

Conversion des réseaux de chauffage et de refroidissement à distance existants des énergies fossiles aux énergies renouvelables

Energies renouvelables dans les réseaux thermiques

## **Guide des réseaux thermiques sans émissions**

**Catalogue de mesures pour la décarbonation et la flexibilisation des réseaux thermiques**



Ce projet a été financé par l'Union européenne, dans le cadre du programme de recherche et d'innovation "Horizon 2020" de l'UE, sous la convention de subvention n° 952873.

### Informations sur le document :

Auteur(s) : Laure Deschaintre, Planair SA  
Martine Felber, Planair SA  
Stefan Thalmann, Verenum AG



**PLANAIR**  
ingénieurs conseils en énergies et environnement

Nous contacter : Planair SA  
Rue Galilée 6  
1400 Yverdon-les-Bains

Dernière mise à jour : Août 2023  
Photo de couverture : Solites/Projet RES-DHC

Site web du projet : [www.res-dhc.eu](http://www.res-dhc.eu)

### Clause de non-responsabilité :

Le contenu de cette publication relève de la seule responsabilité de ses auteurs. Elle ne reflète pas nécessairement l'opinion de l'Union européenne. Ni la Commission européenne, ni les auteurs ne sont responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qu'elle contient.

## TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction .....	3
2. Méthodologie.....	3
3. Planification.....	4
3.1. Aménagement de l'énergie et du territoire : Vers l'objectif zéro émission.....	5
3.2. Études de faisabilité .....	6
3.3. Solutions transitoires .....	7
4. Flexibilité et efficacité énergétique.....	9
4.1. Optimisation côté production .....	10
4.2. Stockage thermique .....	11
4.3. Optimisation côté client .....	14
4.4. Baisse des températures.....	15
5. Intégration de la chaleur résiduelle et des énergies renouvelables .....	16
5.1. Haute température - Chaleur résiduelle.....	17
5.2. Chaleur perdue à basse température .....	19
5.3. Chaleur ambiante .....	22
5.4. Biomasse .....	25
5.5. Solaire thermique .....	29
6. Conclusion .....	30
7. Bibliographie .....	30

## LISTE DES FIGURES

Image de couverture : (Image : mast3r - stock.adobe.com)	
Illustration 1 : Les étapes possibles pour la mise en œuvre des mesures. ....	4
Illustration 2 : Situation de départ / Plan de mise en œuvre de la ville de Zurich (image : présentation de la ville de Zurich).....	5
Illustration 3: Comparaison des scénarios dans le cadre d'une étude de faisabilité.....	6
Illustration 4: Offre de solutions transitoires à prendre en compte lors de la planification. ....	7
Illustration 5 : Exemples de différentes solutions de stockage (photos : en haut à gauche : Renergia Zentralschweiz AG ; en haut à droite : AGRO Energiezentrum Rigi ; en bas à gauche : © Energie Wasser Bern ; en bas à droite : Solites). ....	11
Illustration 6: Illustration de la solution ECCO2. (Image : ECCO2) .....	14
Illustration 7: Analyse du réseau genevois par l'Université de Genève.....	15
Illustration 8: Centrale énergétique de l'AVM Morgental (Suisse). (Image : AVM Morgental).....	18
Illustration 9 : distance que la chaleur perdue peut combler. ....	19
Illustration 10: Bâtiment dédié à la récupération de la chaleur de l'exutoire de la STEP d'Yverdon-les-Bains. ....	20
Illustration 11: Le Bürgerspital à Soleure (photo : Alexander Gemperler). ....	21
Illustration 12: Concept du réseau de chaleur à Bienne. (Image : ESB) .....	22
Illustration 13: Principe d'exploitation - Géothermie à Riehen (source Hydro-Géo Environnement / Schädle GmbH) .....	23
Illustration 14: Forage pour le réseau thermique. (Image : EWD AG).....	23
Illustration 15: Le directeur Mauro Suà de l'Azienda Multiservizi Bellinzona (à droite) et son spécialiste Lorenzo Bardelli (à gauche). (Photo AMB) .....	24
Illustration 16 : Schéma de principe d'une installation avec deux chaudières à bois et un réservoir. (Figure 13.8 du manuel de planification QM Chauffages au bois, 3e édition 2022) .....	26
Illustration 17 : Schéma de principe d'une installation avec plusieurs chaudières à bois et un réservoir. (Figure 13.9 du manuel de planification QM Chauffages au bois, 3e édition 2022) .....	26
Illustration 18 : Schéma de principe d'une installation monovalente avec deux chaudières à bois et une chaudière à bois d'appoint avec un combustible de qualité pour le fonctionnement en été. (Figure 13.13 du manuel de planification QM Chauffages au bois, 3e édition 2022) .....	26
Illustration 19: Centrale de chauffage et entrepôt de combustibles WV Sarnen (source : WV Sarnen). ....	27
Illustration 20: Vue générale de la centrale SolarCAD II (Photo : Magali Girardin SIG) .....	29

## 1. INTRODUCTION

En Suisse, un grand nombre de réseaux thermiques sont en service. Dans les grandes villes, ils utilisent souvent les rejets thermiques des usines de valorisation thermique des déchets (UVTD) ou, dans les petites villes et communes, les ressources locales en bois-énergie. De plus en plus de réseaux thermiques sont également développés et exploités en utilisant l'énergie de l'environnement, comme des nappes phréatiques, des rivières et des lacs. Dans ces réseaux existants, la part d'énergie renouvelable est souvent déjà élevée. [1]. Toutefois, en Suisse, les réseaux thermiques ne fournissent que 11% environ de la chaleur. Compte tenu des objectifs de la stratégie énergétique, ces réseaux de gaz doivent être remplacés dans de nombreux endroits. Cette transformation a déjà commencé dans diverses villes, comme par exemple Zurich ou Bâle. Il existe donc deux défis parallèles pour les réseaux thermiques existants :

1. Augmenter les capacités d'approvisionnement en énergies renouvelables et développer les réseaux afin de répondre aux besoins en chauffage de la population croissante grâce aux énergies renouvelables.
2. Réduire le besoin en énergies fossiles, qui sont actuellement encore utilisées pour couvrir les pics de consommation.

Ce guide propose des solutions pour relever ces défis, avec des exemples concrets.

## 2. MÉTHODOLOGIE

Chaque réseau de chaleur est unique, aucune situation de départ n'est exactement la même. C'est pourquoi ce guide propose un catalogue de mesures possibles afin que chaque exploitant ou décideur puisse envisager les mesures les plus adaptées à son cas particulier. Aucune des mesures proposées ne permet à elle seule d'atteindre un approvisionnement énergétique 100 % durable et renouvelable. Cependant, combinées à d'autres mesures, elles peuvent contribuer à atteindre cet objectif, ou du moins à s'en rapprocher fortement. Si aucune mesure n'a encore été prise, l'approche globale suivant les différentes étapes présentées à la Illustration 1 est la plus judicieuse.

La première étape consiste à planifier des mesures appropriées grâce à une bonne planification énergétique locale. Dans un second temps, à des mesures d'optimisation permettent d'améliorer l'efficacité énergétique et de flexibiliser la production d'énergie. Enfin, les capacités en énergies renouvelables doivent être développées.

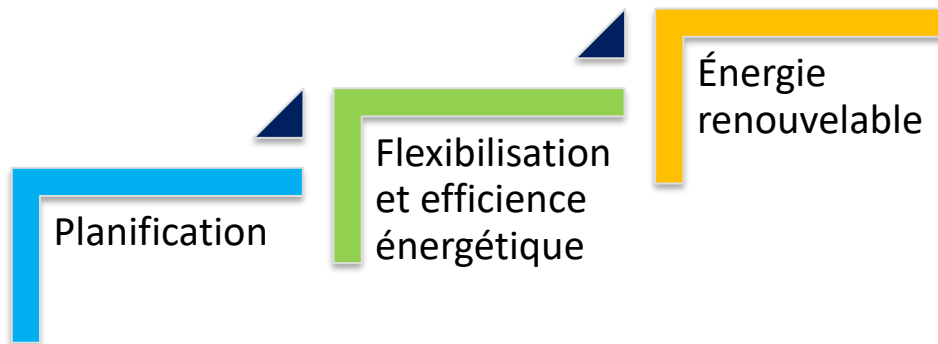


Illustration 1 : Les étapes possibles pour la mise en œuvre des mesures.

### 3. PLANIFICATION

La construction de réseaux thermiques est longue et nécessite des investissements importants. Il est donc important de créer une sécurité de planification et d'investissement. Afin d'atteindre une densité de vente de chaleur élevée dans la zone d'approvisionnement prévue, il existe trois instruments pour les propriétaires de bâtiments et les exploitants de réseaux :

1. Premièrement, il s'agit d'établir une planification énergétique (plan directeur) supérieure et soutenue sur le plan politique, dans laquelle sont définies les futures zones d'approvisionnement. Cette planification énergétique devrait impliquer autant que possible la population concernée afin de permettre une bonne acceptation du projet et de garantir un taux de raccordement élevé.
2. Deuxièmement, la qualité des études de faisabilité est déterminante.
3. Troisièmement, une offre de solutions temporaires est nécessaire pour les futurs clients qui ne peuvent pas attendre la mise en service du réseau.

