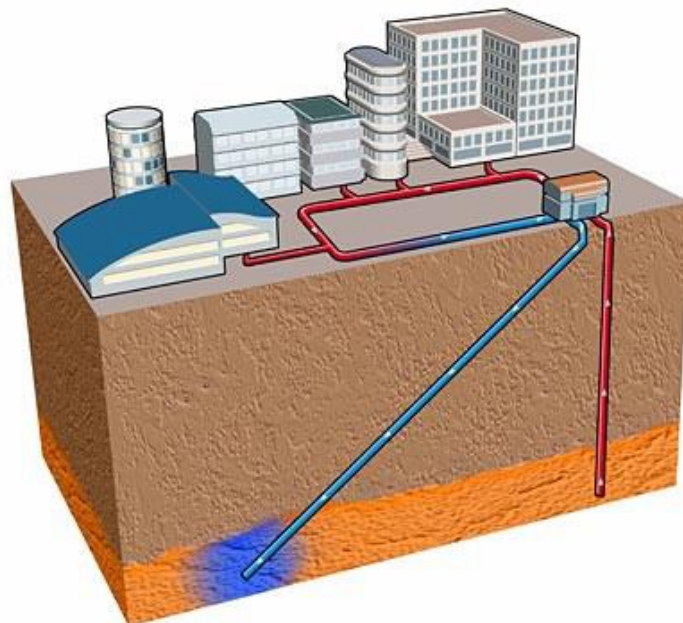


TECHNOLOGIE UTILISEE OU GENERIQUE	RESEAUX DE CHALEUR
Type d'usage Collectif Individuel	Par essence même, le réseau de chaleur est collectif. Pour les grosses installations, il alimente en chaud et/ou en froid des « quartiers » de ville : bâtiments publics, immeubles résidentiels, immeubles de bureaux, usines, ... Le réseau de chaleur individuel peut s'apparenter à un réseau desservant un groupe de bâtiment ciblé : par exemple, la chaleur d'un incinérateur d'ordures ménagères alimentant de par sa capacité uniquement les bâtiments d'une usine.

Schéma de principe : Figure 1. Constitution d'un réseau de chaleur (Source CETE de l'Ouest)



Figure 2. Réseaux de chaleur géothermique. Le principe sur doublet géothermique profond est explicité sur la figure ci-dessous (Source © BRGM – ADEME). Le second puits est incliné afin que le point de réinjection de l'eau refroidie soit éloigné du point de captage de l'eau chaude.



Description synthétique (Source CETE de l'Ouest) :

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire.

Glossaire (source ADEME) : Installation comprenant une chaufferie fournissant de la chaleur par l'intermédiaire de canalisations de transport de chaleur à plusieurs clients, dont l'un au moins n'est pas le propriétaire de la

chaufferie.

Exemple d'intégration : Chaufferie biomasse de Rixheim (Alsace).



Photo 1. Préparation de canalisations pré-calorifugées pour le réseau de chaleur branché sur un doublet géothermique couplé à une chaufferie bois (Source Médiathèque RTE)

Tout **réseau de chaleur** comporte les principaux éléments suivants (Source CETE de l'Ouest) :

- **L'unité de production de chaleur** qui peut être, par exemple, une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM), une chaufferie alimentée par un combustible (fioul, gaz, bois...), une centrale de géothermie profonde, une centrale solaire thermique (voir figure), etc. Généralement un réseau comporte une unité principale qui fonctionne en continu et une unité d'appoint utilisée en renfort pendant les heures de pointe, ou en remplacement lorsque cela est nécessaire. Certaines unités de production de chaleur fonctionnent par ailleurs en **cogénération**, permettant de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur nécessaire au réseau de chaleur.



Photo 2 – Centrale solaire thermique connectée au réseau de chaleur de Braedstrup (Danemark)



Photo 3 – Champ de capteurs solaires intégrés au bâti et connecté au réseau de chaleur de Crailsheim (Allemagne)

En France, l'écoquartier du Vidailhan à Balma (31) est alimenté en chaleur par un réseau où l'unité de production est un mixte solaire / biomasse. 80 % des besoins énergétiques sont couverts par les énergies renouvelables grâce notamment à une centrale solaire thermique composée de 800m² de capteurs à tubes sous-vides. Le réseau de chaleur urbain desservira 1200 logements.

