

# Récupération de la chaleur des eaux usées

Retour d'expériences faites en Suisse et en Allemagne

## Wärmerückgewinnung aus Abwasser

Erfahrungen aus Deutschland und der Schweiz

Beim gegenwärtigen Stand der Technologie ist das Heizen von Gebäuden mit aus Abwasser gewonnener Wärme möglich. Dazu muss nur ein Wärmetauscher in den Sammelrohren installiert und die so gewonnene Wärme als Energiequelle für eine handelsübliche Wärmepumpe genutzt werden. Von dieser vielerprobten Technologie zeugen mehr als 80 perfekt funktionierende Anlagen in der Schweiz und in Deutschland, von denen einige seit mehr als 20 Jahren in Betrieb sind. Dieser Artikel schildert unter anderem die damit gemachten Erfahrungen am Beispiel von zwei Schweizer Anlagen.

## Heat Recovery from Waste Water Feedback from Experiments Conducted in Switzerland and Germany

Current technology makes it possible to heat buildings by exploiting heat from waste water. All that this requires is the installation of a heat exchanger in the collectors and the use of the heat thus recovered as a source of energy for a completely standard heat pump. More than 80 installations functioning perfectly in Switzerland and Germany, including some that have been in service for more than 20 years, bear witness to a highly tested technology. This article presents, *inter alia*, feedback on experiments conducted in Switzerland using two such types of installation.

Thomas Bühler



**La technologie actuelle permet de chauffer les bâtiments en exploitant la chaleur issue des eaux usées. Pour ce faire, il suffit d'installer un échangeur de chaleur dans les collecteurs et d'utiliser la chaleur ainsi récupérée comme source d'énergie pour une pompe à chaleur (PAC) tout à fait standard. Témoins d'une technologie hautement éprouvée plus de 80 installations en Suisse et en Allemagne fonctionnent parfaitement dont certaines depuis plus de 20 ans. Cet article présente entre autres le retour d'expérience à l'aide de deux exemples d'installations réalisées en Suisse.**

### 1. Introduction

Le potentiel énergétique contenu dans les eaux usées est non seulement gigantesque mais qui plus est renouvelable. Il correspond à l'énergie nécessaire au chauffage de plus de 10 % du patrimoine bâti.

La chaleur des eaux usées peut être récupérée soit dans les collecteurs au moyen d'échangeurs spéciaux, soit sur les eaux épurées à la sortie de la station d'épuration (STEP).

Cette technologie, bien qu'encore méconnue, est éprouvée; plus de 80 installations fonctionnent actuellement en Allemagne et en Suisse. Les premières installations suisses ont été mises en place il y a plus de 20 ans. La récupération de la chaleur sur les eaux usées est également pratiquée à Berlin et à Oslo pour alimenter d'importants réseaux de chauffage à distance.

La proximité immédiate des futurs consommateurs est l'une des conditions à remplir pour donner la préférence au prélèvement direct de la chaleur dans les collecteurs. Dans ce cas, grâce à une bonne planification, il n'y aura aucune influence négative sur le traitement des eaux usées. De plus, la rentabilité du système est avérée – en particuliers lorsque des collecteurs importants doivent être remplacés.

Tout ceci contribue à apporter une *image positive* et innovante aux services ou aux villes qui mettent en œuvre cette technologie.

## 2. Analyse du potentiel

Une étude mandatée par le ministère de l'environnement du Land de Nordrhein-Westfalen a démontré que plus de 10 % du parc immobilier allemand pourrait être chauffé grâce aux eaux usées. Plus de 10 000 emplacements appropriés sur les collecteurs d'eaux usées ont été identifiés.

Le but de cette étude est de comparer les ressources en chaleur des eaux usées avec les besoins des preneurs de chaleur potentiels (bâtiments à proximité). Ces ressources se calculent sur la base de la température et du débit des eaux usées s'écoulant dans le collecteur. Les besoins des preneurs de chaleur sont caractérisés par leur puissance et leur éloignement de la source de chaleur.