### 3.1. Aménagement de l'énergie et du territoire : Vers l'objectif zéro émission

La planification énergétique communale est une base importante pour la mise en œuvre des objectifs zéro émission dans le secteur du bâtiment. Elle permet d'estimer les besoins énergétiques futurs ainsi que l'offre en énergies renouvelables et en chaleur résiduelle. On y définit l'évolution souhaitée de l'approvisionnement et de l'utilisation de l'énergie sur un horizon de planification de 15 ans et on désigne les moyens et les mesures nécessaires pour y parvenir. Les éléments importants sont d'une part le développement de l'approvisionnement par le réseau thermique et la coordination spatiale de ce développement avec d'autres utilisations du sous-sol, et d'autre part le remplacement des installations de combustion fossiles par des pompes à chaleur ou des chauffages à biomasse dans les zones qui ne pourront pas être approvisionnées à l'avenir par un réseau thermique. De même, il faut s'assurer de l'emplacement des centrales d'énergie renouvelable et des solutions de stockage, ainsi que de l'acceptation urbanistique et architecturale. Dans cet environnement qui évolue rapidement, la planification est constamment mise à jour. Elle est contraignante pour le conseil municipal, l'administration et les entreprises communales de distribution d'énergie.

#### Exemple: Zéro émission d'ici 2040 dans la ville de Zurich

Actuellement, l'approvisionnement en chaleur représente 13 tonnes de gaz à effet de serre par personne et par an en émissions directes et indirectes.



Illustration 2 : Situation de départ / Plan de mise en œuvre de la ville de Zurich (image : présentation de la ville de Zurich)

En 2040, l'approvisionnement en chaleur devrait être assuré à 45 % par un raccordement à des réseaux thermiques, à 50 % par des pompes à chaleur géothermiques ou air-eau et à 5 % par du biogaz et du chauffage au bois. Dans la mesure du possible, les clients seront informés au moins 15 ans à l'avance d'une éventuelle interruption de l'approvisionnement en gaz. Des solutions temporaires devraient leur être proposées si le remplacement de leur chaudière est nécessaire et que le raccordement au réseau n'est pas encore possible. Un autre défi est la décarbonation des charges de pointe afin que les réseaux de chaleur deviennent 100% renouvelables (d'ici 2040). Les entreprises d'énergie qui gèrent les réseaux de chaleur pour le compte de la ville de Zurich doivent élaborer un concept de décarbonation complet pour chaque réseau d'ici 2023.

#### Pour aller plus loin

[Planification énergétique territoriale \(local-energy.swiss\)](http://local-energy.swiss)

Conférence de la ville de Zurich : [transparents, vidéo](#)

### 3.2. Études de faisabilité

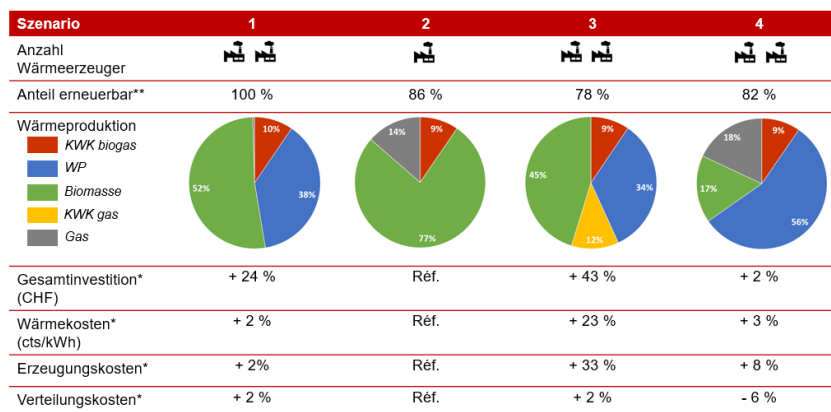
Lorsqu'une zone potentiellement intéressante pour un réseau thermique a été identifiée ou lorsqu'un réseau existant doit être étendu ou décarboné, la première étape du projet est généralement une étude de faisabilité. Cette étape est très importante, car elle détermine la suite du projet. Il s'agit donc d'étudier toutes les possibilités en termes de sources d'énergie (voir les priorités expliquées au chapitre 5 de ce guide) et de proposer des variantes qui répondent aux objectifs de zéro émission, c'est-à-dire qui sont 100 % renouvelables. Trop souvent, la rentabilité de ces variantes est encore évaluée sur la base d'une comparaison avec certaines solutions fossiles. Pourtant, dans de nombreux cantons, il ne sera bientôt plus possible d'installer des chaudières fossiles. Il s'agira donc à l'avenir de ne comparer que les technologies qui sont encore disponibles comme solution, c'est-à-dire les réseaux thermiques et les solutions d'approvisionnement en énergie décentralisées basées sur des sources d'énergie renouvelables.

#### Exemples : Fleurier et Neyruz

Deux études de faisabilité ont été réalisées dans le cadre de ce projet.

Elles ont montré que les scénarios 100 % renouvelables sont réalisables en combinant plusieurs sources d'énergie, ce qui confère au réseau une plus grande flexibilité et une plus grande sécurité d'approvisionnement. Dans les solutions 100 % renouvelables, l'investissement initial est certes plus élevé, mais la réduction des coûts d'exploitation due à l'achat de combustibles à long terme se traduit par des coûts de chauffage similaires.

L'étude menée pour la commune de Neyruz a permis de trouver plusieurs synergies avec la production d'électricité, en installant une centrale photovoltaïque sur place et en utilisant une pompe à chaleur pour alimenter le réseau de chaleur.



\* Relative Abweichung vom Referenzszenario (Szenario 2)

\*\* In der Tat bleiben im Mix von Szenario 1 einige Zehntelprozent Gas übrig

Illustration 3: Comparaison des scénarios dans le cadre d'une étude de faisabilité

#### Pour aller plus loin

[Recommandations Cahier des charges des études de faisabilité des réseaux thermiques \(local-energy.swiss\)](https://www.local-energy.swiss/)

Lien résultats des études de faisabilité : [Neyruz](#), [Fleurier](#)



### 3.3. Solutions transitoires

Il est très important que les clients potentiels de l'énergie soient impliqués très tôt dans le processus, afin qu'ils soient déjà informés de la possibilité de se raccorder à un réseau thermique lorsqu'ils planifient le renouvellement de leur production d'énergie.

Afin d'éviter que des solutions individuelles (décentralisées) soient mises en œuvre, il convient de proposer des solutions d'approvisionnement en chaleur temporaires appropriées, appelées solutions transitoires. Cela permet de combler le temps nécessaire pour que l'énergie du réseau thermique soit mise à la disposition des clients.

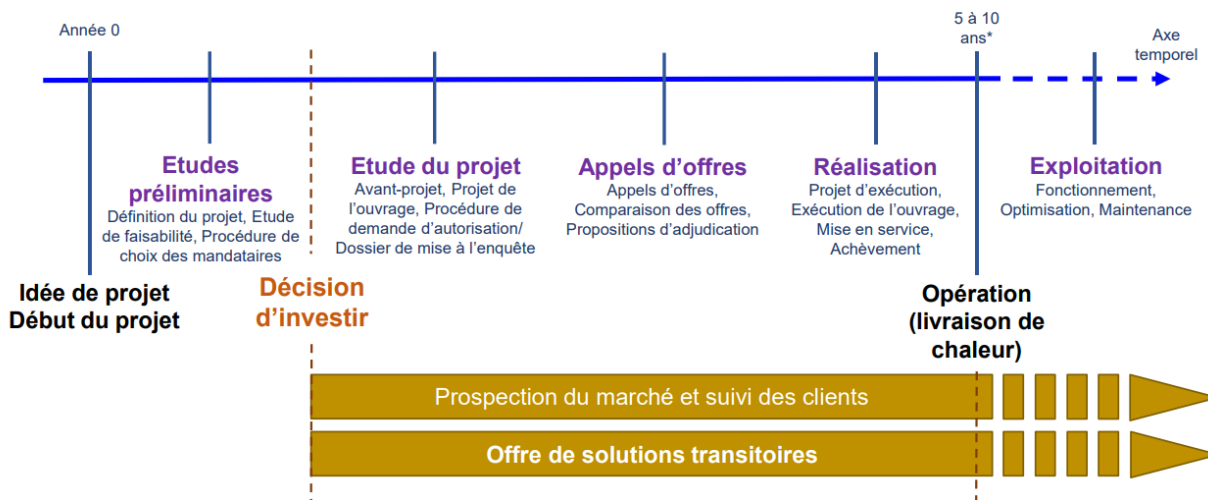


Illustration 4: Offre de solutions transitoires à prendre en compte lors de la planification.

Une solution transitoire ne doit donc pas être considérée uniquement comme un dispositif technique d'approvisionnement en chaleur et en froid, mais doit également être considérée comme une forme de sécurité d'approvisionnement pour le client. Cette fidélisation précoce de la clientèle est également une nécessité économique du point de vue de l'exploitant, car elle garantit la densité de raccordement au réseau.

Concrètement, une solution transitoire peut s'adresser à une seule personne (pour un bâtiment) ou à tout un quartier. Une solution transitoire ne répond pas nécessairement aux exigences légales, c'est pourquoi il est impératif de la planifier en amont (autorisations, temps d'installation, conditions sur place, etc.). L'idéal est de prévoir cette possibilité dès le plan d'aménagement communal.