- **Le réseau de distribution primaire** composé de canalisations jusqu'à 800 mm de diamètre (en général constituées d'un système double enveloppe, intégrant une isolation) dans lesquelles la chaleur est transportée par un fluide caloporteur (eau chaude (entre 60 et 110 °C), eau surchauffée (entre 110 et 180°C) ou vapeur (entre 200 et 300 °C)). Un circuit aller (rouge sur Figure 1.) transporte le fluide chaud issu de l'unité de production. Un circuit retour (bleu sur Figure 1.) ramène le fluide, qui s'est délesté de ses calories au niveau de la sous-station d'échange. Le fluide est alors à nouveau chauffé par la chaufferie centrale, puis renvoyé dans le circuit. La conception du réseau vise à assurer une densité thermique (nombre de bâtiments raccordés par kilomètre de conduite posée) aussi élevée que possible, afin de permettre la viabilité économique du réseau (coût d'investissement fortement liée au linéaire de conduite ; recettes liées au nombre d'usagers).
- **Les sous-stations d'échange**, situées en pied d'immeuble, permettent le transfert de chaleur par le biais

d'un échangeur entre le réseau de distribution primaire et le réseau de distribution secondaire qui dessert un immeuble ou un petit groupe d'immeubles. La sous-station comporte aussi un compteur de chaleur transférée qui permet de connaître la consommation d'énergie du bâtiment, donnée nécessaire à la facturation.

Le **réseau secondaire ne fait pas partie du réseau de chaleur** au sens juridique, car il n'est pas géré par le responsable du réseau de chaleur mais par le responsable de l'immeuble.

Liste des EQs utilisant cette technologie :

Pour l'Europe :

Poblenou, BARCELONE

Pour la France :

Ginko l'éco quartier du Lac à Bordeaux, ZAC de St Jean des Jardins à Chalon sur Saône, Lyon Confluence, Grand Cœur à Nancy

Opérateurs (nom et nature)

COFELY, filiales de GDF SUEZ, et DALKIA, filiale de VINCI, sont des sociétés privées qui sont des acteurs majeurs en termes d'exploitation de réseaux de chaleur en France et dans le monde.

Conception

Réalisation

Exploitation

A remplir par le groupe qui focalise sur le jeu des acteurs

Variantes des solutions retenues dans les EQs :

Pour l'Europe :

Poblenou, BARCELONE :

Un réseau d'eau secondaire a été réalisé, non potable ; il servira à l'alimentation de la climatisation du bâtiment. Sous les pieds des habitants se trouve aussi un système de climatisation centralisée se servant du froid de la mer toute proche et de la chaleur de l'incinérateur...

Pour la France :

Ginko l'éco quartier du Lac à Bordeaux :

Cofely s'est engagée à produire l'intégralité de sa chaleur à partir d'énergies renouvelables. Pour ce faire, Cofely a recours à du bois-énergie mais également à de l'huile végétale. Les besoins annuels en combustibles pour les 2 200 logements et les locaux publics (école, collège, gymnase) sont estimés à 4500 tonnes de bois et 500 m3 d'huile végétale, produits localement. La distribution sera assurée par un réseau urbain de 5,2 km. Le recours à des énergies renouvelables pour la totalité des besoins de chaleur permettra d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 3 500 tonnes de CO2 par an soit l'équivalent de la consommation annuelle de 2 300 véhicules par rapport à une énergie fossile. Par ailleurs, Cofely met également à disposition du pôle commercial Ginko et des bureaux une boucle d'eau tempérée (entre 20°C et 35°C) pour assurer leur rafraîchissement. Ce procédé repose sur l'échange et la récupération d'énergie produite à partir de pompes à chaleur. Cette technique permettra de favoriser le bilan environnemental et économique de l'éco-quartier.

ZAC de St Jean des Jardins à Chalon sur Saône :

Chauffage urbain alimenté par une chaufferie bois d'une puissance de 4 MW (capacité de 1000 logements, supérieur à la ZAC).

