il est un domaine qui a connu des progrès fulgurants, ces dernières décennies, c'est bien celui du chauffage. Grâce à une meilleure isolation, à des fenêtres plus hermétiques, à des systèmes moins gourmands et à la diversification des sources d'approvisionnement, nous avons pu réduire considérablement nos besoins en énergie fossile pour le chauffage.

Et pourtant... Nous continuons, sans le savoir, à laisser chaque jour de la chaleur s'évader de nos maisons, même les mieux isolées. En effet, lorsque nous prenons une douche, que nous faisons une lessive ou que nous cuisinons, nous évacuons de grandes quantités d'eau tiède dans les canalisations. Or, l'énergie ainsi perdue dans toute la Suisse permettrait de chauffer des centaines de milliers de bâtiments.

SuisseEnergie s'implique pour exploiter ce potentiel gigantesque. La technique existe et nous la maîtrisons: grâce à des pompes à chaleur, nous pouvons récupérer l'énergie des eaux usées pour chauffer les bâtiments et produire de l'eau chaude sanitaire sans émettre de CO₂. Ces installations sont désormais rentables et la matière première abonde.

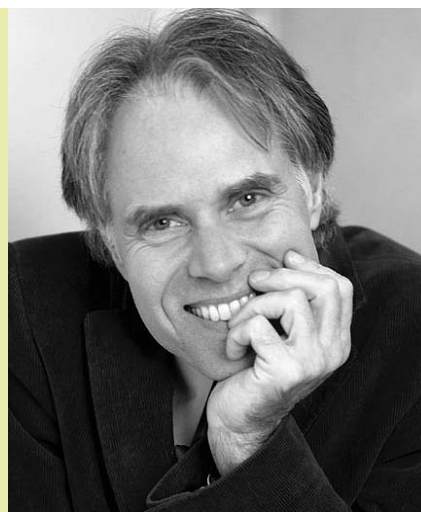
De plus, la Suisse occupe une position de leader sur le marché. Nos entreprises possèdent le savoir-faire nécessaire pour développer et exporter des produits et des prestations très appréciés en Europe. Contribuer au développement de cette technologie, c'est également soutenir notre économie.

Nous disposons donc d'un approvisionnement indigène et assuré à long terme, porteur de développement économique et ménageant l'environnement. Si nous nous engageons dans cette voie, nous pourrions boucler la boucle et apporter une contribution importante à la réalisation des objectifs de la politique énergétique et climatique de la Suisse.

Dans presque toutes les communes, on trouve des bâtiments qui se prêtent à la récupération de la chaleur des eaux usées. Le vôtre en fait peut-être partie. Cette brochure vous informera tant sur le fonctionnement technique des installations que sur la marche à suivre pour les réaliser.

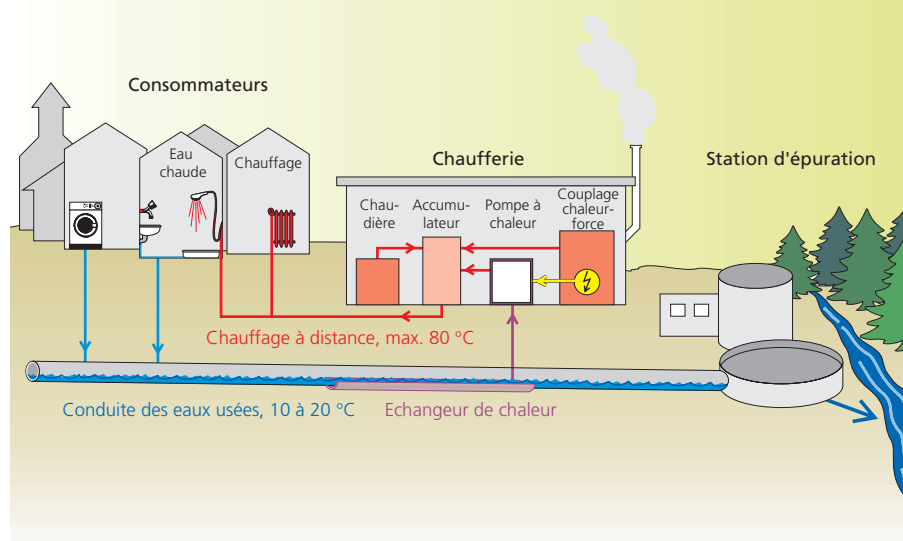


Moritz Leuenberger, Conseiller fédéral



Fonctionnement du chauffage aux eaux usées

D'une température oscillant durant l'année entre 10 et 20 °C, les eaux usées recèlent de grandes quantités d'énergie. En hiver, elles sont nettement plus chaudes que l'air extérieur et de la chaleur peut en être récupérée. En été, l'inverse se produit et les bâtiments peuvent être rafraîchis. La récupération de la chaleur de ces eaux repose sur une technologie simple, maîtrisée et écologique. Le cœur du dispositif est constitué par un échangeur de chaleur qui capte l'énergie des eaux usées et une pompe à chaleur qui chauffe ou refroidit les bâtiments.



Pas de problème pour les STEP

La récupération de la chaleur des eaux usées: une technique pleine de bon sens.

Les installations de récupération de la chaleur des eaux usées n'entravent en rien le bon fonctionnement des canalisations et des stations d'épuration. Elles ne représentent aucun danger pour la qualité des eaux, à condition qu'elles soient conçues, réalisées et exploitées judicieusement, conformément aux prescriptions de l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA). Plusieurs études menées par l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG) le confirment.

Récupération de la chaleur

Dans les grands bâtiments, des pompes à chaleur sont utilisées pour chauffer l'eau sanitaire et les locaux à partir de l'énergie thermique des eaux usées. Ces pompes à chaleur alimentent souvent plusieurs immeubles dans le cadre d'un réseau de chauffage à distance. Les installations fonctionnent d'autant plus efficacement que la température de distribution est basse. En été, l'énergie des eaux usées peut également servir au rafraîchissement des locaux. La pompe à chaleur fonctionne alors «en sens inverse», comme une machine frigorifique. Il n'est pas forcément nécessaire de la faire fonctionner pour rafraîchir les bâtiments. Cela peut se faire en utilisant directement la fraîcheur des eaux usées au travers de l'échangeur de chaleur.

Pompe à chaleur

La température des eaux usées n'est pas suffisante pour être valorisée telle quelle. Une pompe à chaleur est indispensable pour l'élever à un niveau exploitable. Les pompes à chaleur fonctionnant avec les eaux usées peuvent atteindre des températures d'utilisation de 50 °C à 70 °C. Une installation combinant une pompe à chaleur et une chaudière permet d'obtenir des températures encore plus élevées. Cette combinaison offre d'autres avantages, comme une plus grande sécurité d'approvisionnement et une meilleure rentabilité. Dans les secteurs alimentés en gaz, la pompe à chaleur peut également être connectée à un couplage chaleur-force (CCF). Ce dispositif produit non seulement de la chaleur mais aussi l'électricité nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur.

Echangeur de chaleur

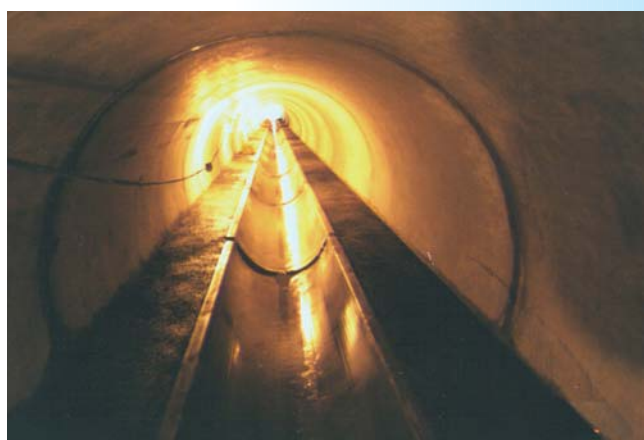
L'échangeur de chaleur permet non seulement de récupérer l'énergie thermique des eaux usées, mais garantit également une séparation d'avec le système de chauffage proprement dit. Tout risque de mélange d'eaux usées et d'eau de chauffage est ainsi exclu. L'échangeur peut être installé dans le fond du canal d'évacuation des eaux usées (à g. sur le schéma) ou à la station d'épuration. Dans le premier cas, l'énergie est récupérée sur les eaux usées brutes alors que dans le second, elle l'est sur les eaux épurées. Les échangeurs de chaleur peuvent être aménagés aussi bien dans les canalisations existantes que dans des tronçons devant être rénovés ou assainis. Lors de rénovations, on utilise de plus en plus souvent des canalisations préfabriquées avec échangeur de chaleur intégré. Cette solution réduit à la fois le temps d'installation et l'investissement.



Les nouvelles constructions bénéficiant d'une bonne isolation thermique et équipées d'un chauffage au sol à basse température sont particulièrement appropriées pour un chauffage au moyen d'une pompe à chaleur sur les eaux usées. Photo: Gian Vaitl, Zurich



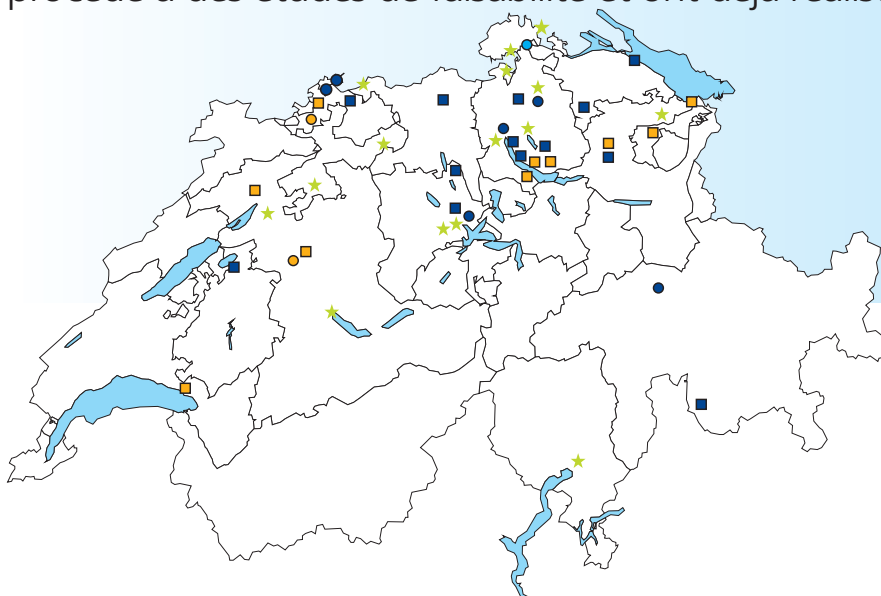
Les pompes à chaleur permettent de produire de l'eau chaude à 70 °C à partir d'eaux usées à 12 °C. Photo: Satag Thermotechnik



L'échangeur de chaleur (200 m de longueur) de l'installation de Zurich-Wipkingen.

Un potentiel important en Suisse

En Suisse, les eaux usées contiennent suffisamment d'énergie pour chauffer plus de 300 000 appartements. Des milliers d'immeubles se prêtent à l'aménagement d'installations de chauffage à partir des eaux usées. Les conditions sont particulièrement favorables dans les grands ensembles ou les quartiers à forte consommation de chaleur situés à proximité de grandes canalisations d'évacuation des eaux usées ou d'une station d'épuration. Les bâtiments administratifs, les lotissements, les immeubles commerciaux, les établissements médico-sociaux, les écoles et les complexes sportifs sont autant de constructions susceptibles d'être équipées. Par ailleurs, de nombreuses communes ont procédé à des études de faisabilité et ont déjà réalisé des installations.



Installations de chauffage par récupération de chaleur des eaux usées

- Récupération d'énergie: ○ à partir d'eaux usées brutes (canalisation)
 □ à partir d'eaux épurées (STEP)
- Utilisation de l'énergie pour:
- le chauffage
 - le chauffage et l'eau chaude sanitaire
 - le chauffage et le rafraîchissement
- Potentiel: ★ études de faisabilité et/ou de projet

Liste complète des sites:
www.infrastructures.ch

De l'eau chaude pour 900 000 personnes

En Suisse, la consommation moyenne d'eau s'élève à 160 litres par jour et par personne. Les ménages rejettent quotidiennement plus d'un milliard de litres d'eau tiède dans les canalisations. De leur côté, l'artisanat et l'industrie en font autant. Théoriquement, plus de 2 000 000 kWh/an d'énergie thermique pourraient être récupérés à partir du volume total de ces rejets. Cette quantité d'énergie correspond aux besoins en eau chaude de 900 000 personnes.

Quatre exemples

La région pilote de Bâle

La ville de Bâle et ses environs constituent une région pilote en matière de chauffage à partir des eaux usées. En effet, la première installation dans la ville rhénane date de 1982. Elle chauffe et approvisionne en eau chaude les vestiaires et les douches d'un complexe sportif et a toujours donné pleine satisfaction. D'autres réalisations fonctionnent également très bien, comme le lotissement de Ringermatten à Zwingen ou le réseau de chauffage de la commune de Binningen, auquel plusieurs bâtiments publics et privés ont été reliés. Ces deux installations ont été financées par le distributeur d'électricité Elektra Birseck-Münchenstein dans le cadre d'un contracting. > Voir page 8.

Morat, les CFF montrent l'exemple

Le centre de formation Lœwenberg des CFF a donné l'exemple dans l'utilisation de l'énergie thermique des eaux épurées. L'installation exploite depuis 1983 la chaleur des eaux épurées de la STEP de la ville de Morat pour chauffer et alimenter en eau chaude sanitaire l'ensemble des bâtiments du centre, à savoir un restaurant, un centre de formation, deux pavillons regroupant 192 chambres, un manoir et ses dépendances. La climatisation du restaurant et du centre de formation est également assurée par l'intermédiaire des pompes à chaleur qui fonctionnent alors comme machine frigorifique. L'eau récupérée à la sortie de la STEP est ensuite restituée au lac de Morat et retrouve ainsi le cycle naturel. > Voir page 10.

