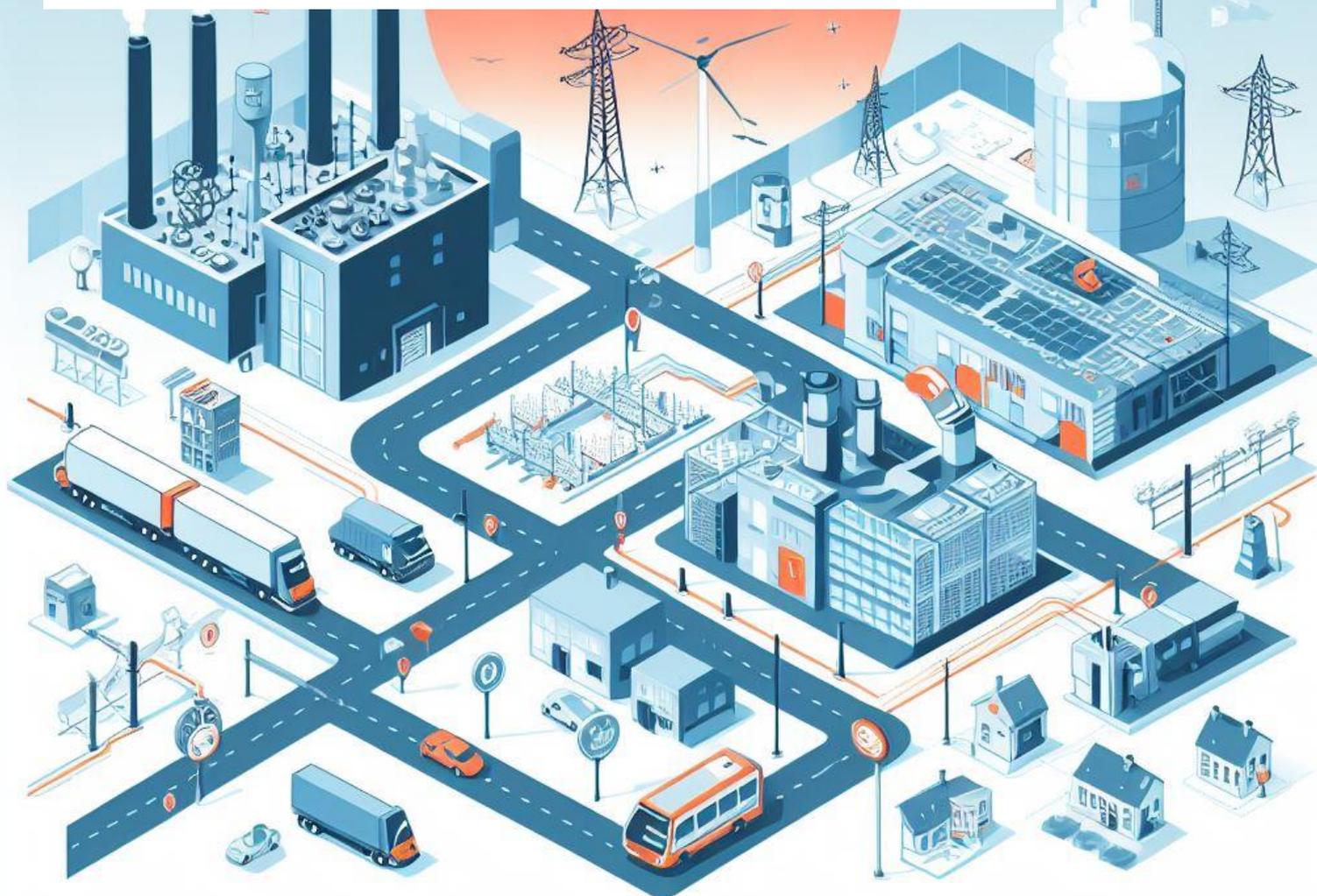


VALORISER SUR SON TERRITOIRE LA CHALEUR FATALE DES DATA CENTERS



À destination des data centers

Cahier technique

Nov.
2023

REMERCIEMENTS

Le présent document est basé sur les retours d'expérience de collectivités, syndicats d'énergie, exploitants réseaux de chaleur, bureaux d'études et opérateurs de data centers, recueillis entre 2022 et 2023, issus du projet étudiant la valorisation de la chaleur fatale des data centers. Ce projet est coordonné par l'Agence de la Transition Écologique (ADEME).

Nous remercions l'ensemble des organismes ayant participé au suivi de l'étude :

- AMORCE¹,
- CENTRE D'ETUDES ET D'EXPERTISE SUR LES RISQUES, L'ENVIRONNEMENT, LA MOBILITE ET L'AMENAGEMENT (CEREMA),
- CHOOSE PARIS REGION,
- DIRECTION GENERALE DE L'ENERGIE ET DU CLIMAT, MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET DE LA COHESION DES TERRITOIRES (DGEC),
- DIRECTION GENERALE DES ENTREPRISES, MINISTERE DE L'ECONOMIE, DES FINANCES ET DE LA SOUVERAINETE INDUSTRIELLE ET NUMERIQUE (DGE),
- DEPARTEMENTALE DE LA DIRECTION REGIONALE ET INTERDEPARTEMENTALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DES TRANSPORTS D'ILE-DE-FRANCE (DRIEAT Île-De-France),
- FRANCE DATA CENTER,
- FEDERATION NATIONALE DES COLLECTIVITES CONCEDANTES ET REGIES (FNCCR),
- GRAND PARIS SUD,
- SYNDICAT INTERCOMMUNAL POUR LE GAZ ET L'ELECTRICITE EN ÎLE-DE-FRANCE (SIGEIF).

RÉDACTEURS

MISSAGHIEH--PONCET Denis, VOSSION Florence, ELCIMAÏ ENVIRONNEMENT, MOLINA Julien APL DATACENTER, LAFITTE Bruno, ADEME. 2022.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Groupe de relecture :

Catherine CHOU (ADEME), Quentin BULOT (AMORCE), Luc PETITPAIN (CEREMA), Bruno YANGO (DGEC), Elise CHAPPAZ (DRIET), Florence LEVY (DRIEAT – France Chaleur Urbaine), Géraldine CAMARA (FRANCE DATA CENTER), Valentine GOETSCHY (SIGEIF).

¹ Association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur.

SOMMAIRE

LA RECUPERATION DE CHALEUR FATALE	2
LA DISTRIBUTION DE CHALEUR FATALE	6
ÊTRE EN SYNERGIE AVEC LE TERRITOIRE	9
LES BONNES PRATIQUES	13
GLOSSAIRE	17

En bref



Privilégier l'efficacité énergétique

La chaleur fatale ne doit intervenir qu'après avoir optimisé énergétiquement son projet, et non l'inverse. Vous devez d'abord chercher à réduire votre consommation d'énergie puis à valoriser la chaleur fatale, quand cela est possible, en interne puis en externe.



Identifier le bon exutoire

La valorisation de la chaleur fatale d'un data center doit se faire pour répondre à un besoin de chaleur à proximité et compatible. Privilégier une valorisation proche basse température, sans système de relèvement de température ainsi que l'utilisation des infrastructures existantes. Pour ce faire, travailler avec les acteurs de votre parc d'activité et la collectivité !



Interagir correctement avec l'écosystème

Le choix de l'interlocuteur est très important pour réussir vos démarches. Pour créer un projet de valorisation de chaleur fatale ou identifier les consommateurs sur un territoire, aidez-vous des outils en ligne, discutez avec l'EPCI et l'éventuel exploitant du réseau. En Ile-de-France, prenez contact, avant le dépôt de l'agrément, avec la mission immobilière d'entreprise de la DRIEAT.

Pour garantir des discussions fluides, initiez au plus tôt les échanges !

LA RÉCUPÉRATION DE CHALEUR FATALE

La chaleur fatale est l'énergie thermique produite par un procédé dont elle n'est pas la finalité.

