RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
*Liberté*
*Égalité*
*Fraternité*

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

EXPERTISES

# AVIS D'EXPERTS

Nov. 2024

# Les data centers ou centres de données

## Au centre de la transition numérique

### Ce qu'il faut retenir

INTEGRATION TERRITORIALE :

- L'arrivée d'un data center sur un territoire a des impacts forts en captant une grande quantité d'électricité et plus modestement des ressources en eau ;
- L'implantation sur le territoire doit être accompagnée pour anticiper ses impacts et maximiser les bénéfices économiques et énergétique possibles avec la valorisation de la chaleur fatale ;
- Pour favoriser la valorisation de la chaleur fatale issue des serveurs, il est important que les promoteurs de projet prennent en compte la possibilité de valorisation à proximité dans leur choix d'implantation, et qu'ils soient en mesure de prendre des engagements sur les volumes de chaleur pour faciliter les modalités contractuelles avec les opérateurs de réseaux de chaleur.
- Son implantation doit s'inscrire dans les objectifs du « Zéro Artificialisation Nette » de division par deux du rythme de consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers en 2031 par rapport à la décennie précédente (2011-2021), puis l'atteinte de l'absence d'artificialisation nette en 2050 ;

CONSOMMATION D'ENERGIE :

- Les perspectives montrent une augmentation très rapide de la consommation électrique due aux data centers à moyen terme qui pourrait représenter 6% de la consommation d'électricité en France en 2050 ;
- Des gains d'efficacité énergétique de plus de 50% sont atteignables dès aujourd'hui en agissant sur les serveurs, le refroidissement et les alimentations de secours en priorité ;
- Ainsi, le dispositif éco-énergie tertiaire prend en compte par exemple le PUE (Power Usage Effectiveness), indicateur de l'efficience du data center. Le PUE est le ratio entre l'énergie totale consommée par le data center et l'énergie consommée pour le travail utile, la partie informatique. Le PUE moyen est de 1.5 en France alors que le PUE doit tendre vers 1.2, valeur maximale acceptable pour les nouvelles installations ;
- Les plages de fonctionnement en température et humidité des serveurs peuvent aussi être étendues pour favoriser le free cooling ;
- Quand le free cooling n'est pas possible, le refroidissement liquide ou par immersion permet de réduire les consommations et répondre aux enjeux de densité énergétique, notamment pour répondre aux besoins de l'Intelligence Artificielle ;

- Le recours à l'achat d'électricité d'origine renouvelable ne doit pas se faire au détriment de l'efficacité énergétique et de l'installation de nouvelles capacités de production (notamment photovoltaïque sur site, ou offre d'électricité verte premium) ;
- Les premières réglementations qui construisent des bases de données sur l'impact des data centers permettront de bénéficier d'une connaissance plus fine des enjeux pour mettre en place des mesures d'accompagnement ;
- Des indicateurs normés existent déjà et permettent de poser des objectifs de réduction de l'impact environnemental des datas centers ;

AUTRES IMPACTS ENIVRONNEMENTAUX

- La consommation d'eau des data centers peut aussi être suivie de près à travers le WUE (Water Usage Effectiveness) qui doit être minimisé ;
- Les batteries de secours de data centers peuvent activement participer au marché de la flexibilité de demande en électricité ;
- Les serveurs informatiques doivent être conçus pour permettre une réutilisation de tout ou partie de ceux-ci quand ils sont remplacés.

## TABLE DES MATIERES


Ce qu'il faut retenir ..... 1
1 Contexte & Enjeux ..... 3
2 Définition ..... 4
3 Impact sur le territoire ..... 5
3.1 Localisation et artificialisation des sols ..... 5
3.2 Gestion des flux d'eau et d'électricité ..... 6
3.3 Une nouvelle source de chaleur fatale à valoriser ..... 6
4 Indicateurs clés – réglementation - prospective ..... 7
4.1 Indicateurs clés ou KPI ..... 7
4.1.1 L'efficacité électrique du data center - PUE ..... 7
4.1.2 L'efficacité dans la consommation d'eau - WUE ..... 7
4.1.3 La réutilisation de l'énergie ..... 7
4.2 Réglementation et incitations ..... 7
4.3 Prospective de consommation des data centers ..... 9
5 Actions prioritaires pour limiter l'impact des data centers ..... 10
5.1 Réduction de la consommation d'un centre de données ..... 10
5.2 Energies renouvelables ..... 12
5.3 Récupération de chaleur fatale ..... 12
5.4 Participation aux marchés de flexibilité de la demande en électricité ..... 13
5.5 Recyclage et réutilisation ..... 13
Pour en savoir plus ..... 13

# 1 Contexte & Enjeux

Les data centers ou centres de données sont au cœur de la transition numérique. Ceux sont des bâtiments contenant des serveurs dans lesquels sont stockées et traitées les données. Les data centers sont la partie « intelligente » du cloud.