Lyon Confluence :

Une chaufferie de cogénération à base de Colza originaire de Rhône-Alpes est prévue pour l'îlot P. La production est prévue à l'échelle de l'îlot en attendant le réseau de chaleur. Les îlots doivent prévoir une chaudière à granulés de bois pour le chauffage et pour 50 % d'ECS.

Grand Cœur à Nancy : 3 gros réseaux de chaleur avec production par chaudières bois.

Domaines pertinents

Association pour la promotion des réseaux de chaleur (source Via Sèva) :

Chauffer les villes sans réchauffer la planète

Un réseau de chaleur est un chauffage central à l'échelle d'une ville : une chaufferie centralisée qui, par un réseau de canalisations, alimente les immeubles raccordés. Mais derrière cette apparente simplicité se cache une somme considérable d'avantages.

Les principaux atouts du réseau :

- maîtrise des coûts énergétiques,
- développement multiénergétique avec utilisation d'énergie renouvelable,
- suppression des rejets atmosphériques anarchiques,
- préservation de l'environnement sur le plan esthétique.

Rafraîchir les villes sans réchauffer la planète

La fraîcheur est l'autre versant du confort, d'où la prolifération des systèmes de climatisation individuels. On retrouve ici la même fragmentation que pour le chauffage avec les mêmes conséquences d'une production éparpillée, de coûts multipliés et au final d'impacts négatifs sur l'environnement. La création de réseaux de froid urbains rationalise cette production de bien-être et permet une gestion environnementale optimisée. Le principe est semblable à celui des réseaux de chaleur. Une centrale produit de l'eau glacée amenée par un réseau de canalisations jusqu'aux bâtiments raccordés, qui bénéficient ainsi d'une série d'avantages économiques, fonctionnels et écologiques.

Les principaux atouts du réseau :

- préservation de l'esthétique des bâtiments,
- économies de surfaces,
- gestion simplifiée,
- économie d'énergie et d'eau potable,
- prise en compte préventive des risques sanitaires.

Si Paris fait figure de vitrine pour cette technologie avec près de 350 000 m² climatisés, de nombreux autres sites sont équipés, dont Bordeaux, Grenoble, Lyon, Monaco, Montpellier, le Terminal transmanche, le parc des Expositions de Villepinte ou le Stade de France.

Sur le plan national, les réseaux de froid qui ne cessent de se développer, représentent aujourd'hui plus de 100 km installés.

Mariant les énergies et les technologies, les réseaux de froid s'adaptent en taille aux besoins.

Dans le monde, plus de 1500 sites petits ou grands sont équipés de ce système appelé à se multiplier puisque l'on estime que d'ici 2020, près de 60 % de la population mondiale résidera dans un centre urbain.

Limites d'utilisation

Un **réseau de chauffage urbain**, ensemble d'installations par lesquelles de la chaleur est produite et vendue à des usagers, **peut être créé** par une collectivité territoriale afin d'assurer un service public local de distribution de chaleur. Ce service est souvent délégué à un tiers, chargé d'exploiter un réseau établi par la collectivité ou bien de construire lui-même le réseau à exploiter. Pour faciliter le développement local des réseaux de chaleur, les collectivités peuvent également s'appuyer sur d'autres compétences : aménagement, climat, air et énergie, ou encore gestion des déchets.

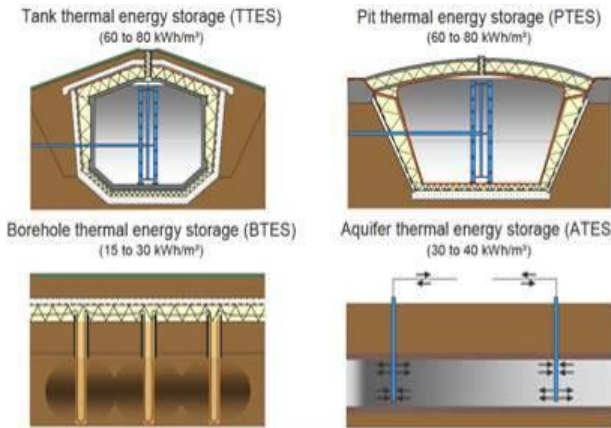
Selon le montage choisi, l'opérateur d'un réseau de chauffage urbain peut être un **concessionnaire** (54% des cas), un **fermier** (27%), un **exploitant** intervenant dans le cadre d'une régie (19%), ou encore les services de la collectivité. Ce dernier cas est rare car il suppose que la collectivité dispose, au sein de ses services, des moyens techniques et humains lui permettant d'assurer le fonctionnement et l'entretien des installations. Dans tous les autres cas, l'opérateur est une société spécialisée, choisie par la collectivité après mise en concurrence.

