

Refroidissement des data centers

Note pédagogique



1. Refroidir un data center : pourquoi

Du domicile au lieu de travail, de l'entreprise à la ville en passant par les services publics, les outils numériques sont désormais partie intégrante de notre quotidien. En tant que première brique structurelle des systèmes d'information, les data centers sont le socle de cette digitalisation : ils hébergent une importante concentration d'équipements informatiques – les serveurs – disponibles en permanence pour stocker, traiter les données et les applications.

En fonctionnant, cet équipement informatique (IT) émet une quantité importante de chaleur, qu'il faut évacuer. En effet, au-delà d'une certaine température, les serveurs ne peuvent plus fonctionner et s'éteignent, par mesure de sécurité. Les systèmes de refroidissement sont donc nécessaires pour maintenir l'installation dans la plage de températures de fonctionnement et assurer la continuité de service.

NB : plusieurs milliers de data centers sont implantés sur le territoire français. Ils vont de la taille d'un placard à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés. Cette note présente les différentes technologies de refroidissement pouvant se retrouver dans des data centers.

2. Refroidir un Data Center : comment

Il existe différentes manières de refroidir un data center :

a. Utilisation de l'air extérieur

Un abaissement de température peut s'obtenir tout simplement en utilisant l'air extérieur : c'est ce que l'on appelle le « *free-cooling* ». Il existe 2 principaux types de free-cooling :

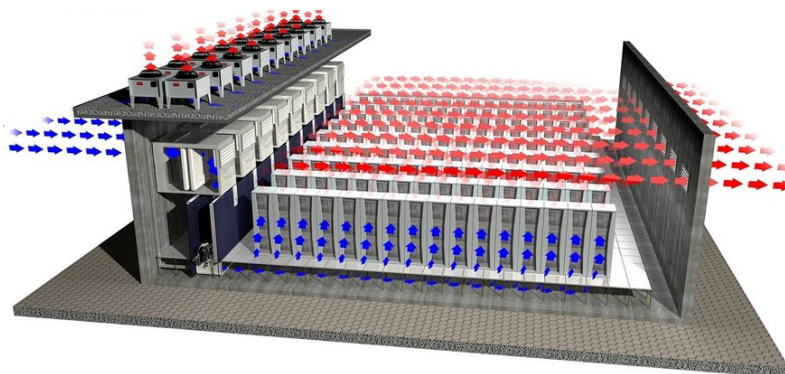
Le free-cooling direct

Tant que la température de l'air extérieur reste inférieure à 25°C, on injecte cet air extérieur directement à l'intérieur des salles informatiques, tout en évacuant l'air chaud. En région

parisienne, la température extérieure reste inférieure à 25°C plus de 96 % de l'année, c'est donc une solution très pertinente.

La valeur de 25°C dépend principalement de l'organisation des salles (on parle d'*urbanisation*) et du type de serveurs utilisés. Une augmentation de cette valeur est à imaginer dans l'avenir avec l'arrivée de nouvelles technologies de serveurs.

Néanmoins, la gestion de la qualité et de l'hygrométrie de l'air rend cette solution techniquement complexe.



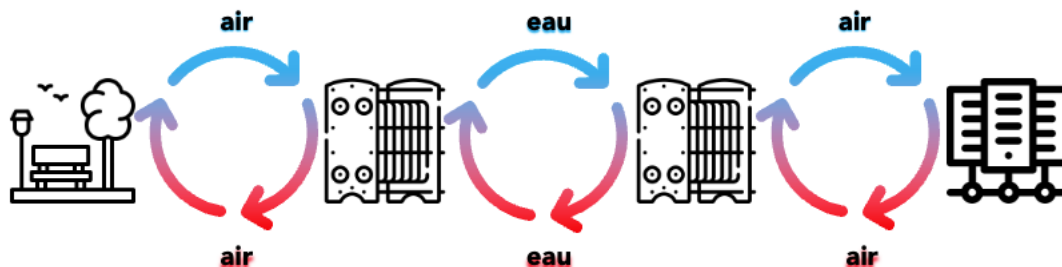
Refroidissement par free-cooling direct

Le free-cooling indirect

Cette solution fonctionne grâce à un réseau intermédiaire (d'eau ou d'air) qui est refroidi par l'air extérieur.