L'étude ADEME-ARCEP montre que les centres de données représentent 16 % de l'empreinte carbone du numérique avec une approche très conservatrice. En effet n'ont été pris en compte dans les hypothèses de l'étude que les centres de données situés sur le territoire français. Or une partie importante des usages en France sont hébergés à l'étranger ce qui représente des impacts très loin d'être négligeables (environ 55 %). L'étude Hubblo[1] a réalisé une évaluation des impacts environnementaux des centres de données à l'étranger hébergeant des données d'usages venant de France. Les principaux résultats de cette étude montrent que la part de l'empreinte carbone liée aux centres de données passerait de 16 % de l'empreinte carbone du numérique à 42 %. L'empreinte carbone de la France en 2020 passerait alors de 17 MtCO2 eq à 25 Mt Co2 eq. Par ailleurs, les évolutions tendancielles à 2030 et 2050 montrent que les centres de données vont représenter dans les années à venir une part de plus en plus importante de l'impact environnemental du numérique notamment en raison de la hausse du volume de données (+20 % / an) ainsi que de la part de la consommation d'électricité en France qui pourrait représenter 6 % en 2050.

En 2020, l'ADEME a donc inclus les data centers dans ses scénarios prospectifs établis à l'occasion de Transition(s) 2050. Un des scénarios les plus probables amenait à une consommation électrique autour de 35 TWh à l'horizon 2050. Une étude commune ADEME/ARCEP de 2021 tablait sur une consommation de 16 TWh en 2030. Dans son rapport sur le bilan prévisionnel des consommations 2023-2035, le gestionnaire du réseau électrique RTE tablait sur une consommation de 28 TWh en 2035.

Au-delà des prospectives à l'échelle française, des scénarios prospectifs sont aussi proposés à l'échelle européenne par la commission européenne qui estime que la demande en électricité des data centers comptait pour 76,8 TWh en 2018 et sera de 98,5 TWh en 2030 soit 28% d'augmentation[2].

A l'échelle mondiale, l'Agence Internationale de l'Energie a récemment revu ses prospectives à la hausse et table sur une hausse de plus de 75% de la consommation en 2026 par rapport à 2024 (un peu plus de 800 TWh contre 460 TWh)[3].

Les prévisions les plus récentes tablent ainsi sur une augmentation beaucoup plus rapide de la consommation de data centers que ce qui a été prévu en 2020. L'impact de l'essor de l'intelligence artificielle et du big data, mal quantifié à ce jour, reste un driver important des consommations futures à moyen terme.

A plus long terme, d'autres applications émergeront et leurs impacts pourront aussi être importants. Du côté de la technologie, des disruptions tels que l'avènement de l'informatique quantique peuvent aussi freiner et baisser drastiquement les consommations énergétiques des centres de données.

La consommation d'eau pour le refroidissement des data centers peut aussi s'avérer critique en période de forte chaleur et de stress hydrique. Thames Water, principale compagnie britannique de distribution d'eau en Angleterre a ainsi demandé aux opérateurs de data center un plan de réduction de consommation d'eau notamment à Google Cloud et Oracle à la suite de leur consommation excessive de l'été 2022. A Amsterdam, Microsoft a dû présenter un plan drastique de réduction de ses consommations d'eau après sa consommation excessive et largement sous-estimée ce même été.

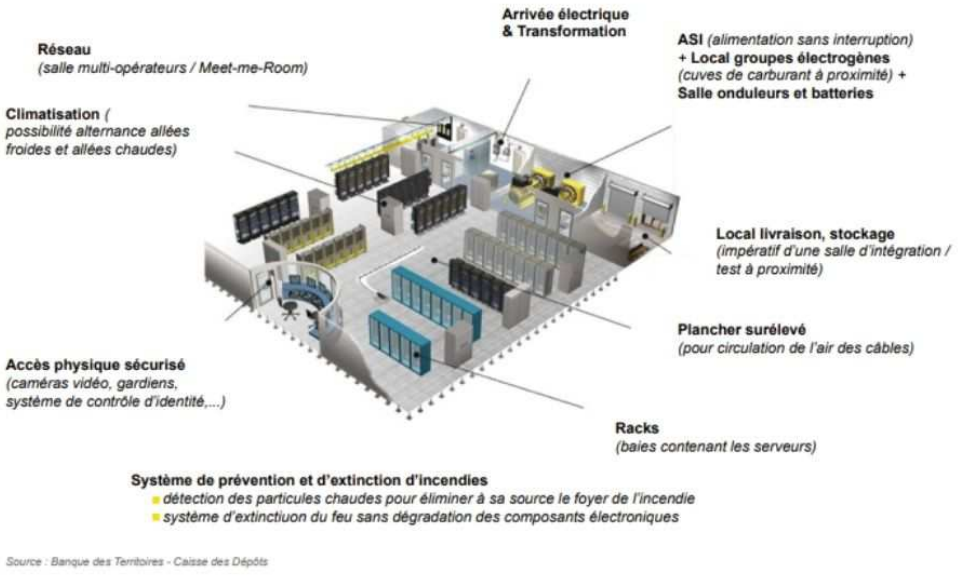
Les data centers valorisent aujourd'hui assez peu la chaleur fatale issue de leur fonctionnement. Cependant plusieurs incitations existent pour encourager à une plus grande valorisation de cette chaleur

[1] https://hubblo.org/fr/blog/datacenters-imported-impacts/
[2] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001&qid=1695186598766
[3] https://iea.blob.core.windows.net/assets/6b2fd954-2017-408e-bf08-952fdd62118a/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf

telles que le fonds chaleur de l'ADEME[4]. Une étude ADEME récente table sur un potentiel de 1 TWh par an aujourd'hui et de 3,5 TWh à l'horizon 2030 pour certains scénarios d'évolution[5].

