Capgemini invent

*Décarbonation, sécurité énergétique et sobriété : comment la France peut-elle atteindre ses objectifs d'ici à 2030 ?*

## DOMAINE ÉNERGIE

# DÉPLOYER MASSIVEMENT LES RÉSEAUX DE CHALEUR ET DE FROID

Construire, étendre et substituer les réseaux de chaleur et de froid tout en décarbonant la production de chaleur et de froid (énergie provenant de la biomasse, la géothermie, des déchets et des renouvelables (notamment le solaire thermique)).

# MESSAGES CLÉS

## 01 Un potentiel de développement des réseaux important mais un déploiement actuel trop faible pour atteindre les objectifs de l'État

**Les réseaux de chaleur et de froid sont un outil d'indépendance énergétique vis-à-vis du gaz.** Ils mobilisent massivement d'importants gisements d'énergies renouvelables tels que la biomasse, la géothermie profonde ou les énergies de récupération issues du traitement des déchets ou de l'industrie, pas ou peu soumises aux fluctuations des cours mondiaux de l'énergie.

**Leur déploiement est inégal avec trois régions qui concentrent une grande partie des réseaux actuels** : Ile-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes et Grand Est.

**Les objectifs ambitieux de l'État semblent difficilement atteignables** au regard du déploiement actuel des réseaux de chaleur et de froid.

## 02 Un déploiement à accélérer par extension, construction et substitution, qui doit répondre aux enjeux majeurs de décarbonation de la production de la chaleur / du froid

**Il est nécessaire de décarboner les réseaux existants** en accélérant le déploiement des Énergies Renouvelables et de Récupération (EnR&R) à la place de chaudières fioul et gaz.

**Actuellement 60,5% de la chaleur des réseaux est produite par des EnR&R** (27,3% d'UVE, 22,8% de biomasse, 5,6% de géothermie et 4,5% d'autres énergies vertes dont le biogaz). En dix ans, les réseaux de chaleur ont réduit de 48% leur contenu en $CO_2$ grâce au développement massif des EnR&R.

**Les réseaux de froid**, pour l'heure beaucoup moins développés, doivent également répondre à ces enjeux de production bas carbone.

## 03 Des projets principalement freinés par des coûts d'investissement importants, un manque de financement et une absence de visibilité sur les gains à développer ces réseaux

**Les besoins en chaleur et en froid s'avèrent encore majoritairement satisfaits par des équipements hors réseaux** (environ 95 %) dus à la rapidité et la souplesse de mise en œuvre.

**La filière souffre d'un manque de visibilité handicapant**. Les collectivités réalisent mal le potentiel et les gains associés à la création d'un réseau (manque de modélisation).

**Les coûts d'un réseau sont très variables et l'évaluation de leur rentabilité est difficile**. Atteindre les objectifs de l'État nécessite un financement bien plus important (entre 600 et 800 millions d'euros par an selon l'ADEME).

## 04 L'Etat doit impulser le déploiement des réseaux par une communication soutenue, des financements renforcés et des mesures réglementaires stimulantes

**L'Etat à un rôle important à jouer pour accroître la visibilité des solutions de réseaux de chaleur et de froid** (campagnes d'information s'appuyant sur les réseaux existants (syndicats, Via Seva, etc.)).

**Il doit également stimuler la mise en place de projets** *via* des appels à projets et des appels à manifestations d'intérêt.

**D'un point de vue réglementaire, il faut intensifier et faciliter la procédure de classement des réseaux pour favoriser le raccordement à ces réseaux**.

Il est également nécessaire **d'imposer la réalisation des schémas directeurs** pour les réseaux de chaleur et de froid tous les 10 ans et d'actualiser les existants.

# UN POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX IMPORTANT MAIS UN DÉPLOIEMENT ACTUEL TROP FAIBLE POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS DE L'ETAT

## Périmètre **technologique**

**Description :** Un réseau de chaleur ou de froid est un système de distribution d'énergie calorifique produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production d'énergie, un réseau de distribution primaire dans lequel l'énergie 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. L'enjeu majeur est de décarboner la production de chaleur et de froid de ces réseaux.

**Maturité technologique**

- Stade : **Commercialisation à grande échelle**
- **Production de chaleur décarbonée** : biomasse (TRL 9), géothermie (TRL 5-9), pompes à chaleur (TRL 9), solaire thermique (TRL 9), chaleur de récupération provenant des Unités de Valorisation Energétique (UVE, combustion directe de déchets) (TRL 9), biogaz / méthanisation (TRL 4-9)
- **Production de froid** : SWAC (Sea Water Air Conditioning) & geocooling (TRL 7-9), groupe froid à compression / à absorption (TRL 9)
- **Réseau de distribution** : tuyauterie et différents types de pose (TRL 9), fluides caloporteurs (TRL 9)
- **Stockage thermique :** stockage sensible (TRL 6-9), latent (TRL 4-7), thermochimique (TRL 2-5)[5], stockage en aquifère (TRL 9)
- **Technologies de réseaux intelligents** : objets connectés data et intelligence artificielle (TRL 7-9), capteurs / Edge computing (TRL 7-9), contrôle commande des réseaux (TRL 9), asset management (TRL 5-9)

# ETAT DES LIEUX

- **Engagement politique** : Des objectifs ambitieux par rapport au déploiement actuel des réseaux de chaleur et de froid, qui semblent difficilement atteignables dans les conditions de marché actuelles

  **La loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) fixe l'objectif de multiplier par 5 la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux d'ici 2030** (référence 2012), ce qui représente un objectif de 39,5 TWh de chaleur produite à partir d'EnR&R (énergies renouvelables et de récupération)[1]. Cette ambition est confirmée par la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) 2020[2].