L'opérateur est responsable du bon fonctionnement du service vis-à-vis des usagers. Il rend compte de ses activités à la collectivité.

	 Construction du réseau	 Exploitation du réseau
Régie	Collectivité	Collectivité
Affermage	Collectivité	Déléataire
Concession	Déléataire	Déléataire

Tableau 1. Cadre d'intervention des collectivités territoriales (Source CETE de l'Ouest)

Avec la consommation réduite des nouveaux bâtiments, d'autres sources de chaleur deviennent exploitables par les réseaux, comme la géothermie peu profonde ou encore la chaleur prélevée dans les eaux usées ; ces systèmes font appel à des pompes à chaleur qui permettent d'extraire l'énergie de la source pour la transférer au réseau. De [même](#)

	de nombreux réseaux de chaleur utilisant l'énergie solaire thermique se développent.
Contribution à la mutualisation des besoins	<p>Les collectivités peuvent réaliser selon diverses modalités définies par le code général des collectivités territoriales, des installations en vue d'alimenter des réseaux de chaleur, notamment en application de l'article 3 de la loi du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur.</p> <p>Il s'agit toutefois d'une compétence optionnelle : aucune collectivité n'a l'obligation d'établir sur son territoire un service public de distribution de chaleur. C'est également une compétence non exclusive : des réseaux peuvent être créés par d'autres acteurs, y compris des acteurs privés. Par ailleurs, cette compétence peut être transférée à un groupement de collectivités.</p> <p>Dès lors qu'une collectivité (ou un groupement) exerce cette compétence, le chauffage urbain mis en place est qualifié de service public. Compte tenu de ses modalités de fonctionnement, ce service public revêt un caractère industriel et commercial.</p> <p>La France a pour objectif de produire annuellement 20 millions de tonnes équivalent pétrole (tep) supplémentaires d'énergie renouvelable d'ici 2020. La chaleur renouvelable distribuée par réseau de chaleur représente un huitième de cet objectif. Le développement des réseaux de chaleur est en effet le seul moyen de mobiliser massivement d'importants gisements d'énergies renouvelables tels que la biomasse, la géothermie profonde, le solaire ainsi que les énergies de récupération issues du traitement des déchets (UIOM) ou de l'industrie.</p>
Stockage d'énergie	<p>Les pistes de développement étudiées, en liaison avec des réseaux de chaleur, sont les suivantes :</p> <div style="text-align: center;">  <p>Tank thermal energy storage (TTES) (60 to 80 kWh/m³)</p> <p>Pit thermal energy storage (PTES) (60 to 80 kWh/m³)</p> <p>Borehole thermal energy storage (BTES) (15 to 30 kWh/m³)</p> <p>Aquifer thermal energy storage (ATES) (30 to 40 kWh/m³)</p> </div> <p>Figure 3. Réservoir, fosse, forage de puits dans le sol et l'aquifère pour le stockage d'énergie thermique (Source : SOLITES – Allemagne)</p>
Coût d'investissement (€/kW)	<p>A la différence des systèmes de chauffage individuels, un réseau de chaleur représente un investissement initial très important, mais des dépenses de fonctionnement plus faibles dans la durée. Afin d'en renforcer la viabilité économique, les acteurs locaux doivent ainsi intégrer les projets de réseaux dans une vision à long terme de l'évolution du territoire, et définir la solution qui permettra de desservir le maximum d'utilisateurs pour une même somme investie.</p> <p>Une étude actualisée chaque année par l'association AMORCE (voir Tableau 3 dans la partie « Détails qualitatif »), montre que les réseaux de chaleur constituent en moyenne une solution de chauffage compétitive, au bénéfice des usagers. Afin de maintenir cette compétitivité tout en permettant aux maîtres d'ouvrage d'investir dans des réseaux modernisés faisant appel aux énergies renouvelables et de récupération, plusieurs dispositifs de soutien financier ont été mis en place, notamment le fonds chaleur.</p> <p>Le coût de pose d'un mètre de réseau est de l'ordre de 1000 à 2000€. Ce coût dépend bien sûr en réalité de très nombreux facteurs liés à chaque projet.</p>
Charges de fonctionnement (€/kWh)	<p>Voir la partie « Détails qualitatif ».</p>
Niveau de maturité	<p>En France, les premiers réseaux ont été créés dans les années trente. Mais c'est après le</p>