Winterthur: une ville modèle

A Winterthur, la récupération de la chaleur des eaux usées est inscrite dans le plan communal de l'énergie. Toutes les canalisations susceptibles d'être utilisées à cette fin doivent faire l'objet d'une étude si une construction est envisagée à proximité. En outre, tous les immeubles pour lesquels la récupération de la chaleur des eaux usées pourrait s'avérer rentable ont été recensés. Une première installation alimentant 400 appartements est en service depuis 2003. Elle a été réalisée par une entreprise générale privée. D'autres installations sont en projet dans le voisinage de la station d'épuration ou moyennant parfois l'équipement de certaines canalisations. > Voir page 12.

Schaffhouse et Singen: des pistes à suivre

Les villes de Schaffhouse et Singen (D) jouent également un rôle pionnier. Toutes deux ont systématiquement recensé leur potentiel de récupération de la chaleur des eaux usées et ont ordonné des études de faisabilité concernant les sites adéquats. Sur cette base, l'entreprise horlogère schaffhousoise IWC a réalisé en 2004 une installation de récupération de la chaleur des eaux usées pour chauffer et climatiser un nouveau bâtiment. A Singen, une coopérative alimente un parc technologique en énergie à partir de rejets thermiques des eaux usées. Toutes ces installations fournissent de la chaleur en hiver et de l'air conditionné en été. > Voir page 14.



Le lotissement de Ringermatten: les eaux usées, une source d'énergie de proximité.



Le centre de formation de Lœwenberg à Morat: une exploitation rationnelle des eaux épurées.



Le quartier de Wässerwiesen à Winterthur: les eaux usées permettent de chauffer 1000 habitants.



La fabrique d'horlogerie IWC à Schaffhouse: fraîcheur en été, chaleur en hiver grâce aux eaux usées.

Pour quels bâtiments récupérer la chaleur des eaux usées?

Les pompes à chaleur récupérant la chaleur des eaux usées conviennent aux grands ensembles et aux chauffages collectifs. Elles sont donc particulièrement appropriées pour chauffer des immeubles locatifs, des lotissements, des bâtiments commerciaux, des écoles, des établissements médico-sociaux, des complexes sportifs ou des piscines. En revanche, elles ne sont pas indiquées pour les villas individuelles et les consommateurs de chaleur industrielle. Pour qu'une installation de récupération de la chaleur soit rentable, il est indispensable d'avoir une puissance minimale de 150 kW et d'être à proximité d'une station d'épuration ou d'une conduite exploitable.



Les immeubles de bureaux, les lotissements et les chauffages collectifs se prêtent particulièrement bien à l'utilisation de pompes à chaleur pour récupérer l'énergie thermique des eaux usées. Ici, le technopôle Sintec à Singen (D).

Exigences relatives aux bâtiments

Les installations de récupération de la chaleur des eaux usées conviennent aussi bien aux nouvelles constructions qu'aux bâtiments existants. Les nouvelles constructions favorisent une intégration plus simple et meilleur marché de la pompe à chaleur, tant au niveau de la chaufferie que de la canalisation. Les bâtiments existants, généralement situés à l'intérieur d'un périmètre construit, doivent tenir compte de la localisation des canalisations d'eaux usées exploitables. Dans les deux cas, la récupération de l'énergie des eaux usées doit satisfaire aux conditions suivantes:

Grande puissance thermique: l'emploi de pompes à chaleur pour récupérer l'énergie des eaux usées est intéressante pour les bâtiments ou les ensembles nécessitant une puissance thermique d'au moins 150 kilowatts (kW). Cette puissance correspond à celle d'une cinquantaine d'appartements. Pour les bâtiments existants, la puissance de la chaufferie existante peut servir de point de départ. Le seuil minimum est alors de 200 kW.

Proximité d'une canalisation: plus un bâtiment est proche d'une canalisation des eaux usées exploitable, plus la récupération de chaleur est avantageuse. En milieu construit, une distance maximale de 100 à 300 m en fonction de la consommation de l'objet à raccorder est envisageable. Dans les zones non construites, cette distance peut aller au-delà du kilomètre pour des objets de grandes dimensions.

Densité de construction: plus la densité de construction est élevée, plus l'exploitation d'un chauffage collectif par récupération de la chaleur des eaux usées est rentable. Tous les bâtiments situés dans un rayon de 100 m peuvent être raccordés à une seule chaufferie.

Température de fonctionnement: plus la température d'exploitation de l'installation est basse, meilleure est l'efficacité des pompes à chaleur. Les nouvelles constructions équipées de systèmes de chauffage à basse température (exemple: chauffages au sol) sont ainsi particulièrement appropriées pour la récupération de la chaleur des eaux usées. A contrario, l'exploitation de ce genre de système n'est pas favorable à la production de chaleur industrielle pour des processus nécessitant une température supérieure à 70°C.

Consommation régulière: une consommation régulière (chauffage de l'eau sanitaire toute l'année, pas de baisse de consommation le week-end) garantit un temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur et favorise leur rentabilité. Le chauffage d'une piscine est particulièrement avantageux.

Option climatisation: en été, les eaux usées peuvent également servir à la climatisation. La pompe à chaleur est alors employée en sens inverse comme une machine frigorifique. Ce mode de fonctionnement augmente la rentabilité de l'investissement.

Exigences relatives aux canalisations

L'exploitation rentable d'installations de récupération de la chaleur des eaux usées est non seulement conditionnée par des impératifs au niveau des bâtiments à raccorder, mais aussi par des exigences relatives à la source de chaleur (conduites ou STEP). Les exigences suivantes s'appliquent aux canalisations:

Débit: pour des raisons techniques et économiques, la récupération de chaleur à partir des eaux usées exige un débit d'au moins 15 litres par seconde (moyenne quotidienne par temps sec).

Température des eaux usées: une température initiale élevée autorise un prélèvement de chaleur plus important. Les conditions peuvent être considérées comme favorables si la température des eaux usées est la plupart du temps supérieure à 10°C, et cela même en hiver.

Taille et section: une canalisation d'eaux usées doit avoir un diamètre d'au moins 80 cm pour que l'installation d'un échangeur de chaleur soit réalisable. En revanche, il n'y a pas d'exigences concernant la forme. La section des canalisations peut être circulaire, rectangulaire, ovale ou encore en ogive.

Profil en long: la mise en œuvre d'un échangeur de chaleur dans une canalisation d'eaux usées est grandement facilitée si celle-ci ne présente aucune courbe. L'idéal est un tronçon rectiligne d'au moins 20 m, voire 100 m pour les grandes installations.

Accès: un accès facile à la canalisation (regard, cape de vanne) réduit les coûts d'installation et de maintenance de l'échangeur de chaleur.

Raccordement avec la chaufferie: la pose de la conduite entre l'échangeur situé dans la canalisation et la pompe à chaleur installée dans la chaufferie peut avoir un impact prépondérant sur le coût global. L'utilisation d'une canalisation existante ou le passage dans une zone non construite limite les investissements.

Age de la conduite: dans la mesure où une canalisation doit être remplacée ou rénovée, il est particulièrement recommandé d'examiner la possibilité d'une récupération de chaleur à partir des eaux usées. L'installation d'un échangeur de chaleur est, dans ce cas de figure, assurément plus avantageuse.



Demande d'autorisation

Dans tous les cas, l'accord de l'exploitant est indispensable pour pouvoir récupérer de la chaleur à partir d'une conduite ou d'une station d'épuration. En effet, la récupération de chaleur implique un refroidissement des eaux usées qui peut avoir un impact sur l'épuration des eaux. Cet aspect doit donc être examiné avant l'octroi du permis de construire. Par ailleurs, l'exploitation, la maintenance et le nettoyage de la canalisation utilisée ne doivent pas être entravés. Il importe donc de prendre contact suffisamment tôt avec l'exploitant.



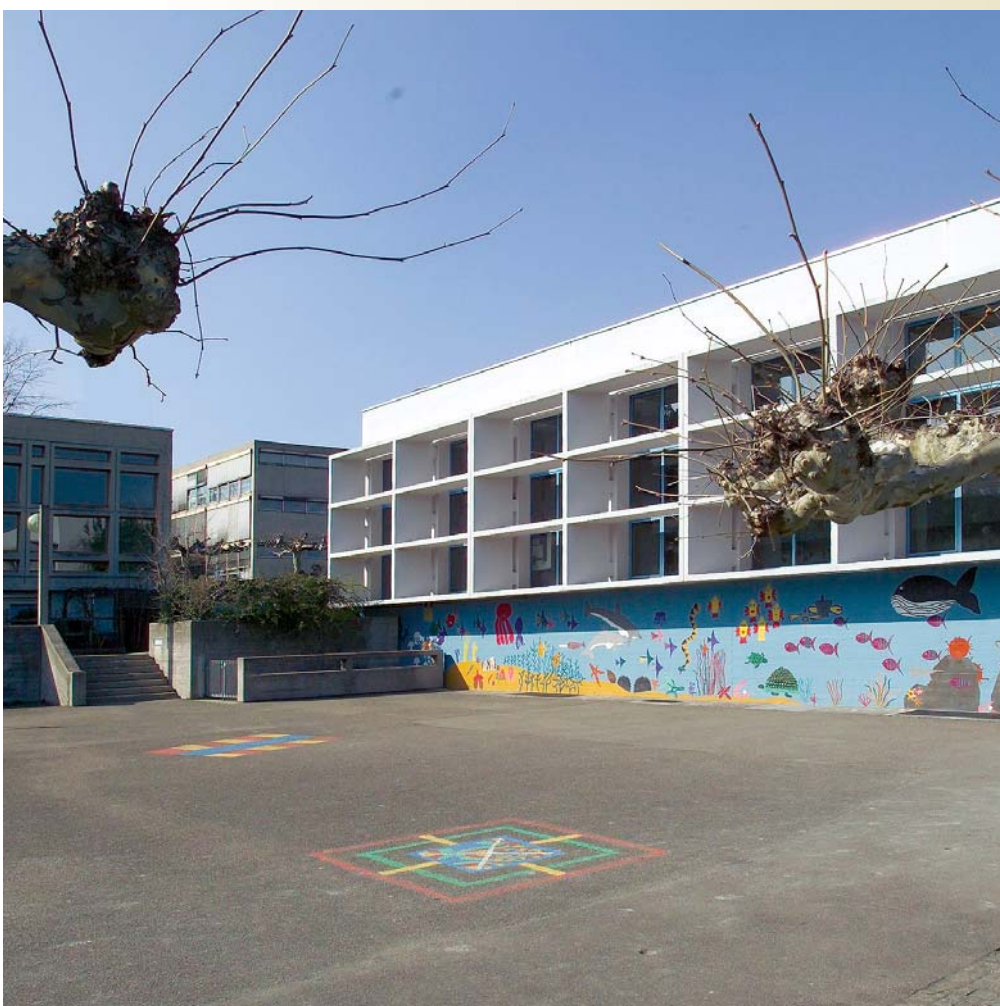
Données relatives à la canalisation des eaux usées

Comment le maître de l'ouvrage a-t-il accès aux informations concernant le réseau d'égouts? Son interlocuteur est l'exploitant de la conduite, en général la commune. Dans la plupart des cas, l'évacuation des eaux usées relève de la voirie ou des travaux publics. Le maître de l'ouvrage peut également se renseigner auprès de l'exploitant de la station d'épuration locale.

La région pilote de Bâle

20 ans d'exploitation des eaux usées

La récupération de la chaleur des eaux usées, ça fonctionne! A Bâle, plusieurs exemples le prouvent: depuis 20 ans, la ville utilise cette technique pour chauffer les vestiaires et l'eau des douches d'un complexe sportif. En outre, à Binningen, dans la banlieue, la commune approvisionne en chauffage plus de 70 bâtiments publics ou privés grâce à une pompe à chaleur récupérant l'énergie thermique des eaux usées. Elle a été réalisée dans le cadre du programme de projets «pilotes et de démonstration» de l'Office fédéral de l'énergie.



Un exemple grandeur nature pour les nouvelles générations: l'école de Spiegelfeld à Binningen est chauffée grâce aux eaux usées.

Informations générales

Nombre de bâtiments chauffés	70
Longueur du réseau	3,5 km
Puissance de chauffage nécessaire	4800 kW
Puissance de la pompe à chaleur	380 kW
Pourcentage d'énergie fournie par les eaux usées	14%

Mandant

Wärmeversorgung Binningen SA

Exploitant (contracting)

EBM Elektra Birseck Münchenstein

Conception énergétique

Gruneke SA, Bâle

Fabricant de l'échangeur de chaleur

Kasag SA, Langnau

Le chauffage collectif de Binningen

La société Wärmeversorgung Binningen SA est une pionnière. Elle exploite cinq réseaux de chauffage à distance dans cette commune de l'agglomération bâloise et approvisionne ainsi quelque 70 immeubles en énergie. Parmi ceux-ci, des bâtiments publics, comme l'administration communale et une école, mais aussi des maisons d'habitation représentant un total de 600 appartements. La commune possède les trois quarts des actions de la société, le reste étant détenu par le distributeur d'énergie EBM (Elektra Birseck Münchenstein), connu pour ses solutions innovatrices en la matière. Une grande partie de l'énergie est produite à partir de sources renouvelables telles que les eaux usées et les eaux de rivière. Deux pompes à chaleur électriques fournissent l'énergie de chauffage. L'électricité nécessaire à leur fonctionnement est produite par deux couplages chaleur-force qui alimentent les chaufferies du réseau de chauffage à distance. Trois chaudières conventionnelles assurent la couverture des pointes de consommation.

La commune répond aux objectifs climatiques

L'installation de récupération de chaleur à partir des eaux usées produit annuellement 2,4 millions de kilowattheures d'énergie pour le chauffage de l'eau et des locaux. Depuis sa mise en service en 2001, l'équivalent de 250 000 litres de combustible fossile (mazout) a ainsi pu être économisé. Annuellement, 700 tonnes d'émission de CO₂ ont donc été évitées. Grâce notamment à ce bon résultat, la commune de Binningen satisfait les objectifs de la politique suisse en matière de climat, conformément au Protocole de Kyoto. Ce projet pilote a bénéficié du soutien de la Confédération, du canton et de la commune.