Le guide élaboré dans le cadre du projet RES-DHC présente les possibilités de solutions transitoires d'un point de vue technique, économique, opérationnel et juridique. Les informations traitées doivent soutenir une planification optimale et une bonne mise en œuvre et contribuer à améliorer la rentabilité et l'extension des réseaux thermiques (voir Pour aller plus loin).

#### Pour aller plus loin

[Guide des solutions transitoires](#)

[Aperçu des solutions transitoires](#)

[Aperçu des producteurs d'énergie mobiles](#)

### Sous-réseaux ou solutions isolées

Dans certains cas, comme le raccordement de nouveaux quartiers, la création d'un micro-réseau local ou d'un "sous-réseau" raccordé au réseau de chauffage principal peut être une solution appropriée. Le sous-réseau peut alors être exploité à des températures plus basses. Selon la situation au point d'injection dans le réseau principal et les exigences de température du sous-réseau, il est même possible de réaliser un raccordement à trois tubes (alimentation principale à partir du retour).

En outre, la mise en place rapide d'un réseau local (temporaire) peut permettre aux clients d'être raccordés plus rapidement, même si le raccordement au réseau principal n'intervient qu'ultérieurement. Ces solutions isolées sont parfois alimentées par des énergies fossiles jusqu'à ce que le réseau principal soit raccordé. Il peut toutefois s'agir d'une très bonne occasion d'intégrer des sources d'énergie locales et de créer immédiatement un sous-réseau efficace.

### Exemples

Dans la ville de Berne, certains quartiers sont raccordés à un réseau dont la température de départ est beaucoup plus basse (85°C) que celle du réseau principal (> 140°C). Il est toutefois possible d'aller encore plus loin. A Graz, en Autriche, le quartier de **Berliner Ring est** relié à un réseau local alimenté par 988 MWh d'énergie solaire thermique des toits, le reste de l'énergie provenant du réseau de chauffage principal de Graz. Le circuit fonctionne à des températures de **retour de 30-35°C**, tandis que le réseau principal fonctionne à des températures plus élevées. Il en va de même à Crailsheim, en Allemagne, où une attention particulière a été portée à la qualité des installations de chauffage des bâtiments, ce qui permet de maintenir une température de retour de 40°C.

#### 4. FLEXIBILITÉ ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Les énergies fossiles actuellement utilisées dans les réseaux thermiques en Suisse servent principalement à couvrir les besoins de pointe pendant les périodes hivernales très froides. De plus, de grandes réserves de puissance sont disponibles pour la redondance. Cependant, les investissements dans de grandes chaudières à énergie renouvelable qui ne sont utilisées que quelques heures par an ne sont souvent pas rentables. Les approches d'optimisation consistent à éviter autant que possible les pics de demande et à rendre la production plus flexible, ce qui est un avantage pour l'intégration des énergies renouvelables (voir chapitre 5).

La mise en œuvre de ces mesures est relativement lente, car leur rentabilité est difficile à calculer. En effet, elles apportent souvent de nombreux avantages non chiffrables (par exemple, meilleur contrôle du réseau, sécurité d'exploitation), en particulier tant que des sources d'énergie fossiles relativement bon marché sont disponibles. De plus, ces mesures sont également relativement longues à mettre en œuvre, surtout si elles nécessitent une collaboration plus intensive avec les clients. Il convient donc d'entamer ces réflexions dès que possible.

#### 4.1. Optimisation côté production

La régulation des réseaux thermiques est encore souvent effectuée de manière réactive. Cela signifie que l'exploitant réagit aux signaux (baisse de température ou de pression dans le réseau) en influençant la production de chaleur. L'utilisation des différents générateurs de chaleur ainsi que le recours au stockage (centralisé ou sur le réseau lui-même) peuvent toutefois être optimisés s'il est possible de prévoir les besoins des consommateurs. Il existe différentes approches dans ce sens et plusieurs outils sont désormais disponibles sur le marché. C'est un point important pour la décarbonation des réseaux, car les énergies renouvelables sont généralement moins flexibles que les énergies fossiles et peuvent réagir moins rapidement aux changements de la demande. Il faut ici travailler sur la prévisibilité des besoins en chaleur ou en froid.

##### Exemple : l'intelligence artificielle chez AEW

AEW Energie AG exploite un réseau de chaleur dans la commune de Mägenwil, avec principalement des consommateurs industriels et plusieurs ménages privés. La chaleur est fournie par une chaudière à bois et deux chaudières d'appoint au gaz naturel. Un accumulateur est installé pour compenser les fluctuations à court terme de la demande. Le chargement et le déchargement de l'accumulateur se font en fonction de la consommation de chaleur actuelle, sans tenir compte des besoins futurs. L'objectif de l'ensemble du projet est de déterminer à l'avance les besoins futurs (horizon de 6 à 12 heures) et d'en tenir compte dans la régulation de l'accumulateur de chaleur et de la chaudière à bois.

À l'avenir, l'évaluation prédictive des besoins sera basée sur une approche d'intelligence artificielle (IA) et un algorithme de contrôle gèrera le stockage. Avec l'approche de l'IA, les besoins seront déterminés à l'avance sur la base de données historiques et intégrés dans la gestion du stockage. Dans ce contexte, il est important que les données de consommation soient disponibles en temps réel ou presque.

Des chiffres précis ne pourront être donnés qu'après la mise en œuvre complète, mais l'économie de gaz naturel est estimée à 200 000 kWh/an, ce qui correspond à environ 50 % de la consommation annuelle de gaz naturel. En conséquence, la part renouvelable (bois) peut être augmentée de 90 % à 95 %.

##### **Pour aller plus loin**

[Présentation AEW](#)

[Présentation SiL](#)

## 4.2. Stockage thermique

Des volumes de stockage plus importants peuvent également être utilisés pour lisser les pics de consommation. Il existe de nombreuses solutions techniques qui sont plus appropriées en fonction des conditions locales, notamment du type géologique ou de la surface disponible. Par exemple, les accumulateurs de longue durée présentent une grande flexibilité et permettent un fonctionnement plus efficace des installations de production de chaleur. Dans le cas des accumulateurs saisonniers, il est également envisageable de stocker l'électricité excédentaire en été (power-to-heat). L'offre de prestations de régulation peut en outre générer des revenus supplémentaires pour l'entreprise.

Les stockages thermiques offrent de nombreux avantages, comme le montrent les exemples ci-dessous, et sont irremplaçables pour la décarbonation des réseaux. Le potentiel est très important, car les stockages thermiques centralisés et décentralisés peuvent aider à réduire les besoins en électricité en hiver de 3 TWhel [11].

### Exemples : Stockages en eau et souterrains

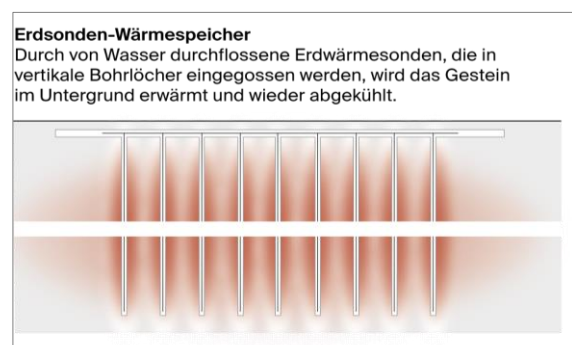
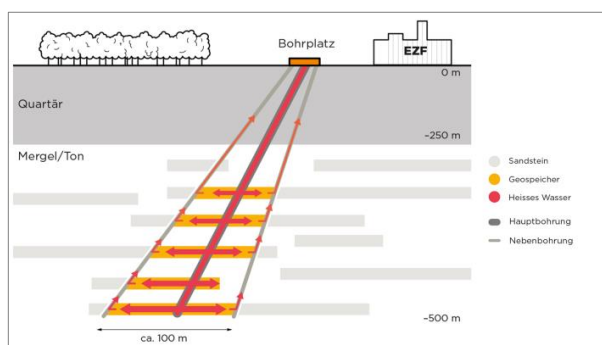


Illustration 5 : Exemples de différentes solutions de stockage (photos : en haut à gauche : Renergia Zentralschweiz AG ; en haut à droite : AGRO Energiezentrum Rigi ; en bas à gauche : © Energie Wasser Bern ; en bas à droite : Solites).

### Réservoir d'eau chaude sous pression

Depuis 2015, l'usine de valorisation des déchets Renergia à Perlen, dans le canton de Lucerne, transforme les déchets de Suisse centrale en énergie. La chaleur résiduelle issue de la valorisation des déchets permet de produire de la vapeur industrielle pour l'entreprise voisine Perlen Papier AG, de la chaleur pour plusieurs réseaux de chauffage à distance et de l'électricité pour des milliers de

ménages. Renergia Zentralschweiz AG est ainsi la plus grande centrale électrique du canton de Lucerne.