- **Acceptabilité** : Des projets sans impact visuel qui améliorent la qualité de l'air, réduisent le bruit et limitent les îlots de chaleur.

  **Le développement de réseaux de chaleur et de froid suscite peu de contestations**. Concernant la production de chaleur et de froid, la méthanisation suscite parfois des oppositions (odeurs, impact du digestat sur la biodiversité). Pas d'enjeu d'acceptabilité majeur identifié sur les autres sources de production de chaleur / froid.

- **Compétences & savoir-faire :** Un savoir-faire technologique français maîtrisé sur l'ensemble de la chaîne de valeur et des compétences disponibles sur l'ensemble du territoire

  Certains acteurs de la chaîne de valeur des réseaux de chaleur et de froid ont mis en évidence un **risque de difficultés de recrutement** : ingénieurs et techniciens d'installation expérimentés, équipementiers.

- **Réseau existant de partenaires** : Un réseau des acteurs de la filière existant et structuré

  **SNCU** : syndicat représentatif des gestionnaires publics et privés de réseaux de chaleur et de froid.

  Le SNCU et la Fédération des services énergie environnement (FEDENE) regroupent les organismes du secteur de la chaleur et du froid renouvelables.

- **Structuration macro de la chaîne de valeur et du territoire** : Un déploiement inégal selon les régions, mais un potentiel de développement considérable sur tout le territoire, avec des acteurs français présents sur toute la chaîne de valeur et implantés dans les régions

  **Trois régions concentrent une grande partie des réseaux de chaleur** : Ile-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes et le Grand Est (disparités dues à l'histoire des réseaux, au potentiel géothermique et la présence de déchets exploités).

- **Voies de commercialisation** : Communication et stimulation intensive du marché par l'Etat pour inciter les collectivités à investir dans des réseaux de chaleur et de froid

  **La filière souffre d'un manque de visibilité** handicapant. **L'État a un rôle important à jouer pour accroître la visibilité des solutions** de réseaux de chaleur et de froid et stimuler la mise en place de projets via des appels à projets et des appels à manifestations d'intérêt.

- **Leviers de déploiement et voies d'industrialisation** : Un déploiement à accélérer par extension, construction et substitution, qui doit répondre aux enjeux majeurs de décarbonation de la production de la chaleur / du froid

  **Pour atteindre les objectifs, il est nécessaire de décarboner les réseaux existants** en accélérant la mobilisation des EnR&R (les 22 réseaux (sur 833) les plus émetteurs représentent près de 50 % des émissions totales de CO2 des réseaux avec des chaufferies alimentées par du fioul / gaz)[3], de poursuivre la densification de réseaux vertueux (énergie produite à partir d'au moins 50% d'EnR&R), et de faciliter la création de nouveaux réseaux dans les villes de plus de 10 000 habitants (dont près de la moitié n'est pas équipée d'un réseau de chaleur).

  **L'enjeu pour les réseaux de chaleur est de favoriser le développement de réseaux intelligents de 4ème et 5ème génération**[5], avec plusieurs sources énergétiques et des solutions de stockage. L'intégration de boucles d'eau tempérée (BETEG) permet de diminuer les pertes du réseau et maximiser les sources qu'il est possible d'intégrer.

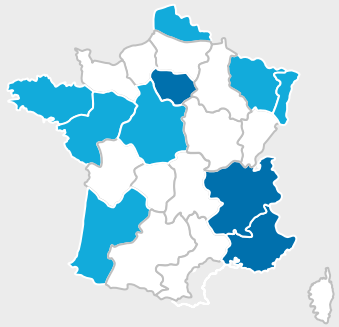
### Déploiement en France

Objectifs [2] :
Livraison de chaleur renouvelable et de récupération **: 31 – 36 TWh en 2028**
Livraison de froid renouvelable et de récupération : **1,4 – 2,7 TWh en 2028**

Capacité 2020 [3] :
**25,4 TWh** de chaleur avec **60,5% d'EnR&R** (27,3% d'UVE, 22,8% de biomasse, 5,6% de géothermie et 4,5% d'autres énergies vertes (biogaz, chaleur industrielle))
**0,81 TWh** de froid

### Zones d'implantation privilégiées

**Les réseaux de chaleur et de froid sont une solution adaptée aux zones denses (villes).** Ils permettent de mobiliser et de valoriser les EnR&R disponibles localement. Un potentiel de développement considérable pour chaque territoire a été évalué [4].



*Estimation du potentiel de chaleur > 7,5 TWh*

*Estimation du potentiel de chaleur entre 4 et 7,5 TWh*

# ÉVALUATION DE L'ÉCOSYSTÈME

**La chaîne de valeur des réseaux de chaleur et de froid est structurée avec des acteurs français présents sur chaque segment**. C'est au niveau des **équipements** (tubes pré-isolés, pompes de distribution, échangeurs de chaleur) que des **acteurs étrangers** sont présents de manière significative. Concernant l'installation et l'exploitation des réseaux, l'écosystème d'acteurs français est important et déployé sur tout le territoire.