Une exploitation sans problème

L'exploitation des eaux usées s'effectue sur un collecteur cantonal auquel sont raccordées quelque 30 000 personnes. L'échangeur de chaleur de 140 m de long aménagé dans la canalisation se compose de 47 éléments et dispose d'une puissance de transfert de 330 kW. Cela correspond à 7% de la puissance totale des abonnés, mais le dispositif permet néanmoins de couvrir 14% de la production annuelle totale de chaleur. Grâce au dimensionnement de l'échangeur de chaleur en fonction de la charge de base du chauffage collectif, la pompe à chaleur peut fonctionner quasi en permanence, soit 6500 heures sur les 8760 que compte une année. La rentabilité de l'installation est donc maximale. Jusqu'à présent, l'exploitation de la pompe à chaleur n'a causé aucun souci à EBM, qui gère le réseau de chauffage à distance. Aucune panne n'a été enregistrée et l'échangeur de chaleur n'a pas nécessité de nettoyage spécial.

Le complexe sportif de Bachgraben, Bâle-Allschwil

Le complexe sportif de Bachgraben comprend plusieurs terrains de football et de jeux, un petit anneau d'athlétisme, des terrains de golf et un bâtiment abritant des tribunes et 16 vestiaires. Une chaufferie alimentée par une pompe à chaleur assure le chauffage au sol dans les vestiaires et fournit l'eau chaude des douches. Mise en service en 1982, c'est l'une des premières installations récupérant la chaleur des eaux usées en Suisse. Lors du remplacement de la pompe à chaleur, en 2001, l'échangeur de chaleur a subi un contrôle de fonctionnement approfondi. Il en est ressorti que cet élément fondamental de l'installation pouvait encore être employé sans problème pendant 20 ans. En raison de la période d'utilisation des infrastructures sportives, la production de chaleur a lieu essentiellement en été, alors que la température des eaux usées est relativement élevée. La pompe à chaleur présente ainsi un excellent coefficient de performance (COP) d'environ 7. Ce chiffre indique que la pompe à chaleur ne consomme qu'une unité d'énergie électrique pour fournir 7 unités de chaleur, la différence étant récupérée à partir de la chaleur des eaux usées.



Le lotissement de Ringermatten à Zwingen

A Zwingen (BL), une pompe à chaleur alimente en énergie de chauffage 31 villas mitoyennes. L'échangeur est disposé sur le collecteur principal de la station d'épuration du Laufonnais. Elle couvre la consommation de base du chauffage, une chaudière à gaz assurant le complément en période de pointe. Chaque maison est approvisionnée individuellement en eau chaude par un chauffe-eau électrique couplé à des panneaux solaires. Grâce à l'excellente isolation du lotissement, construit en 1999, la température de départ du chauffage au sol peut être limitée. Cela favorise un fonctionnement très efficace de la pompe à chaleur, dont le COPA (coefficient de performance annuel) est de 4,4.

Morat, Centre du Lœwenberg

Les CFF montrent l'exemple

Le centre de formation des CFF du Lœwenberg, situé à Morat, est un modèle de valorisation de l'énergie thermique des eaux épurées. Lors d'aménagements réalisés en 1983, les six bâtiments ont été raccordés à un système de chauffage centralisé qui exploite, au moyen de pompes à chaleur, l'énergie thermique des eaux épurées de la STEP de Morat. L'eau chaude sanitaire est également produite par cette méthode. En outre, le rafraîchissement de certains des bâtiments est garanti grâce aux pompes à chaleur utilisées alors comme machine frigorifique. Pendant plus de 20 ans, l'installation a fonctionné à la satisfaction des utilisateurs. En 2005, les pompes à chaleur fonctionnant au gaz ont été remplacées par deux pompes à chaleur électriques alimentées par un couplage chaleur-force.



Le chauffage des deux pavillons abritant chacun 96 chambres individuelles est assuré par la récupération de la chaleur des eaux épurées.

Informations générales

Nombre de bâtiments chauffés	6
Consommation	
de chaleur	870 000 kWh/an
de froid	320 000 kWh/an
Puissance des pompes à chaleur/ machines frigorifiques	
chaleur	2 x 390 kW
froid	2 x 370 kW
Pourcentage d'énergie fournie par les eaux usées	48%

Mandant

CFF Immobilier, Département Region Mitte, Olten

Concept énergétique

CFF

Réalisation

Bureau d'ingénieurs Roschi+Partner SA, Ittigen

Fournisseur des pompes à chaleur

KWT Kälte-Wärme-Technik SA, Belp

Une confiance renouvelée

A l'origine, la propriété du Loewenberg se compose d'un manoir du 16^e siècle et de ses dépendances. Au début des années 80, les CFF souhaitaient y créer un centre de formation moderne et dynamique. Cet état d'esprit devait non seulement transparaître dans le type de construction retenu, mais également dans le concept énergétique. La proximité de la station d'épuration de la ville de Morat offrait la possibilité d'exploiter la chaleur des eaux usées par l'intermédiaire de pompes à chaleur. Cette technique novatrice a donc été retenue pour assurer le chauffage de l'ensemble des bâtiments, à savoir le centre de formation constitué de 20 salles de 23 à 280 m² et d'une aula d'une capacité de 128 places, de deux pavillons abritant chacun 96 chambres, d'un restaurant d'une capacité de 300 places, du manoir comportant 5 salles de 30 à 50 m² et de ses dépendances. En 2005, les CFF ont renouvelé leur confiance dans ce système en optimisant l'installation. Les pompes à chaleur d'origine fonctionnaient au gaz et montraient des signes de fatigue après plus de 20 ans de bons et loyaux services. Elles ont été remplacées par deux pompes à chaleur électriques associées à un couplage chaleur-force.

Fonctionnement de l'installation

L'eau épurée est récupérée à la sortie de la STEP. Elle est tout d'abord filtrée afin de réduire le taux de matières en suspension. Elle est ensuite acheminée dans les locaux de la chaufferie, située à mi-chemin entre la STEP et le centre du Loewenberg. La chaleur de l'eau épurée est alors récupérée par l'intermédiaire d'échangeurs de chaleur et de deux pompes à chaleur d'une puissance totale de 780 kW. Ces dernières présentent un coefficient de performance (COP) de 4,1. Ce coefficient traduit la performance des pompes à chaleur qui, dans le cas particulier, consomment 1 unité d'énergie électrique pour produire 4,1 unités d'énergie thermique, la différence provenant de la chaleur des eaux épurées. En cas de forte demande de chaleur, l'installation est complétée par deux chaudières à gaz capables de fournir l'énergie de pointe. L'eau épurée est ensuite restituée à proximité de la STEP. Elle réintègre alors son cycle naturel en s'écoulant dans le lac de Morat. Deux circuits de chauffage avec des températures différentes (45 °C et 65 °C) ont été nécessaires pour alimenter l'ensemble des bâtiments du centre du Loewenberg. Cela provient du fait que les installations déjà existantes dans le manoir et ses dépendances exigeaient des températures élevées pour le réseau primaire (65 °C). Par contre, l'ensemble des nouveaux bâtiments est chauffé à partir du circuit à 45 °C. La production de l'eau chaude sanitaire est assurée par un échangeur installé dans les sous-sols du centre de formation. En outre, un circuit d'eau glacée alimente l'installation de climatisation qui dessert le centre de formation et le restaurant. Pour la production d'eau glacée, les pompes à chaleur fonctionnent comme

machine frigorifique. La puissance frigorifique totale est alors de 740 kW et le COP de 4,9. La chaleur récupérée sur la production de froid alimente le circuit de chauffage à basse température (45 °C). Lorsque le circuit de chauffage n'a pas besoin de cette chaleur, celle-ci est transmise à l'eau de restitution. La STEP l'utilise alors pour favoriser les processus d'épuration.

Lors de l'optimisation de l'installation de production de chaleur réalisée en 2005, les pompes à chaleur d'origine fonctionnant au gaz ont été remplacées par deux pompes à chaleur électriques associées à un CCF. Ce dernier fournit l'électricité nécessaire au fonctionnement des nouvelles pompes à chaleur. La chaleur produite en parallèle par le CCF alimente le système de chauffage. La puissance de ce dispositif est de 500 kW et assure ainsi une puissance électrique de 190 kW et une puissance thermique de 256 kW.

La moitié de l'énergie nécessaire au chauffage et à la climatisation des locaux du centre du Loewenberg provient de la récupération de la chaleur des eaux épurées, soit 420 000 kWh sur une consommation annuelle de 870 000 kWh. Grâce à cette technologie, le centre de formation des CFF économise annuellement 41 650 m³ de gaz et réduit ses émissions de CO₂ de 83 tonnes. Cette installation fonctionne depuis plus de 20 ans à la satisfaction des utilisateurs et garantit un confort thermique des bâtiments tant en été qu'en hiver avec un approvisionnement énergétique respectueux de l'environnement.



Salle de simulation de la gestion du réseau ferroviaire.

L'eau épurée comme source de chaleur pour le chauffage et comme source de froid pour le rafraîchissement des locaux.

Le centre de formation et le restaurant sont à la fois chauffés et rafraîchis grâce à la récupération de l'énergie des eaux épurées. Dans le premier cas, l'eau épurée est utilisée comme source de chaleur et les pompes à chaleur lui soutirent de l'énergie thermique. Dans le second cas, l'eau épurée permet de dissiper l'énergie thermique qui provient des installations de rafraîchissement. Le confort des locaux est ainsi garanti en permanence.

Le promoteur mise sur les eaux usées

Malgré un investissement supérieur, le promoteur du nouveau quartier de Wässerwiesen à Winterthur a préféré la récupération de la chaleur des eaux usées au gaz. Cette solution s'avère en effet moins onéreuse à long terme qu'un système conventionnel. C'est ce qu'a démontré une étude comparative de la ville de Winterthur sur la base du plan communal de l'énergie.



Dans le quartier de Wässerwiesen, à Winterthur, 400 appartements sont chauffés grâce aux eaux usées. Photo: L. Blazevic, tec21

Informations générales

Nombre d'appartements chauffés	400
Longueur du réseau	env. 200 m
Puissance requise pour le chauffage	1150 kW
Puissance de la pompe à chaleur	820 kW
Pourcentage de l'énergie provenant de la récupération de la chaleur des eaux usées	70%

Maître de l'ouvrage

Leopold Bachmann, Rüschlikon

Entreprise générale, conception

Rabtherm SA, Zurich

Fournisseur de la pompe à chaleur

Kapag SA, Zumikon

Fabricant de l'échangeur de chaleur

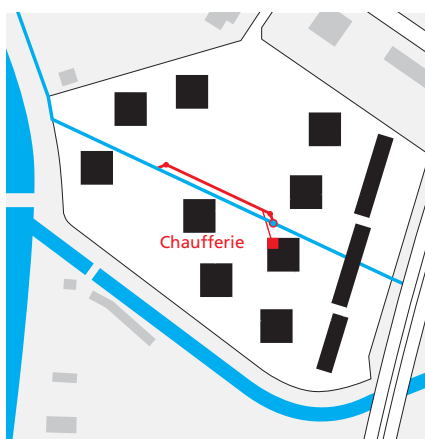
Wallstein Sàrl, Recklinghausen (D)

Construction du canal

Uhrig SA, Geisingen (D)

Séduit par une nouvelle source d'énergie

La plupart des immeubles construits jusqu'ici par le promoteur du quartier de Wässerviesen sont chauffés au gaz. Le même agent énergétique aurait aussi été retenu ici si la ville de Winterthur n'avait pas exigé une étude envisageant l'utilisation de la chaleur des eaux usées. Le plan directeur communal donne en effet la priorité aux énergies renouvelables. Or, le quartier de Wässerviesen est directement raccordé au collecteur principal de la ville et se situe non loin de la station d'épuration. Les eaux usées rejetées par les quelque 150 000 habitants reliés à ce réseau peuvent théoriquement chauffer plus de 10 000 appartements. Ces résultats proviennent d'une étude commandée par la ville de Winterthur dans le cadre de sa planification énergétique. Afin de mettre à profit ce fort potentiel, la commune exige une étude de faisabilité pour les nouvelles constructions situées à proximité d'importantes canalisations d'évacuation des eaux usées. Si la récupération de la chaleur de celles-ci semble rentable, cette solution est prescrite dans le permis de construire. Une tracasserie bureaucratique? Bien au contraire, estime le promoteur: «Je remercie la ville de m'avoir fait découvrir une formidable source d'énergie. Ce choix sera payant à long terme.»



Plan du quartier: en bleu, la canalisation principale des eaux usées; en rouge, le by-pass avec l'échangeur de chaleur.

Winterthur compte 27 sites adéquats

Selon une étude du service communal de l'énergie, on recense à Winterthur 41 sites qui se prêteraient, sur le plan technique, à la récupération de la chaleur des eaux usées. La rentabilité de 7 sites est jugée particulièrement bonne (coûts moindres que pour les systèmes conventionnels), alors que 27 autres sont estimés «économiquement soutenables» (coûts supplémentaires de 10% max.). Si toutes les installations prévues étaient réalisées, la consommation de combustible diminuerait, en ville, de 4000 tonnes par an. Cela correspondrait à une baisse de plus de 7000 tonnes des émissions annuelles de CO₂ et à une économie de 27 millions de francs, à quoi s'ajouteraient deux autres millions au chapitre des coûts externes, car les pompes à chaleur occasionnent moins de dommages à l'environnement.

Avantages économiques

Les économies annuelles relatives aux coûts d'exploitation représentent environ 12% par rapport à un chauffage à gaz conventionnel. Ce calcul tient compte des aides accordées par la Confédération et le canton de Zurich à un projet pilote jouant un rôle de démonstration. Néanmoins, même sans ce soutien, la solution retenue serait plus avantageuse. La raison? Les prescriptions du canton de Zurich (entre autres) en matière d'énergie limitent à 80% la part du combustible fossile dans la couverture des besoins en chauffage des nouveaux bâtiments. Une pompe à chaleur assurant 70% du chauffage de l'eau et des locaux en récupérant l'énergie des eaux usées atteint largement ces objectifs. Avec un chauffage à gaz, il faudrait isoler davantage les bâtiments pour satisfaire aux exigences; d'où des coûts de construction plus élevés. L'économie réalisée sur le prix d'achat d'une chaudière à gaz, moins chère qu'une pompe à chaleur, ne suffit de loin pas à compenser le surcoût lié à une meilleure isolation. La mise en place d'une taxe sur le CO₂ représente un atout supplémentaire pour la pompe à chaleur, qui occasionne la moitié moins d'émissions de gaz à effet de serre qu'un chauffage à gaz.