Pour qu'un preneur de chaleur soit considéré comme intéressant, sa *demande minimale* doit être d'environ 150 à 200 kW, ce qui correspond à la puissance nécessaire au chauffage d'une cinquantaine d'appartements. Cependant, elle peut se répartir sur un ou plusieurs bâtiments. Les complexes commerciaux, gros immeubles d'habitation, hôpitaux, bâtiments administratifs, homes, écoles, piscines

et les complexes sportifs entrent tous en considération.

Le *débit minimum* requis pour l'installation d'un échangeur dans un collecteur est d'environ 15 l/s (moyenne journalière par temps sec). En première estimation, on peut considérer que chaque l/s supplémentaire d'eaux usées permet à la pompe à chaleur (PAC) de fournir 20 kW de puissance supplémentaire<sup>1</sup>.

La récupération de chaleur sur les eaux épurées est intéressante à partir d'une STEP traitant les eaux d'environ 5000 équivalent-habitants.

## 3. Principe de fonctionnement

La chaleur des eaux usées varie entre 10 et 20°C au long de l'année et en fonction de la typologie du réseau de collecteurs. Elle provient du refroidissement de certains processus industriels et des rejets d'eau chaude sanitaire des ménages. Cette énergie thermique non exploitée est alors rejetée dans l'environnement

<sup>1</sup> Hypothèse de calcul: Refroidissement des eaux de 3.5 K, COP de la PAC de 3.8

sous forme d'eaux trop chaudes pour celui-ci. Au contraire, la valorisation de la chaleur des eaux usées se fait grâce au principe de fonctionnement suivant:

La chaleur des eaux usées est récupérée au moyen d'un *échangeur de chaleur*, puis transmise à une pompe à chaleur (PAC) qui produit de la chaleur en hiver et du froid en été (Fig. 1). L'énergie électrique nécessaire à la PAC peut éventuellement provenir d'un couplage chaleur-force ou d'énergie renouvelable, ce qui améliore encore le bilan énergétique global de l'installation. La récupération de la chaleur des eaux usées peut se faire à trois emplacements différents, à savoir dans:

- *les 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. A cette fin, avant d'être envoyées dans le collecteur, les eaux usées sont stockées dans un réservoir où leur chaleur est récupérée. Ainsi, on peut profiter de températures assez élevées, mais ce système présente un inconvénient: l'échangeur de chaleur doit être souvent nettoyé.
- *les collecteurs*: dans les grands collecteurs s'écoulent en permanence des quantités suffisantes d'eaux usées. C'est le mode de récupération de la chaleur qui présente le plus important potentiel en Suisse, car les grands ensembles de bâtiments se situent généralement à proximité immédiate de collecteurs de taille suffisante.

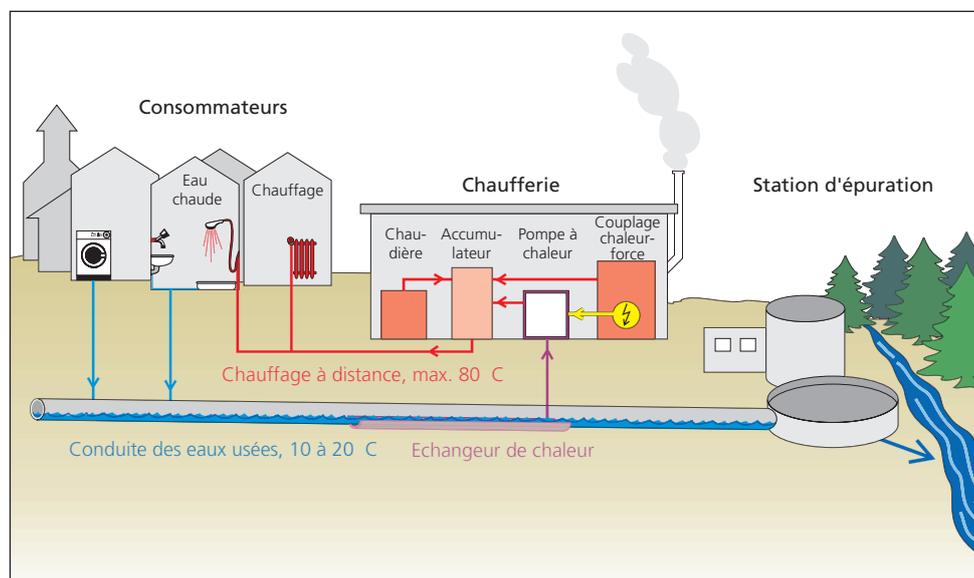


Fig. 1 Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur sur les eaux usées.