## 2 Définition

Dans sa forme la plus simple, le data center est une installation physique utilisée par les entreprises pour héberger des applications et des données stratégiques ainsi que par les particuliers souvent pour stocker leurs données. La conception d'un data center repose sur un réseau de ressources de traitement et de stockage capable de distribuer des applications et des données partagées. Les composants IT clés d'une conception de data center sont les routeurs, les commutateurs, les pares-feux, les systèmes de stockage, les serveurs et les contrôleurs de distribution d'applications. L'infrastructure comprend l'enveloppe du bâtiment, la fourniture d'énergie et le contrôle de l'environnement de fonctionnement du matériel IT.




Source : Banque des Territoires - Caisse des Dépôts

Il existe deux grands types de data centers :

Les data centers d'exploitation, d'entreprises ou de ministères par exemple, hébergent et gèrent leurs propres serveurs de données dans un bâtiment qui leur est réservé. La taille varie des placards d'entreprise à des tailles de plusieurs milliers de mètres carrés (EDF, BNP, ORANGE, SFR …)

Les data centers d'infrastructure ou de colocation correspondent à différents usages possibles allant de l'hébergement des équipements numériques d'entreprises clientes à la mise à disposition de serveurs et équipements informatiques de l'hébergeur ou la réservation des machines virtuelles sur les serveurs (mode Cloud). Le Cloud permet d'héberger ses données, ses applications, ses calculs dans un data center externe, et d'y avoir accès partout grâce à Internet. L'infrastructure et les services sont gérés par un fournisseur de service prenant en charge l'exploitation, la maintenance et le support. Les acteurs du cloud sont les acteurs de la colocation (Interxion, Digital Realty, QTS, OVH …) et les GAFAM notamment qui opèrent des data centers de plusieurs milliers de mètres carrés (hyperscale > 7 500 m$^2$), la surface moyenne étant de 4 000 m$^2$ (données CEREN[6]).

Les data centers sont souvent classifiés selon :

- La surface de la salle contenant les serveurs (salle IT) dans le cadre du dispositif éco-énergie tertiaire ;

[4] https://fondschaleur.ademe.fr/
[5] https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/6792-valorisation-sur-son-territoire-de-la-chaleur-fatale-issue-des-data-centers.html
[6] Actualisation des consommations des datacenters et répartition géographique, 2020

- la puissance informatique installée dans le cadre de la directive européenne sur l'efficacité énergétique.

# 3 Impact sur le territoire

L'implantation d'un data center est un atout d'attractivité pour le territoire. Afin de mettre en place des synergies bénéfiques, les pouvoirs publics doivent identifier un foncier adéquat au data center et à la collectivité. Cette implantation doit être à proximité des réseaux télécoms et électriques compatibles avec l'exploitation d'un data center, de consommateurs de chaleur ou réseaux de chaleur compatibles et de préférence sur des sols déjà artificialisés (comme la reconversion de friches industrielles).

## 3.1 Localisation et artificialisation des sols

Le système technique numérique a suivi les réseaux précédents dans ses tracés et implantations : la fibre court le long des réseaux urbains, routiers et ferroviaires, et les data centers s'installent à proximité. Les grandes métropoles mondiales comme Paris, Londres, New York ou Los Angeles sont des lieux de concentration et d'échange d'internet, et on trouve dans leurs hyper-centres des bâtiments numériques sur-équipés, à la fois data center et point d'échange internet majeur.

Depuis le développement des data centers au début des années 1990, l'industrie est passée d'une phase de transformation de bâtiment à une phase de construction de bâtiments dédiés, en série, avec cependant des différences selon les types de territoires.

Dans les grandes métropoles, ce sont souvent les anciens centraux téléphoniques qui ont été transformés, comme à New York (anciens sièges de ITT, AT&T, Western Union…), les centraux postaux (Coresite à Los Angeles), mais aussi les bâtiments industriels à structure métallique (pour la presse et le textile dans le Sentier à Paris, une ancienne usine de biscuits à New York, une ancienne usine automobile à Courbevoie).

Dans les Zones d'Activités Numériques, si la dynamique a aussi commencé par la transformation (Equinix dans les EMGP à Aubervilliers) de bâtiments existants, des bâtiments dédiés ont été construits de façon sérielle, avec comme principales préoccupations le caractère fonctionnel et sécurisé de l'ensemble. Ces équipements numériques sont devenus des produits immobiliers d'investissement. De nombreux opérateurs de data centers sont d'ailleurs des fonds d'investissement immobilier (Real Estate Investment Trust (REIT) comme Digital Realty ou Equinix).

La tendance forte est à la croissance des data centers dans les trois types de territoires identifiés :

- La croissance du edge computing qui consiste à traiter les données à la périphérie du réseau, près de la source des données et du cloud viendra nourrir le développement de capacités de stockage et de traitement de données dans les hyper-centres métropolitains ;
- les dynamiques de concentration et de polarisation vont se poursuivre dans les Zones d'Activités Numériques. Le cluster data center s'étend ainsi de Santa Clara vers San José dans la Silicon Valley. En France le cluster se déploie au Nord, vers La Courneuve à Plaine Commune ou encore près de l'aéroport du Bourget en Seine-Saint-Denis ;
- les Big Tech, états-uniens et chinois, poursuivent leur développement et la construction de data centers hyperscales, de préférence dans des territoires ruraux et périurbains. Ainsi, des data center se développent sur des surfaces importantes avec par exemple 13 hectares à Lisses et 14 hectares au Coudray-Monceaux en Essonne.