Tout processus ou activité industrielle émet de la chaleur par dissipation thermique. Si celle-ci n'est pas utilisée de manière productive, elle est rejetée dans l'environnement, raison pour laquelle elle est considérée comme "fatale" car elle est généralement gaspillée, sans être captée ni valorisée.

De nombreux sites génèrent de la chaleur fatale, tels que les centrales électriques, les centrales de valorisation des déchets, les raffineries, les usines de production ou encore les data centers. Ces activités consomment de l'énergie pour fonctionner, et une partie de cette énergie est convertie en chaleur dont une grande quantité est rejetée dans l'environnement sous forme de gaz chauds, d'eau chaude ou d'air chaud.

La chaleur fatale est une source significative d'énergie quand elle est récupérée, captée et utilisée à d'autres fins, telles que le chauffage des bâtiments, la production d'eau chaude, la génération d'électricité supplémentaire ou lors de processus industriels.

De la même manière, les data centers produisent de la chaleur fatale en raison de leur consommation élevée d'électricité pour alimenter les serveurs, les systèmes de refroidissement et les équipements auxiliaires.

Lors du processus de refroidissement des serveurs, de la chaleur est transférée des serveurs au système de refroidissement : c'est lors de cet échange de chaleur que la chaleur fatale peut être récupérée.

10%, C'EST LA PART DU NUMÉRIQUE DANS LA CONSOMMATION ÉLECTRIQUE FRANÇAISE

Source : RTE

LA PART DES DATA CENTERS DANS L'EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE EN

FRANCE S'ÉLÈVE A **16%**

Source : ADEME/ARCEP

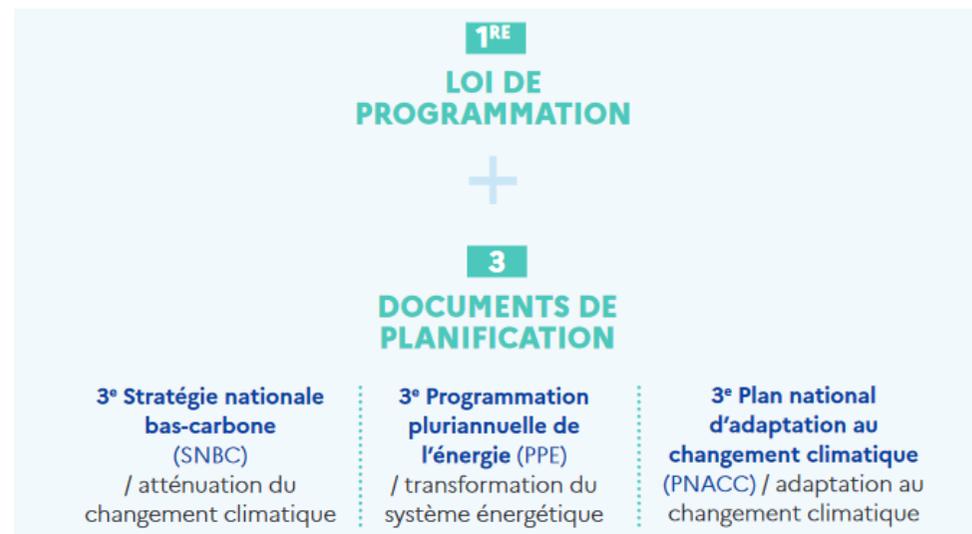
IL EST ESTIMÉ À **+50%** L'AUGMENTATION DE LA CONSOMMATION DES DATA CENTERS D'ICI 2030

Source : DRIEAT

Multiplier par 5 la récupération de chaleur fatale livrée dans les réseaux

C'est l'objectif présenté dans la stratégie française énergie-climat (SFEC), en novembre 2023.

La SFEC est révisée tous les 5 ans et comprend :



Stratégie Française Énergétique et Climat

L'objectif 2 de la PPE3 : accroître la production d'énergie décarbonée, vise à livrer 25 à 29 TWh de chaleur fatale dans les réseaux de distribution de chaleur d'ici 2035.

5,4 TWh

2021



25 à 29 TWh

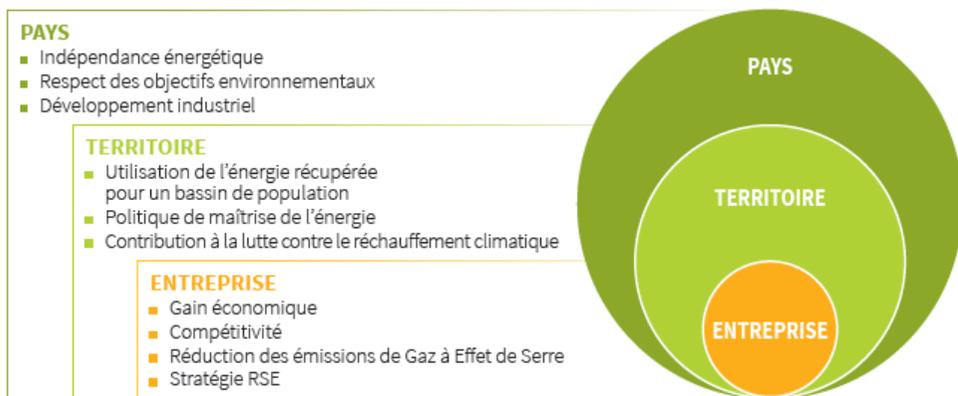
2035

Dans les publications actuelles, il n'est pas précisé la part que devrait prendre la récupération de chaleur fatale issue des data centers.

Appréhender les enjeux territoriaux de la valorisation de chaleur fatale

La valorisation de chaleur fatale sur le territoire représente un enjeu à différentes échelles et **s'inscrit dans une démarche d'efficacité énergétique cohérente**.

Une fois les systèmes énergétiques optimisés, la question de la valorisation et des enjeux de la chaleur fatale se pose. Valoriser la chaleur fatale présente des leviers environnementaux, économiques et sociétaux selon plusieurs niveaux :



Enjeux de valorisation de la chaleur fatale (source : ADEME La chaleur fatale 2017)

Prioriser les bons enjeux

La priorité doit être donnée à l'efficacité énergétique

L'organisation actuelle de nos sociétés et de nos modes de vie nous conduit à utiliser énormément d'énergie pour la satisfaction de nos besoins quotidiens. Il est donc indispensable de rechercher la meilleure utilisation possible de l'énergie. Les data centers sont d'importants consommateurs d'énergie. La baisse des consommations énergétiques est nécessaire et entraîne également une diminution des coûts d'exploitation. Il faut ainsi :

- **Donner la priorité à l'efficacité des équipements** : innovation technologique ou optimisation énergétique,
- **Pour ensuite prioriser les EnR&R et valoriser la chaleur fatale** : c'est après avoir agi sur l'efficacité énergétique des équipements que la chaleur fatale doit être récupérée. D'abord pour un usage in situ (si les besoins sont suffisants) pour ensuite valoriser la chaleur sur le territoire.

La chaleur fatale des data centers

Comprendre la chaleur fatale : la quantité et la qualité

Lors de l'évaluation du **potentiel** de chaleur fatale, il est nécessaire de prendre en compte deux paramètres fondamentaux : la **quantité** et la **qualité**.

Nous définissons :

- **La quantité** : il s'agit de l'énergie totale générée annuellement sous forme de chaleur fatale, exprimée en MWh.
- **La qualité** : il s'agit des régimes de températures auxquels cette énergie est émise, mesurés en °C.

La production d'énergie fatale, due aux serveurs d'un data center est généralement considérée comme peu sensible aux variations saisonnières, et stable.

Pour les data centers utilisés actuellement sur le marché, la plage de températures de la chaleur fatale varie entre 20 °C et 30°C, atteignant parfois jusqu'à 60 °C (dans le cas particulier du refroidissement à cœur haute température).