– *les stations d'épuration*: ce système permet d'utiliser la chaleur d'eaux usées épurées, c'est-à-dire après traitement. La récupération est plus simple et les eaux usées peuvent être davantage refroidies. En revanche, les possibilités d'application sont souvent limitées par l'éloignement des preneurs de chaleur, les stations d'épuration étant généralement situées à une certaine distance des habitations, ce qui entraîne des pertes d'énergie. Cette technique est exploitée avec succès pour sécher les boues des STEP.

### Echangeur de chaleur

Il constitue la pièce maîtresse du système de récupération de chaleur sur les eaux usées. Les *échangeurs intégrés* dans les collecteurs doivent supporter les conditions agressives de ce milieu. Il s'agit notamment de nuisances chimiques et de phénomènes d'abrasions liés aux matières en suspension. Lors de l'assainissement de collecteurs, il peut s'avérer intéressant d'installer des échangeurs directement intégrés au collecteur (*Fig. 2*). Les anciens *collecteurs* de forme *ovoïdes* peuvent être équipés d'échangeurs



Fig. 2 Echangeur de chaleur intégré dans le collecteur.



Fig. 3 Installation d'un échangeur dans un collecteur ovoïde.

prémontés à l'extérieur du collecteur puis intégrés au fond du collecteur (*Fig. 3*). Il existe actuellement plusieurs entreprises suisses ou étrangères à même de fournir ce genre d'échangeur. A Bachgraben (BS), le collecteur a été équipé dans les années quatre-vingt, soit depuis plus de 20 ans, d'un échangeur qui fonctionne depuis sa pose sans aucun problème ou dysfonctionnement. La récupération de chaleur dans les STEP se fait sur les eaux épurées. Les *échangeurs à plaques* sont tout à fait adaptés pour ce genre d'utilisation (*Fig. 4*). Une attention particulière doit toujours être apportée au contrôle du taux de matières en suspension.

### 4. Atout climatique

Exploiter la chaleur des eaux usées contribue à limiter les émissions de CO<sub>2</sub> et ainsi à protéger le climat.

La récupération de chaleur sur les eaux usées est non seulement efficace énergétiquement, mais participe activement à la préservation du climat. La température des eaux usées varie entre 12 et 15° C pendant la période de chauffe. Cette température relativement élevée favorise le coefficient de performance (COP) de la PAC. Son efficacité sera donc meilleure que celle d'une traditionnelle PAC air/eau. En solution standard, le *coefficient de performance annuel* (COPA) des installations de récupération de chaleur des eaux usées est de minimum 4. Cela signifie que 75 % de l'énergie thermique produite proviennent de la chaleur des eaux usées, le solde étant fourni par l'électricité alimentant la PAC. La quantité d'énergie primaire consommée est de ce fait bien inférieure aux traditionnelles installations de chauffage. A titre d'exemple, une installation de récupération de cha-



Fig. 4 Echangeur à plaques d'une installation de séchage des boues de STEP.

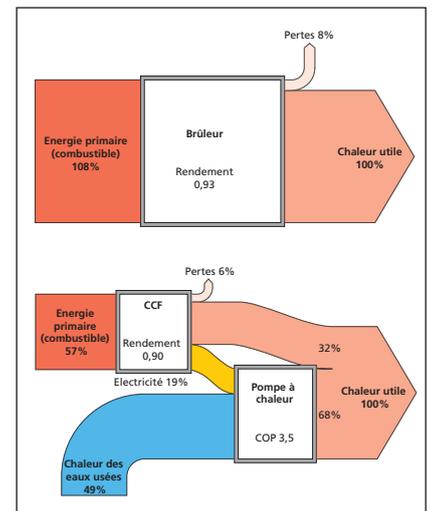


Fig. 5 Comparaison de l'efficacité énergétique d'une chaudière et d'une installation de récupération de chaleur des eaux usées.

leur sur les eaux usées avec PAC et dont l'électricité provient d'un couplage chaleur-force alimenté en gaz naturel consomme deux fois moins d'énergie primaire qu'une installation avec une chaudière (*Fig. 5*) et est deux fois plus favorable à l'environnement (selon une analyse de cycle de vie avec Ecoindicator'99).