La seconde tendance est l'interdépendance croissante du système technique data center. Les configurations informatiques (edge, cloud en particulier) s'accompagnent d'implantations spatiales complémentaires sur les territoires entre rural/périurbain (très grands data centers) et urbain (colocation et relais edge). Les entreprises de cloud ont de plus en plus besoin des data centers de colocation, par leur localisation métropolitaine et donc une faible latence pour les internautes, mais aussi leurs capacités de croissance rapide. Le edge computing nécessaire à l'internet des objets (IoT) fera des micros data centers des relais entre les data centers « cœur » et les objets, accroissant les interdépendances

fonctionnelles entre eux. Ces tendances s'inscrivent dans la nécessité de limitation de l'artificialisation des sols.

L'artificialisation nette des sols est le solde de l'artificialisation et de la renaturation des sols sur une période et un territoire donné. Ce solde devra être nul en 2050, c'est bien l'objectif que s'est fixé la France avec le ZAN, le « Zéro Artificialisation Nette » qui a été adopté dans le cadre de la Loi Climat et Résilience de 2021. La loi fixe ainsi un premier jalon de division par deux du rythme de consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers en 2031 par rapport à la décennie précédente (2011-2021), puis l'atteinte de l'absence d'artificialisation nette en 2050. L'enjeu posé par le ZAN est de préserver des sols fonctionnels, capables d'assurer ces services essentiels et cruciaux, tout en permettant aux territoires de répondre à leurs besoins.

L'implantation d'un nouveau data center doit donc s'inscrire dans cet objectif en privilégiant par exemple les friches urbaines et par le recours à plus de sobriété foncière.

## 3.2 Gestion des flux d'eau et d'électricité

Les data centers consomment beaucoup d'électricité et d'eau, ce qui peut avoir une incidence sur l'aménagement local.

La consommation d'eau pour le refroidissement des data centers peut s'avérer critique en période de forte chaleur et de stress hydrique notamment pour les datacenters utilisant des systèmes adiabatiques pour leur production de froid ou le refroidissement de l'air de leurs salles informatiques. En effet, contrairement aux autres systèmes de refroidissement qui n'ont pas besoin d'eau potable pour fonctionner (à l'exception du traitement de l'humidité de l'air), les installations adiabatiques fonctionnent en circuit ouvert sur le réseau de la ville et engendrent des consommations d'eau élevées. Le refroidissement par humidification consomme moins d'énergie que les refroidissements classiques à air ou à eau lorsque l'air extérieur est chaud, ce qui permet d'afficher des efficacités de refroidissement élevées mais ceci au détriment de la consommation d'eau.

Le gestionnaire du réseau de transport d'électricité (RTE) constate des demandes de raccordement de nouveaux centres de données au réseau de transport d'électricité en nette augmentation ces derniers mois[7]. La consommation des data centers, estimée autour de 10 TWh au début de la décennie 2020, pourrait ainsi atteindre 15 à 20 TWh en 2030 et entre de 23 à 28 TWh en 2035. L'essentiel de cet accroissement est le fait de grands sites raccordés directement au réseau de transport d'électricité. Les demandes de raccordement de data centers de grande taille sont ainsi en très forte hausse depuis quatre à cinq ans et sont de plus de 8 GW, majoritairement pour des projets en Ile de France, à Marseille et dans une moindre mesure dans le Nord.

## 3.3 Une nouvelle source de chaleur fatale à valoriser

La chaleur fatale est l'énergie thermique produite par un procédé dont elle n'est pas la finalité. Or les data centers, et en priorité les serveurs informatiques, produisent beaucoup de chaleur quand ils fonctionnent. Au-delà des enjeux de refroidissement des serveurs que cela implique, la chaleur produite, si elle est récupérée, peut permettre de chauffer une piscine, une résidence ou autre établissement voisin ou d'alimenter un réseau de chaleur.

La réglementation européenne stipule que les data centers de puissance installée de plus de 1MW doivent valoriser leur chaleur fatale à moins que cette utilisation ne soit pas techniquement faisable ou économiquement viable (voir le paragraphe sur les règlementions). Pour cela, les opérateurs doivent fournir une analyse technico-économique. L'ADEME met à disposition un cahier des charges pour réaliser cette étude[8].

Les collectivités doivent être en mesure d'apprécier cette analyse technico-économique. Les collectivités doivent aussi identifier les besoins de chaleur sur le territoire en réalisant des études d'opportunités spécifiques ou dans le cadre d'un document de planification urbaine. L'identification des consommateurs et des besoins permettra de faciliter la valorisation de la chaleur du data center vers le

[7] Bilan prévisionnel 2023-2035, RTE
[8] https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/697-etude-de-faisabilite-recuperation-de-chaleur-fatale-pour-valorisation-interne-et-ou-externe.html

bon consommateur. Parmi les consommateurs pour lesquels les températures de la chaleur récupérée est compatible, on peut citer :

- Les centres aqualudiques (piscines, thermes, …) et les serres : avec des besoins de chaleur toute l'année à des niveaux de température équivalents aux rejets des data centers ;
- les industries : avec des besoins de chaleur toute l'année dans les process (le préchauffage ou le séchage) mais dont les besoins dépendent de l'activité. Des études spécifiques à chaque industrie doivent être menées pour caractériser le besoin thermique et le mettre en adéquation avec la chaleur fatale d'un data center ;
- les centres de santé (hôpitaux, EPHAD, …) : avec des besoins d'eau chaude sanitaire élevés toute l'année ;
- les nouveaux bâtiments et zones en développement : bâtiments tertiaires HQE répondant à la RT2020, écoquartiers, réhabilitations thermiques, …

# 4 Indicateurs clés – réglementation - prospective

Les principaux indicateurs clés, KPI (Key Performance Indicators), utilisés dans les différentes réglementations ci-dessous sont listés ci-dessous.

