

# LIVRE BLANC

DATACENTER, MAÎTRISER  
ET OPTIMISER SON IMPACT  
ENVIRONNEMENTAL



## AUTEURS

- APL Datacenter - Georges OUFFOUE
- ALLIANCE GREEN IT - Thomas MESPLEDE

## CONTRIBUTEURS

- APL Datacenter - Pénélope GUY
- APL Datacenter - Sofia BENQASSEM
- ADVANCED MEDIOMATRIX - Sébastien BUANNIC
- ADVANCED MEDIOMATRIX - Fabrice COUPRIE
- CAPGEMINI - Caroline VATEAU
- B&L EVOLUTION - Eliot GEOFFROY
- CAP INGELEC - Benoit PLOUX
- CAP INGELEC- Linda LESCUYER
- FÉDÉRATION CINOV / INOAL - Idriss KATHRADA
- DALKIA SMART BUILDING - Gabriel PETIT
- DALKIA SMART BUILDING - Mathieu HULOT
- DOCAPOST - Gaëlle PICARD
- ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE LYON - Laurent LEFEVRE
- ENERIA CAT - Laurent ORVOEN
- GIMELEC - Joël VORMUS
- GRDF - Guy-Noël DUPRE
- GRDF - José GUIGNARD
- GRDF - Julien MORESMAU
- IJO - Aurélie GRACIA VICTORIA
- INNEASOFT - Thierry CHENAVAS
- INFRADC CONSULTING - Stéphane LEVILLAIN
- INSTITUT MINES TÉLÉCOM ATLANTIQUE - Jean-Marc MENAUD
- DIGITAL REALTY (EX-INTERXION) - Bruno FOREST
- IRIT / SEPIA - UNIVERSITY OF TOULOUSE - Jean Marc PIERSON
- SHIFT PROJECT - Maxime EFOUI
- SHIFT PROJECT - Hugues FERREBOEUF
- Alberto CARPITA
- Norman KREMSER
- STULZ - Didier POULANGES
- STULZ - Didier RONSEN
- UNIVERSITÉ DE CLERMONT - Fabrice JAMMES
- UNIVERSITÉ DE LORRAINE - Eric RONDEAU
- UNIVERSITY OF PARIS 1 - PANTHEON SORBONNE - Manuele KIRCH PINHEIRO

## RELECTEURS

- GREENVISION - Tristan LABAUME
- INFOGREEN FACTORY - David REMAUD
- RITTAL - Cindy FERRY

## CONCEPTION, GRAPHISME

- ORIGIN ART STUDIO - Julie CHIARANDINI BOLIOLI





# I. RÉSUMÉ EXÉCUTIF



## RÉSUMÉ EXÉCUTIF

À l'heure où le système d'information et le développement durable représentent des enjeux importants pour la croissance des entreprises, le Datacenter est un élément-clé de cette transformation. Souvent perçu comme la partie visible de l'iceberg numérique, et pointé du doigt pour ses impacts environnementaux, le Datacenter n'en est pourtant pas réduit à un centre de coûts et de consommation énergétique.

Depuis plusieurs années, les acteurs du Datacenter développent des modèles de bâtiments capables de s'intégrer dans les territoires sur lesquels ils sont implantés. Cela vaut aussi bien pour les sources énergétiques sur lesquelles reposent leur approvisionnement (alimentation électrique, conditions de refroidissement... etc.), que pour la possible réutilisation de la chaleur qu'ils produisent pour alimenter le réseau urbain environnant.

Afin que le Datacenter soit un vecteur de la croissance durable, et non un frein, il lui faut un terreau fertile et des conditions techniques et réglementaires propices à son intégration dans le territoire.