### 5. Actions des communes

L'utilisation de l'énergie thermique des eaux usées contribue dans une large mesure à la réalisation des principaux objectifs communaux en matière de politique énergétique et environnementale.

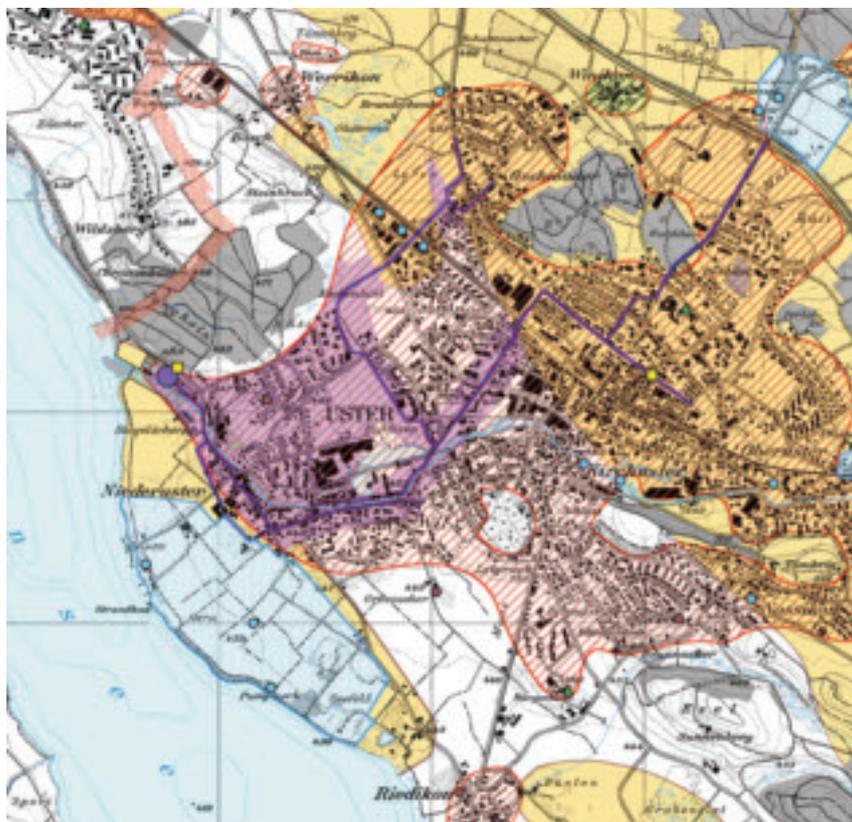


Fig. 6 Extrait du plan énergétique de la ville d'Uster. (Source: Basler + Hofmann)

Les communes peuvent participer à la diffusion de cette technique novatrice, par exemple en identifiant systématiquement les sites adéquats et en réalisant de telles installations dans leurs bâtiments (écoles, bâtiments administratifs ou piscines). Ces réalisations ont non seulement une valeur d'exemple vis-à-vis des promoteurs privés mais elles représentent aussi un plus pour l'image de la commune. Ainsi, les communes sont invitées à mettre en place les démarches suivantes:

- 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 énergétique par le biais des services industriels,
  - compléter les réseaux de chauffage à distance 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 pilotes.
- 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 études préalables nécessaires. Pour pallier cette situation, 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 collecteurs plus étendus, il convient en revanche d'établir une *carte énergétique*. Cette opération est généralement peu coûteuse car nombreuses sont celles qui possèdent déjà les données nécessaires. Les *services communaux* peuvent généralement fournir les informations relatives à la taille des collecteurs, aux débits et aux besoins d'assainissement; 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 collecteurs d'eaux usées de grande taille et de consommateurs d'énergie thermiques importants.