Dans le cas du free-cooling air/air, c'est un système à 2 niveaux : grâce à un échangeur, l'air extérieur capte les calories de l'air intérieur. L'air intérieur reste confiné dans l'enceinte du data center, ainsi les paramètres de propreté et d'hygrométrie restent plus faciles à maîtriser.

Il est aussi possible d'utiliser un autre fluide, souvent de l'eau, pour faire du free-cooling air/eau. C'est alors un système à 3 niveaux, où l'eau, refroidie par l'air extérieur, refroidit à son tour l'air intérieur des salles informatiques via des échangeurs :



Refroidissement par free-cooling indirect – réseau d'eau intermédiaire

1. L'air extérieur est aspiré et filtré pour éliminer les particules indésirables

2. L'air filtré est dirigé vers un échangeur de chaleur, où il refroidit un fluide de refroidissement sans entrer en contact direct avec l'air à l'intérieur du data center
3. Le fluide de refroidissement refroidi est distribué aux unités de refroidissement à l'intérieur du data center
4. Des capteurs de température surveillent la température à l'intérieur du data center, et des ajustements sont faits pour maintenir la température constante
5. L'air chaud généré par les serveurs est évacué du data center pour éviter la surchauffe

Cela décrit un fonctionnement de principe : les installations réelles peuvent être beaucoup plus complexes en fonction de la taille et de la conception du data center.

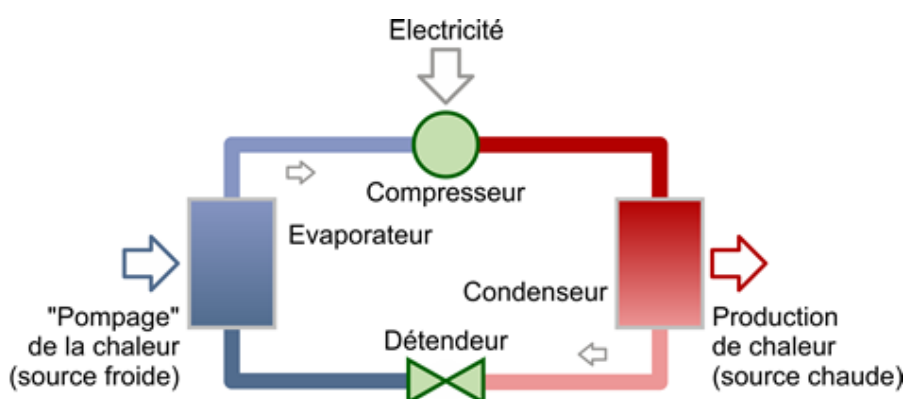
b. Utilisation de systèmes actifs

Si le free-cooling n'est pas possible, ne peut combler à lui seul les besoins en froid ou bien si celui-ci est impossible (lorsque l'air extérieur est trop chaud par exemple), on fait alors appel à des systèmes actifs.

Les groupes froids

Une machine thermodynamique générant du froid vient compléter le système de free-cooling, voire complètement s'y substituer, et vient :

- refroidir directement l'air de la salle informatique (source froide, cf. schéma ci-après). Ce système dit à « détente directe » est souvent retrouvé dans les data centers de petite et moyenne taille ;
- refroidir un réseau intermédiaire d'eau qui à son tour refroidira l'air intérieur des salles informatiques via des échangeurs. Ce système dit à eau glacée se retrouve généralement dans les data centers de grande taille.



Principe d'une machine thermodynamique

Ce processus, par le fonctionnement de son compresseur et de son système de pompage, utilise de l'énergie électrique.

Système adiabatique & utilisation de l'eau

Il est également possible d'utiliser de l'eau pour refroidir de l'air selon différentes modalités, dont la plus utilisée est le refroidissement adiabatique.

Cela consiste à faire vaporiser de l'eau dans de l'air. En s'évaporant, l'eau absorbe des calories de l'air, qui baisse en température et peut ainsi être utilisé pour refroidir les serveurs informatiques.

La vapeur d'eau est ensuite évacuée via l'air chaud rejeté à l'extérieur du data center.

Et en France ?

Les pompes à chaleur constituent aujourd'hui l'essentiel des systèmes de refroidissement équipant les data centers en France.