Dans le réservoir de 33 m de haut, 5'000 m<sup>3</sup> d'eau chaude sont stockés en surpression à 145°C. Grâce à ce stockage tampon (max. 400 MWh), il est possible de garantir une utilisation de l'énergie en fonction de la demande dans un environnement dynamique. Pendant les pics de charge, les besoins en chaleur peuvent ainsi être satisfaits dans une large plage de puissance. Le réseau thermique peut être approvisionné pendant plusieurs heures à partir du stockage, sans devoir restreindre les autres clients. De plus, les fluctuations diurnes ainsi que les dépendances météorologiques du réseau thermique peuvent être compensées sans effet négatif sur la production d'électricité. Inversement, de l'énergie peut être chargée dans le stockage la nuit, lorsque les ménages ont moins besoin de chaleur.

#### Stockage thermique sans pression

L'un des plus grands stockages de Suisse se trouve à Küssnacht am Rigi et est exploité en combinaison avec la centrale de cogénération bois. Il permet de faire fonctionner la centrale en fonction des besoins en électricité et d'être flexible en ce qui concerne la fourniture de chaleur. Grâce au stockage, il est également possible en cas de panne d'assurer la fourniture de chaleur suffisamment longtemps pour mettre en service une installation de secours. De plus, cela permet également de stabiliser le fonctionnement, ce qui réduit les émissions dues au démarrage de la centrale à bois.

#### Stockage souterrain

Dans la centrale énergétique Forsthaus, Energie Wasser Bern (ewb) exploite une installation de valorisation thermique des déchets, une centrale de chauffage au bois et une centrale combinée à gaz et à vapeur pour la production d'électricité et de chaleur. La chaleur est injectée dans le réseau de chaleur existant d'ewb. En été surtout, la chaleur produite par la valorisation des déchets ne peut pas être entièrement utilisée. Dans le cadre du projet pilote "Geospeicher", la chaleur résiduelle inutilisée doit être stockée avec une puissance thermique de 3 à 12 MW<sub>th</sub> sur le site de Forsthaus dans les couches de grès de la molasse inférieure d'eau douce à une profondeur de 200 à 500 mètres. L'utilisation saisonnière comprend des cycles de chargement pendant les mois d'été et des cycles de déchargement pendant les mois d'hiver, pendant lesquels la chaleur est transférée dans le réseau de chaleur d'ewb. La faisabilité technique doit d'abord être démontrée avant que le stockage géologique saisonnier puisse être raccordé à la centrale énergétique et au réseau de chaleur et mis en service.

#### Champ de sondes géothermiques

Un champ de sondes géothermiques a été mis en œuvre à Itschnach, à Küsnacht (ZH), afin d'utiliser la chaleur résiduelle de la patinoire artificielle pour alimenter la zone résidentielle voisine. En été, la chaleur résiduelle de la patinoire est principalement dirigée vers le champ de sondes géothermiques pour être réutilisée en hiver pour le chauffage des bâtiments.

**Pour aller plus loin**

[Généralités les stockages thermiques : Forum stockage d'énergie suisse](#)

[Fiches d'information BigStoreDH](#)

[Site web de Renergia](#)

[Site web du centre d'énergie AGRO](#)

[Site web d'Ewb](#)

[Articles sur Itschnach](#)



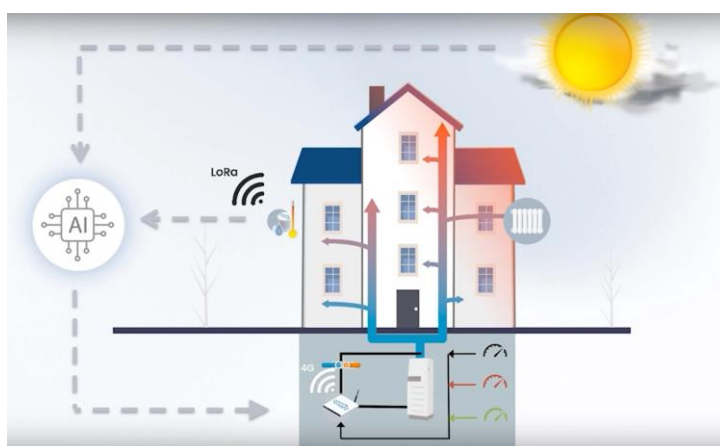
### 4.3. Optimisation côté client

La limite de puissance de l'exploitation du réseau thermique se situe généralement au niveau de l'échangeur de chaleur. Ce qui se passe ensuite côté client n'est pas de son ressort. Le côté secondaire a toutefois une forte influence sur le réseau (température de retour, température d'entrée nécessaire, consommation des pompes). La réduction des températures du réseau est une mesure à part entière (voir 4.4), mais il est également possible d'agir sur la courbe de chauffage du bâtiment ou sur la production d'eau chaude. Outre les solutions techniques, les différents ateliers ont également abordé les obstacles "organisationnels" à surmonter :

- Le client a-t-il un intérêt à prendre des mesures qui profitent à l'exploitant ?
- L'exploitant a-t-il un intérêt à vendre moins de chaleur au client ou à fournir moins de prestations ?

Les solutions évoquées vont de l'adaptation des tarifs à la mise en place de structures coopératives permettant aux clients de s'impliquer, en passant par l'introduction d'un tarif dynamique lié à la performance. Cette discussion doit être poursuivie dans les années à venir et les résultats des pionniers comme Erz à Zurich, qui a mis en place une tarification incitant à limiter la température de retour doivent être pris en compte [6].

#### Exemple : gestion des pics de consommation chez le client



La technologie d'ECCO2 Solutions AG permet d'optimiser la régulation du chauffage existant sur la base des données de prévision météorologique et des températures intérieures et permet de réaliser des économies de chauffage de 15 à 20%. Cette solution est utilisée dans de nombreux bâtiments dans le cadre d'un projet de compensation de CO<sub>2</sub> de l'Office fédéral de l'environnement OFEV.

Illustration 6: Illustration de la solution ECCO2. (Image : ECCO2)

La technologie est également adaptée à la gestion des pics de consommation, mais elle n'a jamais été testée dans cette configuration en collaboration avec un exploitant de réseau de chaleur, afin de pouvoir la mettre en œuvre à grande échelle chez tous les clients. Le concept d'interface fournisseur de chaleur/client est flexible. Toutefois, si le fournisseur de chaleur gère déjà le côté secondaire du client, l'implémentation technique sera particulièrement efficace.

#### Pour aller plus loin

[Présentation ECCO2](#)

[Présentation Gruyère Energie Sélection des sous-stations](#)

[Guide pour la planification des stations de transfert de chaleur à distance](#)



#### 4.4. Baisse des températures

L'abaissement des températures de fonctionnement dans les réseaux représente un grand potentiel d'économies d'énergie. De plus, la réduction des températures d'exploitation permet une meilleure intégration des énergies renouvelables.

Les possibilités d'abaisser la température de départ et de retour dans un réseau thermique existant méritent donc d'être examinées, en particulier lorsque des températures de départ supérieures à 110°C (eau chaude) sont utilisées. Il convient toutefois de noter qu'en cas d'abaissement de la température de départ, il faut généralement s'attendre à un écart de température plus faible, car la température de retour ne peut généralement pas être abaissée dans la même mesure. Cela a des conséquences sur le besoin en électricité des pompes et sur la charge des conduites existantes.

La température de départ dépend des exigences des consommateurs de chaleur, de la source d'énergie utilisée et de la taille du réseau de distribution. La température de retour est en principe définie par le transfert de chaleur des consommateurs de chaleur. Il est donc recommandé de procéder à une évaluation régulière du transfert de chaleur chez les consommateurs de chaleur. Les dysfonctionnements systématiques ou spontanés sont ainsi rapidement identifiables et la température de retour peut être maintenue à un niveau bas et constant. Une méthode simple d'analyse et d'optimisation des consommateurs de chaleur est décrite en détail dans le manuel de planification du chauffage urbain de QM-Chauffage urbain. De plus, QM-Chauffage à distance met à disposition un outil Excel simple pour l'évaluation.

#### Exemple de Genève

La méthode a été appliquée au réseau SIG par l'Université de Genève. Les résultats montrent qu'en optimisant les vingt sous-stations ayant le plus d'impact, il est possible d'éviter 80% du volume excessif transporté sur le réseau.

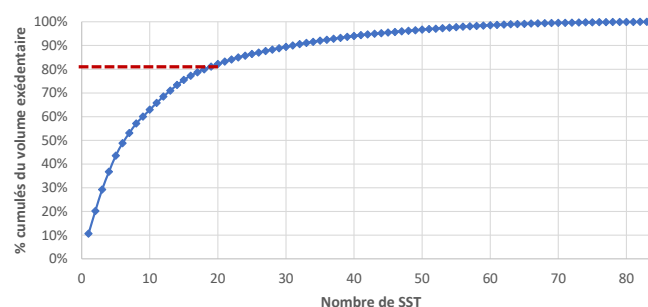


Illustration 7: Analyse du réseau genevois par l'Université de Genève

#### Pour aller plus loin

[Présentation de l'UNIGE](#)

[Méthodologie et outils pour la gestion de la qualité du chauffage urbain](#)

Présentations de QM Chauffage urbain : [vidéo](#) (01.09.2021) et [présentation](#) (14.06.2023)

## 5. INTÉGRATION DE LA CHALEUR RÉSIDUELLE ET DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Dans les zones d'approvisionnement potentielles, il existe de nombreuses sources d'énergie (encore) inexploitées. Il y a tout d'abord la chaleur résiduelle à haut niveau de température provenant de l'industrie ou de l'incinération des déchets, mais aussi à bas niveau de température comme le traitement de l'eau ou les centres de calcul (datacenter). Deuxièmement, il existe de nombreuses ressources présentes naturellement dans notre environnement : l'eau, le sol et le rayonnement du soleil. De plus, de nombreux réseaux de chaleur en Suisse utilisent la ressource bois pour produire de la chaleur, car c'est celle qui ressemble le plus aux énergies fossiles : elle peut être stockée et transportée, est flexible et produit de la chaleur à des températures élevées.