## 4.1 Indicateurs clés ou KPI

### 4.1.1 L'efficacité électrique du data center - PUE

Un data center consomme de l'électricité pour alimenter les serveurs informatiques mais aussi les autres systèmes, principalement le refroidissement, les batteries de secours et l'éclairage. La répartition de l'énergie dans un data center est donnée par l'indicateur PUE (Power Usage Effectiveness) qui est égal à :

$$PUE = \frac{E_{DC}}{E_{IT}}$$

Où

EDC = consommation totale (annuelle) de l'énergie du centre de traitement de données, en kWh;

EIT = consommation (annuelle) de l'énergie des équipements IT, en kWh.

Par définition, le PUE est toujours supérieur à 1 mais l'enjeu pour les opérateurs de data center est de se rapprocher de cette valeur.

Le PUE moyen en France est estimé à 1,5 en 2024.

### 4.1.2 L'efficacité dans la consommation d'eau - WUE

Un data center consomme de l'eau, principalement pour refroidir ses serveurs. Les systèmes adiabatiques basés sur le changement de phase d'un liquide permettent de baisser drastiquement l'énergie consommée pour refroidir les serveurs mais entraînent des consommations d'eau élevées. Le WUE s'exprime en Litre par kWh.

### 4.1.3 La réutilisation de l'énergie

L'Energy Reuse Factor (ERF) mesure la quantité d'énergie réutilisée à l'extérieur du data center. Cette énergie prend souvent la forme de chaleur fatale qui peut être valorisée. ERF se calcule comme le ratio de la quantité d'énergie réutilisée à l'extérieur du data center par l'énergie totale consommée par le data center.

## 4.2 Réglementation et incitations

Les réglementions se basent sur les KPI présentés auparavant pour réguler les data centers.

Au niveau européen

**La directive sur l'efficacité énergétique (EU/2023/1791)** a été publiée au journal officiel de l'Union Européenne le 20 septembre 2023. Celle-ci s'applique aux data centers de plus de 500 kWatt de puissance IT. Les data centers de puissance installée de plus de 1MW doivent valoriser leur chaleur fatale à moins que cette utilisation ne soit pas techniquement faisable ou économiquement viable. L'acte délégué 2024/1364 précise la liste d'information que les opérateurs de data centers doivent renseigner ainsi que les modalités de reporting sur une base de données européenne[9]. Certaines données seront mises à disposition du public. D'autres actes délégués préciseront les modalités d'application de la directive avec des travaux à venir sur un label et des normes minimales de performance énergétique.

Au niveau français

**Le dispositif éco-énergie tertiaire[10]** est applicable aux data center de plus de 1000 $m^2$ ou salles informatiques contenues dans un bâtiment de plus de 1000 $m^2$. Ce dispositif impose aux opérateurs soit une baisse de 40% en 2030 de la consommation annuelle en kWh/$m^2$ par rapport à une année de référence postérieure à 2010, soit l'atteinte d'un objectif de consommation en valeur absolue exprimé en kWh/$m^2$/an. Cet objectif en valeur absolu tient compte du PUE en tant qu'indicateur d'intensité d'usage. Le PUE cible est modulé en fonction de la zone climatique pour prendre en compte des besoins de refroidissement différentes selon la localisation, par exemple plus élevés à Marseille qu'à Lille.

**La loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021** visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique **en France spécifie dans son article 28 que le centre de stockage de données numériques, pour bénéficier d'une taxation réduite sur l'électricité :**

- valorise la chaleur fatale, notamment à travers un réseau de chaleur ou de froid, ou respecte un indicateur chiffré déterminé par décret sur un horizon pluriannuel en matière d'efficacité dans l'utilisation de la puissance ;
- respecte un indicateur chiffré déterminé par décret sur un horizon pluriannuel en matière de limitation d'utilisation de l'eau à des fins de refroidissement. Les décrets sont en cours d'écriture.

**Le dispositif des Certificats d'Economie d'Energie** (CEE) a été créé par les articles 14 à 17 de la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE). Ce dispositif repose sur une obligation triennale de réalisation d'économies d'énergie en CEE (1 CEE = 1 kWh cumac d'énergie finale) imposée par les pouvoirs publics aux fournisseurs d'énergie (les "obligés"). Les CEE sont attribués, sous certaines conditions, par les services du ministère chargé de l'énergie, aux acteurs éligibles (obligés mais aussi d'autres personnes morales non obligées) réalisant des opérations d'économies d'énergie. Des fiches d'opérations standardisées, définies par arrêtés, sont élaborées pour faciliter le montage d'actions d'économies d'énergie. De nombreuses fiches sont applicables dans les data centers :

- BAT-TH-134 : Système de régulation sur un groupe de production de froid permettant d'avoir une haute pression flottante (France métropolitaine) ;
- BAT-TH-145 : Système de régulation sur un groupe de production de froid permettant d'avoir une basse pression flottante (France métropolitaine) ;
- BAT-TH-153 : Système de confinement des allées froides et allées chaudes dans un Data Center ;
- BAT-TH-156 : Freecooling par eau de refroidissement en substitution d'un groupe froid pour la climatisation ;
- IND-UT-135 : Freecooling par eau de refroidissement en substitution d'un groupe froid ;
- BAR-TH-170 : Récupération de chaleur fatale issue de serveurs informatiques pour l'eau chaude sanitaire collective ;
- BAT-EQ-135 : Dispositif performant d'alimentation sans interruption.