Plusieurs raisons expliquent cet état de fait :

- leurs coûts d'exploitation demeurent compétitifs ;*
- une emprise au sol plus faible que les systèmes « à eau » ;*
- les systèmes à eau sont soumis à des contraintes réglementaires plus fortes : ICPE alourdies et obligation de surveillance relative aux légionelles ;*
- la disponibilité de la ressource en eau est souvent considérée comme plus en risque (rationnement en cas de canicule, réseau d'adduction d'eau sous dimensionnée par rapport aux besoins d'un data center, etc.) que celle de l'électricité pour un process, le froid, qui est critique dans le fonctionnement d'un data center.*

Parfois évoqués en phase de conception, les systèmes de refroidissement à eau ne sont donc actuellement jamais déployés lors de la construction de data centers en France.

4. Refroidir un data center : éléments chiffrés

Le refroidissement est aujourd'hui le poste le plus consommateur d'énergie de l'infrastructure permettant de faire fonctionner les serveurs informatiques.

Selon un rapport du *Borderstep Institute* réalisé pour le compte de la Commission européenne, la répartition moyenne est la suivante :

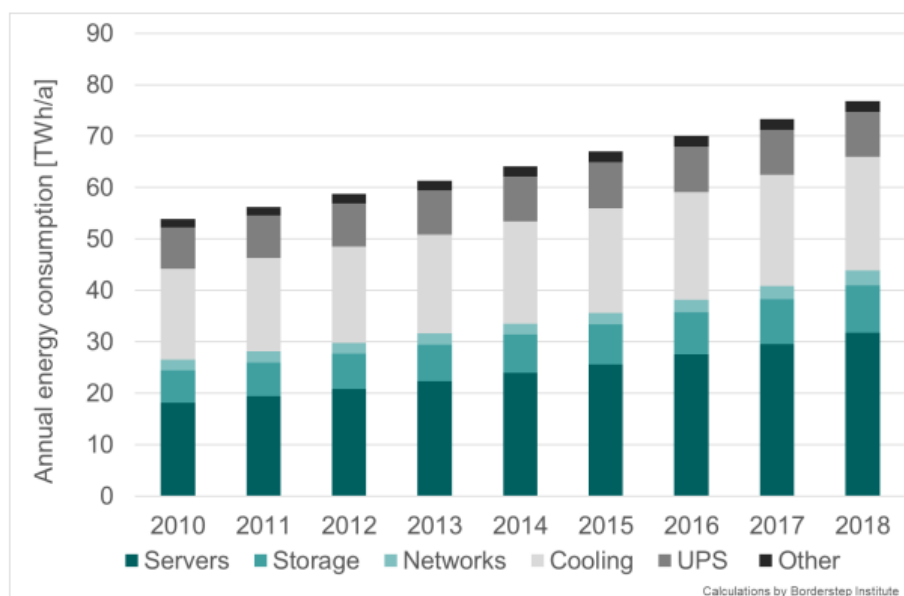
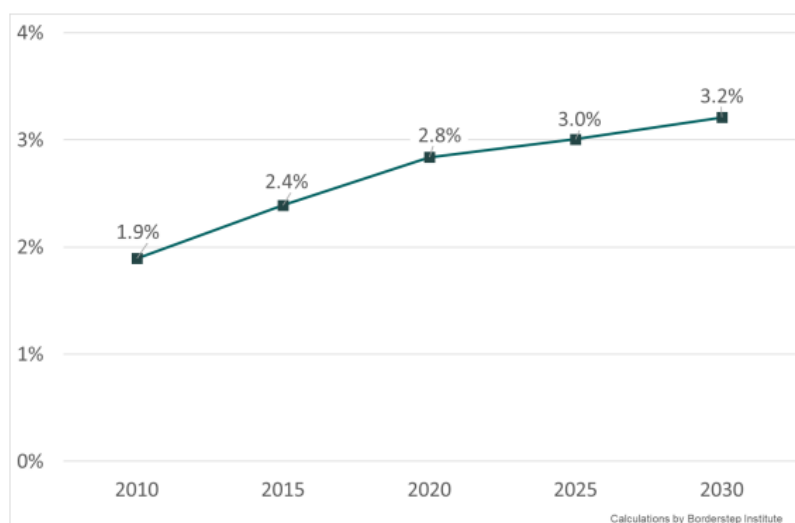


Figure 17 - Development of the energy consumption of data centres in the EU28 in the years 2010 to 2018

Ces valeurs moyennes cachent une réalité très variable : dans un data center obsolète, le poste refroidissement pourra consommer jusqu'à 2 fois la quantité d'électricité de l'infrastructure IT. Tandis que dans un data center neuf, cette part peut tomber à moins de 10 %.