Les canalisations préfabriquées: une solution meilleur marché

À Winterthur, la mise en place d'un by-pass parallèle au collecteur des eaux usées a été préférée à l'aménagement de l'échangeur de chaleur dans la canalisation existante. Cette technique présente plusieurs avantages. Premièrement, l'eau peut continuer de s'écouler normalement dans la canalisation pendant toute la durée du chantier. Deuxièmement, les éléments préfabriqués sont moins chers et leur pose exige moins de temps. Les travaux n'ont duré que trois semaines pour creuser une tranchée de 6 m de profondeur et installer un by-pass de 78 m de longueur. Troisièmement, le by-pass est conçu spécialement pour une récupération optimale de la chaleur. Pour effectuer cette opération, une partie seulement de l'eau (40%) doit être détournée par le by-pass. Le diamètre et la forme de l'échangeur de chaleur sont parfaitement adaptés à cette quantité.

Schaffhouse et Singen: chaleur et climatisation pour l'industrie

Les villes voisines de Schaffhouse et Singen ont procédé de la même manière pour mettre à profit la chaleur des eaux usées. Elles ont lancé des études pour rechercher les sites adéquats et préparer la réalisation des installations. Toutes deux encouragent le recours à cette technologie d'avenir, que ce soit par les possibilités de contracting ou par l'exemple en tant que maîtres d'ouvrage. Il en résulte plusieurs projets et installations de grandes dimensions pour le chauffage et la climatisation d'immeubles commerciaux ou industriels.



La fabrique d'horlogerie IWC dispose de postes de travail confortables grâce à l'énergie récupérée des eaux usées.

Informations générales

Volume des locaux chauffés	21 000 m ³
Puissance requise pour le chauffage	600 kW
Puissance requise pour la climatisation	400 kW
Puissance de la pompe à chaleur	370 kW
Puissance de la machine frigorifique	
en hiver	242 kW
en été	324 kW
Pourcentage de l'énergie provenant de la récupération de la chaleur des eaux usées	25%

Mandant

IWC International Watch+Co. Ltd, Schaffhouse

Conception

E+H Ingenieurbüro SA, Schaffhouse

Fournisseur de l'échangeur de chaleur

Kasag SA, Langnau

Fournisseur de la climatisation

Axima SA, Winterthur

Schaffhouse, cité de l'énergie

Schaffhouse arbore le label «Cité de l'énergie» décerné par le programme SuisseEnergie aux villes ayant fait des efforts particuliers pour atteindre les objectifs de la Confédération en matière de politique énergétique et climatique. Elle a joué un rôle de pionnière en Suisse dans la récupération de la chaleur des eaux usées. Tout est parti d'une enquête lancée en 2001 par le canton: il en est ressorti que les eaux usées de la ville permettraient théoriquement de chauffer quelque 2000 appartements. Dans un premier temps, la commune a étudié systématiquement les possibilités d'utiliser cette énergie pour couvrir les besoins de ses propres bâtiments: écoles, EMS, musées, etc. Les résultats ont été intégrés au plan directeur communal de l'énergie. Cinq zones prioritaires pour la récupération d'énergie à partir des eaux usées ont été définies en fonction de la proximité des collecteurs principaux. Dans ces secteurs, les maîtres d'ouvrages publics ou privés sont contraints de recourir à cette source d'énergie pour autant que cela s'avère économiquement supportable.

Des postes de travail confortables grâce aux eaux usées

La fabrique d'horlogerie IWC est l'un des sites schaffhousois qui se prêtent particulièrement bien à la récupération de la chaleur des eaux usées. Cette entreprise de renommée mondiale a profité de la construction d'une nouvelle unité de production et de la rénovation de sa chaufferie pour étudier la possibilité de recourir à cette source d'énergie. Résultat: cette solution s'est avérée plus avantageuse, sur le plan des coûts annuels d'exploitation, qu'une installation de chauffage et de climatisation

Vue sur les chutes du Rhin et chauffage aux eaux usées

Depuis le début des années 2000, la restructuration du groupe industriel SIG a libéré une surface de quelque 120 000 m² à Neuhausen am Rheinfall. D'ici à 2030, cette friche industrielle va retrouver vie en accueillant de nouvelles constructions et en transformant des bâtiments existants. L'aménagement prévoit d'associer habitat, artisanat et bureaux. L'orientation est donnée par un plan directeur exigeant un approvisionnement énergétique qui ménage l'environnement. Une étude a montré que la station d'épuration voisine pouvait fournir de l'énergie à tout le secteur. La quantité d'eau rejetée, 1000 m³ par heure, permet à une pompe à chaleur de produire quelque 8000 kW/h. Idée particulièrement novatrice: cette eau épurée peut également servir à l'arrosage des jardins et au rinçage des toilettes. Dans un premier temps, le dispositif alimentera les bâtiments administratifs existants ainsi qu'un nouvel ensemble d'habitation de haut standing, avec vue sur les chutes du Rhin. Plusieurs offres ont été faites pour le financement et l'exploitation de l'installation par contracting.

conventionnelle. Le gain serait encore supérieur en cas d'introduction d'une taxe sur le CO₂. Le cœur de l'installation est une machine capable de produire à la fois du froid et de la chaleur, alternativement ou simultanément. Outre les eaux usées, d'autres sources de chaleur sont exploitées, comme la nappe phréatique, les processus industriels et la production d'air comprimé. Afin d'assurer le confort des horlogers à leur poste de travail, la même installation sert à climatiser les locaux en été. Elle récupère directement la fraîcheur des eaux usées selon le principe du «free cooling».



Singen voit loin

Comme sa voisine Schaffhouse, la cité allemande de Singen est une pionnière dans la récupération de la chaleur des eaux usées. En 2003, elle a mis en service l'une des premières installations d'Allemagne. Celle-ci alimente en chaleur et en air conditionné les 4000 m² du technopôle SinTec. La ville étudie également le recours à la chaleur des eaux usées pour l'important projet de la tour Hegau (67 m de haut). Cet immeuble de verre dessiné par le célèbre architecte américain Helmut Jahn est appelé à devenir le symbole de Singen et à abriter des sièges de sociétés internationales. Le principe consiste à fournir un maximum de confort en consommant un minimum d'énergie. Le cœur du système est constitué par la récupération de la chaleur des eaux usées ainsi que par le chauffage et le rafraîchissement des locaux au travers d'éléments de construction actifs.

De l'énergie pour tout un quartier

Depuis plus de 15 ans, tout un quartier de la commune de Sandvika, dans la banlieue de la capitale norvégienne, est chauffé et climatisé grâce aux eaux usées. Toutes les parties sont satisfaites: les consommateurs d'une part, qui profitent des prix avantageux de cette source d'énergie et d'une grande sécurité d'approvisionnement, et l'exploitant d'autre part, pour qui le chauffage à distance est une activité rémunératrice. L'idée, le savoir-faire et la technique de l'installation viennent de Suisse.



Le centre de Sandvika, alimenté en énergie à partir des eaux usées.

Combiner la chaleur et le froid

L'usage simultané de la pompe à chaleur pour chauffer et rafraîchir permet de mettre à profit des synergies importantes au niveau des investissements et de la maintenance. Les frais supplémentaires engendrés par la production d'eau froide sont relativement faibles par rapport à ce que coûterait une installation de climatisation séparée. Selon les calculs du concepteur, il faudrait dix fois plus d'électricité si le froid était produit de manière décentralisée par une installation de conditionnement de l'air.

Informations générales

Nombre de bâtiments desservis	
Chauffage	56 bâtiments
Climatisation	18 bâtiments
Longueur du réseau	
Chauffage	10 km
Climatisation	4 km
Puissance nécessaire	
Chauffage	22 000 kW
Climatisation	env. 10 000 kW
Puissance	
de la pompe à chaleur	2 x 6500 kW
de la machine frigorifique	2 x 4500 kW
Pourcentage de l'énergie provenant de la récupération de la chaleur des eaux usées	
	50%

Mandant

Baerum Fjernvarme SA, Sandvika

Fournisseur des machines frigorifiques

Axima Refrigeration SA, Winterthur

Conception du chauffage

Hafslund Engineering SA, Oslo

Une solution économique

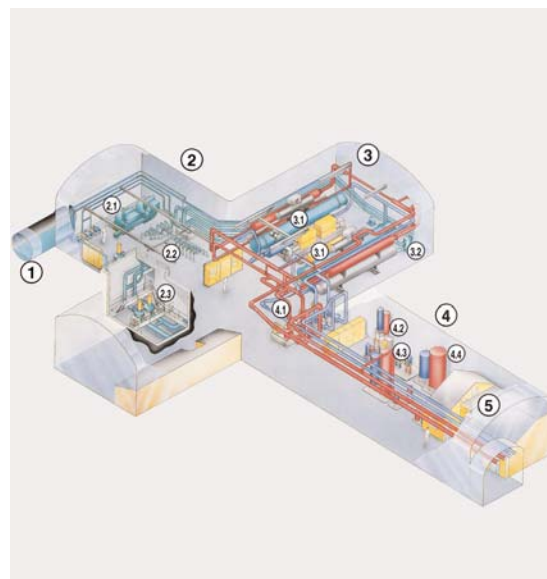
Sandvika, une commune de la banlieue d'Oslo, a connu une forte croissance dans les années 1980. Un nouveau centre ville multifonctionnel (commerces, bureaux, logements, installations sportives) a été édifié sur une surface de quelque 300 000 m². Le législatif communal a décidé d'équiper le nouveau quartier d'un chauffage collectif. Le mandat a été confié à la Baerum Energy Company, une entreprise issue de la privatisation du distributeur d'électricité local. L'idée est partie d'une étude comparative des différentes formes d'alimentation en énergie. La variante eaux usées/pompe à chaleur est clairement apparue comme la plus avantageuse, en raison de la combinaison chaleur/froid. En effet, grâce à deux réseaux parallèles, les pompes à chaleur alimentent le quartier aussi bien en chauffage qu'en climatisation (système à quatre conduites). Cette solution a permis de renoncer à l'aménagement d'installations de climatisation et de machines frigorifiques décentralisées, d'où une économie importante en matière d'investissement, de maintenance et d'entretien. De plus, la formule choisie est aussi intéressante du point de vue écologique: en réduisant le volume total des installations frigorifiques, on diminue également les émissions de gaz polluants comme l'oxyde de soufre et les NOx. Les pompes à chaleur tirent leur énergie de l'une des plus grandes conduites d'eaux usées de Norvège, à laquelle une grande partie de la ville d'Oslo est raccordée. Mise en service en 1989, elle a un débit moyen de 3000 l/s.

Epuration préalable de l'eau

La production d'énergie est assurée par trois centrales distinctes. La première (centrale principale) couvre la consommation de base et est installée directement sur la canalisation des eaux usées, dans une caverne. La deuxième (3 chaudières à mazout) et la troisième (machine frigorifique) complètent le dispositif en assurant les pointes de consommation. Ces deux dernières installations sont situées à une centaine de mètres de la centrale principale. Les deux pompes à chaleur ont une puissance de 6,5 mégawatts chacune (4,5 MW pour la production de froid) correspondant à 80% de la production d'énergie. La part des eaux usées dans la consommation totale d'énergie est de 50%.

Contrairement aux installations plus petites réalisées en Suisse et en Allemagne, celle de Sandvika ne fonctionne pas avec un échangeur de chaleur. La quantité d'énergie produite est en effet trop importante et nécessiterait une surface d'échange trop grande. La solution consiste donc à pomper la quantité d'eau requise dans le canal et à l'injecter directement dans l'évaporateur des pompes à chaleur (machines frigorifiques). Une

installation de filtrage à deux niveaux (épuration mécanique et sédimentation) permet d'épurer préalablement les eaux usées afin d'éviter de salir les pompes à chaleur. Une fois la chaleur récupérée, l'eau refroidie est rejetée dans le canal. Une spécificité de l'installation norvégienne consiste, outre le chauffage et la climatisation, à utiliser l'énergie thermique récupérée sur les eaux usées pour dégeler des trottoirs verglacés. Cette pratique n'est pas autorisée en Suisse.



Représentation schématique de la centrale de récupération de l'énergie thermique des eaux usées de Sandvika

- 1 Canalisation des eaux usées
- 2 Station de filtrage
 - 2.1 Filtrage mécanique
 - 2.2 Sédimentation
 - 2.3 Pompes pour les eaux usées
- 3 Production d'énergie
 - 3.1 Pompes à chaleur / Machines frigorifiques
 - 3.2 Soupapes à quatre voies pour le fonctionnement en machine frigorifique
- 4 Unité de production
 - 4.1 Pompes
 - 4.2 Dispositif de vide d'air
 - 4.3 Installation d'expansion
 - 4.4 Réservoir d'alimentation
- 5 Commandes, réglages

De bonnes notes en écologie

La récupération de la chaleur des eaux usées représente une solution intéressante pour les promoteurs et les entreprises innovantes, ainsi que pour les communes qui s'engagent sur la voie du développement durable. En effet, cette technologie exploite une source d'énergie renouvelable, ménage l'environnement et possède un meilleur bilan énergétique que les chauffages à gaz ou à mazout et les climatisations conventionnelles. Les émissions de gaz polluants sont également réduites.