En cas de différence de température entre la chaleur issue du data center et les besoins de l'utilisateur final, par exemple pour un couplage sur un réseau de chaleur, l'installation d'un système de régulation de température devient incontournable, principalement par le biais d'une pompe à chaleur ou d'un appoint. Ce système implique des consommations énergétiques pour répondre aux besoins en chaleur et des investissements potentiellement significatifs, à prendre en compte pour évaluer la viabilité économique du projet.

Comprendre la chaleur fatale : le potentiel

La chaleur fatale produite par les data centers est principalement générée par les équipements informatiques. Nous pouvons considérer que la totalité de l'énergie électrique consommée par le matériel informatique est dégagée sous forme de chaleur :

$$\text{Quantité de chaleur fatale dégagée} \approx \text{Quantité d'énergie électrique consommée des équipements informatiques}$$

Il est aussi possible de récupérer la chaleur fatale provenant des compresseurs des systèmes frigorifiques, comme les alimentations sans interruption (ASI). Ce potentiel n'a pas été estimé, car il dépend de l'architecture, des équipements et des consignes de températures propres à chaque data center.

Nous distinguons :

- **Le potentiel de chaleur fatale totale** : représente une estimation de la chaleur générée par l'ensemble des équipements informatiques des data centers en France. La faisabilité technique et la capacité de récupération en interne ou en externe ne sont pas considérées.

En 2017, ce potentiel a été estimé à 3,6 TWh. Cette première estimation portait sur 177 data centers hébergeurs recensés en France en 2015. Ce potentiel a été réévalué en intégrant l'ensemble du parc des data centers en France.

En 2020, le potentiel de chaleur fatale totale est estimé à 6,9 TWh

avec plus de 200 centres numériques dédiés et 5 000 serveurs d'appoint² hébergés en France.

Les salles informatiques en entreprises représentent également un potentiel de valorisation en interne, qui reste aujourd'hui largement inexploité.

- **Le potentiel de chaleur fatale récupérable** : reflète une estimation de la quantité d'énergie qui pourrait réellement être récupérée à date sur la base de la répartition des différents systèmes de refroidissement ou encore de leur proximité avec les besoins. Cette quantité pourrait évoluer en fonction de :
 - **L'aménagement du territoire** : l'augmentation des besoins de chaleur autour des Data Centers : piscines, bâtiments HQE, procédés industriels, ...,
 - **L'évolution des conditions d'exploitation** des data centers : l'augmentation des régimes de températures par exemple,
 - **La rénovation thermique des bâtiments** aux alentours : entraînant une baisse des régimes de température des boucles de chauffage ou une baisse des besoins.

En 2020, le potentiel de chaleur fatale récupérable est estimé à 1 TWh.

Cela représente :

² Données 2020 - France Data Center



100 000

équivalents logements



3%

de la livraison finale de chaleur
par les réseaux en 2021

REALISER DES ÉTUDES PERSONNALISÉES

Seules des études personnalisées sur chaque data center pourront réellement déterminer le potentiel et les conditions de valorisation de la chaleur fatale.

L'augmentation du nombre de data centers sur le territoire est forte. On peut s'attendre à une multiplication par 3 de ce potentiel à moyen terme :

En 2030, le potentiel de chaleur fatale récupérable pourrait représenter 3,5 TWh.

Les progrès technologiques permettent aux data centers de proposer des systèmes de refroidissement de plus en plus performants (technologies émergentes comme le refroidissement à cœur) et des régimes de températures de plus en plus élevées, posant un cadre favorable à la valorisation de la chaleur fatale. Ainsi, le potentiel de chaleur fatale récupérable pourra se rapprocher, à moyen terme, de la puissance IT.

Comprendre les différents systèmes de refroidissement sur la récupération de chaleur

Le choix du système de refroidissement pour un data center revêt une importance cruciale en matière d'efficacité énergétique et de potentiel de récupération de chaleur.

Système de Refroidissement	Caractéristiques	Type d'application	Potentiel de Récupération de Chaleur

Refroidissement à Cœur (DLC/Immersion)	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau d'eau de refroidissement (retour 40°C à 60°C) • Solution performante • Pas de besoin de production de froid mécanique. 	Particulièrement adapté pour de fortes densités informatiques (>10kW/m ²) comme le calcul intensif.	<ul style="list-style-type: none"> • Solution la plus favorable à la récupération de chaleur. • Pas de relèvement nécessaire pour des consommateurs avec des réseaux de chauffage basse température
Free Cooling Direct à Air	<ul style="list-style-type: none"> • Très efficace énergétiquement • Pas de réseau d'eau de refroidissement. 	Faibles et moyennes densités informatiques (< 5kW/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Requiert un échangeur air/eau entraînant une surconsommation de ventilateurs. • Températures trop faibles pour être valorisées directement nécessite un système de relèvement.
Boucle d'Eau Glacée "Moyenne Température" avec Free Chilling	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau d'eau de refroidissement (20°C à 35°C). • Particulièrement efficace en hiver. 	Faibles et moyennes densités informatiques (< 5kW/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Température trop faible pour être valorisée directement. • Adapté pour des consommateurs de chaleur ayant des besoins toute l'année

D'autres solutions existent, mais sont à éviter ou ne sont pas adaptées à la récupération de chaleur fatale :

- **Refroidissement par boucle d'eau glacée "basse température"** : bien que bénéficiant d'une production de froid centralisée et produisant de la chaleur à des températures relativement élevées (30°C à 50°C), les températures d'eau glacée faibles (6°C – 15°C) induisent de fortes dépenses énergétiques. Ce système est de moins en moins utilisé car peu efficace énergétiquement.
- **Refroidissement par détente directe** : ce système, adapté aux petits data centers, génère une chaleur fatale peu valorisable. Sa complexité et sa nature décentralisée rendent difficile la mise en place d'une récupération de chaleur efficace.

Afin de permettre la récupération de chaleur lorsque les conditions le permettront, il est essentiel de prévoir les attentes nécessaires à la récupération de chaleur, dès la conception du data center : vannes, emplacement dédié à un échangeur, éventuel système de relèvement de température...

Ces précautions facilitent l'intégration future de systèmes de récupération de chaleur, renforçant ainsi l'engagement en faveur d'une exploitation énergétique durable et responsable.

LA DISTRIBUTION DE CHALEUR FATALE

Dans l'optique d'atteindre la neutralité carbone à horizon 2050 en France, l'augmentation de l'utilisation d'énergie renouvelable ou de récupération est incontournable. Articuler les data centers et les consommateurs afin de mettre en place la valorisation de chaleur fatale s'inscrit dans la politique énergétique française, devenant autant un enjeu environnemental, de souveraineté, d'aménagement qu'économique.

Miser sur les réseaux de distribution de chaleur

En 2021, 898 réseaux urbains de distribution de chaleur existent en France.

Cela représente :



29,8 TWh

de chaleur livrée nette



62,6%

d'EnR&R



44 945

bâtiments raccordés
soit, +2,5 M d'équivalents logements

Comprendre le fonctionnement d'un réseau de distribution de chaleur

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers.

Véritable outil de confort urbain, les réseaux présentent une somme considérable d'avantages pour les usagers :

- Simplicité d'utilisation,
- Maîtrise des coûts énergétiques,
- Développement multi-énergétique,
- Diminution des rejets atmosphériques,
- Préservation de l'environnement sur les plans esthétique, visuel et sonore,
- Sécurité accrue par l'absence d'installation de combustion dans les immeubles desservis,

- Suppression des charges d'entretien ou de mise en conformité liées aux productions localisées,
- Prise en compte préventive des risques sanitaires,

Ils comprennent 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.