[9] https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2024/1364/oj
[10] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20064_EcoEnergieTertiaire-4pages-web.pdf

Le Référentiel par Catégorie de Produit (RCP) Services d'hébergement informatique en centre de données et de Services Cloud. Un RCP définit les règles pour réaliser l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) d'une catégorie de produit/service, ici les centres de données et services cloud. Le RCP Services d'hébergement informatique en centre de données et de Services Cloud est une démarche volontaire développée par l'ADEME dont l'objectif est à la fois d'informer les consommateurs et d'encourager les fabricants et distributeurs à avoir une vision globale des impacts environnementaux des infrastructures de stockage et de les réduire dans une démarche d'écoconception. Une première version de ce référentiel est sortie en 2023 et a été testée et mise à jour fin 2024 avec des acteurs français et internationaux.

Au niveau international

D'autres réglementations inspirantes sont prises par divers pays dans le monde.

| Juridiction | Nom de la mesure | Date | Périmètre | Paramètres couverts et valeurs cibles |
|---|---|---|---|---|
| Chine | Norme minimale de performance et label | 2022 | Data center nouveau ou élargit / unité modulaire avec alimentation et refroidissement indépendant | PUE avec trois niveaux :<br>Niveau 1: ≤ 1.2<br>Niveau 2: ≤ 1.3<br>Niveau 3 : ≤ 1.5<br>(minimum) |
| Allemagne | Loi sur l'efficacité énergétique | 2023 | Data center avec une puissance IT ≥300kW | Les data centers existant avant le 1er juillet 2026 doivent atteindre PUE ≤ 1.5 au 1er juillet 2027<br>PUE ≤ 1.5 au 1er juillet 2027<br>PUE ≤ 1.3 au 1er juillet 2030<br>Les data centers construits après le 1er juillet 2026 doivent avoir un PUE ≤ 1.2 and un ERF minimum de 10% |
| Japon | Loi d'économie d'énergie | 2022 | Salle serveurs de plus de 300m$^2$ | PUE cible de 1.4 |
| Pays-Bas | Obligation d'économie d'énergie et notification | 2019 | Data centers commerciaux consommant plus de 50 MWh d'électricité par an ou plus de 25 000 m$^3$ de gaz naturel. | Adoption de mesures d'économie d'énergie avec un temps de retour de 5 ans ou moins. |

## 4.3 Prospective de consommation des data centers

Comme évoqué en contexte, les prévisions les plus récentes montrent une accélération du rythme d'augmentation de la consommation des datas centers. L'ADEME a donc lancé une étude de prospective à court, moyen et long terme. Les objectifs sont de mieux appréhender et anticiper les consommations futures des data centers en France. Cette étude permettra notamment de mettre à jour et de compléter par un modèle enrichi les exercices prospectifs plus généraux de l'ADEME pour la partie data center. Les évolutions récentes notamment de l'intelligence artificielle, de la crypto monnaie et d'autres applications blockchain changent la donne et méritent d'être prises en compte. Ces évolutions seront signifiantes a minima jusqu'à 2035. L'impact des mesures réglementaires sur l'intelligence artificielle et sur la protection des données peut, de pair avec les besoins de souveraineté numérique, augmenter les besoins de rapatriement des données sur le sol européen voire français. Le périmètre principal de l'étude reste les data centers hébergés en France. Cependant, la proportion de données qui sont traitées à l'étranger et de la consommation engendrée en Europe puis dans le reste du monde sera évaluée.

Cette prospective sur le périmètre France sera aussi mise en regard avec les prospectives existantes au niveau Européen et mondial.

L'ADEME participe à l'annexe EDNA (Efficient, Demand Flexible Networked Appliances) de l'AIE (Agence Internationale de l'Energie). Dans ce cadre, un modèle à l'échelle mondiale est développé, le Total Energy Model qui prend en compte notamment les data centers[11].

# 5 Actions prioritaires pour limiter l'impact des data centers

## 5.1 Réduction de la consommation d'un centre de données

Plusieurs actions peuvent être prises pour limiter les consommations d'électricité, d'eau voir de fioul d'un data center. Quelques-unes sont listées ci-dessous.

Améliorer l'efficacité énergétique des serveurs

Les serveurs sont les principaux consommateurs d'électricité du data center. Il existe des critères d'efficacité énergétique minimale définis dans le règlement européen 2019/424[12]. Ces efficacités énergétiques sont calculées comme étant l'électricité consommée pour effectuer une série de tâches standardisées. Le code de conduite européen qui référence les meilleurs pratiques dans les data centers préconise de faire d'une efficacité élevée des serveurs une priorité.

Choisir des équipements de stockage efficaces

Les serveurs sont pourvus d'éléments de stockage souvent remplaçables. Ces éléments sont des disques durs traditionnels (Hard Disk Drives) dans lesquels les données sont stockées sur un disque gravé ou des disques à mémoire flash (Solid State Drives) où les données sont stockées dans des mémoires non volatiles. Les systèmes de stockage SSD sont à privilégier car plus efficaces notamment grâce à l'absence de partie mobile.