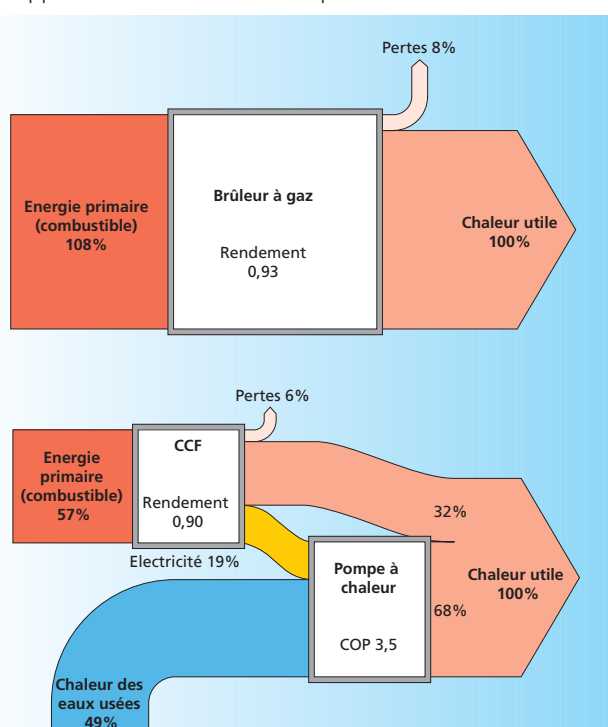


A Zurich-Wollishofen, un ensemble de 200 appartements profite de la récupération de la chaleur du réseau d'eau. Photo: ewz

Efficacité

Les pompes à chaleur qui récupèrent la chaleur des eaux usées sont efficaces. Leur consommation d'énergie brute (énergie primaire) par rapport à leur production d'énergie utile (chauffage des locaux, eau chaude) est nettement inférieure à celle des systèmes de chauffage et de climatisation conventionnels. A titre d'exemple, une pompe à chaleur fonctionnant avec les eaux usées consomme 40% d'énergie primaire de moins qu'un brûleur à gaz. (voir schéma).

La comparaison avec les autres systèmes de pompes à chaleur (nappe phréatique, sonde géothermique) est aussi à l'avantage de celles qui exploitent la chaleur des eaux usées. La raison en est simple: toute l'année, les eaux usées ont une température favorable. S'il est bien conçu, un système récupérant la chaleur des eaux usées peut atteindre un coefficient de performance annuel (COPA) supérieur à 4. Le COPA est l'unité permettant de mesurer l'efficacité d'une pompe à chaleur. Une valeur de 4 signifie qu'avec une seule unité d'énergie électrique, il est possible de produire quatre unités d'énergie thermique, les trois unités supplémentaires étant fournies par la chaleur des eaux usées.



Comparaison de l'efficacité énergétique

Pour produire la même quantité de chaleur (énergie utile), une installation de récupération de la chaleur des eaux usées avec pompe à chaleur et couplage chaleur-force consomme deux fois moins d'énergie fossile qu'une installation conventionnelle.

Propreté

Les installations récupérant la chaleur des eaux usées présentent l'avantage de ménager l'environnement. Elles réduisent non seulement la production de gaz à effet de serre et d'oxyde d'azote, mais aussi la consommation finale de combustibles fossiles. Une pompe à chaleur bivalente, associée à un chauffage à gaz pour assurer les pics de consommation et alimentée par de l'électricité produite en Suisse, occasionne presque 5 fois moins d'émissions de CO₂ qu'une chaudière à mazout. Si l'électricité qui alimente la pompe à chaleur est produite par un couplage chaleur-force fonctionnant au gaz, les émissions sont réduites de 60% (voir tableau). Le service des bâtiments du canton de Zurich a réalisé le bilan écologique d'une pompe à chaleur récupérant l'énergie thermique des eaux usées. Cette évaluation globale menée d'après le modèle Ecoindicator'99 a mis en lumière un résultat 2 à 5 fois supérieur à celui d'une chaudière à gaz. La récupération de la chaleur des eaux usées contribue ainsi à la protection du climat et à la préservation de la qualité de l'air dans les localités.

Comparaison des émissions de CO₂ de différents systèmes énergétiques

Chauffage au mazout	100%
Chauffage à gaz	63%
Combinaison pompe à chaleur-CCF ¹	41%
Pompe à chaleur bivalente ²	22%

¹ Rendement du CCF : électricité 35%, chaleur 55%; répartition de la production de chaleur: pompe à chaleur 50%, CCF 30%, chaudière à gaz pour les pics de consommation 20%.

² Coefficient de performance annuel de la pompe à chaleur 3,5; répartition de la production de chaleur: pompe à chaleur 80%, chaudière à gaz pour les pointes de consommation 20%. Base de l'évaluation de l'électricité: mélange des producteurs suisses.

Source: GEMIS, EPF Zurich

Une production de chaleur écologique avec de l'eau potable

Comme les eaux usées, l'eau potable peut fournir de l'énergie aux pompes à chaleur et participer ainsi au chauffage ou au rafraîchissement des bâtiments. En effet, la température de l'eau potable qui s'écoule dans les réseaux d'eau oscille toute l'année entre 5 °C et 16 °C. Cette température est favorable à l'exploitation d'une pompe à chaleur. En Suisse, plusieurs pompes à chaleur fonctionnant avec de l'eau potable sont en service. Néanmoins, la majeure partie du potentiel de cette source d'énergie renouvelable est encore inexploitée.

Tenir compte de la totalité des coûts

Le chauffage par récupération de la chaleur des eaux usées est de plus en plus concurrentiel, particulièrement si la totalité des coûts est prise en compte. Les avantages sont non seulement écologiques, mais économiques, grâce notamment à des conditions favorables d'obtention de capitaux ou à des exemptions de redevances environnementales. Cette technologie réduit les coûts externes de la production énergétique et profite ainsi à l'ensemble de l'économie.



Les installations de récupération de la chaleur des eaux usées sont composées en grande partie d'éléments dont la durée de vie peut atteindre 50 ans, comme par exemple un échangeur de chaleur. La période d'amortissement de l'investissement peut être équivalente. Photo: Rabtherm AG

Avantages comparatifs

Les comparaisons entre les coûts des installations de récupération de la chaleur des eaux usées et ceux des systèmes conventionnels le montrent bien. Les investissements et l'amortissement plus élevés sont largement compensés par des coûts d'exploitation plus bas. Dans bien des cas, les résultats sont encore plus favorables si la totalité des avantages économiques est prise en compte dans l'évaluation des coûts. Outre les coûts de capital et d'exploitation, les coûts effectifs tiennent compte également des facteurs suivants:

Durée d'amortissement: la durée de vie des échangeurs de chaleur et des canalisations peut atteindre 50 ans.

Renchérissement de l'énergie: en utilisant une source d'énergie renouvelable telle que la récupération de la chaleur des eaux usées, le propriétaire s'affranchit de l'augmentation des coûts du mazout (+ 36 % en 2005) et des taxes environnementales (taxe sur le CO₂).

Bonus pour le respect des prescriptions énergétiques: de plus en plus de cantons offrent des allègements sur l'isolation thermique en contrepartie de l'utilisation d'énergies renouvelables. Une économie sur les coûts de construction est alors réalisable.

Norme MINERGIE®: l'emploi de pompes à chaleur permet de respecter plus facilement des normes de construction appelées à se généraliser.

Taux hypothécaires préférentiels: de nombreuses banques accordent des taux hypothécaires préférentiels pour les bâtiments utilisant des énergies renouvelables.

Subventions: diverses communes et cantons octroient des subventions pour encourager l'utilisation des énergies renouvelables.

Economies de coûts: les installations récupérant l'énergie des eaux usées permettent de combiner à la fois la production de chaleur et de froid. Des économies sont alors envisageables sur les investissements et les coûts d'exploitation par rapport aux systèmes conventionnels.

Economies d'énergie et protection du climat: pour de nombreuses communes et entreprises, les installations de récupération de la chaleur des eaux usées apportent une contribution importante à la poursuite des objectifs énergétiques et climatiques.

Inclure les coûts externes

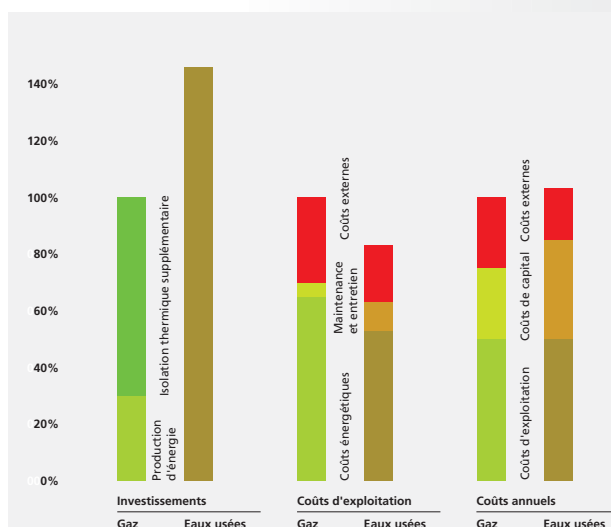
Les tarifs énergétiques actuels ne tiennent pas suffisamment compte des risques et des atteintes à l'environnement. Pour y remédier, il est indispensable, lors de la prise de décisions concernant des investissements, de prendre en considération les coûts externes, comme le font d'ailleurs la Confédération, certains cantons et certaines communes. Selon la norme SIA 480 «Calcul de rentabilité pour les investissements dans le bâtiment», les projets doivent tenir compte des coûts externes que ce soit dans le secteur privé ou public. Seul un calcul global de la rentabilité effectué selon des critères uniformes permet de choisir la solution offrant le meilleur rapport coûts-efficacité. Comme le chauffage à partir des eaux usées occasionne la moitié moins de coûts externes que les systèmes à énergies fossiles, cela augmente considérablement sa rentabilité.

Prix de la chaleur

La plupart des pompes à chaleur récupérant l'énergie des eaux usées sont exploitées par des entreprises spécialisées qui facturent l'énergie fournie à leurs clients. Cette méthode de calcul inclut l'ensemble des coûts de production d'énergie. L'expérience montre que les différents systèmes de production de chaleur à partir d'énergies renouvelables ont des coûts équivalents.

Subventions pour la récupération de la chaleur des eaux usées

Divers cantons et communes ainsi que des distributeurs d'énergie et des institutions financières soutiennent la récupération de l'énergie des eaux usées par des subventions, des prêts à taux favorables ou encore des facilités d'impôts. Dans tous les cas, la condition est de déposer une demande avant le début des travaux. Il est donc recommandé d'examiner ces possibilités suffisamment tôt.



Comparaison eaux usées et gaz

Le schéma ci-dessus montre le résultat typique d'une comparaison des coûts totaux entre une installation de récupération de la chaleur des eaux usées et un chauffage au gaz. La pompe à chaleur coûte plus cher à l'investissement que le chauffage au gaz, mais occasionne des coûts d'exploitation plus faibles. Au prix de l'énergie de 2005, les deux systèmes avaient des coûts annuels équivalents. La comparaison inclut les coûts externes (en rouge) et les prescriptions cantonales en matière d'isolation thermique. Dans le canton de Zurich, par exemple, un bâtiment chauffé exclusivement au combustible fossile est soumis à des exigences plus sévères en matière de consommation d'énergie qu'un bâtiment exploitant des énergies renouvelables. Des investissements supplémentaires pour l'isolation thermique (en vert foncé) sont alors à prévoir. La comparaison ne tient pas compte du fait que les prix des installations de récupération de la chaleur des eaux usées devraient baisser avec l'augmentation de leur diffusion, ni de la forte augmentation des prix des produits pétroliers.

Source: étude de faisabilité pour le bâtiment «Schifli Süd» à Uster

Potentiel et gain énergétique

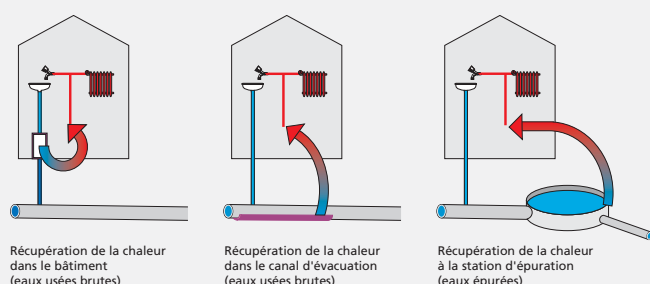
En Suisse, les réseaux de canalisations sont très ramifiés. De nombreux sites se prêtent donc à la récupération de la chaleur des eaux usées. Avant d'en choisir un, il convient d'estimer si la quantité d'eau disponible est suffisante pour couvrir les besoins en chauffage. Quelques formules simples permettent, même aux profanes, d'évaluer le potentiel énergétique et de faire une évaluation sommaire.

Déterminer les endroits propices

Bâtiments: là où de grandes quantités d'eau circulent en permanence (hôpitaux, EMS, piscines couvertes, blanchisseries), la chaleur des eaux usées peut être récupérée à l'intérieur même des bâtiments. Pour ce faire, les eaux usées, avant d'être envoyées dans les canalisations, sont stockées dans un réservoir où leur chaleur est récupérée. Cette technique permet de profiter de températures assez élevées, mais exige de fréquents nettoyages de l'échangeur de chaleur.

Canalisations: dans les grands collecteurs d'évacuation s'écoulent en permanence des quantités suffisantes d'eaux usées. Ce cas de figure constitue le plus important potentiel en Suisse, car les grands ensembles de bâtiments se situent généralement dans des quartiers desservis par un important réseau de canalisations.

Stations d'épuration: ce système permet d'utiliser la chaleur des eaux épurées. La récupération est plus simple et les eaux épurées peuvent être davantage refroidies. En revanche, les possibilités d'application sont souvent limitées par l'éloignement, les stations d'épuration étant généralement situées à une certaine distance des habitations.



L'énergie des eaux usées peut être récupérée à de nombreux endroits: dans des bâtiments ayant une forte consommation d'eau, dans les conduites d'évacuation et dans les stations d'épuration.

Déterminer le volume d'eau et le potentiel énergétique

Les formules ci-dessous permettent d'estimer sans difficulté la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer un bâtiment ou un quartier et le volume d'eau requis. Pour ce faire, la référence est le débit par temps sec. L'exploitant de la conduite peut généralement fournir cette valeur sans problème.

Quantité d'eau usée nécessaire

Débit nécessaire¹ (l/s) = Puissance thermique requise² (kW) divisée par 32

¹ Le débit journalier moyen par temps sec est pris comme valeur de dimensionnement. Pour des raisons techniques, le débit du canal doit être de 15 l/s au minimum.

² La puissance thermique requise correspond à la puissance nécessaire pour chauffer l'eau et les locaux.

Potentiel énergétique d'une canalisation d'eaux usées

Puissance d'échange maximale (kW) = Débit journalier moyen par temps sec (l/s) multiplié par 8

Les formules sont fondées sur les postulats suivants:

- refroidissement moyen des eaux usées dans le canal induit par la récupération de chaleur: 3 degrés
- facteur de sécurité usuel: 0,64
- coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur: 4
- proportion de la pompe à chaleur dans la production totale de chaleur: 33%.