choc pétrolier de 1974 que l'État a encouragé le développement de ces systèmes.




















380 grands réseaux urbains, sans compter les réseaux de sites publics ou privés, chauffent 2 500 000 habitants dans leur vie quotidienne, au travail ou dans leurs loisirs, et ceci dans plus de 250 villes.

Cela représente plus de 10 000 kilomètres de canalisations alimentées par plus de 20 GW, soit 6 % de l'énergie consommée en France par le chauffage. Dans certains pays du nord de l'Europe, la part dépasse 50%.

Les différentes technologies employées permettent également d'exploiter les déchets ménagers, de récupérer la chaleur industrielle ou de produire simultanément de l'électricité (cogénération).

Depuis plusieurs années, les compétences des collectivités sur les réseaux de chaleur ont augmenté ; ainsi (Source CETE de l'Ouest) :

- En tant qu'aménageur de son territoire, la collectivité peut peser sur les choix d'approvisionnement énergétique des nouveaux aménagements. Le chauffage des bâtiments est un poste de consommation important et les différentes solutions (dont le chauffage par un réseau) doivent être étudiées en amont de tout projet d'aménagement, tel qu'une ZAC ou un renouvellement urbain. Depuis 2009, l'article L128-4 du Code de l'Urbanisme rend obligatoire l'étude d'opportunité de raccordement à un réseau pour toute opération d'aménagement soumise à étude d'impact.
- En matière d'énergie et de qualité de l'air, les collectivités voient leurs compétences se renforcer progressivement depuis plusieurs années. Les schémas régionaux climat-air-énergie (définis par la loi Grenelle 2), ou encore les plans climats territoriaux des collectivités de plus de 50000 habitants (définis par la loi Grenelle 1), permettent de définir la stratégie locale de mobilisation des énergies renouvelables. Parmi les différents outils disponibles, ces documents doivent donc intégrer la solution des réseaux de chaleur renouvelable.
- L'incinération des ordures ménagères est une importante source d'énergie du chauffage urbain : en 2009, elle apporte 23% de la chaleur distribuée par les réseaux. D'ici 2020, la quantité d'énergie fournie par les déchets devra avoir doublé. Il peut donc exister des liens forts entre la compétence de traitement des déchets et le développement du chauffage urbain, dès lors qu'une usine d'incinération existe sur un territoire. A Brest par exemple, le réseau de chaleur a été créé en 1988 en même temps que l'usine d'incinération ; il dessert aujourd'hui 20000 équivalents logements et est alimenté à 90% par la chaleur de l'usine.

	Allemagne	13%
	Autriche	18%
	Croatie	9,5%
	République Tchèque	41%
	Danemark	50%
	Finlande	49%
	France	5%
	Grèce	0,3%
	Islande	95%
	Lettonie	29%
	Lituanie	50%
	Pays-Bas	3,6%
	Norvège	4,8%
	Pologne	47%
	Roumanie	29,6%
	Serbie	25%
	Slovénie	9%
	Suède	55%
	Suisse	2,8%

Source : Euroheat & Power - 2007

Tableau 2. Les réseaux de chaleur en Europe, une grande disparité (source CETE de l'Ouest)

Détails qualitatif

La **pose des canalisations** du réseau primaire peut se faire en caniveau enterré, ce qui permet une protection mécanique et minimise les effets dus à l'humidité par ventilation de ces caniveaux. Elle peut également se faire en tranchée, solution moins coûteuse, mais nécessitant que les gaines soient entourées d'un film protecteur contre l'humidité et qu'elles soient installées à une profondeur suffisante afin d'absorber les efforts de la surface (Source CETE de l'Ouest).