Choisir des serveurs avec des plages de fonctionnement en température élargies

Le refroidissement des serveurs est le deuxième poste de consommation énergétique dans les data centers. Avant d'améliorer l'efficacité du refroidissement, le besoin de refroidissement peut être diminué en sélectionnant des serveurs pouvant fonctionner temporairement avec des températures élevées. L'ASHRAE a défini une classification des serveurs selon leur plage de fonctionnement en température et humidité. Le code de conduite européen préconise l'achat de serveurs de classe A2 pour les serveurs refroidis par air, c'est-à-dire jusqu'à une température environnante de 35°C (de façon temporaire).

Améliorer l'efficacité énergétique du système de refroidissement

Plusieurs systèmes de refroidissement existent pour les serveurs, du système à détente directe dans l'air où de l'air froid est soufflé, de type armoire de climatisation, au refroidissement par immersion où les

[11] https://www.iea-4e.org/edna/tasks/energy-efficiency-of-data-centres/
[12] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0424

serveurs sont immergés dans un bain d'huile qui extrait la chaleur par convection. Les systèmes de refroidissement à détente directe dans l'air sont présents sur environ 12% des data center de plus de 100 kW, la majorité (84%) de ces data centers utilisent des unités de climatisation fonctionnant à l'eau glacée produite par des groupes froids à condensation à eau ou air[13]. Ces systèmes de refroidissement par air sont bien moins efficaces que les systèmes de refroidissement où un liquide est utilisé pour extraire les calories. Le système de refroidissement liquide ou liquid cooling, marginal aujourd'hui, est donc recommandé tout en veillant à maintenir une consommation d'eau faible. En cas de refroidissement par air, un confinement en allées froides/chaudes est recommandé pour ne refroidir que la partie utile de la salle IT.

Sélectionner des Alimentations Sans Interruption (UPS en anglais) performantes

Les Alimentations Sans Interruption (ASI) sont nécessaires pour garantir le fonctionnement du data center en cas de coupure de l'alimentation électrique par le réseau. A noter que celles-ci ne permettent de palier à une coupure d'alimentation par le réseau que pendant quelques minutes, le temps qu'un générateur au fioul prenne le relais. Les ASI utilisés dans les data centers de puissance supérieure à 100 kWatt doivent avoir un rendement supérieur à 98% pour être performantes.

Choisir des alimentations de serveur efficaces

Les serveurs comportent des blocs d'alimentation dédiés qui convertissent la tension alternative en tension continue et délivrent la puissance nécessaire aux composants électroniques. Il est recommandé une efficacité minimale de 91% et de 95% à 50% de charge, conformément au règlement 2019/424.

Limiter la consommation de veille des serveurs

Les serveurs sont utilisés en moyenne 30% du temps dans la plupart des data centers. Le serveur peut être considéré comme en veille les 70% de temps restant, c'est-à-dire qu'il n'effectue pas de tâche de calcul mais reste prêt à recevoir des instructions. Le règlement européen 2019/424 spécifie des consommations de veille maximale qui sont communément de l'ordre de 150 Watt.

Réduire sa consommation d'eau

Les systèmes de refroidissement peuvent consommer beaucoup d'eau comme vu précédemment. Il s'agit principalement des systèmes de refroidissement adiabatiques qui reposent sur le changement de phase de l'eau de la phase liquide à la phase vapeur pour absorber de la chaleur. Un data center utilisant ce système de refroidissement peut consommer 2 litres par kWh. En France 24% des data centers de plus de 100 kW comportent un système de refroidissement adiabatique (souvent en complément de systèmes de production de froid classiques)[14]. Ce système de refroidissement ne doit pas être privilégié et dans le cas où il est déjà en place, il est recommandé de se fixer des objectifs de réduction de consommation d'eau avec par exemple des systèmes en boucle fermée. Le Climate Neutral Data Center Pact[15] stipule qu'à partir de 2025, tous les nouveaux data centers construits dans les climats froids et qui utilisent de l'eau potable devront limiter leur consommation à 0,4 litre par kWh à pleine capacité et en cas de stress hydrique.

Réduire sa consommation de fioul et de maintien en température des groupes électrogènes

Pour assurer la continuité de service des data centers, les Alimentation Sans Interruption (ASI) vu précédemment maintiennent l'alimentation électrique des serveurs pendant quelques minutes, temps au-delà duquel des générateurs au fioul sont utilisés (groupes électrogènes). Ces générateurs sont testés à intervalles réguliers, souvent tous les mois, pour s'assurer de leur fonctionnement. De plus, ces générateurs sont maintenus en température pour accélérer leur démarrage en cas de besoin. Il est recommandé d'espacer les intervalles de test au maximum. Un test par an est suffisant quand la charge de test est non linéaire (resistive-reactive). Les pompes à chaleur de maintien en température fonctionnent toute l'année et doivent avoir une performance élevée.

Evaluer et suivre l'impact environnemental de son centre de données avec une approche cycle de vie et multicritère

[13] Etude sur le refroidissement des datacenters - ADEME
[14] Etude sur le refroidissement des datacenters - ADEME
[15] https://www.climateneutraldatacentre.net/

Avoir une approche cycle de vie et multicritère permet de prendre en compte les différentes phases (fabrication, utilisation, fin de vie…) et impacts environnementaux (épuisement des ressources naturelles, changement climatique, radiations ionisantes…) du data center. Il est recommandé d'utiliser le RCP[16] Services d'hébergement informatique en centre de données et de Services Cloud pour mener une stratégie de décarbonation en évitant les transferts de pollution et en identifiant les leviers d'écoconception.