Cependant, les ressources en bois étant limitées, l'énergie du bois devra à l'avenir être utilisée principalement à des fins industrielles, pour lesquelles il existe beaucoup moins d'alternatives en raison des températures élevées requises. [7]. C'est pourquoi l'ordre dans lequel les solutions sont présentées dans ce chapitre n'a pas été choisi au hasard. Il correspond à l'ordre dans lequel les ressources devraient être utilisées en priorité. En outre, l'utilisation du bois pour la chaleur de confort en été, peut être réduite par l'intégration d'une centrale solaire thermique dans le réseau de chaleur.

## 5.1. Haute température - Chaleur résiduelle

### 5.1.1. Usines de valorisation thermique des déchets

Les usines de valorisation thermique des déchets (UVTD) produisent de l'électricité et de la chaleur à partir de l'incinération des déchets urbains. Si la chaleur n'est pas valorisée, elle est rejetée dans l'environnement. Il s'agit d'une chaleur à haute température qui peut facilement être valorisée dans des réseaux thermiques. Avec 4 TWh par an, les UVTD couvrent aujourd'hui environ 36% des besoins en chauffage à distance. Si l'on prend comme référence les UVTD suisses les plus efficaces, le potentiel de chaleur résiduelle utilisable est deux fois plus élevé, avec 8 TWh par an. [2].

#### Exemple : Récupération de chaleur de l'épuration des gaz de fumée IWB

Les chaudières de la HKW1 (Holzkraftwerk Basel AG) ainsi que de la HKW2 et de l'UVTD d'IWB Bâle disposent de laveurs pour l'épuration des gaz de fumée. Le refroidissement des gaz de combustion permet de condenser l'eau des gaz de combustion et de récupérer la chaleur latente. Une pompe à chaleur à absorption H<sub>2</sub>O/LiBr permet d'élever la chaleur à un niveau de température suffisant pour le réseau thermique. Les procédés "Condensation directe dans l'épurateur" et "Condensation avec pompe à chaleur" sont alors combinés.

Pour une exploitation optimale de la chaleur, il est préférable que les températures de retour du réseau thermique soient les plus basses possibles.

#### **Pour aller plus loin**

[Fiches d'information sur l'optimisation des grandes installations de combustion \(SVUT\)](#)

### 5.1.2. Chaleur résiduelle des processus industriels

De nombreuses industries produisent également de la chaleur via leurs processus. Cette ressource est encore peu utilisée, car cela implique souvent un risque pour l'investisseur ou des contraintes organisationnelles importantes. Toutefois, les intérêts écologiques et économiques commencent à prendre le pas sur ces considérations et les conditions générales s'améliorent également.

#### Exemple : Chaleur provenant d'une aciérie à Strasbourg

A Strasbourg, par exemple, il est prévu d'utiliser la chaleur d'une aciérie située de l'autre côté du Rhin. [3][1]. Ainsi, environ 70 GWh de chaleur à haute température non utilisée jusqu'à présent devraient pouvoir être utilisés pour chauffer des bâtiments à Strasbourg.

#### **Pour aller plus loin**

[Accueil - ReUseHeat](#)

[Rapport OFEN - Demande de chaleur et de froid dans l'industrie](#)

### 5.1.3. Couplages chaleur-force dans les stations d'épuration

Le gaz d'épuration est une source d'énergie renouvelable qui est produite en continu à partir des boues d'épuration dans de nombreuses stations d'épuration suisses. Il permet par exemple d'alimenter une centrale de cogénération CCF, qui produit de l'électricité renouvelable et de la chaleur résiduelle. La chaleur résiduelle devrait être entièrement utilisée et ne pas être rejetée dans l'environnement. C'est pourquoi les STEP sont de plus en plus souvent utilisées comme source d'énergie pour les réseaux de chaleur. Il est possible d'utiliser d'une part la chaleur résiduelle de haute qualité d'une centrale de cogénération, la chaleur des eaux usées épurées ou du flux entrant (cf. chapitre 5.2) ou une combinaison des deux.

En 2017, les quelque 500 installations de biogaz situées dans des STEP (gaz d'épuration) et dans des entreprises industrielles (biogaz) en Suisse ont produit environ 125 GWh d'électricité ou, en d'autres termes, elles ont fourni 3,4% de l'énergie renouvelable, sans compter l'énergie hydraulique. [8].

#### Exemple du syndicat d'assainissement Morgental



Illustration 8: Centrale énergétique de l'AVM Morgental (Suisse). (Image : AVM Morgental)

L'association des eaux usées de Morgental (AVM), qui traite notamment les eaux usées de la ville d'Arbon et de diverses autres communes des environs, fait partie des précurseurs en Suisse en matière d'utilisation d'énergies alternatives grâce à son parc énergétique dans la station d'épuration. Le gaz d'épuration formé dans le digesteur et la post-digestion est acheminé vers le réservoir de gaz. Grâce à quatre turbines à gaz et à une centrale de cogénération,

l'ensemble du gaz est transformé en électricité et en chaleur. L'électricité est injectée dans le réseau électrique interne de la STEP et la chaleur dans le réseau de chauffage à distance. Une partie des eaux usées épurées de la STEP est acheminée vers les pompes à chaleur. Les pompes à chaleur à entraînement électrique extraient la chaleur des eaux usées épurées avant qu'elles ne soient évacuées vers le lac de Constance. L'énergie thermique ainsi obtenue est injectée dans le réseau de chaleur avec la chaleur résiduelle de la centrale de cogénération et des turbines à gaz d'épuration.

#### Pour aller plus loin

[www.infracwatt.ch](http://www.infracwatt.ch)

[Guide de l'énergie dans les STEP](#)

<https://www.morgental.ch/energie/>

## 5.2. Chaleur perdue à basse température

### 5.2.1. Eaux usées

La technologie de l'utilisation de la chaleur des eaux usées n'est pas nouvelle, en Suisse et à l'étranger, des installations sont en service depuis plusieurs décennies et ont fait leurs preuves. Les progrès techniques repoussent sans cesse les limites d'utilisation et rendent le procédé intéressant pour des unités toujours plus petites ou pour des distances toujours plus grandes à parcourir jusqu'aux clients de chaleur. La récupération de chaleur peut se faire dans le bâtiment lui-même, dans les canalisations ou dans la station d'épuration. [4]. Les deux applications suivantes sont intéressantes pour les réseaux thermiques :

- Dans le canal de collecte
- En sortie de la STEP

#### Chaleur résiduelle du canal de collecte

L'échangeur de chaleur peut soit être installé dans le canal d'évacuation lui-même (échangeur de chaleur), soit les eaux usées sont déviées vers un puits externe pour le prélèvement de chaleur. L'avantage de cette utilisation est qu'elle permet d'être proche des utilisateurs de chaleur. Même les jours très froids, les eaux usées présentent une température relativement favorable, ce qui permet aux pompes à chaleur de fonctionner plus efficacement. Comme pour l'utilisation de la chaleur dans les stations d'épuration, une autorisation doit être demandée au canton et à l'exploitant des égouts.

#### En sortie de la STEP

Après le traitement, l'eau épurée est rejetée dans le milieu récepteur (lac ou rivière), où elle présente encore des températures de 10 à 22°C selon la saison. La quantité d'énergie thermique qui peut être utilisée via un échangeur de chaleur et des pompes à chaleur est considérable. En Suisse, plus de 100 systèmes d'utilisation de la chaleur des eaux usées sont déjà en service. Plus le consommateur de chaleur est proche de la STEP, plus le projet est rentable. La distance pouvant être parcourue entre la STEP ou le collecteur et les consommateurs de chaleur est souvent plus importante que ce que l'on pense. Par exemple, la commune de Jegenstorf est située à plus de 2 km de la STEP, mais un réseau de chauffage à distance y a été réalisé en 2014/2015, car la production de chaleur est importante (1,9 MW). L'expérience montre que la distance pouvant être couverte par le réseau de chaleur est de 1 m par kW de puissance thermique requise par les clients. Toutefois, dès que les travaux d'excavation deviennent plus chers, par exemple dans une zone bâtie, les distances économiquement réalisables diminuent. En règle générale, une autorisation est nécessaire pour le prélèvement de chaleur.

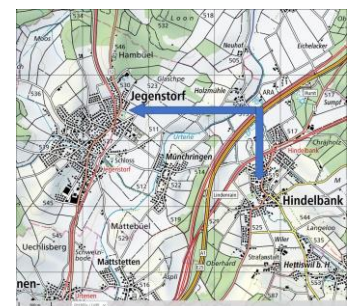


Illustration 9 : distance que la chaleur perdue peut combler.