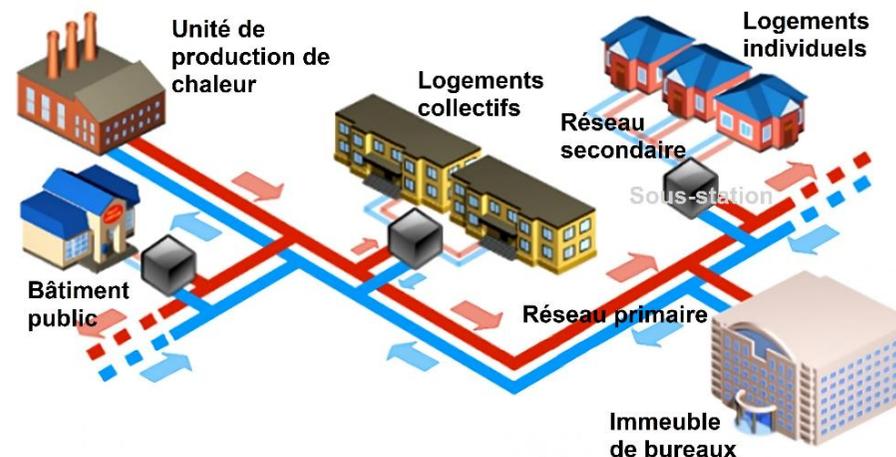


Schéma réseau de chaleur (source Cerema)

Tout réseau de distribution de chaleur comporte les principaux éléments suivants :

Unité	Pour quoi faire ?
Unité de production de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Production centralisée : 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. • Production décentralisée : Multiplication des petites unités de production de chaleur, souvent à faibles températures (< 50°C). Appelée également « réseau multipoints-multipoints ».
Réseau de distribution	La canalisation dans laquelle la chaleur est transportée par un fluide caloporteur (vapeur ou eau chaude) comporte :

	<ul style="list-style-type: none"> • Un circuit aller pour le fluide chaud issu de l'unité de production • Un circuit retour pour 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.
Sous-station d'échange	<p>Située au point de livraison, elle permet 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.</p> <p>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.</p>

Comprendre les différents réseaux de distribution de chaleur

Les différentes sources de chaleur disponibles sur un territoire n'ont pas toutes les mêmes régimes de températures, il en va donc de même pour les réseaux de distribution de chaleur.

Plus la température du réseau est basse, plus celui-ci a accès à une variété importante de sources de chaleur exploitables dans des conditions optimales (par échange direct, si la température de la source est supérieure à celle du réseau, par une PAC si la température est légèrement inférieure).

Il est possible de classer les réseaux de distribution en 3 catégories, selon leur régime de température.

Réseaux	Régime de température	Consommateurs possibles	Intégrer la chaleur fatale du data center
Classique	~100°C	<ul style="list-style-type: none"> • Tous types de bâtiments • Certains industriels avec des besoins toute l'année à ces régimes de température. 	<p>Peu adaptée.</p> <p>Besoin d'un système de relève de température et souvent d'un appoint thermique.</p>
Basse température	~70°C	<ul style="list-style-type: none"> • Bâtiments résidentiels et tertiaires • Piscines • Centres de santé • Industriels • Serres 	<p>Adaptée.</p> <p>Système de relève de température obligatoire.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • ... 	
Très basse température	~25°C à 50°C	<ul style="list-style-type: none"> • Petits réseaux, à la production décentralisée • Nouveaux bâtiments HQE avec besoins de chauffage faibles (niveaux BBC, RT 2012 et au-delà avec la RE2020), équipés d'émetteurs à basse température. 	<p>Très adaptée.</p> <p>Système de relève de température au niveau du réseau non-obligatoire, mais nécessite un système de relève de température ou d'appoint sur chaque bâtiment pour alimenter en ECS (seuil réglementaire à 50°C, il est recommandé de ne pas descendre en dessous de 55°C).</p>

Dès lors que les conditions techniques et économiques sont réunies, la création d'un nouveau réseau de distribution de chaleur, basse ou très basse température, est à privilégier pour **alimenter les consommateurs à proximité du data center** plutôt que de chercher un raccordement à un réseau de chaleur urbain plus lointain.

L'EXEMPLE D'EQUINIX ET DE LA PISCINE OLYMPIQUE

Le data center d'Equinix à Saint-Denis (93) valorisera 6,6 MW de chaleur fatale. La chaleur du data center sera récupérée à 28°C, avant d'être rehaussée en température et injectée dans le réseau de la future ZAC Saulnier, alimentant des bâtiments neufs ainsi que le centre aquatique des Jeux olympiques de Paris 2024.

Localiser les réseaux de chaleur et les besoins sur le territoire



France Chaleur Urbaine

Faciliter les raccordements aux réseaux de chaleur

France Chaleur Urbaine est un service gratuit mis en place par l'État pour accélérer la dynamique de raccordement aux réseaux de chaleur, en vue de l'atteinte des objectifs de développement de la chaleur renouvelable et de récupération. Le service centralise les tracés et données des réseaux de chaleur et de froid dans le cadre de sa cartographie nationale.

La cartographie France Chaleur urbaine donne accès :

- Aux tracés des réseaux existants,
- À leurs données techniques : mix énergétique, livraisons annuelles de chaleur, longueur du réseau...,
- À des informations tarifaires.

Elle permet également de prendre connaissance des périmètres de développement prioritaire des réseaux classés et des réseaux de chaleur en construction. Des données sur les potentiels de raccordement sont aussi accessibles depuis la carte : consommations de gaz à l'adresse, données bâtimentaires, ...

Le service permet également à toute personne intéressée pour se raccorder de tester son adresse et d'être mise en relation avec le gestionnaire du réseau de chaleur le plus proche.

D'autres outils sont accessibles depuis le site, notamment la possibilité de tester en masse un grand nombre d'adresses.

En savoir plus

<https://france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr/>

Pour tous les territoires de France, le projet EnRezo du Cerema permet de faciliter la réalisation des études d'opportunité, des schémas directeurs (en identifiant des zones d'extension possibles) et d'engager plus rapidement des études de faisabilité sur les secteurs identifiés par les acteurs locaux :



ENREZO

Par le Cerema

En savoir plus

<https://reseaux-chaleur.cerema.fr/espace-documentaire/enrezo>

D'autres initiatives, en lien avec les observatoires régionaux, sont également lancées dans plusieurs régions, à l'image de Terristory.