## 5.2 Energies renouvelables

Les data centers sont de gros consommateur d'électricité mais la filière s'est engagée au niveau européen à recourir de plus en plus à de l'électricité d'origine renouvelable. Ainsi, le Climate Neutral Data Center Pact est un engagement des acteurs de la filière au niveau européen qui stipule que les data centers achèteront 75% d'électricité d'origine renouvelable d'ici au 31 décembre 2025 et 100% d'ici au 31 décembre 2030. Cet engagement doit être salué et encouragé sur la durée. Néanmoins, plutôt que de passer par des achats d'électricité renouvelable, les acteurs sont encouragés à établir des contrats d'achat direct d'électricité avec des producteurs, dans l'objectif de développer de nouvelles unités de production d'électricité renouvelables. Pour aller encore plus loin et accroître sa résilience par rapport aux coupures d'électricité, les opérateurs de data center peuvent aussi produire de l'électricité sur site, en utilisant par exemple les toitures, à côté des groupes froid.

## 5.3 Récupération de chaleur fatale

La chaleur fatale produite par les data centers est principalement générée par les équipements informatiques. En effet, nous pouvons considérer que la totalité de l'énergie électrique consommée par le matériel informatique est dégagée sous forme de chaleur. Dans une moindre mesure, il est aussi possible de récupérer la chaleur fatale provenant des compresseurs des systèmes frigorifiques, comme les alimentations sans interruption (ASI).

Cependant, le potentiel de chaleur fatale récupérable dépend du système de refroidissement mis en place. Il est difficile voire inenvisageable de récupérer la chaleur fatale quand un système à détente directe est utilisé (climatiseurs et condenseurs avec rejets en toiture, armoires de climatisation, etc.) tandis qu'un refroidissement liquide à cœur permettra plus facilement d'extraire la chaleur et de la valoriser.

De plus, la température de la chaleur fatale récupérable est au maximum autour de 60°C, nécessitant la relève de celle-ci par pompe à chaleur pour le couplage aux réseaux de chaleurs urbains.

L'un des principaux critères rendant la signature de convention de chaleur difficile entre un opérateur de data center et un de réseau de chaleur 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 délégation de service public, soit entre 15 ans et 30 ans) et la vision court terme de l'activité du data center (entre 3 et 8 ans maximum).

Ces facteurs expliquent que le potentiel de chaleur fatale récupérable est estimé à 1 TWh par an aujourd'hui alors que la consommation électrique des data centers est autour de 12 TWh.

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, la température de cette chaleur et son prix.

Le recours à un tiers garant est aussi une solution, c'est-à-dire à 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'énergies renouvelables et de récupération, la stabilité de fourniture, la puissance minimale, et 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

[16] Référentiel par Catégorie de Produit

la chaleur à l'exploitant du réseau de chaleur (obtenue gratuitement ou achetée à bon prix au data center) aux bonnes conditions d'exploitation.

Plusieurs éléments concourent à une augmentation de la chaleur fatale valorisée à court terme :

- Une forte augmentation du nombre de data centers ;
- une plus grande densification énergétique des serveurs et donc du refroidissement à cœur plus adapté ;
- l'augmentation des besoins de chaleurs autour des Data Centers : piscines, bâtiments HQE, procédés industriels, …,
- le plus grand nombre de réseaux de chaleur basse température ;
- les incitations réglementaires (Directive sur l'Efficacité Energétique au niveau européen et la loi 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France entre autres).

Le potentiel de chaleur fatale récupérable est ainsi de 3,5 TWh à l'horizon 2030 pour un scénario d'évolution tendanciel.[17]

### 5.4 Participation aux marchés de flexibilité de la demande en électricité

Les data centers peuvent participer à la flexibilité de la demande en électricité en étant acteur du smart grid. Ainsi, par un dimensionnement adéquat de leurs alimentions de secours, les data centers peuvent réinjecter de l'électricité sur le réseau électrique quand cela est nécessaire. Certains opérateurs tels que Google sont en capacité de limiter la consommation de leur data center en période de forte charge du réseau électrique en reportant certaines tâches de calcul non critiques.

### 5.5 Recyclage et réutilisation

Les serveurs sont changés traditionnellement tous les 4 à 5 ans dans un data centre. Les principales raisons sont un besoin accru en puissance IT et en densité de calcul. Ces serveurs, comme tout déchet électrique et électronique (DEEE), doivent être recyclés. Certains opérateurs de data centers mettent en place des systèmes de réutilisation interne de tout ou partie des serveurs (cartes mémoire, carte graphique …), réduisant ainsi drastiquement leur production de DEEE. D'autres signent des partenariats avec des associations qui réutilisent ces serveurs et leur donnent ainsi une seconde vie.

## Pour en savoir plus

- https://librairie.ademe.fr/economie-circulaire-et-dechets/7713-etude-numerique-et-metaux.html
- https://librairie.ademe.fr/consommer-autrement/5226-evaluation-de-l-impact-environnemental-du-numerique-en-france-et-analyse-prospective.html
- https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/697-etude-de-faisabilite-recuperation-de-chaleur-fatale-pour-valorisation-interne-et-ou-externe.html
- https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20064_EcoEnergieTertiaire-4pages-web.pdf
- https://www.climateneutraldatacentre.net/

[17] https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/697-etude-de-faisabilite-recuperation-de-chaleur-fatale-pour-valorisation-interne-et-ou-externe.html