Pour présenter ce sujet, l'Alliance Green IT a pris l'initiative de réunir des acteurs majeurs du secteur. Ce livre blanc a pour objectif de mettre en lumière le contexte et les enjeux associés au développement des Datacenter, les impacts environnementaux associés ainsi que les actions mises en œuvre par la filière pour y répondre. Nous avons également illustré des projets de R&D en cours et identifié les sujets en développement<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> ICT Impact Study, final report, July 2020 page 15 : [https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-11/IA\\_report-ICT\\_study\\_final\\_2020\\_\(CIRCABC\).pdf](https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-11/IA_report-ICT_study_final_2020_(CIRCABC).pdf)



## PRÉSENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

Le groupe de travail est piloté par l'Alliance Green IT (AGIT), une association dont l'objectif est d'identifier et de partager les bonnes pratiques pour tendre vers un numérique plus écoresponsable. À ce titre, nous publions régulièrement des guides, rapports, livres blancs qui synthétisent et expliquent ces bonnes pratiques. Ces livrables sont proposés gratuitement et accessibles via notre site internet [Alliance Green IT](https://alliancegreenit.org). Nous les relayons dès que l'occasion se présente, lors de diverses manifestations : événements, tables rondes, conférence, salon... etc.

Étant présentés sur une tonalité incitative, ils n'ont bien sûr pas le même impact qu'une législation contraignante. Ils sont cependant bien accueillis par les acteurs du numérique car ils ont vocation à expliquer de façon claire des actions concrètes à mettre en place pour s'améliorer sur différents sujets.

Pour le secteur du Datacenter, nous avons déjà publié plusieurs livres blancs :

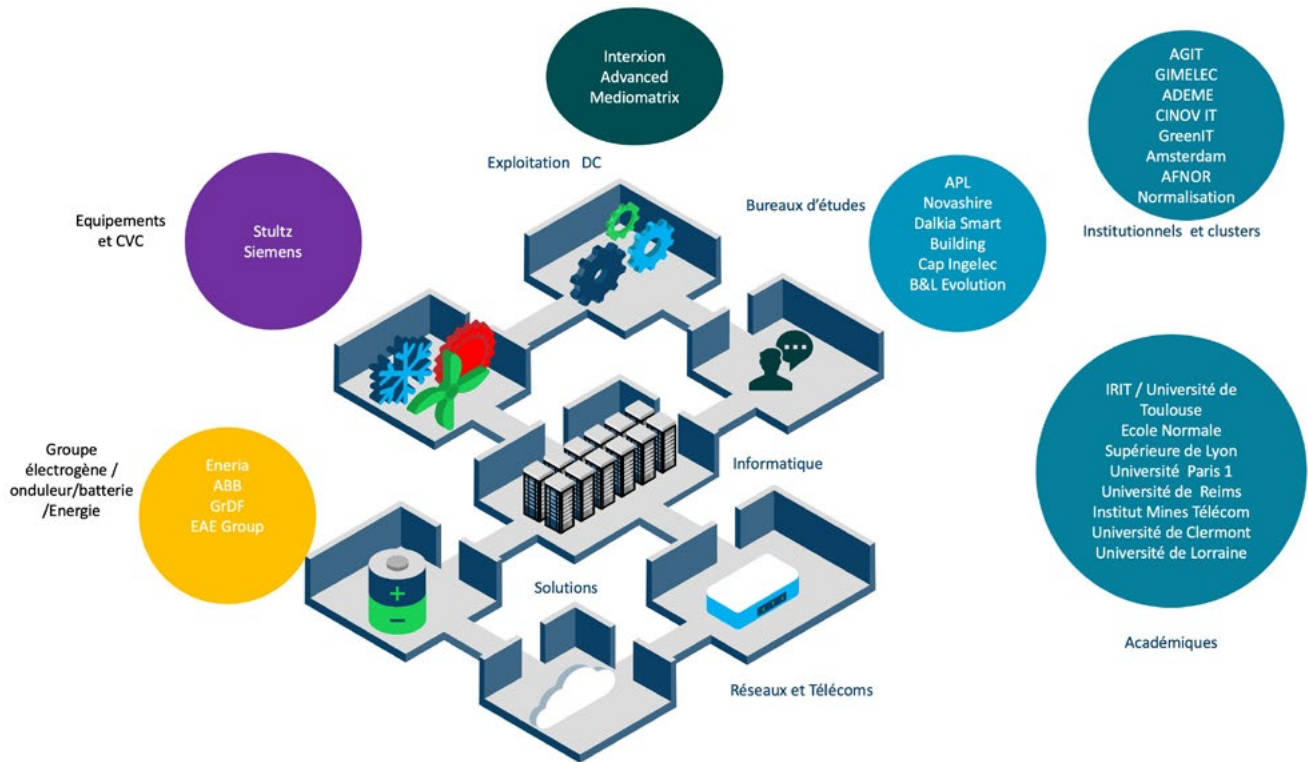
- Le cloud est-il green - [Livre Blanc : Le Cloud est-il Green ? \(alliancegreenit.org\)](https://alliancegreenit.org)
- Le PUE est-il un bon indicateur environnemental - [Position paper : le P.U.E \(alliancegreenit.org\)](https://alliancegreenit.org)
- Les indicateurs de performance environnementale des Datacenters (Réalisé en collaboration avec [France Datacenter](https://france-datacenter.com) et le [Gimélec](https://gimélec.com)) - [Les KPI des Datacenters \(alliancegreenit.org\)](https://alliancegreenit.org)