#### **Pour aller plus loin**

[Réseau de chaleur Jegenstorf-Hindelbank](#)

[Brochure Chauffer et refroidir avec des eaux usées :](#)

[Potentiel des stations d'épuration des eaux usées pour l'utilisation de la chaleur \(OFEN, 2022\)](#)

## Exemple : CAD STEP à Yverdon-les-Bains



Illustration 10: Bâtiment dédié à la récupération de la chaleur de l'exutoire de la STEP d'Yverdon-les-Bains.

CAD STEP est un réseau de chaleur à basse température pour l'approvisionnement en chaleur d'un grand périmètre autour de la STEP d'Yverdon-les-Bains. Ce réseau de chaleur de 1'300 m de long, d'une puissance d'environ 1.0 MW en phase I et 3.6 MW en phase II, utilise l'énergie thermique des eaux usées traitées. Chez les utilisateurs finaux, l'énergie thermique extraite des eaux usées traitées est amenée à un niveau de température plus élevé (environ 55°C à 65°C) au moyen de pompes à chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire dans les nouveaux bâtiments et avec un soutien au gaz naturel dans les bâtiments plus anciens. Dans ce processus de récupération de chaleur, 60 à 70% de l'énergie fournie provient des eaux usées traitées, les 30 à 40% restants étant couverts par l'électricité qui alimente les pompes à chaleur et le gaz naturel.

### Pour aller plus loin

[Informations sur le CAD STEP](#)

<https://www.yverdon-energies.ch>



### 5.2.2. Chaleur résiduelle d'un centre de calcul

Tout utilisateur d'ordinateur connaît le problème : à haute puissance, l'appareil produit de la chaleur. L'entreprise NTS Colocation AG Bern s'est toujours efforcée d'utiliser judicieusement cette chaleur perdue à des fins de chauffage. Elle exploite plusieurs centres de calcul en Suisse, dont l'un à Berne. Les clients y disposent de racks ou de leurs propres locaux dans lesquels ils peuvent installer et exploiter leurs serveurs. L'entreprise s'occupe entre autres de la connexion au réseau, d'une alimentation électrique sûre et d'un refroidissement permanent de l'infrastructure. Depuis 2014 déjà, l'ensemble du bâtiment abritant le centre de données est entièrement chauffé par la chaleur dégagée par les serveurs et autres composants informatiques. Mais comme il n'était pas possible d'utiliser tout le potentiel de chaleur, l'entreprise a planifié une extension du réseau de chaleur, qui est en service depuis 2017 et fournit en moyenne 800 MWh de chaleur par an aux habitants de la Chutzenstrasse et de la Schwarzenburgstrasse.

#### Pour aller plus loin

[Etude "Utilisation de la chaleur résiduelle des centres de calcul - Etude de potentiel et recommandations pour les exploitants et les communes"](#).

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

### 5.2.3. Chaleur résiduelle des bâtiments

Dans le cadre du projet de construction sur le site du Bürgerspital à Soleure, le système de chauffage et de refroidissement existant (chauffage urbain, centrale de cogénération à gaz, chaudière à mazout, machine frigorifique) a été évalué et de nouvelles solutions ont été recherchées. L'objectif était d'alimenter non seulement les deux nouveaux bâtiments, mais aussi l'ensemble du site de la manière la plus efficace possible sur le plan énergétique et avec des énergies renouvelables.



Illustration 11: Le Bürgerspital à Soleure (photo : Alexander Gemperler).

Après avoir comparé de nombreuses variantes, il a été possible de démontrer que la chaleur résiduelle des nouveaux bâtiments pouvait être utilisée sur l'ensemble du site. Cela a été réalisé en injectant la chaleur résiduelle de la stérilisation, des appareils de radiologie et du centre de calcul, dans les réseaux de chaleur existants et en créant un réseau de froid qui utilise l'eau de la rivière Aar comme source d'énergie supplémentaire. Pour couvrir les besoins de pointe en chaleur, le raccordement au réseau de chaleur de l'usine de traitement des déchets a été maintenu et permet un approvisionnement en chaleur et en froid provenant à 100% d'énergies renouvelables.

#### Pour aller plus loin

[www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch)

[www.solothurnerspitaeler.ch](http://www.solothurnerspitaeler.ch)

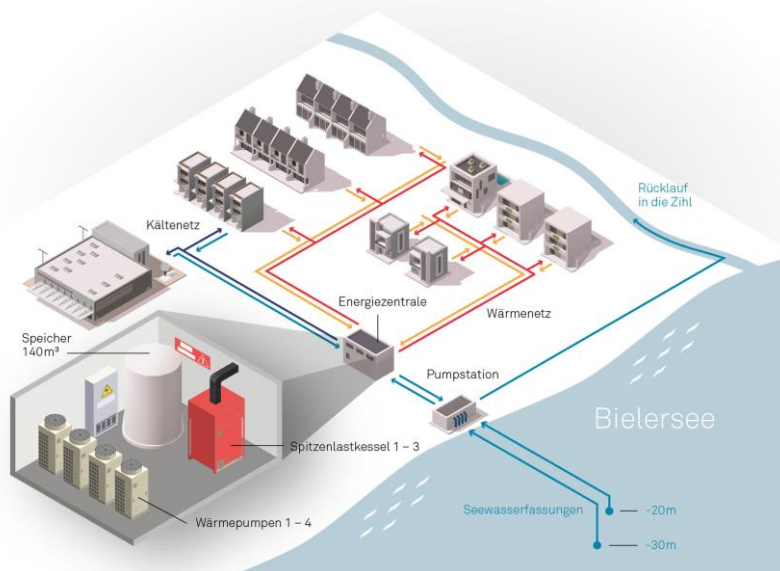
### 5.3. Chaleur ambiante

#### 5.3.1. Eau de mer ou eau de rivière

Selon une étude de l'Eawag, le potentiel des lacs et rivières suisses est considérable. Si seulement la moitié du potentiel peut être exploité, cela correspond déjà à environ 40% des besoins en refroidissement et en chauffage de la Suisse. [9]. L'offre de chaleur des lacs et rivières suisses est nettement plus importante que la demande - à l'exception des zones densément peuplées autour des lacs de Zurich et de Bienne.

#### Exemple de Bienne (Suisse)

Les travaux du réseau énergétique du lac de Bienne ont débuté au printemps 2021. L'objectif est d'approvisionner d'ici 2026 les quartiers situés à l'ouest de la gare de Bienne et une grande partie de la ville de Nidau en chaleur et en froid renouvelables provenant du lac. Le réseau de chaleur doit devenir l'un des plus grands de Suisse à utiliser l'eau du lac.



L'eau du lac est captée par deux conduites situées respectivement à 20 et 30 mètres de profondeur dans le lac, puis acheminée vers la station de pompage. Le transfert de l'énergie vers le circuit intermédiaire se fait par le biais de grands échangeurs de chaleur à plaques. Le froid est distribué aux consommateurs finaux à partir du circuit intermédiaire. Pour obtenir de l'énergie de chauffage, le circuit intermédiaire passe par la centrale de chauffage du bâtiment Alpha. Trois pompes à chaleur d'une puissance d'environ 1400

Illustration 12: Concept du réseau de chaleur à Bienne. (Image : ESB)

kW chacune y sont installées. Elles injectent d'une part directement la chaleur de l'eau du lac et d'autre part la chaleur perdue du réseau de froid dans le réseau de chauffage urbain. Afin de garantir un brassage suffisant lors de la restitution de l'eau utilisée et de respecter les exigences écologiques, le rejet se fait directement dans le cours d'eau récepteur. Si une modification de la température de plus de 0,5 °C est constatée en aval du point de rejet, le concessionnaire doit, en accord avec l'Office cantonal des eaux et des déchets, effectuer les analyses nécessaires afin de vérifier l'impact sur l'hydroécologie.

#### Pour aller plus loin

[Article dans Aqua & Gas](#)

[Ressources sur l'utilisation de l'eau de mer](#)

[www.esb.ch](http://www.esb.ch)



### 5.3.2. Géothermie de moyenne profondeur

La géothermie de moyenne profondeur (entre 500 et 3000 m, soit des températures d'eau comprises entre 20 et 90°C environ) est très peu développée en Suisse, bien que la filière soit mature en Europe. La chaleur issue de la géothermie de moyenne profondeur peut être utilisée dans des réseaux de chaleur d'une puissance typique de 1 à 20 MW. Il s'agit d'une énergie abondante, disponible toute l'année, qui peut être utilisée pour produire de la chaleur, du froid et de l'électricité. Le potentiel pour les réseaux de chaleur est considérable et est estimé à 8 TWh.

#### Exemples de Riehen et Davos

A Riehen, un premier doublet géothermique (25 l/s et 66 °C) avec 3 pompes à chaleur a été mis en service en 1994. Par la suite, le réseau de chaleur a été étendu, relié à d'autres réseaux, dont celui de Bâle, et les centrales de chauffage ont été renouvelées (CCF, PAC, chaudière). La combinaison des différentes ressources permet finalement d'éviter l'émission de 5'500 t CO<sub>2</sub> /an.