La *figure 6* présente un extrait du plan énergétique de la ville d'Uster. Les collecteurs appropriés à la récupération de la chaleur des eaux usées sont identifiés en violet foncé, et les zones situées à proximités qui pourraient être desservies par cette source d'énergie sont représentées en violet clair. La zone desservie par le gaz est hachurée en rouge. En définissant ces zones, il est possible d'identifier quels sont les agents énergétiques à favoriser lors de la réhabilitation d'un quartier ou d'un projet immobilier.

## 6. Retour d'expérience

### *Le centre Loewenberg*

Situé à Muntelier près de Morat, le centre de formation Loewenberg des CFF a donné l'exemple dans la valorisation de l'énergie thermique des eaux épurées. Lors des 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 de cette manière. En outre, le rafraîchissement de certains des bâti-

ments est garanti grâce aux pompes à chaleur utilisées alors comme machines frigorifiques. Pendant plus de 20 ans, l'installation a fonctionné à la satisfaction des utilisateurs.

#### Caractéristiques de l'installation du centre Loewenberg

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 × 390 kW
froid	2 × 370 kW
Pourcentage d'énergie fournie par les eaux usées	48 %

#### Fonctionnement:

L'eau épurée est récupérée à la sortie de la station d'épuration. Elle est d'abord filtrée afin de réduire le taux de matières en suspension, puis acheminée dans les locaux de la chaufferie située à mi-chemin entre la STEP et le centre Loewenberg. Sa chaleur est alors récupérée par l'intermédiaire d'échangeurs de chaleur et de deux PAC d'une puissance totale de 780 kW. L'eau est ensuite restituée à proximité de la station d'épuration. Elle réintègre alors son cycle naturel en s'écoulant dans le lac de Morat. Les pompes à chaleur présentent un COP de 4.1. En cas de forte demande de chaleur, l'installation est complétée par deux chaudières à gaz capables de fournir l'énergie de pointe.

Deux circuits de chauffage avec des températures différentes (45° C et 65° C) ont été nécessaires pour alimenter l'ensemble des bâtiments du centre 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). Dans le cas de figure où le circuit de chauffage n'a pas besoin

de cette chaleur, elle est transmise à l'eau de restitution. La STEP profite alors de cette chaleur 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 couplage chaleur-force (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 CCF est de 500 kW et assure ainsi une puissance électrique de 190 kW et une puissance thermique de 256 kW.

Presque la moitié de l'énergie nécessaire au chauffage et à la climatisation des locaux du centre Loewenberg provient de la récupération de la chaleur des eaux épurées, soit 420 000 kWh sur une consommation annuelle de 870 000 kWh.

Grâce cette technologie, le centre de formation des CFF économise annuellement 41 650 m<sup>3</sup> de gaz et réduit ses émissions de CO<sub>2</sub> de 83 tonnes.

#### La Cantarella

Situé à Chésièra (VD), la Cantarella est un complexe immobilier constitué de quatre immeubles de vacances et d'une piscine extérieure. Le collecteur des eaux usées de la commune située en amont, traverse la parcelle. La récupération de la chaleur des eaux usées a été privilégiée par le maître d'ouvrage pour les raisons suivantes:

- *Nécessité* de déplacer le collecteur des eaux usées,
- *Législation* cantonale imposant 20 % de production d'énergies renouvelables pour les nouvelles constructions,
- *Piscine* adjointe aux bâtiments devant être intégralement chauffée par l'intermédiaire d'énergies renouvelables,
- *Technologie* permettant de limiter les émissions de CO<sub>2</sub>; cet argument facilite la promotion et la vente du complexe immobilier.

Ce projet est actuellement en phase de réalisation. Selon les prévisions, plus de 55 % de l'énergie thermique totale nécessaire au complexe proviendra de la récupération de chaleur. Pour ce faire, un échangeur de



Fig. 7 Centre Loewenberg chauffé et rafraîchi par les eaux usées.