Différentes techniques de récupération de chaleur

Echangeur de chaleur dans la canalisation: la plupart des pompes à chaleur récupérant l'énergie des eaux usées fonctionnent avec un échangeur de chaleur installé dans la galerie d'un collecteur. L'échangeur de chaleur est construit de manière à être intégré à une canalisation existante. Celle-ci doit avoir un diamètre minimum de 80 cm, être en bon état et pouvoir être exploitée pendant encore plusieurs années. En revanche, lors du remplacement ou de la construction d'une canalisation, des éléments préfabriqués avec échangeur de chaleur intégré seront préférés. Dans ce cas, le diamètre minimum de la canalisation doit être de 50 cm. Il existe des solutions pour tous les types de section de canalisation.

Echangeur de chaleur dans le by-pass d'une canalisation: la construction d'un by-pass sur la canalisation des eaux usées pour l'installation d'un échangeur de chaleur offre plusieurs avantages. Premièrement, le débit des eaux usées ne sera pratiquement pas perturbé pendant la construction. Deuxièmement, il n'est pas nécessaire de dévier les eaux usées pendant la construction car il n'y a pas de danger d'inondation. Troisièmement, les propriétés sont ainsi bien délimitées. Enfin, le diamètre du by-pass et de l'échangeur de chaleur peuvent être dimensionnés et optimisés en fonction du débit nécessaire.

Transport de l'énergie jusqu'à la chaufferie

La chaleur doit être transportée de la canalisation ou de la station d'épuration à la chaufferie. Deux systèmes sont envisageables:

Système à un seul tuyau: cette solution ne s'applique qu'aux installations fonctionnant avec de l'eau épurée. Dans ce cas, l'eau est directement injectée dans la pompe à chaleur, sans passer par un échangeur. Une fois l'énergie récupérée dans l'évaporateur, l'eau est rejetée dans un cours d'eau ou une canalisation. Cette solution simple peut fonctionner avec une canalisation non isolée entre la station d'épuration et la centrale énergétique. Cela permet d'économiser des coûts d'investissement, surtout si la distance entre la station d'épuration et les consommateurs de chaleur est relativement longue.

Système à deux tuyaux: si l'on récupère de la chaleur à partir d'eaux usées non épurées, la liaison entre le canal et la chaufferie doit être assurée par un circuit fermé à deux tuyaux (amenée et rejet). Cette solution exige un investissement important mais offre aussi des avantages, comme la possibilité de combiner plus facilement différentes sources de chaleur: eaux usées, activités industrielles, nappe phréatique, etc.



Echangeur de chaleur avant son installation dans une canalisation.



Pose d'un échangeur de chaleur dans une canalisation existante.



Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré.



Déviations des eaux usées pendant les travaux.

Nettoyage de l'échangeur de chaleur

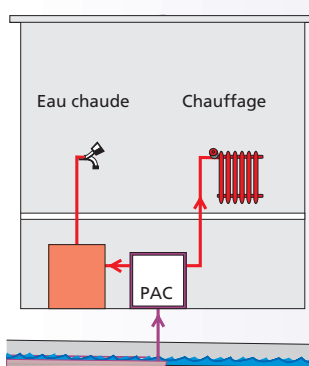
Lors du dimensionnement de l'échangeur de chaleur, il faut tenir compte du dépôt qui se forme, avec le temps, sur la paroi intérieure et qui réduit la conductivité. Pour faire face à cette problématique, deux solutions sont envisageables: la première consiste à nettoyer régulièrement l'échangeur en fonction de la qualité des eaux usées. Cette méthode permet de limiter les pertes dues à l'encrassement, mais exige de coûteux travaux de maintenance. La seconde consiste à opter pour un échangeur de chaleur plus grand dont la baisse de rendement due à l'encrassement n'est pas dommageable au bon fonctionnement de l'installation. L'investissement de départ est dans ce cas plus important. Quelle que soit la solution choisie, il convient de tenir compte des coûts, mais également de la qualité de l'eau.

Production et utilisation

La pompe à chaleur est au cœur de la récupération de l'énergie des eaux usées. C'est grâce à elle que la chaleur des eaux usées peut être exploitée pour chauffer l'eau et les locaux. Les pompes à chaleur peuvent produire des températures allant jusqu'à 65 °C. Pour atteindre des températures supérieures ou pour échelonner la performance, elles sont parfois associées à des chaudières à gaz ou à des couplages chaleur-force. En été, les pompes à chaleur peuvent être utilisées comme machines frigorifiques à des fins de rafraîchissement.

Solution 1: 100% pompe à chaleur

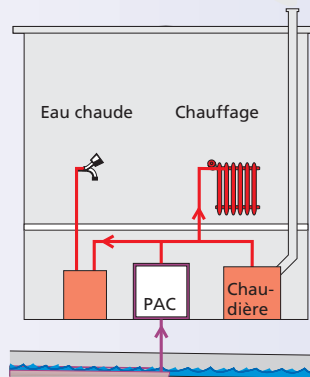
La conception d'une installation de chauffage à partir des eaux usées dépend en premier lieu des objectifs fixés. S'il faut utiliser le plus possible d'énergie récupérée sur les eaux usées afin de se passer de combustible fossile, la chaleur sera fournie exclusivement par la pompe à chaleur. Cette exploitation est dite monovalente. Pour varier la puissance thermique, il suffit d'utiliser des groupes de 2 à 4 compresseurs ou de connecter plusieurs pompes à chaleur en parallèle. Les groupes sont alors enclenchés de manière à suivre la demande au plus près. Les installations monovalentes possèdent généralement des coefficients de performance annuels plus bas que les autres systèmes et nécessitent l'utilisation de plus grandes quantités d'eau.



Production d'énergie monovalente

Solution 2: chaudière pour pointes de consommation

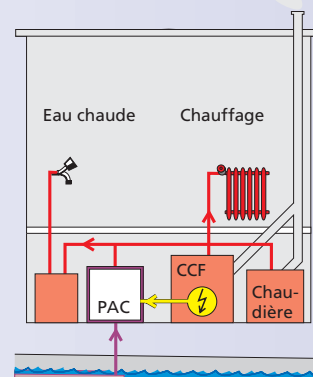
Pour des raisons de rendement et de sécurité d'approvisionnement, la plupart des installations de récupération de la chaleur des eaux usées associent la pompe à chaleur à une chaudière. L'exploitation est dite bivalente. Ce dispositif garantit l'approvisionnement énergétique même si, pour une raison quelconque, la chaleur fournie par la conduite d'eau n'est pas disponible. En exploitation normale, la chaudière n'est mise en service que pour les pointes de consommation. La combinaison avec une chaudière permet de produire l'énergie de base avec la pompe à chaleur et de simplifier ainsi le fonctionnement lors de fortes demandes. Il en résulte une plus grande efficacité de la pompe à chaleur et des investissements plus faibles que pour la solution 1. La proportion de l'énergie soutirée aux eaux usées est néanmoins légèrement plus faible qu'avec un système 100% pompe à chaleur.



Production d'énergie bivalente

Solution 3: technique combinée

Les meilleures notes en matière d'efficacité énergétique sont attribuées aux installations combinant une pompe à chaleur et un couplage chaleur-force, qui produit de la chaleur et de l'électricité pour alimenter la pompe à chaleur. Si l'on considère l'ensemble du processus de production éconergétique (de la production d'électricité à la consommation de la chaleur dans le bâtiment), cette solution est la plus économe en énergie primaire. L'exploitation multivalente exige des investissements plus importants mais présente plusieurs avantages, comme par exemple la production d'électricité. Elle peut également mettre à profit d'autres sources de chaleur disponibles, par exemple de l'eau souterraine, des installations de refroidissement, des processus industriels, des fumées ou des installations d'air comprimé.



Production d'énergie multivalente

Rafraîchir grâce aux eaux usées

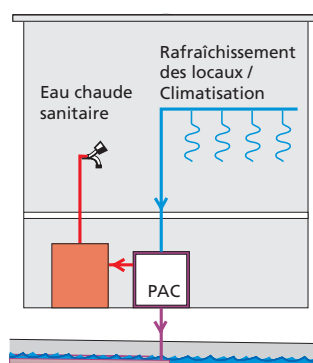
Les bâtiments qui se prêtent au chauffage par récupération de la chaleur des eaux usées sont souvent équipés d'installations de climatisation. Parfois, leurs occupants sont également des consommateurs de froid industriel. C'est une autre occasion de mettre en œuvre des alternatives aux techniques conventionnelles, comme par exemple les tours de refroidissement. Même en été, la température des eaux usées dans les conduites ne dépasse guère 20 °C. Elles peuvent donc être exploitées pour rafraîchir les bâtiments. Cette solution permet des synergies intéressantes: les principaux éléments utilisés pour la récupération de chaleur (échangeur de chaleur, circuit intermédiaire et pompe à chaleur) peuvent également produire du froid, sans investissement ni installation supplémentaire.

Trois modes d'exploitation sont envisageables pour produire du froid à partir des eaux usées:

Production de froid: la chaleur excédentaire soutirée par la production de froid est injectée dans les eaux usées via le circuit intermédiaire et l'échangeur de chaleur du canal. Ce mode d'exploitation est surtout employé en été.

Production combinée de froid et de chaleur: la chaleur soutirée par le processus de production de froid est utilisée pour le chauffage, en combinaison avec la chaleur récupérée directement sur les eaux usées. Cette solution s'applique particulièrement aux utilisations industrielles et artisanales nécessitant simultanément de la chaleur et du froid.

Free cooling: la chaleur excédentaire est directement injectée dans les eaux usées via l'échangeur de chaleur du canal. Ce système est mis en œuvre lorsque la température exigée est supérieure à celle des eaux usées, par exemple pour la climatisation à des fins de confort, que ce soit au moyen de plafonds réfrigérants ou d'autres éléments constructifs rafraîchissants.



Production de froid en été

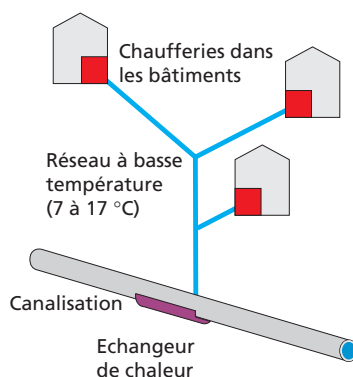
Centralisé ou décentralisé?

Pour pouvoir concurrencer efficacement les systèmes conventionnels (chaudières, machines frigorifiques), les installations de récupération de l'énergie des eaux usées doivent être d'une certaine taille. Souvent, les besoins d'un seul bâtiment ne sont pas suffisants pour exploiter une pompe à chaleur de manière rentable. Dans ce cas, il faut envisager un chauffage collectif couvrant plusieurs bâtiments. Il reste alors à en déterminer la conception: centrale unique ou solution décentralisée avec plusieurs unités (voir schémas).

Réseau à basse température

L'énergie est produite de manière décentralisée par plusieurs unités d'un réseau interconnecté. L'eau est transportée à basse température (8 à 15 °C). Cette solution est généralement mise en œuvre lorsqu'il y a une grande distance entre le lieu de captage de l'énergie (conduite des eaux usées, station d'épuration) et les consommateurs. Ses avantages sont les suivants:

- réduction des pertes de chaleur
- possibilité d'employer des conduites en matériaux synthétiques non isolées et donc meilleur marché
- utilisation possible sur des distances de plus de 1 km
- prise en compte de différentes conditions de température en fonction des besoins des consommateurs
- possibilité de réalisation par étapes



Réseau à basse température

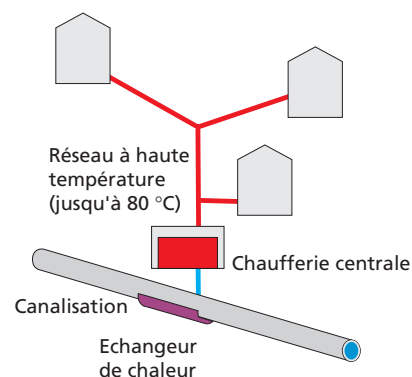
Les critères suivants jouent un rôle décisif dans le choix:

- la distance entre les consommateurs
- la place disponible pour l'installation
- l'intégration des installations existantes (chaudière, égouts, conduites)
- le mode de chauffage de l'eau
- les températures nécessaires pour les différentes utilisations de la chaleur
- les relations entre propriétaires
- le financement et l'exploitation (contracting)

Réseau à haute température

La chaleur est produite à un seul endroit puis transportée à des températures élevées (65 à 80 °C) jusqu'aux différents consommateurs. Les canalisations doivent être isolées, ce qui implique des investissements importants. Ce système s'applique principalement lorsque les consommateurs sont proches les uns des autres. Ses avantages sont les suivants:

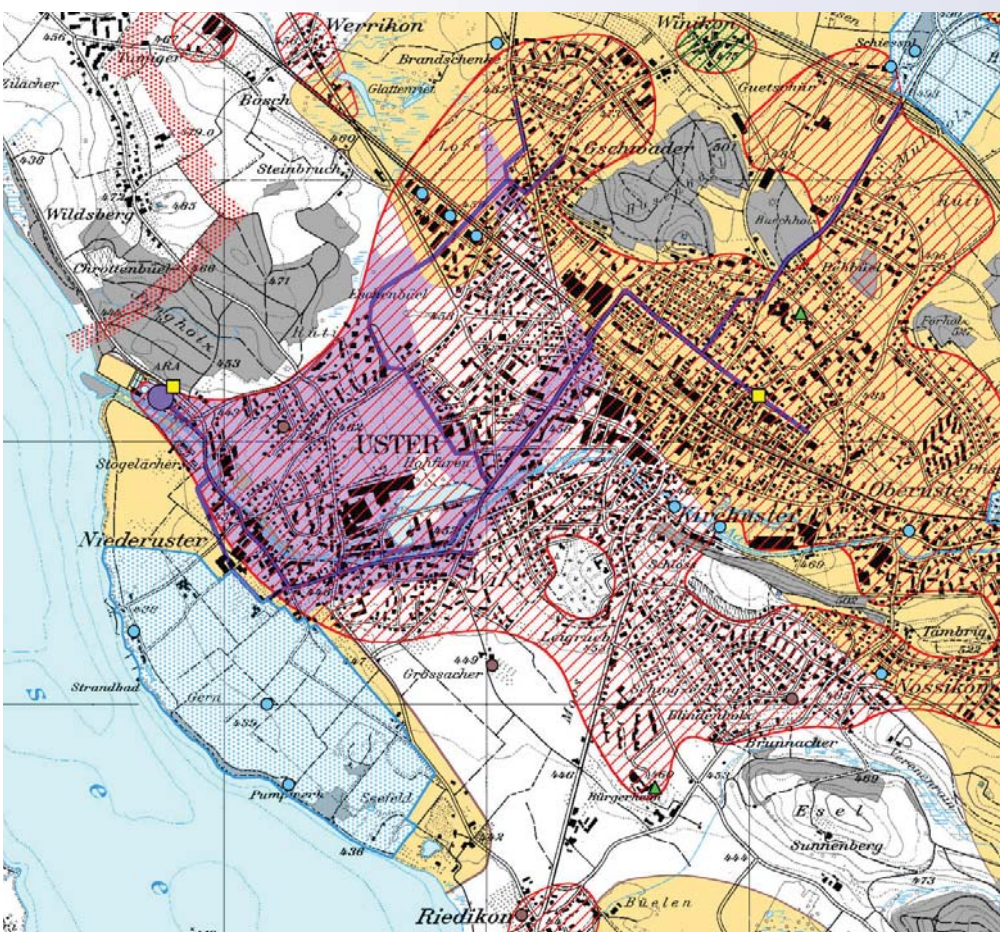
- maintenance et entretien centralisés et simplifiés
- utilisation d'un couplage chaleur-force facilitée
- conditions de contracting plus simples
- investissements spécifiques moins élevés pour une seule grande chaufferie que pour plusieurs petites
- espace nécessaire réduit pour les installations techniques dans les bâtiments raccordés.