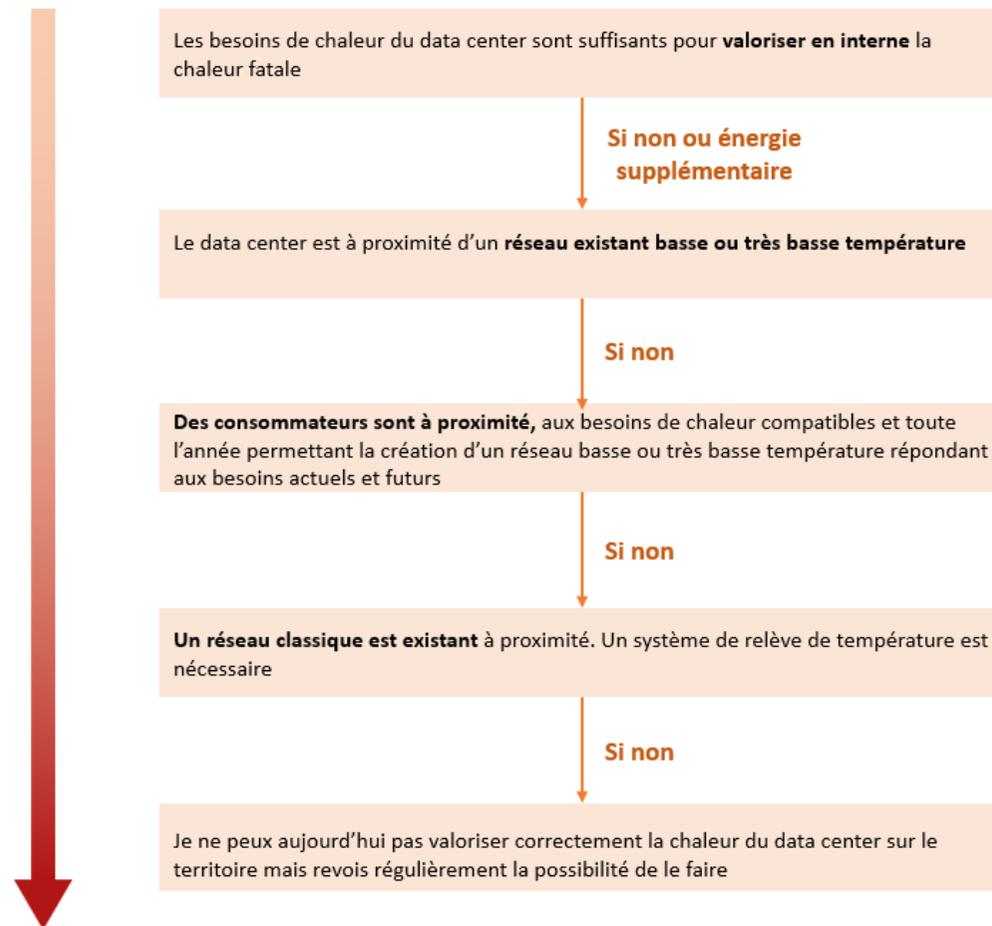
En savoir plus

<https://terristory.fr/>

Prioriser correctement la valorisation

Pour chacun des projets, les consommateurs à proximité, les réseaux de distribution de chaleur et les évolutions de l'aménagement urbain doivent être identifiés en amont de l'étude technico-économique.

Processus de réalisation



ÊTRE EN SYNERGIE AVEC LE TERRITOIRE

Interagir correctement avec l'écosystème

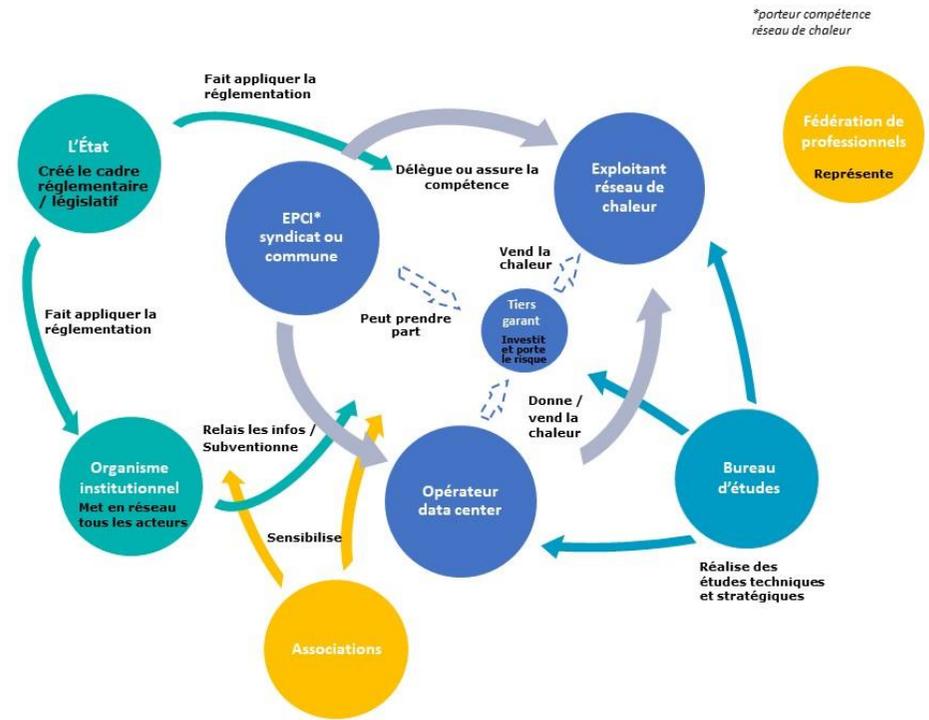
Comprendre l'écosystème

Au cœur de l'écosystème, se trouvent les principales parties prenantes. Ce sont ces acteurs qui initient un projet de valorisation de chaleur fatale :

- **La commune, l'EPCI ou le syndicat d'énergie** : porte la compétence « création et exploitation d'un réseau public de chaleur et de froid » et se doit d'assurer la cohérence et l'application de ses différents schémas de planification,
- **La commune** : autorise et délivre le permis de construire,
- **L'opérateur de data center** : construit et opère les changements dans le centre de données. Il est le décisionnaire pour la valorisation de la chaleur fatale de son centre,
- **L'exploitant du réseau de chaleur** : assure l'exploitation du réseau de chaleur et réalise les travaux. Il est le garant du fonctionnement du service.

En périphérie, se trouvent les acteurs qui interagissent de façon indirecte avec la valorisation de chaleur fatale :

- **Les partenaires institutionnels** rédigent et assurent la bonne application de la réglementation.
- **Les associations et fédérations de professionnels** sensibilisent et informent sur la chaleur fatale et les réseaux de chaleur.
- **Les bureaux d'études** accompagnent le cœur de l'écosystème en réalisant les études nécessaires.



Interactions des acteurs dans l'écosystème de valorisation de chaleur fatale des data centers vers un réseau urbain de chaleur

Trouver le bon interlocuteur

Lorsqu'il s'agit d'établir une synergie entre les data centers et le territoire, il est essentiel de trouver le bon interlocuteur pour faciliter une collaboration fructueuse.

En fonction de vos démarches, voici vers qui vous tourner :

Démarche	Acteurs	Pourquoi ?
Permis de construire	Commune	La commune étudie, autorise et délivre le permis de construire. Elle travaille de concert avec l'EPCI.
Projet récupération de chaleur et identification des	Commune ou Syndicat d'énergie ou	L'EPCI apporte la vision stratégique et de cohérence territoriale. Il mène des études de planification territoriale et identifie les potentiels consommateurs (PCAET, schéma directeur des

potentiels consommateurs	EPCI ou Exploitant du réseau de chaleur	énergies, études d'opportunité, ...). L'EPCI a également la vision sur les orientations d'aménagement programmées et les constructions des nouveaux bâtiments. L'exploitant du réseau de chaleur apportera la vision technique. Il aura également la vision sur les secteurs de développement.
Dérogation au PLU(i)	EPCI ou Commune	PLUi : l'EPCI étudie et autorise les dérogations PLU : la commune étudie et autorise les dérogations
Procédures ICPE	Préfecture	La préfecture régionale étudie les demandes de déclaration, enregistrement et autorisation ICPE. C'est aussi à elle qu'incombent les cas de reclassement de parcelle.
Subventions	ADEME Région	L'ADEME gère le Fonds Chaleur, fonds de subvention dédié aux études et projets liés à la production, récupération et transport de chaleur. Certaines régions peuvent également, au cas par cas, attribuer des subventions pour des projets mettant en avant le territoire.

	détaille l'intégration des enjeux environnementaux et territoriaux : <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité et usages durables de l'énergie • Économie circulaire (déchets, reconditionnement des machines, ...) • Faibles nuisances sonores et atmosphériques • Valorisation énergétique • Respect du Zéro Artificialisation Nette • Intégration dans le paysage • ...
--	---

En savoir plus

https://www.drieat.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fiche_repere_dc_fev2022_vdef.pdf

Phaser les travaux en échangeant en amont

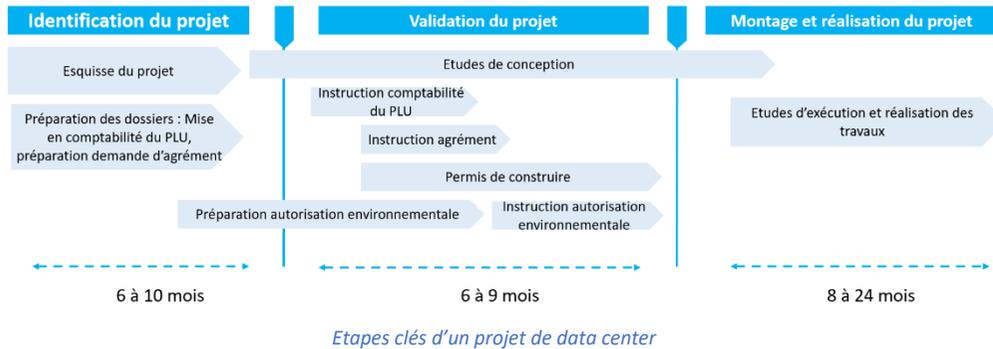
Que ce soit la création d'un réseau de distribution de chaleur ou d'un data center, les projets se construisent sur plusieurs années (entre 2 et 5 ans ou plus). Il est indispensable de **commencer le dialogue le plus tôt possible, dès l'identification de votre projet**, afin d'aligner les temps de planification, d'étude et de réalisation des travaux.