| Organismes de recherche et d'innovation | Producteurs de chaleur et de froid renouvelables | Equipementiers | Installateurs de réseaux | Exploitants |
|---|---|---|---|---|
| La France dispose de centres de recherche publique d'excellence dans les EnR. Les acteurs privés investissent également de manière importante dans la R&D. | De nombreuses entreprises françaises sont positionnées sur la production de chaleur et de froid renouvelables (biomasse, géothermie, pompes à chaleur, solaire thermique, Unités de Valorisation Energétique (UVE), biogaz). | Fabricants français importants sur les équipements de réseaux. La moitié des acteurs sont cependant des distributeurs ou représentants de fabricants étrangers(6). La France dispose également d'acteurs de référence sur les technologies de réseaux intelligents (objets connectés, capteurs, asset management). | Multitude d'acteurs français présents sur l'installation des réseaux (distribution primaire et secondaire): bureaux d'étude, maîtrise d'œuvre et maîtrise d'ouvrage, installateurs des canalisations / des sous-stations, génie civil. Ces acteurs sont présents sur l'ensemble du territoire de manière inégale selon le déploiement existant de réseaux dans chaque région. | L'exploitation et la gestion des réseaux de chaleur et de froid sont concentrées entre les cinq majors des services énergétiques français. Ils détiennent (en concession notamment) la gestion d'un grand nombre de réseaux et la responsabilité de la réalisation des projets d'envergure. |
| ▪ **Instituts et centres publics** : CEA, CNRS, instituts spécifiques à certaines technologies (BRGM sur la R&D géothermique)<br>▪ **Acteurs privés qui investissent dans la R&D** : exploitants des réseaux (5 majors) et fabricants (plus petits acteurs) | ▪ EDF (FR)<br>▪ Engie (FR)<br>▪ TotalEnergies (FR)<br><br>**Multitude de producteurs français de plus petite taille**<br>▪ Akuo Energy (biomasse FR, PME)<br>▪ CVE (biogaz FR, PME)<br><br>▪ Celsius Energy (géothermie, startup)<br>▪ Newheat (solaire thermique, startup)<br>▪ … | **Fabricants de tubes pré-isolés:**<br>▪ BRUGG (CH, grand groupe)<br>▪ Logstor (DK, grand groupe)<br>▪ Thermaflex (NL, grand groupe)<br>▪ IsOplus (DE, grand groupe)<br>▪ Wannitube (FR, groupe taille moyenne)<br>▪ INPAL (FR, groupe taille moyenne)<br>▪ MICROPLEX (groupe européen WATTS INDUSTRIE)<br>**Fabricants de pompes de distribution :**<br>▪ Grundfos (DK, grand groupe)<br>▪ Salmson (FR, grand groupe)<br>▪ Xylem (USA, grand groupe)<br>**Fabricants d'échangeurs de chaleur :**<br>▪ Funke (DE, grand groupe)<br>▪ Sondex (DK, grand groupe)<br>▪ Barriquand (FR, grand groupe)<br>▪ CIAT (FR, grand groupe)<br>▪ SPIREC (FR, grand groupe)<br>**Fabricants de technologies de réseaux intelligents :** cf fiche sur les réseaux électriques intelligents | ▪ **Bureaux d'étude** (études de faisabilité, AMO et conception de réseau) : Environ 110 bureaux d'études répertoriés comme ayant une activité au moins partiellement liée aux réseaux de chaleur / froid(6). Majoritairement des petites structures<br>▪ **Génie civil :** multitude d'entreprises de toute taille, implantées dans les régions pour répondre au marché très local<br>▪ **Maîtrise d'ouvrage** : majorité d'acteurs publics, à 80 % des collectivités locales(6) | **Grands opérateurs français :**<br>▪ Coriance<br>▪ Dalkia (EDF)<br>▪ Engie Cofely<br>▪ Engie France réseaux<br>▪ Idex |

+ *Taille de l'entreprise* -

### HeatNet NWE – projet européen (7)

| | |
|---|---|
| Parties prenantes | 13 partenaires européens (partenaires français : Les 7 vents, Ville de Boulogne-sur-Mer) |
| Localisation | 6 projets de réseaux de chaleur et de froid au Royaume-Uni, en Irlande, en Belgique, en France et aux Pays-Bas |
| Jalons | Projet entre 2016 et 2020 |
| Chiffres clés | ▪ 1 modèle reproductible pour le déploiement de réseaux de chaleur et de froid 4ème génération<br>▪ 6 laboratoires tests<br>▪ 15 000 tCO2/an économisées |
| Sources de financement | ▪ Subvention européenne du projet : 6.94 millions d'euros.<br>▪ Budget total : 11.57 millions d'euros. |
| Parties prenantes | 13 partenaires européens (partenaires français : Les 7 vents, Ville de Boulogne-sur-Mer) |

### Fraîcheur de Paris – réseau de froid urbain (8)

| | |
|---|---|
| Parties prenantes | Fraîcheur de Paris codétenue par ENGIE (85%) et RATP Group (15%) |
| Localisation | Paris |
| Jalons | Fraîcheur de Paris est chargée de gérer et de tripler le réseau de froid urbain de Paris pendant vingt ans à partir de 2022 |
| Chiffres clés | ▪ Premier réseau de froid urbain d'Europe et 11 -ème mondial<br>▪ 89 km de réseau (aller-retour)<br>▪ 370 GWh/an d'énergie frigorifique distribuée<br>▪ 10 sites de production<br>▪ 4 sites de stockage d'énergie<br>▪ CA prévisionnel de 2,4 Mds d'euros sur les 20 prochaines années |
| Sources de financement | Contrat de concession signé entre la ville de Paris et Fraîcheur de Paris. |
| Parties prenantes | Fraîcheur de Paris codétenue par ENGIE (85%) et RATP Group (15%) |

# EVALUATION DU **POTENTIEL FRANÇAIS**

**Positionnement de la France : un potentiel de déploiement de réseaux de chaleur et de froid sous-exploité en France et des réseaux bien moins développés par rapport à d'autres voisins européens.** La part de marché, ou le taux de raccordement des bâtiments à un réseau de chaleur EnR&R (énergies renouvelables et de récupération) en France reste, faible, concurrencé par le chauffage au gaz : de l'ordre de 6 % pour une moyenne européenne à 13 % en secteur résidentiel et tertiaire. Pour comparaison, part de marché de réseaux d'EnR&R d'autres pays européens : Allemagne 13 %, Autriche 18 % et Danemark et Finlande à près de 50 % [2].