Réseau à haute température

Les communes, moteurs de l'innovation

L'utilisation de l'énergie thermique des eaux usées peut contribuer dans une large mesure à la réalisation des objectifs communaux en matière de politique énergétique et environnementale. Les communes peuvent participer à la diffusion de cette technique novatrice, par exemple en identifiant systématiquement les sites adéquats, en subventionnant les essais et les réalisations ou encore en installant des pompes à chaleur récupérant l'énergie des eaux usées dans leurs immeubles (écoles, bâtiments administratifs ou piscines). Les installations réalisées dans des bâtiments publics ne sont pas seulement un exemple pour les promoteurs privés mais représentent aussi un plus pour l'image de la commune.



Actions possibles

- rechercher les potentiels et les sites adéquats
- lancer ou soutenir des études de faisabilité
- examiner la possibilité d'utiliser l'énergie des eaux usées lors de la construction ou de la rénovation de bâtiments communaux
- inscrire la récupération de la chaleur des eaux usées dans le plan énergétique communal
- intégrer les résultats dans le plan général d'évacuation des eaux usées
- promouvoir le contracting par le biais des services industriels
- compléter les réseaux de chauffage collectifs existants avec des pompes à chaleur utilisant l'énergie des eaux usées
- informer les promoteurs lors de la délivrance de permis de construire
- subventionner des installations de démonstration.

Les communes de plus de 3000 habitants ont en général un potentiel d'utilisation de la chaleur des eaux usées. L'illustration présente un extrait du plan énergétique de la ville d'Uster: en violet, les zones prioritaires pour la récupération de la chaleur des eaux usées, de part et d'autre du collecteur principal (en violet) et à proximité de la station d'épuration. La zone desservie par le gaz de ville est hachurée en rouge.

Source: Basler + Hofmann

Identification systématique des sites

Etant donné les délais toujours plus courts exigés lors des travaux de construction, de nombreux projets de récupération de l'énergie des eaux usées ne voient pas le jour faute de temps pour effectuer les vérifications nécessaires. Pour remédier à ce problème, de nombreuses communes effectuent elles-mêmes l'identification des sites. Elles chargent des bureaux d'ingénieurs d'étudier leur potentiel et de recenser systématiquement les sites adéquats. Dans les communes de moins de 10 000 habitants, il suffit généralement de s'entretenir avec les spécialistes sur place pour identifier rapidement les sites intéressants; dans les villes disposant de réseaux de canalisations plus étendus, il convient en revanche d'établir une carte énergétique. Cette opération est généralement peu coûteuse car de nombreuses communes possèdent déjà les données nécessaires. Le service des travaux publics peut fournir les informations relatives à la taille des canalisations, aux débits et aux besoins en matière de rénovation; la police du feu connaît les caractéristiques des installations de chauffage (puissance, âge); quant aux nouveaux secteurs constructibles, ils sont inscrits sur les plans de zone. Il ne reste alors qu'à signaler les constructions et les canalisations adéquates sur une carte. Les sites potentiels sont déterminés par la proximité simultanée de grandes canalisations d'eaux usées et de gros consommateurs d'énergie.

Décision sur la base d'une analyse sommaire

La localisation d'un site approprié ou l'établissement d'une carte énergétique ne permettent pas encore de déterminer la faisabilité ou la rentabilité d'une installation. D'autres études doivent être entreprises: il s'agit de l'analyse sommaire effectuée par un ingénieur spécialisé. Cette étape ne coûte en général que quelques milliers de francs. Une analyse sommaire comporte les points suivants:

- présentation générale (situation, canalisation, bâtiment, densité de construction)
- quantification de l'offre et de la demande énergétique
- examen préalable du projet avec les exploitants de la canalisation et/ou de la station d'épuration
- évaluation de la faisabilité technique et des chances de réalisation du projet
- conception générale de la récupération et de la production d'énergie
- estimation des investissements et des coûts de production de l'énergie
- évaluation sommaire de la rentabilité
- recommandations concernant la marche à suivre.

La planification énergétique

La chaleur récupérée sur les eaux usées étant une énergie indigène, il est judicieux d'établir une coordination avec d'autres sources d'énergie renouvelables (eau souterraine, chaleur du sol, etc.) et des énergies de réseau (chauffage collectif, gaz naturel). Cette coordination est assurée par le biais de la planification énergétique. De nombreux cantons et communes ont des plans énergétiques contraignants qui intègrent la récupération de la chaleur des eaux usées. Par exemple, le plan directeur de l'énergie 2002 du canton de Zurich indiquait que le potentiel inexploité de récupération de chaleur sur les eaux de stations d'épuration zurichoises représentait quelque 650 millions de kWh par année. Sur cette base, plusieurs communes du canton ont défini, dans leur planification énergétique, les zones concernées par cette source. La législation en la matière incite fortement les promoteurs à utiliser l'énergie des eaux usées dans la mesure où cette solution s'avère rentable.

Lancement de projets

Les communes dynamiques ne se contentent pas d'établir des conditions cadres favorables à la récupération de la chaleur des eaux usées. Elles s'engagent activement en soutenant des projets, pour des bâtiments communaux ou non. Par exemple, après avoir établi leur carte énergétique, les villes de Kôniz, Lucerne, Schaffhouse, Uster, Winterthur et Zoug ont fait réaliser, en collaboration avec des promoteurs privés, des analyses sommaires et des études de faisabilité pour des sites, des projets et des nouveaux quartiers. Une telle procédure est judicieuse car les installations de récupération de la chaleur des eaux usées ont une durée de vie plus longue que les systèmes énergétiques conventionnels, particulièrement lorsqu'elle sont intégrées à des chauffages collectifs. Les promoteurs privés n'ont pas le temps de s'informer en détail des possibilités offertes par cette technologie, ni d'effectuer eux-mêmes des études dans le cadre des projets de construction. En revanche, ils peuvent être séduits par l'idée si la commune est à même de fournir des indications sur la rentabilité. Le travail préalable de la commune favorise considérablement les chances de réalisation, au bénéfice de la propreté de l'air et de la qualité de vie.

Priorité à l'énergie thermique des eaux usées

La définition des zones d'approvisionnement dans les communes se fait sur la base de priorités clairement établies en fonction des objectifs de la politique énergétique. Dans ce contexte, la récupération de l'énergie thermique des eaux usées figure en bonne place sur la liste de ces priorités. Elle appartient à la catégorie des «sources de chaleur indigènes à basse température» et, à ce titre, est préférée aux autres sources comme le gaz naturel, le bois, le solaire, les pompes à chaleur à air ou le mazout. Seules les sources de chaleur à haute température (processus industriels, incinération des ordures ménagères) ont une priorité supérieure.

Listes des priorités pour le découpage des zones

1. Sources de chaleur indigène à haute température: incinération des ordures ménagères et processus industriels.
2. Sources de chaleur indigène à basse température et chaleur de l'environnement: eaux usées, nappe phréatique, cours d'eau, processus industriels.
3. Energies fossiles de réseau: gaz naturel.
4. Energies renouvelables disponibles dans la région: bois indigène, biogaz de fermentation.
5. Sources de chaleur environnementales non indigènes: chaleur de l'air ambiant, énergie solaire.
6. Énergie fossile sans restriction: p. ex., chauffage individuel au mazout.



L'exemple de Binningen: les écoles, l'administration communale et la piscine couverte sont chauffées à partir des eaux usées.

Les différentes étapes pour le maître de l'ouvrage

Comment concevoir et réaliser une installation de récupération de la chaleur des eaux usées? La procédure est plus complexe que pour un chauffage au gaz ou au mazout. Elle exige une étroite collaboration entre le maître de l'ouvrage, la commune et l'exploitant de la station d'épuration ou de la canalisation. Le maître de l'ouvrage peut réaliser lui-même l'installation ou confier cette tâche à une entreprise qui se chargera de la conception, du financement, de la construction et de l'exploitation par le biais d'une société de contracting. Dans tous les cas, il convient de procéder par étapes, avec l'aide d'un bureau d'ingénieurs spécialisé et expérimenté assurant la coordination. Il est recommandé d'effectuer une étude de faisabilité avant de prendre la décision d'établir le projet.



La clé du succès est une bonne coordination entre toutes les parties prenantes au projet: le maître de l'ouvrage, la commune, l'entreprise contractante, l'exploitant de la STEP et le concepteur.



La rénovation d'une canalisation à proximité immédiate du bâtiment est une occasion à saisir pour réaliser une installation de récupération de la chaleur des eaux usées.

Commencer par l'étude de faisabilité

Le chemin qui mène de l'idée à l'installation opérationnelle comprend plusieurs étapes. Dans de nombreux cas, tout commence soit par une étude du potentiel de la commune mettant en évidence les sites appropriés, soit par une analyse sommaire donnant lieu à une première évaluation. Mais seule une étude de faisabilité permet de se prononcer clairement sur les chances de succès d'un projet. Cette étude comprend un premier contact avec l'exploitant des canalisations, une analyse de la mise en œuvre technique, des variantes comparatives avec des systèmes conventionnels ainsi qu'un calcul de rentabilité. Elle devrait être confiée à un bureau d'ingénieurs expérimenté. Son coût se situe en principe dans une fourchette de 6000 à 15 000 francs. Les résultats obtenus fourniront la base décisionnelle pour la réalisation du projet. Il est ensuite recommandé d'élaborer un plan de financement et d'exploitation avant même de commencer l'étude du projet proprement dite. Il s'agira principalement de savoir si le maître de l'ouvrage construit lui-même l'installation ou s'il confie cette tâche à une entreprise spécialisée dans le cadre d'un contracting énergétique (voir p. 30).

Une procédure en sept étapes

1. analyse sommaire, étude de faisabilité
2. décision de principe du maître de l'ouvrage
3. plan de financement, év. mise au concours du contracting, choix du contractant
4. contrat avec l'exploitant de la canalisation, autorisation d'exploiter les eaux usées
5. élaboration du projet
6. construction de l'installation, mise en service
7. exploitation

Obtenir l'autorisation

Accord de l'exploitant des canalisations: dès son arrivée dans la canalisation, l'eau usée appartient à la collectivité publique chargée de l'évacuer. Cette ressource est donc mise gratuitement à disposition de quiconque veut l'employer pour produire de l'énergie. Pour faire fonctionner une installation de récupération de l'énergie des eaux usées, il faut cependant l'accord de l'exploitant de la station d'épuration et de la canalisation. L'autorisation sera donnée si l'évacuation et l'épuration des eaux ne sont pas entravées et si les dispositions communales en la matière sont respectées.

Recommandations des organisations professionnelles: selon les recommandations de l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA), la récupération de la chaleur des eaux usées ne pose aucun problème si deux conditions sont respectées: premièrement, le refroidissement de la quantité totale d'eau qui parvient à la station d'épuration ne doit pas dépasser 0,5 °C; deuxièmement, la température de l'eau qui parvient à la station d'épuration ne doit pas être inférieure à 10 °C. Si ces conditions ne sont pas remplies, des spécialistes devront déterminer dans quelle mesure la récupération de la chaleur des eaux usées peut être autorisée sans que cela entrave l'épuration.

Législation sur la protection des eaux: la Suisse a légiféré sur l'utilisation de la chaleur des eaux souterraines, des rivières et des lacs, mais pas sur celle des eaux usées. Il est cependant recommandé de soumettre chaque projet au service cantonal chargé de la protection des eaux et de l'aménagement des cours d'eau. Cette instance donnera en principe son accord à condition que le projet n'ait pas d'incidence négative sur l'évacuation et l'épuration des eaux usées. A ce jour, Zurich est le seul canton à avoir établi une norme, sur laquelle s'appuie également la recommandation de la VSA.

Utilisation des eaux usées à des fins de rafraîchissement: si les eaux épurées sont utilisées à des fins de rafraîchissement, la température du cours d'eau dans lequel elles sont déversées après usage ne doit pas augmenter de plus de 1,5 °C. L'ordonnance sur la protection des eaux indique par ailleurs que le déversement ne doit pas faire monter la température du cours d'eau au-dessus de 25 °C. Ces deux valeurs limites sont rarement atteintes dans la pratique.