Etapes clés d'un projet de réseau de chaleur urbain³

Cas spécifique en Île-de-France		
Demande d'agrément immobilier d'entreprise	Préfecture régionale - DRIEAT	En Île-de-France, une demande d'agrément immobilier d'entreprise est à formuler auprès de la mission immobilière d'entreprise de la DRIEAT. Les projets privilégiés sont ceux fournissant une étude détaillée sur la possibilité de récupérer la chaleur fatale accompagnée si favorable d'un engagement de principe. Vous devez vous assurer que le projet considère les orientations nationales et territoriales et correspond à la politique de la ville. Le dossier

³ En cohérence avec le « Guide de réalisation d'un réseau de chaleur – Éléments clés pour le maître d'ouvrage ». AMORCE, ADEME



Implanter un data center

Connaître la réglementation

Installations classées protection de l'environnement (ICPE)

Vous pouvez être soumis à plusieurs rubriques de la réglementation ICPE par vos équipements (groupes électrogènes, batteries, groupes froids, ...). En fonction de la taille, le régime de l'installation peut changer et être soumis à **déclaration, enregistrement** ou **autorisation**.

En savoir plus
Réglementation ICPE

Directive (UE) 2023/1791 : Efficacité Energétique

L'analyse technico-économique de l'opération de récupération de chaleur fatale d'un data center n'était jusqu'alors pas systématique.

Au niveau européen, la **révision de la directive européenne relative à l'efficacité énergétique** intègre la valorisation de chaleur fatale, pour les nouveaux data centers et ceux faisant l'objet d'une nouvelle planification ou d'une rénovation substantielle :

Les data centers de puissance installée de plus de 1MW doivent utiliser la chaleur fatale à moins que cette utilisation ne soit pas techniquement faisable ou économiquement viable.

L'analyse obligatoire dans le cadre de la directive européenne porte notamment sur **les coûts et avantages de l'utilisation de la chaleur fatale** pour satisfaire une demande de raccordement à un réseau de chauffage urbain ou à des consommateurs en direct.

Par ailleurs, **les data centers, de puissance IT installée supérieur à 500 kW, ont l'obligation** au plus tard le 15 mai 2024, et tous les ans par la suite, de publier les informations concernant la performance énergétique des centres, à minima :

- La consommation énergétique, dont la part d'énergies renouvelables,
- L'utilisation de puissance,
- Les consignes de température,
- L'utilisation de la chaleur fatale (interne et externe),
- La consommation d'eau.

Ces informations ont pour objectif de figurer dans une base de données européenne sur les centres de données.

En savoir plus

Articles 12, 26, 33 et Annexe VII

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32023L1791&qid=1699524964785>

Mener une étude technico-économique

L'ADEME met à disposition un cahier des charges pour les *études de faisabilité de récupération de chaleur fatale pour valorisation interne et/ou externe*.

En savoir plus

<https://bibliothèque.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/697-etude-de-faisabilite-recuperation-de-chaleur-fatale-pour-valorisation-interne-et-ou-externe.html>

Une analyse technico-économique doit se baser sur la description des installations planifiées. Elle considère l'utilisation directe de la chaleur fatale ou son relevage à des températures plus importantes. Dans le cas de valorisation sur site, l'étude considère à minima les échangeurs thermiques, et les pompes à chaleur. Dans le cas de valorisation externe, les clients potentiels à envisager sont à minima les sites industriels, les sites agricoles et les réseaux de chaleur.

Implanter un data center : les nouvelles normes

Tout comme le Code de Conduite de l'Union européenne pour l'efficacité énergétique des data centers, la norme, non-obligatoire, « *Installation et infrastructure de centre de traitement de données* » (ISO 50600-2-1 juillet 2021) intègre désormais les synergies énergétiques territoriales.

Les exigences sur l'emplacement précisent la considération : **De la présence de réseaux de chaleur ou d'exutoires pour la chaleur fatale.**

Implanter un data center : être en phase avec le territoire

Bien que les data centers soient essentiels à nos sociétés numériques, des impacts existent sur le territoire et doivent être considérés dans l'élaboration des stratégies territoriales et urbaines :

- **Les data centers pourraient représenter 13% de l'électricité mondiale en 2030,**
- **Les structures énergétiques des territoires peuvent être déstabilisées par les data centers.**

En savoir plus

<https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/908-impact-spatial-et-energetique-des-data-centers-sur-les-territoires-l.html>

Le secteur public joue un rôle majeur dans le développement des infrastructures. La question des liens entre secteur public et data centers écologiquement exemplaires, justement territorialisés (en fonction des usages) et efficacement mutualisés, doit se poser.

Une coopération territoriale doit naître entre le secteur public et les data centers.

Ainsi :

- **Privilégiez des emplois locaux**, estimés à environ 12 emplois par tranche de 1000 m² de site.
- **Soutenez les projets territoriaux** : ainsi, au-delà de l'écosystème des sous-traitants, vous devez vous impliquer dans :
 - *Des projets d'écoles ou de centres de formation.*
 - *Des projets d'associations ou des porteurs de projets à impact positif dans des domaines comme l'éducation scientifique et technologique, la réduction des émissions de carbone et l'accès à Internet.*
 - *Des projets de production d'EnR&R.*
- **Hébergez les données numériques locales** : issue d'une stratégie de territorialisation au plus proche des besoins, faites profiter d'un espace de stockage spécifique, quand cela est possible, aux entités publiques (administrations, écoles ou hôpitaux) afin de limiter les redondances d'infrastructures.



La mise en place de récupération de la chaleur fatale devient un impératif d'un projet de data center sur le territoire. À défaut, les attentes techniques doivent être prévues pour faciliter une récupération ultérieure.

L'EXEMPLE DE CLOUD HQ

La construction déjà amorcée du data center CloudHQ à Lisses, permettrait, la mobilisation de **300 à 400 emplois**, ouvriers et fournisseurs, pour sa construction. À terme, **90 à 120 emplois locaux** seraient créés pour l'exploitation du data center.

LES BONNES PRATIQUES

Les bons indicateurs

Relativiser le PUE, l'indicateur le plus répandu

L'optimisation énergétique d'un data center est suivie et mesurée par le Power Usage Effectiveness (PUE), calculant le ratio entre la consommation électrique globale du site et la consommation électrique des équipements informatiques :

PUE

$$= \frac{\text{Consommation énergétique globale du site}}{\text{Consommation énergétique des équipements informatiques}}$$

Calcul du PUE, indicateur d'optimisation énergétique

Plus il est faible, plus le centre de données est énergétiquement optimisé pour le fonctionnement des installations informatiques. Un PUE de 1,0 signifie que toute l'énergie utilisée par le centre de données est consommée par les équipements informatiques. À titre d'exemple, un PUE de 1,4 signifie que lorsque 1kWh est consommé par les équipements IT, 0,4 kWh est nécessaire pour assurer le maintien en condition opérationnelle de cet équipement.

Les équipements nécessaires à la récupération de chaleur fatale peuvent entraîner des consommations énergétiques supplémentaires du côté du data center : la valorisation de chaleur fatale augmentera donc la valeur du PUE.

Connaître les indicateurs les plus pertinents lors de la mise en place de récupération de chaleur

L'Energy Reuse Factor (ERF) est un indicateur pour quantifier la réutilisation de l'énergie consommée par le data center.

$$ERF = \frac{\text{Energie réutilisée(kWh)}}{\text{Consommation électrique globale du site informatique (kWh)}}$$

Depuis 2021, la norme ISO_IEC_30134-9_2021 définit les modalités de calcul du ERF. L'ERF est compris entre 0 et 1.