**Potentiel de décarbonation** : des réseaux de plus en plus vertueux avec le développement des EnR&R

**Émissions CO2 évitées** :

- **Etat des lieux :** En 2020, les réseaux de chaleur sont responsables de l'émission de 3,82 millions de tonnes de CO2 (FEDENE 2021), tandis que le chauffage urbain, de plus en plus décarboné, reste responsable de 6 MteqCO2 en 2020 (Citepa (Format SECTEN, 2022)).
- Cependant la même année, les réseaux de chaleur EnR&R ont permis d'éviter 5,65 millions de tonnes de CO2 (par rapport à des chaudières individuelles gaz)[3]. **En dix ans, les réseaux de chaleur ont pratiquement réduit de moitié leur contenu CO2** (-48%) grâce au développement massif des EnR&R (contenu de CO2 moyen des réseaux de chaleur qui est passé de 0,195 à 0,101 kgCO2eq./kWh entre 2010 et 2020).
- **Prévisions 2030** : 7,7 Mt de CO2 évitées (analyse Capgemini).

**Potentiel de création de valeur** : une filière créatrice de valeur selon les efforts de déploiement mis en place

**PIB - valeur du marché généré** :

- L'ADEME a établi 3 scénarios (tendanciel, alternatif et réglementaire) qui estiment la hausse progressive du chiffre d'affaires annuel en France à 1,2 / 2, 3 et 3,7 milliards d'euros en 2030 selon le scénario.

**Emplois générés** :

- **Peu d'emplois générés si le taux de déploiement des réseaux actuel se maintient**. Selon le taux de déploiement de réseaux d'ici à 2030, l'ADEME estime la créations d'emplois directs entre 13 000 et 26 000 pour le scénario le plus générateur d'emploi.[10]

**Potentiel d'accroissement de la souveraineté énergétique et industrielle de la France** : Une souveraineté industrielle déjà bien établie et un développement de réseaux décarbonés qui diminuerait la dépendance au gaz

**Criticité des ressources majeures** : Forte | Modérée | Faible

| Ressource | Criticité | Problématique (si criticité forte ou modérée) |
|---|---|---|
| Béton | ● | Pas de criticité forte concernant cette ressource |
| Acier | ● | Pas de criticité forte concernant cette ressource. Facilement recyclable |

**Concernant la production de chaleur, il peut y avoir des tensions sur la mobilisation des ressources nécessaires (biomasse liquide et gazeuse) entre les différents usages.** La chaleur n'est pas la priorité quant à la valorisation énergétique de la biomasse (priorité aux usages alimentaires, puis biofertilisants, puis matériaux, puis molécules, puis carburants liquides, puis gaz, puis chaleur, puis électricité) (Programmations pluriannuelles de l'énergie).

**Potentiel de circularité**

- **Construire le réseau de façon modulaire** afin de pouvoir le démonter de façon sélective ce qui permet de réparer les pièces défectueuses. Réemployer autant que possible les matériaux issus de la rénovation du réseau, notamment pour les canalisations.
- **Rendre les réseaux intelligents** pour optimiser la production de chaleur
- **Valoriser les déchets urbains et industriels stockés ou enfouis** pour éviter les émissions de gaz à effet de serre provoquées par leur décomposition. Selon la Banque mondiale, les déchets solides étaient à l'origine de 5% des émissions globales en 2016, soit 1,6 milliards de tCO2[11].

**Provenance de la technologie : la France maîtrise l'ensemble des technologies impliquées dans le déploiement de réseaux de chaleur et de froid renouvelables** : production de chaleur décarbonée et de froid décarboné, technologies de réseau de distribution, stockage thermique et de réseaux intelligents. Il n'y a pas de dépendance technologique notable concernant le déploiement de réseaux de chaleur et de froid.

# DES PROJETS PRINCIPALEMENT FREINÉS PAR DES COÛTS D'INVESTISSEMENT IMPORTANTS, UN MANQUE DE FINANCEMENT ET UNE ABSENCE DE VISIBILITÉ SUR LES GAINS À DÉVELOPPER CES RÉSEAUX

## Cadre public de déploiement

**Engagement politique :** Des objectifs ambitieux par rapport au déploiement actuel des réseaux de chaleur et de froid

- Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (**LTECV**) fixe **l'objectif de multiplier par 5 la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux d'ici 2030** (référence 2012), ce qui représente un objectif de 39,5 TWh de chaleur produite à partir d'EnR&R et autour de 3 TWh de froid[1]. Cette ambition est confirmée par la Programmation pluriannuelle de l'Énergie (PPE) 2020[2].

**Dispositifs de financement :** Des financements existants à accroître pour atteindre les objectifs fixés

**Niveau européen** : Soutien financier de l'Union européenne (UE), via le fonds européen de développement régional (FEDER).

**Niveau national** :

Dans les années 2010, le soutien public à la filière s'accentue avec la mise en place de la TVA à taux réduit et l'accompagnement financier des projets avec le Fonds Chaleur de l'ADEME.

- **Fonds Chaleur renouvelable** (subvention aux investissements) : fond géré par l'ADEME, destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et aux entreprises. En 2021, le montant du Fonds s'élève à 350 M€ (contre 250 M€ en moyenne, les années précédentes )[12]. Financement de projets de production de chaleur à partir d'EnR&R (centrales biomasse et géothermie) ainsi que des réseaux de chaleur liés à ces installations. Depuis 2018, les installations de réseaux de froid sont éligibles au Fonds sous certaines conditions[3,13].
- **Application d'un taux de TVA réduit de 5,5% (soutien fiscal)** concernant une part fixe de la facture ou abonnement et éventuellement une part variable dès lors que le réseau est alimenté par au moins 50% d'EnR&R.
- **Coup de pouce Chaleur** : Extension du mécanisme de soutien aux bâtiments résidentiels collectifs pour le raccordement d'un bâtiment résidentiel à un réseau de chaleur (Plan « sobriété énergétique », Juillet 2022).