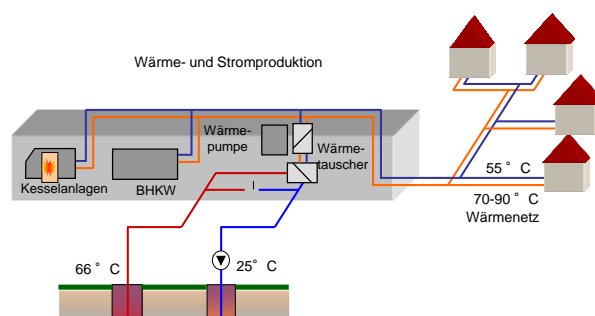


Illustration 13: Principe d'exploitation - Géothermie à Riehen (source Hydro-Géo Environnement / Schädle GmbH)



À Davos, l'eau souterraine est exploitée à 450 m de profondeur. L'eau souterraine est captée à une température d'environ 9 - 10°C, le volume de prélèvement autorisé étant de 1'400 litres par minute. Le transfert de chaleur s'effectue dans la centrale de chauffage d'une école secondaire située à 50 mètres de là, déjà existante mais transformée. Le circuit est amené à une température exploitable au moyen de pompes à chaleur. La puissance prélevée dans la nappe phréatique est d'environ 550 kW. Les clients raccordés, entre autres des bâtiments communaux (écoles), sont desservis par un réseau de chaleur de proximité.

Illustration 14: Forage pour le réseau thermique. (Image : EWD AG)

#### Pour aller plus loin

[Articles sur Davos](#)

[Présentation vidéo sur Riehen](#)

[Plus d'informations chez Geothermie Suisse](#)

### 5.3.3. Chaleur ambiante provenant de l'eau potable

Les entreprises de distribution d'eau jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau potable de la population. Mais elles peuvent également jouer un rôle dans la production locale et décarbonée d'énergie. Un potentiel réside dans la chaleur contenue dans l'eau. En utilisant la chaleur des stations de pompage des eaux souterraines ou directement des conduites d'eau potable, des zones d'habitation entières peuvent être alimentées par des réseaux thermiques. L'eau potable, dont la température avoisine les 10 à 12 °C même en hiver, peut être utilisée efficacement pour le chauffage à l'aide de pompes à chaleur.

#### Exemple de Bellinzone

C'est à cela que les responsables (voir photo) de l'Azienda Multiservizi Bellinzona (AMB) ont pensé lorsqu'ils ont dû fermer leur captage d'eau souterraine au cœur de la ville de Bellinzone. Grâce à l'utilisation de la chaleur de ces stations de pompage, plusieurs bâtiments publics des environs sont alimentés depuis novembre 2019 par un réseau de chaleur. [5].

L'idée n'est pas nouvelle : à Münsingen, la chaleur des conduites d'eau potable, des captages d'eau souterraine et des eaux usées de la station d'épuration est déjà utilisée depuis 20 ans pour le réseau de chaleur. Aujourd'hui encore, les installations fonctionnent parfaitement, les services communaux génèrent des recettes supplémentaires et l'approvisionnement en chaleur est sûr, neutre en CO<sub>2</sub> et économique.



Illustration 15: Le directeur Mauro Suà de l'Azienda Multiservizi Bellinzona (à droite) et son spécialiste Lorenzo Bardelli (à gauche). (Photo AMB)

#### Pour aller plus loin

[www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch)

[Articles dans Aqua & Gas](#)

#### 5.4. Biomasse

Lorsque les ressources de chaleur résiduelle ou de chaleur environnementale ne sont pas disponibles sur place ou ne peuvent pas être utilisées efficacement, ou lorsque les températures requises sont très élevées, la biomasse s'impose comme source d'énergie. Sous forme de copeaux de bois ou de pellets, cette source d'énergie peut également être très facilement transportée à l'endroit requis et peut même couvrir des températures élevées sous forme d'eau chaude ou de vapeur. Il est préférable que la ressource bois provienne de la région et soit disponible en quantité suffisante pour assurer un approvisionnement à long terme. Jusqu'à présent, les centrales de chauffage au bois étaient souvent complétées par une chaudière fossile de pointe pour des raisons économiques. Cependant, il est de plus en plus souhaitable et économiquement justifiable que les installations à plusieurs chaudières ou en cascade combinées à des accumulateurs d'énergie thermique permettent de renoncer à l'installation de chaudières de pointe fonctionnant au fioul ou au gaz naturel. Afin d'économiser les ressources en bois, il est également possible de compléter la chaufferie par une installation solaire thermique (voir point 5.5) ou d'installer une installation de condensation des gaz de combustion lorsque les températures de retour sont basses.

#### Exemples conceptuels:

Les exemples suivants sont tirés du manuel de planification QM Chauffages au bois [10] et montrent comment les centrales de chauffage au bois peuvent être conçues avec 100 % de biomasse. En principe, les installations à une chaudière avec réservoir sont possibles. Pour un fonctionnement au bois toute l'année, il faut toutefois installer deux ou plusieurs chaudières qui couvrent les besoins en chaleur en cascade et en interaction avec un accumulateur d'énergie thermique. Trois concepts sont présentés ci-dessous à titre d'exemple, qui présentent certains avantages et inconvénients en fonction de la situation, de la puissance requise au point de fonctionnement et en été, de la flexibilité souhaitée en matière de sécurité d'approvisionnement et de redondance. Le manuel de planification QM Chauffages au bois mentionné plus haut aborde ces questions de manière plus détaillée.

Avec l'objectif d'une production d'énergie 100 % renouvelable, des combinaisons avec d'autres systèmes et sources d'énergie, comme par exemple la récupération de la chaleur des gaz d'échappement, l'énergie solaire thermique, la chaleur résiduelle et la chaleur environnementale en combinaison avec des pompes à chaleur, sont également envisageables. Pour une utilisation énergétique efficace et tournée vers l'avenir du potentiel de bois-énergie, il convient également d'envisager l'installation de systèmes de couplage chaleur-force (CCF).

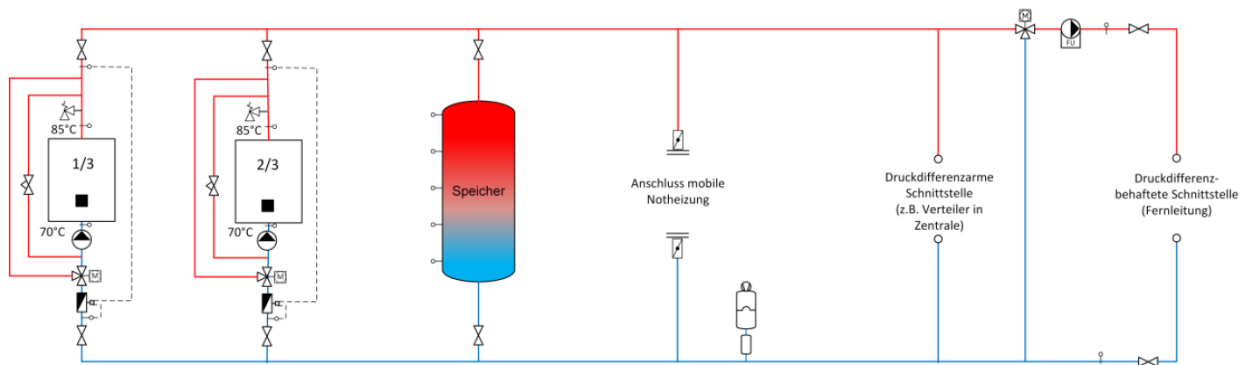


Illustration 16 : Schéma de principe d'une installation avec deux chaudières à bois et un réservoir.

(Figure 13.8 du manuel de planification QM Chauffages au bois, 3e édition 2022)

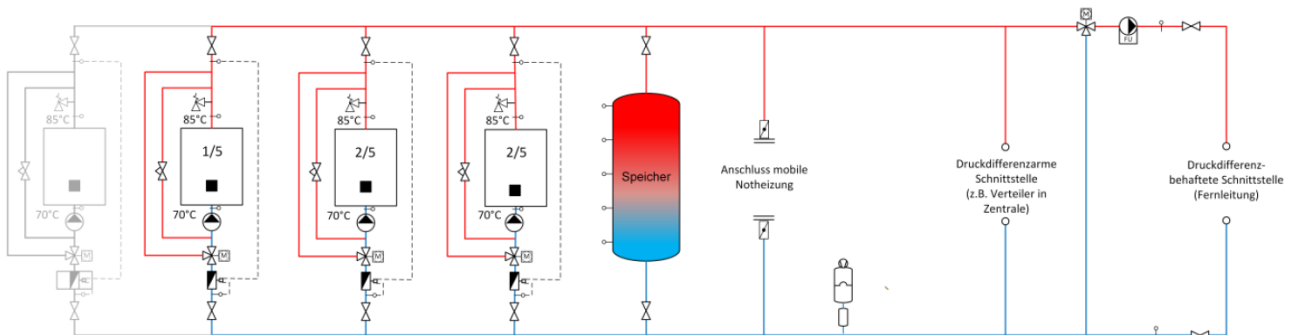


Illustration 17 : Schéma de principe d'une installation avec plusieurs chaudières à bois et un réservoir.