35 m<sup>2</sup> assurera une puissance minimum de 50 kW. La PAC de 70 kW raccordée à cet échangeur doit fournir l'énergie «en ruban» de manière à couvrir la majorité de la consommation. Une chaudière d'appoint à gaz permet de couvrir les pointes de consommation lors des fortes demandes. Une distribution de chaleur à basse température a été privilégiée de manière à permettre à la PAC de fonctionner dans sa plage de rendement optimal. Cette température est élevée quotidiennement pendant quelques heures pour rendre possible la charge des accumulateurs d'eau chaude sanitaire décentralisés dans chaque immeuble. La *décentralisation* permet d'éviter de devoir maintenir l'ensemble du réseau de distribution à une température élevée. Sur ce projet, le *prix de revient* indicatif du kWh est de 17.7 ct/kWh, soit un prix tout à fait compétitif par rapport à un système de production de chaleur traditionnel. De plus, le maître d'ouvrage estime que la mise en œuvre de cette installation apporte une plus value importante dans la promotion qu'il fait pour la vente de ce complexe.

## 7. Recommandations d'exploitation

Les exploitants des collecteurs et des STEP sont directement concernés par la récupération de chaleur des eaux usées. Leur mission prioritaire reste en effet de traiter ces eaux, en respect des législations en vigueur. La collaboration avec les exploitants doit s'étendre aux différents services concernés tels que l'aménagement du territoire, l'environnement et l'énergie. Elle est indispensable pour qu'un projet de récupération de chaleur des eaux usées puisse être identifié suffisamment tôt et se réaliser correctement. En Suisse, une *collaboration* entre



Fig. 8 Collecteur d'eaux usées: source d'énergie d'un complexe immobilier dans les Alpes.

SuisseEnergie pour les infrastructures et l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA) a permis d'établir des recommandations.

La récupération de la chaleur des eaux usées ne posera aucun problème si *deux conditions* sont respectées, à savoir:

- le refroidissement de la quantité totale d'eau parvenant à la station d'épuration ne doit pas dépasser 0,5° C, et
- la température de l'eau arrivant 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 pèche la qualité de l'épuration.

Ces recommandations et les principes de bases de la récupération de la chaleur des eaux usées sont disponibles sur le site [www.infrastructures.ch](http://www.infrastructures.ch). Un *guide* en français pour les maîtres d'ouvrage et les communes se trouve également sur le site.

## 8. Démarche proposée

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. Le pas suivant consiste à établir une *étude de faisabilité* pour permettre au maître d'ouvrage de se prononcer de manière fondée sur les chances de succès d'un projet. Cette étude comprend un premier contact avec l'exploitant des collecteurs et de la STEP, 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. En fonction des résultats obtenus, une décision pourra être prise concernant la réalisation du projet. Il est bien recommandé d'élaborer ensuite 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.

Ainsi, en résumé, la *procédure proposée* est la suivante:

- a) Etablissement de la carte de potentiel (en particulier dans les grandes communes)
- b) Analyse sommaire, étude de faisabilité
- c) Décision de principe du maître de l'ouvrage
- d) Plan de financement, éventuellement mise au concours du contracting, choix du contractant
- e) Contrat avec l'exploitant du collecteur, autorisation d'exploiter les eaux usées
- f) Elaboration du projet
- g) Construction de l'installation, mise en service
- h) Exploitation

La récupération de chaleur des eaux usées est une technique utilisée depuis plus de 20 ans en Allemagne et en Suisse alémanique. Quelques projets sont en train de voir le jour en Suisse romande. Il est certain que cette technologie, favorable à l'environnement est appelée à se développer rapidement, cela d'autant plus qu'elle s'applique également au rafraîchissement des bâtiments.

## Keywords

Energie – Eaux usées – Chaleur – Froid

## Adresse de l'auteur

Thomas Bühler, Ing.  
Suisse Energie pour les infrastructures  
Crêt 108, CH-2314 La Sagne  
Tél. +41 (0)32 933 88 40  
Fax +41 (0)32 933 88 50  
Thomas.buhler@planair.ch