**Cadre législatif et réglementaire :** Un cadre à clarifier concernant les réseaux de froid

**Etat des lieux**

- **Procédure de classement : Outil de planification territorial**
  **Le classement d'un réseau de chaleur ou de froid permet à une collectivité de rendre obligatoire le raccordement au réseau, existant ou en projet, dans certaines zones, pour les nouvelles installations de bâtiments**. Lois Grenelles 2 en 2010 impulsent cette procédure. En 2017, 24 réseaux sont classés, représentant 105 km et 470 GWh d'énergie livrée (soit moins de 2% de la chaleur totale livrée)[14].
- **Quotas européens sur les émissions de GES** : En France, sont soumises à ce système les chaufferies dont la puissance totale dépasse 20 MW, les installations d'incinération de déchets dangereux ou municipaux, et les chaudières biomasse (ETS phase 4).

**Analyse d'écarts entre les besoins et les mesures**

En attente de la définition par la Commission européenne des méthodes de production de froid considérées comme renouvelables et de récupération. Le Fonds Chaleur Renouvelable soutient depuis 2018 des technologies de froid considérées comme renouvelables sans attendre la définition européenne (dont géothermie et thermo-frigo-pompes).

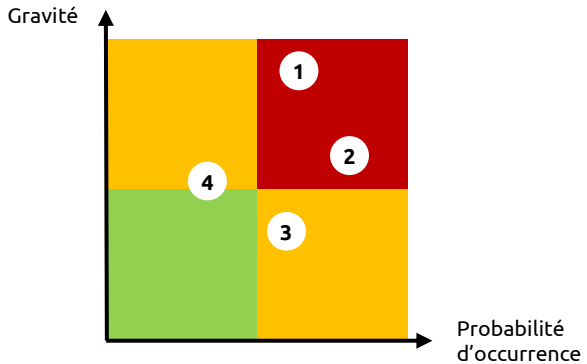
## Barrières au déploiement

| | Faible → Forte | |
|---|---|---|
| Approvisionnement (matériaux et technologie) | 🟢🟢⚪⚪⚪ | **La question de l'approvisionnement concerne principalement les sources de production de chaleur** : approvisionnement et qualité du combustible biomasse à sécuriser et à plus long terme déchets en tant qu'intrants qui sont amenés à diminuer (même si à court terme la modernisation du tri et les processus de collecte améliorés devraient faire augmenter cette ressource) |
| Capacité de développement et infrastructures | 🟢🟢⚪⚪⚪ | **Besoins de chaleur et de froid encore majoritairement satisfaits par des équipements hors réseaux (environ 95 %)[15], due à la rapidité et la souplesse dans la mise en œuvre**. Le raccordement à un réseau de froid est beaucoup plus complexe qu'une solution autonome de type PAC.<br>**Le développement de projets est freiné par des difficultés liées à l'impact sur la voirie**, l'aménagement, les interactions avec les autres réseaux et l'acquisition des terrains nécessaires (permitting, études de faisabilité longue etc.).<br>**Complexité apportée par une multitude de concessionnaires de réseaux souterrains** (impact coût important en cas de conflit imprévu). |
| Compétences & savoir-faire | 🟢🟢⚪⚪⚪ | **Métiers en tensions et difficultés de recrutement identifiés** : ingénieurs et techniciens d'installation expérimentés, équipementiers.<br>Manque de formations ciblées pour les métiers en tension, manque de compétences techniques acquises, méconnaissance du secteur. |
| Economiques | 🔴🔴🔴🔴⚪ | **Coûts d'investissement qui freinent le lancement de projets** : la moitié des projets de réseaux de chaleur ont un coût situé entre 190 000 € et 2,15 M€.<br>**Coûts d'un réseau très variables et qui dépendent du type de réseau financé**. Nécessité de maximiser le taux en EnR&R des projets de réseaux et des réseaux existants sans remettre en cause la compétitivité pour l'usager final.<br>**Difficulté d'évaluation de la rentabilité des réseaux**. Enjeu de maintenir la rentabilité des réseaux tout en assurant un prix de vente attractif, notamment en comparaison au gaz.<br>**Manque de modélisation pour évaluer précisément le potentiel de développement des réseaux en France** au sein des villes qui ne disposent pas de réseaux ou dans lesquelles des extensions seraient envisageables. |
| Financières | 🟡🟡🟡⚪⚪ | **Manque de financements pour atteindre les objectifs fixés**. Financements nécessaires estimés par l'ADEME entre 600 et 800 millions d'euros par an. Équilibre économique des projets très dépendant des subventions du Fonds Chaleur. |
| Acceptabilité | ⚪⚪⚪⚪⚪ | **Pas de frein majeur concernant l'acceptabilité**. Les réseaux de chaleur et de froid pâtissent d'une visibilité plus faible que les autres réseaux (électrification) et de la concurrence des solutions décentralisées. |
| Législatives et réglementaires | 🟢🟢⚪⚪⚪ | **Règles du subvention du Fonds Chaleur pour les réseaux de froid définies par homothétie des règles pour les réseaux de chaleur**, qui ne sont pas adaptées pour les réseaux de froid (modèles de financement différents).<br>**Absence d'une taxonomie claire EU** sur le froid renouvelable qui freine le développement des réseaux. |