Les **unités de production de chaleur** produisant des fumées, sont équipées de systèmes

de traitement perfectionnés et contrôlés, ce qui permet de **réduire fortement leur impact sur la qualité de l'air** par rapport à des systèmes individuels (Source CETE de l'Ouest).

Le **coût pour les usagers** est décrit suivant les chiffres moyens ci-après (source CETE de l'Ouest) :

- En base, la facturation aux usagers se décompose en une part fixe liée à la puissance souscrite (part R2, correspondant au coût des infrastructures) et une part proportionnelle à la consommation (part R1, correspondant au coût des énergies utilisées).
- L'association AMORCE réalise chaque année, avec le SNCU, une étude sur les prix de la chaleur, dans les réseaux et en comparaison avec d'autres modes de chauffage. Selon cette étude :
 - o En moyenne nationale, le prix du chauffage par réseau de chaleur est de 60,2€/MWh HT, et 50€/MWh si le réseau utilise majoritairement des énergies renouvelables et de récupération.
 - o L'écart entre les réseaux les moins chers et les réseaux les plus chers est très marqué : les prix varient de 25€/MWh à environ 120€/MWh.
 - o En moyenne et en coût global sur un logement type, le chauffage par réseau de chaleur est au niveau des solutions de chauffage au gaz (de l'ordre de 1100€/an TTC pour un appartement moyen), mais il présente en outre des atouts environnementaux : cf. Tableau 3 ci-après.

Facture totale moyenne de la chaleur	Unité	Valeur	%	Année
PAC géothermie COP 5	€TTC/an	1 081	-	2008
Collectif gaz condensation	€TTC/an	1 120	-	2008
Réseau de chaleur + 50% EnR&R	€TTC/an	1 135	-	2008
Réseau de chaleur - 50% EnR&R	€TTC/an	1 194	-	2008
PAC géothermie COP 3,5	€TTC/an	1 202	-	2008
Individuel gaz condensation	€TTC/an	1 251	-	2008
Individuel PAC	€TTC/an	1 280	-	2008
Individuel électrique	€TTC/an	1 284	-	2008
Collectif gaz	€TTC/an	1 288	-	2008
Individuel gaz	€TTC/an	1 414	-	2008
Collectif fioul	€TTC/an	1 595	-	2008

(coût global pour un logement type de 70 m2 dans un ensemble de 25 logements - source AMORCE - Enquête prix de vente de la chaleur 2008)

Tableau 3. Prix de vente de la chaleur en France (Source AMORCE)

Quelques chiffres donnés par le CETE de l'Ouest sur les **coûts, en termes d'investissements et d'usage** :

Modernisation d'un ancien réseau – Saint-Etienne-du-Rouvray (76) – 2009

Remplacement d'une chaufferie et d'un réseau à eau surchauffée datant des années 60 par une chaufferie bois et un réseau basse pression – 4000 équivalents-logements

Matériels installés :

- 2 chaudières bois de 5 MW
- 1 chaudière d'appoint gaz de 8 MW
- 1 chaudière de secours gaz/fioul de 10 MW
- Réseau : 5,3km dont 4 km renouvelés

Investissement total : 10 939 702 €HT dont :

- Ingénierie : 1 261 155 €
- Déconstruction : 445 150 €
- Génie civil / VRD : 2 735 300 €
- Equipement bois : 3 137 210 €
- Réseau & sous-stations : 3 160 887 €

Bilan :

- baisse de 6% sur les factures de chauffage
- 3640 tep/an d'énergie fossile économisée
- 8720 tonnes/an de CO2 évité

Source: ADEME Haute-Normandie

Canalisations : quelques ordres de grandeur

- Zone dense : ≈1000€/m à 1500€/m
- Zone peu dense ou en cours d'aménagement : ≈300€/m
- Un réseau moyen dessert 500-1000 logements/kilomètre
- Coût d'usage : ≈6€/MWh

Source: Conseil Général des Mines, 2006