Contrat pour l'utilisation des eaux usées

Les rapports entre le maître de l'ouvrage et l'exploitant de la canalisation ou de la station d'épuration sont en principe réglés par un contrat, souvent inscrit comme servitude au registre foncier. Ce contrat devrait comporter les points suivants:

- but du contrat, droit d'utiliser l'énergie
- régime de propriété, interconnexions, droit d'accès
- devoir d'information réciproque
- disponibilité des eaux usées (droit de coupure)
- puissance thermique, rafraîchissement ou réchauffement des eaux usées
- valeurs limites techniques à respecter pour l'épuration des eaux
- exigences concernant l'incorporation d'éléments dans la canalisation
- compétences et procédures relatives à l'aménagement, au contrôle, à la maintenance et au nettoyage
- mesures de sécurité et de protection concernant l'installation et la maintenance
- responsabilité en cas de dommages causés lors de l'aménagement et de la maintenance
- mise hors service de l'installation (remise en état).

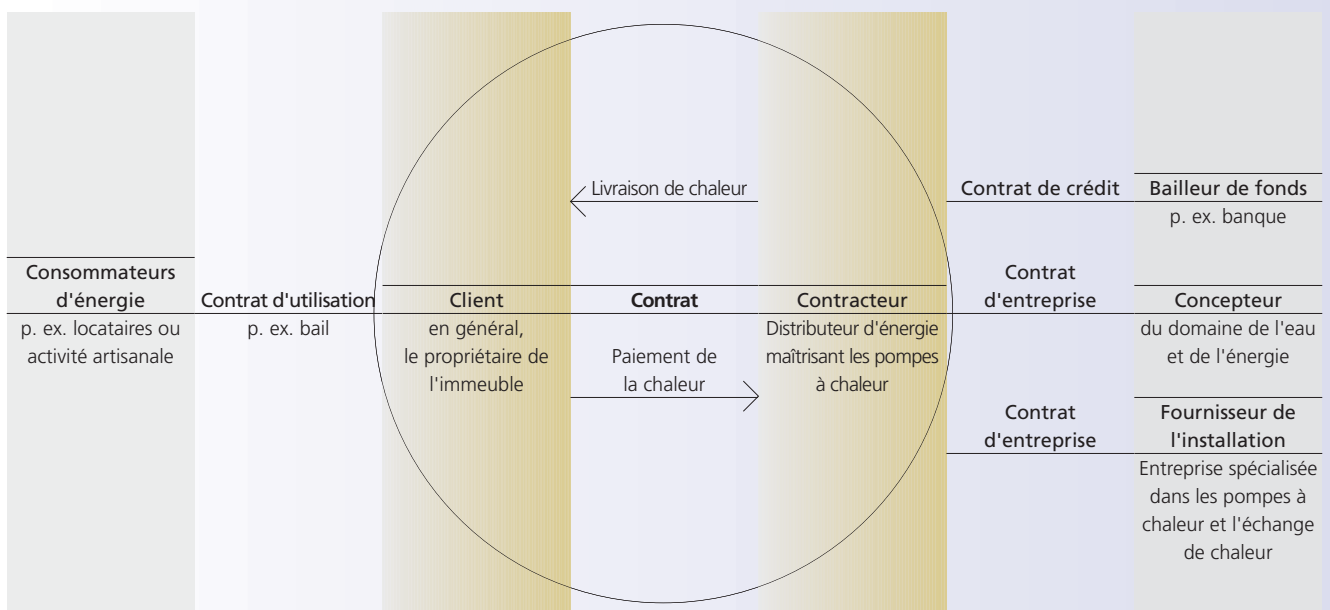
Le meilleur moment

Le moment idéal pour réaliser une installation de récupération d'énergie des eaux usées est celui où des synergies avec d'autres projets sont possibles:

- construction ou agrandissement de bâtiments
- modernisation du chauffage
- aménagement d'une climatisation ou amélioration de l'installation existante
- rénovation d'une canalisation à proximité du bâtiment
- mesures prises dans le cadre de la législation sur le CO₂.

Le contracting pour le financement et l'exploitation

La plupart des installations de chauffage fonctionnant à partir des eaux usées sont réalisées sur la base d'un contracting, que ce soit dans des bâtiments publics ou privés. Le propriétaire de l'immeuble confie alors l'approvisionnement énergétique à une entreprise spécialisée. C'est elle qui conçoit, construit, finance, exploite et entretient les installations. Toutes ces prestations sont comprises dans le prix de la chaleur fournie et facturée au client. Le maître de l'ouvrage n'a donc pas d'investissements à sa charge. Les rapports entre les parties sont réglés par un contrat qui fixe les modalités de la fourniture d'énergie, le régime de propriété et les limites de responsabilité. La durée du contrat correspond en général à la durée de vie assurée de l'installation, soit en général de 15 à 30 ans.



Le fournisseur s'engage à livrer l'énergie au client (propriétaire de l'immeuble). Il se charge de toutes les tâches correspondantes: conception, installation, exploitation, entretien et financement.

10 avantages

Pour les maîtres d'ouvrage et les investisseurs publics et privés, le contracting apporte toute une série d'avantages :

- **Risques réduits** : le «contracteur» assume la totalité des risques techniques et financiers.
- **Investissement plus léger** : l'investissement de départ ainsi que le coût du remplacement des éléments dans une installation neuve ou à rénover sont l'affaire du «contracteur» ; le propriétaire de l'immeuble en est ainsi déchargé.
- **Maîtrise du budget** : le prix de l'énergie étant fixé par contrat, il est plus facile de prévoir les coûts du chauffage dans le budget.
- **Sécurité d'approvisionnement** : le «contracteur» garantit un approvisionnement sans faille. De nombreux «contracteurs» disposent d'un service de dépannage 24 heures sur 24.
- **Gain de temps** : en externalisant l'approvisionnement énergétique, le propriétaire peut se concentrer sur ses tâches principales et économise ainsi des frais de personnel.
- **Délimitation claire des responsabilités** : le propriétaire de l'immeuble a, en face de lui, un interlocuteur unique pour les questions d'approvisionnement énergétique.
- **Innovation** : le «contracteur» dispose du savoir-faire et des moyens financiers nécessaires pour mettre en œuvre des solutions innovantes telles que l'association d'un couplage chaleur-force et d'une pompe à chaleur dans le cas de la récupération de la chaleur des eaux usées.
- **Autres services** : dans les immeubles locatifs, le «contracteur» peut, en plus de l'approvisionnement, assurer également la répartition des coûts de chauffage entre les locataires et l'encaissement.
- **Image de marque** : les installations de récupération de l'énergie des eaux usées sont un plus pour l'image de marque des «contracteurs» professionnels, mais les propriétaires et les locataires en bénéficient également.
- **Avantages pour la location et la vente** : le contracting permet de pratiquer des loyers de base et des prix de vente plus bas. Cette solution simplifie également la gestion des coopératives qui peuvent se passer d'un fonds d'investissement pour la production d'énergie et n'ont plus besoin de se préoccuper de l'exploitation et de la maintenance de l'installation.



En plus de l'exploitation de la pompe à chaleur, le «contracteur» peut également s'occuper de la facturation individuelle du chauffage et de l'eau chaude sanitaire.

Gestion propre ou contracting: comparaison des risques assumés par le propriétaire

Domaine	Gestion propre	Contracting
Garantie	aucun risque	aucun risque
Réparations après expiration de la garantie	totalité des risques	aucun risque
Evolution du prix de l'énergie	totalité des risques	totalité des risques
Maintenance	totalité des risques	aucun risque
Disponibilité de l'installation	totalité des risques	aucun risque
Etat de l'installation	totalité des risques	aucun risque
Intérêts	totalité des risques	aucun risque

Trouver un «contracteur»

Le contracting est une relation à long terme, dans laquelle il convient de choisir son partenaire avec soin. Le marché a connu une forte croissance ces dernières années grâce à l'intérêt grandissant des maîtres d'ouvrage publics et privés pour cette solution. Dans le domaine de la récupération de la chaleur des eaux usées, il existe un grand choix de «contracteurs» professionnels disposant de l'expérience pratique et des bases financières nécessaires. Le client doit faire jouer la concurrence et demander des offres à plusieurs entreprises afin de trouver le meilleur prix et la meilleure solution technique.

Les trois étapes du contracting

1. **Etude de faisabilité et mise au concours** : la mise au concours du contracting doit s'appuyer sur une étude de faisabilité. Les maîtres d'ouvrage confient souvent ces deux tâches à des spécialistes.
2. **Choix du «contracteur»** : les détails contractuels seront réglés avec le mieux-offrant.
3. **Avis externe et conclusion du contrat** : les maîtres d'ouvrage sollicitent fréquemment un avis extérieur avant de signer un contrat qui va les engager dans un partenariat à long terme.

Informations et conseils

L'action «SuisseEnergie pour les infrastructures»

L'action «SuisseEnergie pour les infrastructures» a été lancée dans le cadre du programme Suisse Energie. C'est un centre de compétences pour les questions d'efficacité énergétique et de production d'énergie dans les stations d'épuration, les réseaux d'eau et les usines d'incinération. La récupération d'énergie à partir des eaux usées est l'un des principaux aspects de cette action, qui s'adresse aux communes, aux promoteurs, aux entreprises générales, aux ingénieurs, aux entreprises de contracting ainsi qu'aux exploitants de canalisations et de stations d'épuration. L'action «SuisseEnergie pour les infrastructures» donne des informations sur des questions techniques, sur les procédures à suivre et sur les subventions. Voici quelques-unes de ses prestations:

- conseil initial gratuit
- état des lieux et estimation du potentiel
- soutien technique pour les analyses
- recherche de «contracteurs»

Contact:

SuisseEnergie pour les infrastructures
Crêt 108a, 2314 La Sagne
Tél 032 933 88 40, fax 032 933 88 50,
E-mail: energie@infrastructures.ch
Internet: www.infrastructures.ch

Groupeement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP)

Le Groupeement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP) a pour objectif d'exploiter entièrement le potentiel considérable des pompes à chaleur grâce à la coordination des activités, à des produits et des prestations de grande qualité ainsi qu'à des prix concurrentiels. Le GSP réunit les principaux groupements et organisations qui agissent en faveur de la promotion et de la diffusion des pompes à chaleur. Ces acteurs sont notamment des associations professionnelles d'installateurs et de planificateurs, des producteurs et des vendeurs de pompes à chaleur, des entreprises énergétiques et des pouvoirs publics.

Contact:

Centre d'information du GSP
André Freymond
Case postale 338, 1001 Lausanne
Tél. 021 310 30 10, fax 021 310 30 40
E-mail: andre@pac.ch
Internet: www.pac.ch

Swiss Contracting

Swiss Contracting, forum pour les prestations énergétiques, est le centre de compétences en Suisse pour le contracting énergétique. Cette association neutre et privée a pour objectif de promouvoir le contracting dans le domaine de l'énergie, en particulier pour des projets écologiques et rentables. Swiss Contracting soutient les utilisateurs, les fournisseurs et leurs partenaires pour toutes les questions de contracting:

- informations, conseils, accompagnement de projets, formation
- modèles de contrats et de calculs
- gestion de projets, recommandations de financement, garantie de poursuite d'exploitation.

Contact:

Antenne romande
Charles Weinmann
Case postale 396, 1040 Echallens
Tél. 021 886 20 20, fax 021 886 20 30
E-mail : info@weinmann-energies.ch
Internet: www.swisscontracting.ch

Autre ouvrage sur le sujet:

«L'utilisation de la chaleur des eaux usées - Guide pour les propriétaires, les exploitants et les planificateurs des stations d'épuration des eaux usées et des canalisations» (en allemand), 20 pages, Zurich et Berne 2004. Télécharger sous www.infrastructures.ch

Sponsors

Les Electriciens Romands, 1001 Lausanne, www.electricite.ch

EBM L'énergie en mouvement, 4142 Münchenstein, www.ebm.ch

KASAG AG, 3550 Langnau, www.kasag.ch



Partenaires

Union des villes suisses – Organisme pour les problèmes d'entretien des routes, d'épuration des eaux usées et d'élimination des déchets (ORED), www.staedteverband.ch

Association des communes suisses, www.chgemeinden.ch

Hauseigentümerverband Schweiz (HEV), www.hev-schweiz.ch

Association suisse pour l'habitat (ASH), www.svw.ch

Association des investisseurs immobiliers (AIA), www.viv.ch

Association suisse des entrepreneurs généraux (ASEG), www.aseg.ch

Groupe de l'industrie suisse de la construction (SBI), www.schweizer-bauindustrie.ch

Groupe de l'industrie suisse de la technique du bâtiment (GSGI) www.gsgi

Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux (SSIGE), www.ssige.ch

Association des entreprises électriques suisses (AES), www.strom.ch

Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP), www.pac.ch





Marcel Wenger
Président de la ville de Schaffhouse

«La récupération de la chaleur des eaux usées apporte une contribution précieuse aux objectifs énergétiques et climatiques de notre ville».



Dr. Hans Büttiker
CEO EBM (Elektra Birseck Münchenstein)

«La combinaison de la récupération de la chaleur des eaux usées et du contracting assure la sécurité de l'approvisionnement et la transparence des coûts».



Charles Garneri
Ingénieur EPFL, directeur a.i., Les Electriciens Romands, Lausanne

«La récupération de la chaleur des eaux usées est une solution innovatrice et durable qui convainc toutes les parties en leur apportant des avantages économiques et écologiques».



Cécile Bossart
Résidente du lotissement de Ringerhatten à Zwingen

«Nous nous chauffons grâce aux eaux usées pour pouvoir continuer de respirer de l'air pur».



Pierre Bonhôte
Conseiller aux Etats, Neuchâtel

«L'utilisation de la chaleur des eaux usées participe à la réduction des émissions de CO₂».



Robert Oppliger
Chef-monteur d'échangeurs de chaleur, Langnau

«En récupérant la chaleur des eaux usées, on utilise une énergie indigène et on crée des emplois en Suisse».



Klaus Bölling
Chef d'exploitation de la station d'épuration de Bibertal-Hegau

«La récupération de la chaleur des eaux usées ne pose aucun problème au fonctionnement de nos installations».

SuisseEnergie

Office fédéral de l'énergie (OFEN), Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen · Adresse postale: CH-3003 Berne
Téléphone 031 322 56 11, fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.suisse-energie.ch