# L'ETAT DOIT IMPULSER LE DÉPLOIEMENT DES RÉSEAUX PAR UNE COMMUNICATION SOUTENUE, DES FINANCEMENTS RENFORCÉS ET DES MESURES RÉGLEMENTAIRES STIMULANTES

# RISQUES ET **RECOMMANDATIONS**

## Cartographie des risques majeurs




1. **Un manque de visibilité** de la filière et des avantages associés à la création d'un réseau, qui freine le développement de la filière
2. **Des financements insuffisants** pour atteindre les objectifs fixés par l'état
3. **Des compétences expérimentées insuffisantes** sur la fabrication des équipements et l'installation des réseaux
4. **Un approvisionnement en ressource limitant** pour certaines solutions de production de chaleur renouvelable (biomasse et déchets)

## **Recommandations et leviers (publics / privés)** à mettre en œuvre

**Infrastructures et approvisionnement**
- **Mobiliser des ressources renouvelables** à destination des réseaux de chaleur et de froid (soutien étatique) dans une démarche de planification globale avec les autres usages. Assurer l'intégration des EnR&R dans les politiques d'urbanisme et plans territoriaux.
- **Construire le réseau de façon modulaire** afin de pouvoir le démonter de façon sélective (maintenance). Réemployer autant que possible les matériaux issus de la rénovation du réseau (canalisation). Adapter les filières de recyclage à la valorisation des déchets des réseaux.

**Commandes publiques**
- **Accélérer les actions de communication** (au grand public et au sein des collectivités) : campagne d'information s'appuyant sur les réseaux existants (syndicats, via seva etc) pour expliquer les atouts socio-économiques et environnementaux des réseaux
- **Établir un plan national de développement des réseaux** pour donner la priorité aux réseaux vertueux par rapport aux solutions concurrentes, dans les secteurs les plus propices et conformément au rythme fixé au niveau national par les textes réglementaires.
- **Stimuler le marché** *via* des appels à projets et appels à manifestation d'intérêt (cf Une ville, un réseau lancé par l'ADEME)
- Relancer un groupe de travail ministériel pour faire suite aux travaux de 2019 et continuer de dynamiser le marché

**Programmes de recherche et d'innovation**
- **Inciter et soutenir la R&D** *via* des appels à l'innovation engagés par l'État. Domaines à soutenir : technologies de stockage de chaleur et de froid, possibilités de couplage des réseaux, optimisation de la charge du réseau, abaissement des températures de fonctionnement

**Industrialisation et structuration de la filière** :
**Déploiement des réseaux**
- **Favoriser la réalisation d'études de faisabilité** pour inciter les villes à initier des projets
- **Créer des comités de concertation** entre collectivités, exploitants, abonnés et usagers pour accélérer l'acceptation locale des projets
- **Moderniser les réseaux de chauffage existants** en les dotant d'un système de contrôle-commande intelligent et de compteurs pour les usagers. Optimiser le fonctionnement des unités de production grâce à cette digitalisation du réseau.
- **Élargir le périmètre de raccordement** aux bâtiments qui ne sont pas encore ralliés aux réseaux et aux habitations individuelles.

**Production de chaleur et de froid renouvelables :**
- **Prioriser les technologies de production** pertinentes selon les usages (solaire thermique qui gagne en compétitivité lorsqu'il est déployé dans le cadre de grandes installations pour les cibles industrielles et agricoles ou en couplage avec les réseaux de chaleur).
- **Soutenir la production de chaleur par géothermie** en menant des campagnes d'exploration de surface.
- **Structurer un réseau d'animation** sur la chaleur fatale industrielle.

**Investissements**
- **Augmenter la dotation annuelle du Fonds Chaleur** pour atteindre les objectifs fixés : financements nécessaires estimés par l'ADEME entre 600 et 800 millions d'euros par an. Et au sein du Fonds Chaleur, augmenter la part des financements à destination des réseaux par opposition à des systèmes autonomes.
- **Dédier des financements spécifiques à la reconversion EnR&R** et à la **modernisation de réseaux** haute température

**Capital-risque** *(pas d'enjeux majeur concernant le déploiement des réseaux mais investissements sur certaines technologies de production de chaleur & froid renouvelable (géothermie, biogaz, etc.))*

**Réglementation**
- **Intensifier et faciliter la procédure de classement des réseaux** pour favoriser le raccordement à ces réseaux.
- **Imposer la réalisation et l'actualisation de schémas directeurs** pour les réseaux de chaleur ou de froid dans les communes dotées d'un réseau, tous les 10 ans, en systématisant l'évaluation de l'opportunité de créer un service public de distribution de froid.
- **Clarifier la taxonomie sur le froid renouvelable** au niveau européen.
- **Redéfinir les critères d'attribution de financement par le Fonds Chaleur** pour les adapter aux spécificités des réseaux de froid.

## Rapports

Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid, FEDENE, 2021
Les réseaux de chaleur et de froid, état des lieux de la filière : marché, emplois, coûts, ADEME, 2019
Développement des filières réseaux de chaleur et de froid renouvelables en France à horizon 2050, ADEME, 2020
Transition(s) 2050, Choisir maintenant, agir pour le climat, ADEME, Novembre 2021
Stratégie Nationale Bas Carbone sous contrainte de ressources, INEC et Capgemini, 2022

## Entretiens

- Alexis GOLDBERG, Directeur Marché Réseaux de chaleur à ENGIE Solutions et Paulo Cameijo, Directeur des Affaires publiques et Partenariats à ENGIE Solutions
- Hugues DEFRÉVILLE, CEO et cofondateur de Newheat