Un autre indicateur intégrant de manière positive la récupération de chaleur existe, il s'agit de l'Energy Reuse Effectiveness (ERE) :

$$ERE = \frac{\text{Consommation électrique globale du site informatique (kWh)} - \text{Energie réutilisée(kWh)}}{\text{Consommation électrique des équipements informatiques (kWh)}}$$

$$ERE = (1 - ERF) \times PUE$$

Sans récupération de chaleur, l'ERE est égal au PUE.

L'indicateur usuel, le PUE, mesurant la performance énergétique d'un data center n'est pas en mesure de mesurer l'impact positif de la valorisation de la chaleur fatale. L'ERE paraît plus adapté.

Les indispensables

Prévoir les emplacements et attentes dès la conception du centre

Dès la conception du data center, les emplacements et attentes nécessaires à l'insertion des équipements de récupération de chaleur doivent être prévus. Cela permet de faciliter techniquement et économiquement la mise en place a posteriori d'un système de récupération, sans arrêt de l'exploitation du site.

Dans le cas d'un site existant, profitez de travaux planifiés de maintenance ou d'extension, pour installer les attentes techniques et préparer ainsi une future valorisation de la chaleur fatale, sans interruption d'activité.

Privilégier les systèmes de refroidissement à cœur

Le refroidissement à cœur émerge comme une solution privilégiée pour la mise en place de la récupération de chaleur dans les data centers.

Cette préférence repose sur :

- Une meilleure efficacité énergétique
- Une chaleur fatale valorisable directement, sans système de relèvement avec des régimes de températures situées généralement entre 40°C et 60°C, ce qui le rend particulièrement adapté

aux chauffages des bâtiments à haute qualité environnementale (HQE) avec des réseaux de chauffage basse température.

Elle se prête également parfaitement aux environnements de data centers caractérisés par des charges de calcul intensives, généralement dépassant les 10 kW/m² en forte croissance avec les nouvelles applications d'intelligence artificielle.

Ainsi, ce système renforce l'efficacité énergétique globale du data center, mais contribue également à la viabilité économique de la récupération de chaleur, tout en minimisant l'impact environnemental. Pour les exploitants de data centers cherchant à optimiser leur empreinte carbone et à réduire leurs coûts d'exploitation, le refroidissement à cœur s'invite comme une solution de choix pour la récupération de chaleur.

Initier les échanges le plus tôt possible

Pour mener à bien un projet de récupération de chaleur fatale, il est essentiel que l'exploitant du data center communique de manière proactive et précise avec les acteurs clés, notamment :

- L'autorité en charge du réseau de chaleur, qu'il s'agisse d'un syndicat d'énergie, d'un (EPCI) ou d'une métropole,
- La commune délivrant le permis de construire,
- De l'exploitant de l'éventuel réseau de distribution de chaleur,
- Les éventuels autres consommateurs aux alentours, tels que les bâtiments publics, logements collectifs, bureaux, piscines, centres aquatiques, hôpitaux, et procédés industriels.

Lors de ces échanges, l'exploitant du data center devrait clairement exprimer ses contraintes en termes de **puissance, température et de continuité de service**.

De l'autre côté, la collectivité a la charge d'identifier les consommateurs actuels et futurs.

Pour garantir le succès du projet, il est essentiel de veiller à ce que les besoins et les contraintes de chaque partie soient respectés.

SE FAIRE ACCOMPAGNER

Il est souhaitable de se faire accompagner par un bureau d'études dès le début des échanges afin d'apporter une expertise sur la faisabilité technique et la pertinence d'un éventuel projet de récupération de chaleur sur le data center.

De plus, ces discussions doivent être menées de manière régulière, car les besoins et les contraintes de chacun évoluent au fil du temps et de nouveaux acteurs peuvent arriver sur le territoire.

Equilibrer financièrement la chaleur

En plus des questions de disponibilité, la valorisation financière de la chaleur fatale dépend fortement de la différence de température entre la chaleur fatale produite et la température réellement distribuée aux consommateurs. En effet, plus l'écart est important plus les coûts d'investissement et d'exploitation du système de relève de température vont être importants et donc impacter l'équilibre financier de la récupération de chaleur.

Plus les régimes de températures sont importants plus la récupération de chaleur sera viable économiquement. Les systèmes émergents comme le Direct Liquid Cooling et l'Immersion permettent d'augmenter sensiblement l'économie du projet.

Connaître les aides et subventions

Pour vous soutenir dans le projet, des aides existent en fonction des travaux à mener :

Noms	Peut concerner	Commentaire
Fonds Chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Études • Travaux • Installations (dont récupération de chaleur si >1 GWh/an) 	<p>Les modalités de calcul du Fonds Chaleur prennent également en compte l'ensemble des autres aides attribuées. Les demandes doivent être conformes aux cahiers des charges de l'ADEME.</p> <p>Si un diagnostic énergétique est réalisé par suite d'une exigence réglementaire, dans ce cas, il ne pourra pas être aidé par l'ADEME.</p> <p>Pour l'année 2024, le Fonds Chaleur est de 820M€.</p> <p>https://agirpourlatransition.ademe.fr/</p>
Contrats de chaleur renouvelable territoriaux	<ul style="list-style-type: none"> • Installations (dont récupération de chaleur si <1 GWh/an) 	<p>Les CCRt dépendent de l'ADEME et sont régionalisés. Attention tout de même, ils ne couvrent pas toujours l'entièreté d'une région, et ne financent pas toujours la récupération de chaleur fatale ! Il est essentiel de se rapprocher du bureau de votre région.</p>
Certificats d'Economie d'Énergie	<ul style="list-style-type: none"> • Les opérations couramment réalisées de récupération et 	<p>En fonction des opérations, des valeurs forfaitaires de certificats d'économies d'énergie (CEE) ont été définies.</p>

d'économie d'énergie

Des fiches standardisées évoluent régulièrement et sont consultables en ligne : <https://www.ecologie.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie>

Respecter le bon niveau de transparence

Pour faciliter les échanges, communiquez et exprimez vos besoins et vos capacités :

- **La chaleur valorisable** : quantité, puissance, disponibilité, ...
- **Vos prévisions d'activités** : comme la consommation prévisionnelle, la montée en charge, le taux d'occupation des serveurs...
- **Les informations sur la donnée stockée**, ou encore les typologies de clients pourront vous être demandées,
- **Les projets locaux** que vous pourriez soutenir, afin de faciliter l'inclusion dans le territoire et en phase avec votre image de marque.

Présentez également clairement les informations que vous ne pouvez pas transmettre, pour des raisons de confidentialité ou par manque de vision.

Contractualiser l'échange de chaleur

Une convention d'échange de chaleur contractualise la vente ou la mise à disposition d'énergie d'un producteur de chaleur (souvent fatale) et d'un exploitant de réseaux de chaleur (urbains ou techniques). Cette convention accorde les deux parties sur les termes de l'échange :

- Le coût de la chaleur (€/MWh)
- Le volume annuel de chaleur (MWh / an)
- La température de fourniture (°C)
- La plage de puissance (kW)
- La disponibilité de la chaleur (horaires, jours, mois, saisons, ...)
- La durée de l'engagement
- Les arrêts annuels possibles pour maintenance

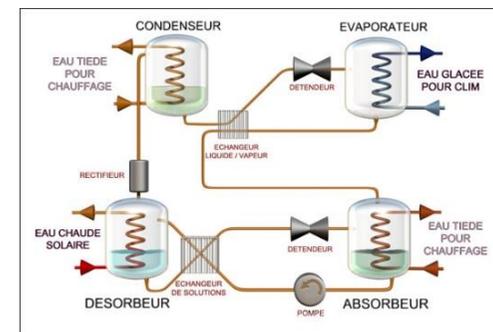
Quelques idées innovantes

S'accorder sur les termes d'une convention de chaleur ne rime pas forcément avec concessions. En effet, certaines idées innovantes permettent de rajouter de la souplesse à la convention d'échange de chaleur et peuvent être aussi bien techniques que sur le montage du projet.