(Figure 13.9 du manuel de planification QM Chauffages au bois, 3e édition 2022)

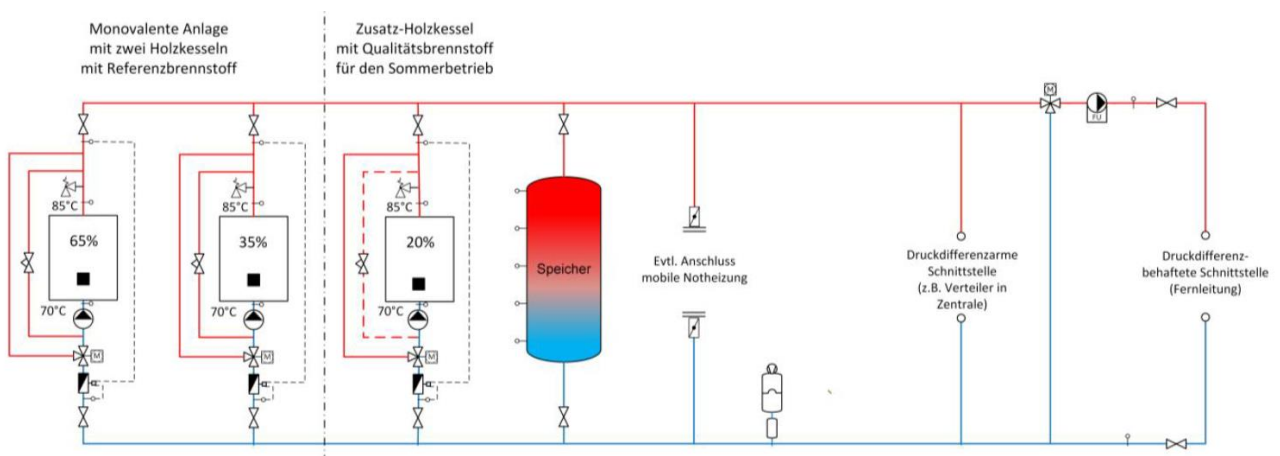


Illustration 18 : Schéma de principe d'une installation monovalente avec deux chaudières à bois et une chaudière à bois d'appoint avec un combustible de qualité pour le fonctionnement en été.

### Exemple pratique du réseau de chaleur de Sarnen :

La société Holz-Fernwärme Sarnen AG exploite à Sarnen une centrale de chauffage avec un réseau thermique qui fournit aux clients une énergie 100 % renouvelable issue de la biomasse.

La production de chaleur monovalente avec deux chaudières à bois et un accumulateur d'énergie est alimentée par divers assortiments de bois composés de bois usagé, de bois flottant et de copeaux de bois. Le combustible provient de la région. Le réseau de chaleur alimente toute l'année l'hôpital cantonal, des bâtiments publics de la Confédération, du canton et de la commune ainsi que des immeubles d'habitation et commerciaux privés en chaleur pour le chauffage des locaux et l'approvisionnement en eau chaude.

Besoin annuel en chaleur (vente de chaleur 2022)	9'602 MWh/a
Puissance de raccordement clients (puissance souscrite)	5'986 kW
Nombre de clients de chaleur	72
Longueur du tracé du réseau de chaleur	8'500 m
Densité de raccordement au réseau de chaleur	1,13 MWh/(a m)
Pertes annuelles sur le réseau	9.7 %/a
Puissance nominale chaudière à bois 1	1'200 kW
Puissance nominale chaudière à bois 2	3'200 kW
Stockage d'énergie	109 m <sup>3</sup>
Possibilité de raccordement pour chauffage de secours	env. 2'000 kW
Réserve de place dans la centrale pour la chaudière à bois 3	3'200 kW
Réserve d'aménagement pour une extension supplémentaire de la centrale	

### Besoin en combustible (2022)

Copeaux de bois	env. 3'400 Sm <sup>3</sup>
Bois usagé	env. 13'500 Sm <sup>3</sup>
Bois flottant	env. 400 Sm <sup>3</sup>

Sm<sup>3</sup> = mètres cubes en vrac



Illustration 19: Centrale de chauffage et entrepôt de combustibles WV Sarnen (source : WV Sarnen).



### CCF fonctionnant au biogaz

Aujourd'hui, il s'agit souvent d'installations situées à proximité des sources de production de biogaz. Par exemple, le site d'Agri Bio Val à Fleurier dispose actuellement de deux moteurs de cogénération au biogaz de 180 kW<sub>th</sub> qui fournissent de la chaleur à un petit réseau de chaleur. Cependant, à long terme, il est possible que ces installations jouent un rôle dans la décarbonation des pics de consommation dans les grandes villes, en fonction de la disponibilité réelle de gaz renouvelable et de son prix.

#### **Pour aller plus loin**

[Présentation vidéo sur le sujet](#) (à partir de la minute 62)

[www.gm-chauffage-bois.ch](http://www.gm-chauffage-bois.ch)

## 5.5. Solaire thermique

L'énergie solaire thermique est principalement produite en été. Combinée à un stockage de quelques jours, elle peut couvrir les besoins estivaux d'un réseau (15 à 20% des besoins énergétiques annuels). Certains exemples européens vont plus loin grâce au stockage saisonnier de la chaleur. L'énergie solaire thermique est particulièrement intéressante lorsqu'elle permet d'éviter l'utilisation de ressources fossiles ou d'économiser des ressources limitées comme le bois.

### Exemple : combinaison bois et soleil

A Büsingen, en Allemagne, par exemple, la mise à disposition de chaleur pour le réseau de chaleur d'environ 6 km de long avec plus de 100 raccordements domestiques, dont de gros consommateurs tels qu'une école, un hôtel et des bâtiments publics, est assurée à 87 % par les chauffages au bois avec des plaquettes de bois d'une puissance thermique de 900 kW et 450 kW et à 13 % par l'installation solaire thermique. Avec un rendement thermique de plus de 500 MWh par an, les panneaux solaires permettent d'économiser environ 800 mètres cubes de bois déchiqueté par an.

### Exemple en Suisse

La centrale solaire thermique SolarCAD II à Genève produit plus de 0,5 GWh d'énergie par an. Grâce à 800 m<sup>2</sup> de capteurs solaires, la chaleur produite est injectée dans le plus grand réseau de chauffage à distance du canton, le CAD SIG (60'000 ménages y sont raccordés), où elle permet d'économiser du gaz naturel. Grâce à une technologie innovante, ces panneaux chauffent l'eau en circuit fermé à une température comprise entre 75° et 90°C tout au long de l'année. Fabriqués par la société genevoise TVP Solar SA, les panneaux de cette nouvelle centrale solaire thermique sont plats et isolés par le vide, ce qui permet de capter un maximum d'énergie solaire tout au long de l'année. Cette nouvelle technologie permet de produire plus d'énergie en hiver qu'avec des panneaux traditionnels et à des températures plus élevées, même par mauvais temps. Un tiers de la production de chaleur est obtenu pendant les 6 mois les plus froids de l'année.



Illustration 20: Vue générale de la centrale SolarCAD II (Photo : Magali Girardin SIG)

### Pour aller plus loin

[Présentation TVP](#), [article SIG](#)

[www.solar-district-heating.eu](http://www.solar-district-heating.eu)

[Rapport sur le projet SolCAD](#)

## 6. CONCLUSION

Dans le cadre du projet européen RES-DHC Renewable energies for district heating and cooling, plusieurs documents ont été produits sur la thématique de la décarbonation des réseaux thermiques. Certains de ces documents ou vidéos sont cités dans le présent guide. De manière générale, tous les résultats du projet sont accessibles via les liens suivants :

Résultats du projet en Suisse :

[Projets de recherche | Réseaux Thermiques Suisse \(thermische-netze.ch\)](https://thermische-netze.ch)

Canal You Tube pour les ateliers et webinaires :

[RES-DHC Webinare - YouTube](#)

Résultats internationaux :

[Home - RES-DHC](#)

Boîte à outils :

[Free tools for decarbonizing district heating and cooling - RES-DHC](#)

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Thalmann, S. et Deschaintre L., [Chauffage urbain renouvelable en Suisse](#), 2021
- [2] TNS, InfraWatt, VBSA (juin 2023) : Comment les réseaux thermiques contribuent à la décarbonisation de la Suisse <https://infrawatt.ch/ja-zum-klimaschutzgesetz-thermische-netze-leisten-einen-unersetzlichen-beitrag-zur-netto-null-schweiz/>
- [3] Novembre 2022 : <https://www.d-f-plattform.de/fr/projets/alliance-chaaleur-kehl-strasbourg/>
- [4] Grelot, J. et al. (2021) : Les eaux usées, un élément clé de la stratégie énergétique, Aqua & Gas
- [5] Müller, E.A. et al. (2020) : L'eau potable est aussi une source d'énergie, Aqua & Gas n° 1
- [6] Tarif ERZ chauffage à distance Système tarifaire chauffage à distance 2022 - Edition octobre 2022
- [7] Office fédéral de l'énergie, janvier 2023, Stratégie thermique 2050
- [8] Office fédéral de la statistique : Statistique globale suisse de l'énergie 2017
- [9] Gaudard, A. et al. (2018) : Utilisation thermique des lacs et des rivières - Potentiel des eaux de surface suisses, Aqua & Gas No 2
- [10] ARGE QM Holzheizwerke : Planungshandbuch, Schriftenreihe QM Holzheizwerke Band 4, 3ème édition entièrement revue, CARMEN e.V. Straubing 2022, ISBN 978-3-93744196-2