# Sources détaillées


1. LTEV https://www.ecologie.gouv.fr/loi-transition-energetique-croissance-verte
2. Programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE) https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf
3. FEDENE Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid 2021 https://www.fedene.fr/wp-content/uploads/sites/2/2021/11/FEDENE_SNCU-synthese-enquete-2021-2.pdf
4. Cartographie du potentiel de développement des réseaux de chaleur en France (SNCU/FEDENE/SETEC ENVIRONNEMENT) https://www.observatoire-des-reseaux.fr/wp-content/uploads/2017/02/HD-FEDENE-SNCU_PLAQUETTE_RESEAUX-CHALEUR-FRANCE.pdf
5. Réseaux 1ère Génération au charbon; 2G charbon / gaz; 3G intégration de la biomasse, du solaire thermique et de la récupération de la chaleur; 4G intégration des UVE, de la géothermie, des solutions de stockage et d'une gestion smartgrid; 5G boucle énergétique fermée, valorisation de l'énergie basse température,
6. https://www.4dh.eu/about-4dh/4gdh-definition
7. ADEME Les réseaux de chaleur et de froid, état des lieux de la filière : marché, emplois, coûts https://librairie.ademe.fr/cadic/820/reseau-de-chaleur-etat-des-lieux-filiere_2019.pdf
8. HeatNet NWE https://www.nweurope.eu/projects/project-search/heatnet-transition-strategies-for-delivering-low-carbon-district-heat/
9. Fraicheur de Paris https://www.fraicheurdeparis.fr/fraicheur-de-paris#fraicheur_video
10. ADEME Développement des filières réseaux de chaleur et de froid renouvelables en France à horizon 2050, 2020 https://librairie.ademe.fr/cadic/4548/reseaux_chaleur_froid_renouvelables_2050.pdf
11. ADEME Développement des filières réseaux de chaleur et de froid renouvelables en France à horizon 2050, 2020 https://librairie.ademe.fr/cadic/4548/reseaux_chaleur_froid_renouvelables_2050.pdf
12. Rapport STRATÉGIE NATIONALE BAS CARBONE, SOUS CONTRAINTE DE RESSOURCES (INEC et Capgemini)
13. ADEME, Fonds chaleur renouvelable https://presse.ademe.fr/2022/03/fonds-chaleur-2021-350-millions-deuros-engages-au-profit-de-pres-de-560-installations-denergies-renouvelables-et-de-recuperation-sur-le-territoire.html
14. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2019.10.07_eb_ew_dp_reseauxchaleurfroid.pdf
15. SNCU, 2017
16. ADEME Transitions 2050 https://librairie.ademe.fr/cadic/6531/transitions2050-rapport-compresse.pdf?modal=false

# GLOSSAIRE (1/2)

GLOSSAIRE

## Production de chaleur bas carbone

### Biomasse

**La biomasse par combustion** permet de fabriquer de la chaleur, de l'électricité ou les deux (cogénération) grâce à la chaleur dégagée par la combustion de matières telle que bois, végétaux, déchets agricoles, ordures ménagères organiques)

### Géothermie

**La géothermie désigne l'utilisation de l'énergie contenue dans le sous-sol comme source de chaleur et d'électricité.**
En France, sa principale application concerne le chauffage des bâtiments, soit de façon centralisée par le biais de réseaux de chaleur, soit de façon plus individuelle par le recours à des pompes à chaleur couplées à des capteurs enterrés ou exploitant la chaleur d'aquifères superficiels via des forages. La géothermie permet d'envisager également la production de froid (climatisation ou simple rafraîchissement des locaux).

### Pompes à chaleur

- **La pompe à chaleur est un système de chauffage thermodynamique dit à énergie renouvelable.** Communément appelée PAC, elle soutire les calories présentes dans le milieu naturel tel que l'air, l'eau, la terre ou le sol, et la transmet en l'amplifiant vers un espace à chauffer. *Voir la fiche sur les Pompes à chaleur pour plus de détails.*

### Solaire thermique

- **L'énergie solaire thermique est obtenue par la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique, autrement dit en chaleur.** Il existe des technologies solaire thermique basse température et haute température (technologie solaire concentrée ou « thermodynamique » : ce procédé fournit de la chaleur haute température (de 250 à 1 000°C) par concentration du rayonnement solaire).
- **L'énergie solaire thermique se distingue de l'énergie solaire photovoltaïque, q**ui est obtenue par la conversion du rayonnement solaire directement en électricité.

### Chaleur de récupération provenant des Unités de Valorisation Energétique (UVE)

- Ce sont des unités d'incinération des déchets permettant de produire de l'électricité ou d'alimenter un réseau de chaleur.

### Méthanisation

- **La méthanisation repose sur le phénomène biologique de fermentation des matières organiques** : déchets alimentaires de fruits et légumes, ordures ménagères, résidus agricoles (lisiers, fumiers) ou encore déchets industriels tels que poussières de céréales.
- **A l'issue de ce processus de dégradation naturelle, deux composants sont produits : le biogaz et le digestat**. Une fois purifié, le biogaz devient du biométhane. Il présente les mêmes caractéristiques que le gaz naturel en termes de stockage et d'acheminement. Le digestat quant à lui peut être utilisé comme fertilisant.

## Production de froid bas carbone

### SWAC (Sea Water Air Conditioning)

**La climatisation à l'eau de mer, également connue sous le nom de refroidissement à l'eau de mer, est un système de refroidissement alternatif qui utilise l'eau de mer froide profonde comme agent de refroidissement pour un système de refroidissement distribué par eau douce en boucle fermée.**
De l'eau de mer profonde est pompée jusqu'à la surface. L'eau passe ensuite à travers des échangeurs de chaleur et refroidit le réseau d'eau glacée de distribution du client. Durant cette étape, l'eau pompée se réchauffe de quelques degrés. Elle est ensuite rejetée dans la source, à une profondeur telle que le rejet n'influence pas l'écosystème local.