Intégrer une machine à ab/ad-sorption dans le montage technique

Une pompe à chaleur réversible ou une machine à ab/ad-sorption, permet de produire du froid à partir de chaleur. Remplacer la pompe à chaleur classique par une pompe à chaleur réversible ou ajouter une machine à ab/ad-sorption permet donc de produire de la chaleur et du froid en fonction des besoins.

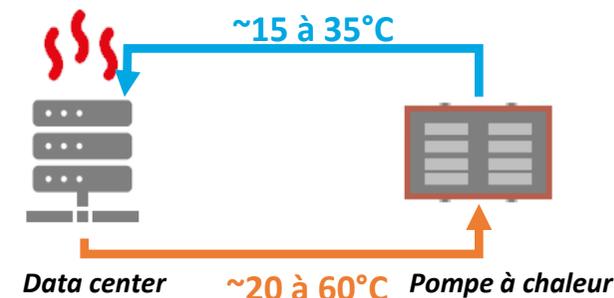
La pompe à chaleur réversible ou la machine à ab/ad-sorption permet donc d'assurer la production de chaleur et la distribution de froid.



Ce système est particulièrement pertinent dans notre contexte actuel où les réseaux de froid se multiplient. L'identification des besoins de froid se fait notamment au moment de la réalisation de schéma directeur des réseaux de chaleur et de froid.

Considérer le data center comme un abonné froid

La pompe à chaleur, élément obligatoire dans le système de relève de température, permet de rehausser la température de la chaleur fournie par le data center, aux conditions d'exploitation du réseau de chaleur. Le fluide (air, eau, ou autre fluide caloporteur) une fois prélevé de sa chaleur est donc refroidi.



Il paraît alors envisageable de considérer le data center comme « un abonné froid d'un réseau de chaleur » plutôt que comme un producteur de chaleur, où l'exploitant du réseau de chaleur s'engagerait à la fourniture d'une température cible à l'entrée du système de refroidissement (donc, à la sortie de la pompe à chaleur) du data center.

Le data center serait alors contractualisé comme un abonné froid avec une température cible, avec une police d'abonnement adaptée, tandis que l'exploitant du réseau de chaleur, ayant porté l'investissement, aurait à sa charge l'exploitation et la maintenance des équipements et serait rétribué par le data center.



Actuellement, aucun projet ne contractualise le data center comme un abonné froid et seule une étude technico-économique permettrait de statuer sur la pertinence d'un tel montage contractuel. Il faudrait également considérer les éventuels équipements de secours du data center pour assurer la production de froid en cas de défaillance de la part de l'exploitant du réseau de chaleur.

Définir les conditions tarifaires d'achat de la chaleur

Il existe autant de montages financiers que de projets. Les deux principaux sont :

La mise à disposition gratuite de la chaleur.

Cette solution est généralement applicable quand le fluide, en sortie du système de relèvement de température est retourné vers le data center à la bonne température. Dans ce cas, des économies d'énergie apparaissent et permettent la mise à disposition gratuite de la chaleur. Dans ce genre de montage, le data center peut supporter les coûts liés à l'échangeur de chaleur, tandis que l'exploitant du réseau de chaleur peut porter les coûts liés aux installations de relèvement de température.

La vente de la chaleur.

La deuxième solution est plus conventionnelle. La chaleur est achetée par l'exploitant du réseau de chaleur à un prix permettant de couvrir les frais d'exploitation du data center. Les investissements sont eux partagés. Pour plus de souplesse, le data center peut s'il le souhaite, porter tout l'investissement (échangeur et système de relèvement de température), mais ce surcoût devra être répercuté sur le prix de vente de la chaleur.

Introduire un tiers garant

Le tiers garant est une entité de confiance, se positionnant à l'interface entre le data center et l'exploitant du réseau de chaleur et porte les risques, à la place des deux parties, sur :

- Les durées d'engagement,
- Le taux d'EnR&R,
- La stabilité de fourniture,
- La puissance minimale,
- Les tarifs d'achat et de vente

Afin d'assurer la fourniture minimale de chaleur, le tiers garant prévoit une installation de production de chaleur de secours, généralement une chaufferie gaz ou biomasse.

Le tiers garant porte donc les investissements et revend la chaleur à l'exploitant du réseau de chaleur (obtenue gratuitement ou achetée à bon prix au data center) aux bonnes conditions d'exploitation. Le coût de la chaleur permet au tiers garant de financer ses investissements, ses frais d'exploitation et sa marge.

La réussite de ce montage passe par :

- **Un tarif compétitif** vis-à-vis des autres moyens locaux de production, permettant de garantir un tarif maîtrisé pour les abonnés du réseau de chaleur.
- **Une disponibilité de la chaleur** garantissant une fourniture suffisante, régulière et à un coût stable, de l'énergie au réseau de chaleur.

L'EXEMPLE DE BLUE PEARL

Blue Pearl est le tiers garant introduit par Digital Realty, dans le montage du projet d'échange de chaleur entre le data center et le réseau de chaleur de la SMIREC, sur la communauté de Plaine Commune. Il portait les investissements sur la pompe à chaleur et la production de secours. Digital Realty portait l'investissement sur l'échangeur de chaleur, et le SMIREC sur les canalisations. Cependant, le montage n'a pas vu le jour suite au refus du fonds d'investissements de Blue Pearl, trouvant le projet trop risqué.

Définir contractuellement la révision de critères

Les investissements nécessaires (coûts et matières) pour la récupération de chaleur sont significatifs. Il est nécessaire d'amortir cet impact sur une longue durée.

IL EST ESSENTIEL DE VOUS ENGAGER SUR UNE FOURNITURE LONG TERME DE CHALEUR.

L'un des principaux critères rendant la signature de convention de chaleur difficile est **la durée d'engagement**. En effet, une fracture existe entre le besoin long terme de l'exploitant du réseau de distribution de chaleur (sur la durée de la DSP, soit entre 15 ans et 30 ans) et la vision court terme de l'activité du data center (entre 3 et 8 ans maximum).

Pour faciliter un engagement long terme, il apparaît pertinent d'intégrer, une révision périodique (tous les 5 ans par exemple) **de certains termes** pour adapter la fourniture de chaleur aux besoins du réseau de distribution de chaleur et à l'activité du data center. Cette révision pourrait aussi être déclenchée dès lors qu'un seuil critique est atteint (-15% de fourniture de chaleur par exemple).

Les principaux critères susceptibles de varier sont :

- La quantité de chaleur,
- La puissance de fourniture,

- Les plages de températures en entrée ET en sortie du data center (à adapter en fonction de l'éventuelle pompe à chaleur),
- Le prix de la chaleur.

Un engagement essentiel pour les abonnés

L'engagement long terme de fourniture de chaleur est important pour l'exploitation du réseau de chaleur. En plus de donner une visibilité claire, **il impacte directement le prix de vente aux abonnés**. Par exemple, un réseau avec plus de 50% de chaleur renouvelable permet une TVA réduite à 5,5% au lieu de 20% pour les abonnés (sur la part de chaleur consommée).

GLOSSAIRE

BBC	Bâtiment Basse Consommation
CO₂	Dioxyde de carbone. Souvent utilisé pour parler des émissions équivalent carbone.
COP	Coefficient de performance. Utilisé pour caractériser l'efficacité énergétique des pompes à chaleur
EnR&R	Energie Renouvelable et de Récupération.
ECS	Eau Chaude Sanitaire
HQE	Haute Qualité Environnementale
IT	Information technology. Souvent utilisé pour désigner le matériel ou domaine informatique.
ICPE	Installations classées protection de l'environnement.
LETCV	Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte
RCU	Réseaux de chaleur urbain
UVE	Unités de Valorisation Energétique (à partir de déchet)