NB : depuis 2010, la part relative de l'informatique (serveurs, stockage, réseaux) est en constante augmentation face à la part « utilités » : alimentation sécurisée en électricité (UPS), refroidissement. Cela démontre les efforts en matière d'efficacité énergétique de cette dernière.

Selon une étude de la Commission Européenne, la part des data centers dans la consommation finale européenne d'électricité pourrait atteindre¹ 3,2 % en 2030.



Source : *Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market*, p64

NB : l'électricité représente aujourd'hui 22 % de la consommation globale européenne d'énergie : le secteur du data center représente actuellement environ 0,6 % de la consommation globale d'énergie en Europe.

5. Refroidir un Data Center : généraliser les bonnes pratiques

Comme indiqué précédemment, l'optimisation énergétique varie énormément selon le data center considéré.

Il existe plusieurs bonnes pratiques à généraliser en particulier dans les installations existantes :

1. L'organisation des salles informatiques en **allées chaudes et froides**.
Le principe est simple : l'avant et l'arrière des serveurs sont compartimentés de manière à pouvoir souffler de l'air frais d'un côté et récupérer l'air chaud de l'autre sans que les deux ne se mélangent. Ce phénomène parasite, qui dégrade fortement l'efficacité énergétique des installations, se retrouve malheureusement souvent dans les salles IT existantes équipés de systèmes de refroidissement soufflant indistinctement dans la salle
2. La modification de l'installation existante de refroidissement pour **permettre le freecooling**
3. **L'augmentation des températures de consigne** dans les salles informatiques.
Face à des habitudes d'exploitation ne tenant pas toujours compte des évolutions technologiques, il subsiste de nombreux data centers où la température de consigne pourrait être augmentée de 1 à 5°C sans perturber le fonctionnement des serveurs.

¹ https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=71330

Par exemple, un passage de 21 à 23°C (21°C étant la température de data centers de générations relativement « anciennes ») est susceptible de diminuer la consommation électrique de l'ordre de 7 à 10 %. Cette mesure doit évidemment être adaptée aux spécificités de chaque data center.

6. Refroidir un data center : attention aux fluides !

Pour fonctionner, les pompes à chaleur utilisées par les data centers fonctionnent actuellement avec des fluides frigorigènes dont le potentiel de réchauffement global (PRG, ou *GWP* en anglais) est compris entre 1400 et 2100 fois celui du CO₂.

Le risque pour le climat est néanmoins à modérer : le suivi et la maintenance extrêmement régulière des installations garantissent des fuites en fluides frigorigènes extrêmement faibles (moins de 0,5 % par an en moyenne). En effet, puisque la génération de froid est un processus critique pour un data center, celui-ci est étroitement surveillé.

La réglementation européenne **F-Gas**, en cours de révision, devrait à nouveau baisser le niveau de PRG au-delà duquel les fluides seront progressivement interdits.

Pour répondre à ces nouvelles exigences, les industriels développent de nouveaux fluides dits « HFO² » à faible PRG. Leur disponibilité pourrait cependant être remise en question par une volonté de certains acteurs européens qui les considèrent comme des PFAS³ voués à l'interdiction.

Cette éventuelle interdiction des HFO, qui contreviendrait à la réalité scientifique⁴ et les multiples analyses de l'*European Chemical Agency* (ECHA), serait problématique pour le secteur européen des data centers, les alternatives étant des fluides soit inflammables, soit toxiques pour les humains, soit peu efficaces énergétiquement soit une combinaison des trois.

Il est donc essentiel de permettre le développement de HFO, qui sont une réponse aux exigences de préservation de la planète et de protection des personnes et des biens.

² Les HFO, (HydroFluoro-Oléfines) sont des fluides frigorigènes de 4ème génération.

³ Les substances perfluoroalkylées (PFAS) forment une grande famille de plusieurs milliers de produits chimiques synthétiques qui sont couramment utilisés dans l'ensemble de la société et que l'on retrouve dans l'environnement. Elles contiennent toutes des liaisons carbone-fluor, qui comptent parmi les liaisons chimiques les plus fortes de la chimie organique. Cela signifie qu'elles ne se dégradent pas après utilisation ou rejet dans l'environnement.

⁴ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36800005/>