### Geocooling

**Le géocooling fait partie des techniques de rafraîchissement naturel (dit freecooling).** Il consiste en l'utilisation "directe" de la température du sous-sol pour assurer le rafraîchissement d'un bâtiment, sans fonctionnement de la pompe à chaleur géothermique. Le fluide caloporteur qui provient du système géothermique circule, via un échangeur thermique, directement dans le réseau du bâtiment.

### Groupe froid à compression / à absorption

**Les machines frigorifiques permettent de transférer l'énergie d'une source basse température vers une source haute température.** Les machines à froid par absorption utilisent de la chaleur comme source d'énergie motrice. À la différence des machines à compression qui requièrent un compresseur mécanique, les machines à absorption utilisent un circuit d'absorption pour générer la différence de pression permettant au réfrigérant de réaliser le cycle de réfrigération.

# GLOSSAIRE (2/2)

Evolution des réseaux de chaleur :

- **1ère génération** : charbon
- **2ème génération** : charbon / gaz
- **3ème génération** : intégration de la biomasse, du solaire thermique et de la récupération de la chaleur
- **4ème génération** : intégration des UVE, de la géothermie, des solutions de stockage et d'une gestion smartgrid. La chaleur est distribuée sous forme d'eau chaude à basse température, ce qui diminue les pertes énergétiques à travers les tuyaux et permet l'utilisation d'un plus grand nombre de sources de chaleur.
- **5ème génération** : boucle énergétique fermée, valorisation de l'énergie basse température

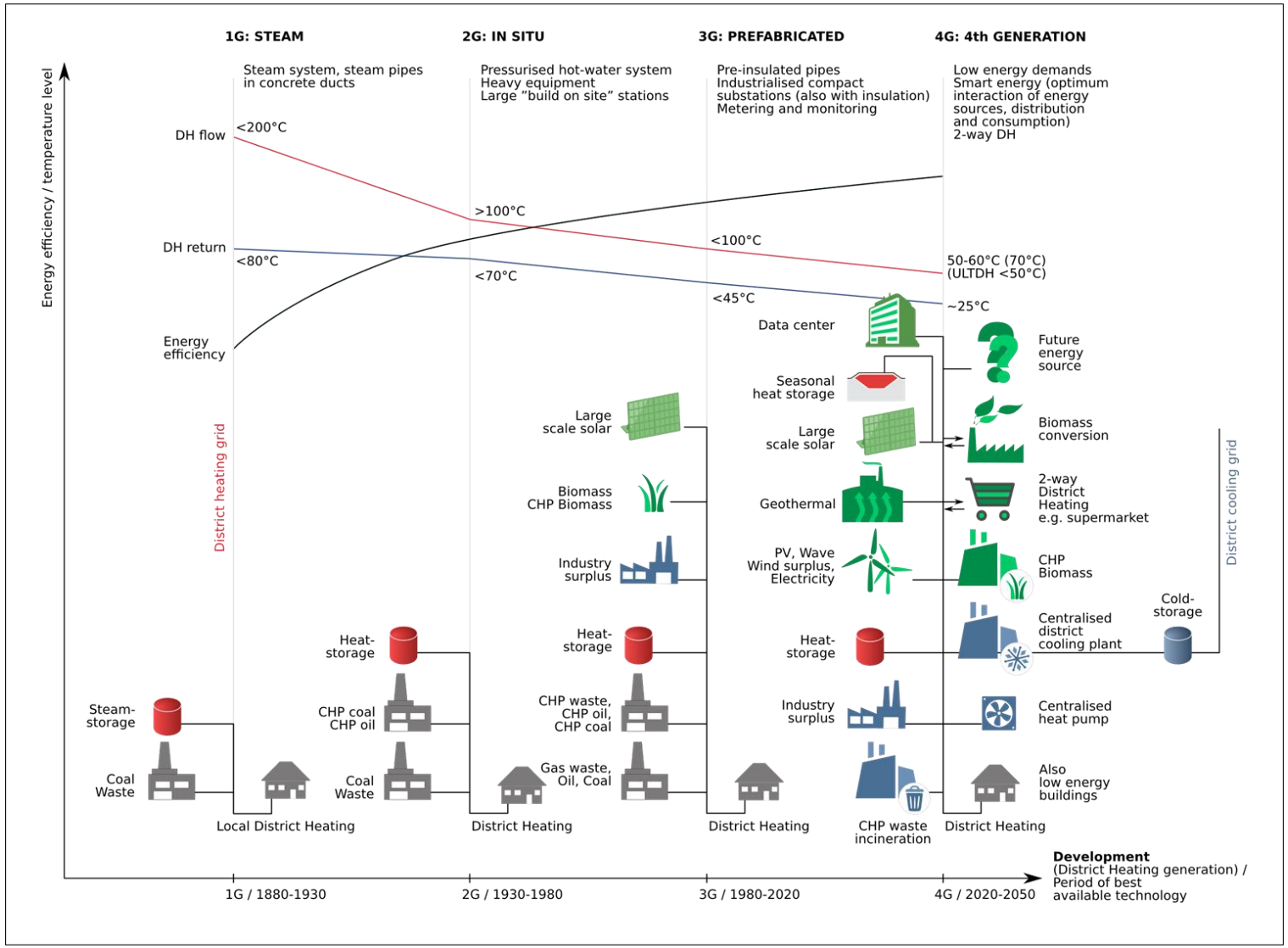



*Illustration du concept de 4ème génération de réseaux de chaleur, en comparaison avec les trois générations précédentes (Henrik Lund et al. 2014)*