Pour aller plus loin sur le numérique responsable, d'autres publications sont disponibles sur le site de l'Alliance Green IT : [publications \(alliancegreenit.org\)](https://alliancegreenit.org)

L'Alliance Green IT a vocation à travailler de manière ouverte avec d'autres associations, c'est pourquoi nos publications sont généralement réalisées en collaboration avec d'autres acteurs du numérique.

C'est justement l'objet de notre groupe de travail « le Datacenter levier de la transition écologique » qui réunit une vingtaine de contributeurs à la fois universitaires, hébergeurs, cabinets d'ingénierie, institutionnels et utilisateurs des Datacenters. L'objectif est d'identifier des leviers complémentaires pour des Datacenters encore plus écoresponsables et répondant aux enjeux de la transition écologique.

Nous vous invitons à retrouver ci-dessous la liste des acteurs qui ont contribué à la réalisation de ce document, répartie selon leur domaine d'expertise.





# PRÉFACE

La digitalisation massive de l'ensemble de la vie professionnelle et privée vient modifier le paysage économique dans tous les secteurs d'activité. Les services numériques, innovants ou non, causent de profonds changements dans les organisations. Leur empreinte environnementale est de plus en plus analysée.

Et pour cause, un service numérique repose sur un système complexe, qui sollicite une multitude d'équipements pour fonctionner. Si l'on se concentre sur la partie relative à l'utilisation des données, les données issues de nos outils informatiques sont transportées jusqu'à un centre de traitement, le Datacenter, où elles sont stockées, traitées, analysées et partagées. Les Datacenters regroupent des équipements informatiques (serveurs, stockage, équipements réseaux) et représentent la partie centralisée des systèmes d'information. Tout comme l'activité qu'ils soutiennent, ils connaissent un fort développement, entraînant aussi une concentration des besoins en électricité sur ce secteur. Entre 2010 et 2018 la consommation électrique des Datacenter dans l'Union européenne a augmenté de 70.18%<sup>2</sup>.

Les centres de données sont des infrastructures élémentaires au développement de nos services numériques. Ils sont la première brique de la construction de l'économie numérique. Il est donc nécessaire de comprendre leur fonctionnement.

## LES DATACENTERS ET LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La multiplication des usages du numérique, combinée à la montée en puissance des services de *cloud computing* et au développement des objets connectés créent une très forte croissance du volume de données en circulation. Parvenir à concilier la transition écologique et la transition numérique représente un véritable défi pour l'ensemble des acteurs du numérique et spécifiquement pour les acteurs du Datacenter qui hébergent les données.

Les services numériques<sup>3</sup> ont des impacts environnementaux conséquents. On estime qu'ils sont à l'origine de 3 à 4%<sup>4</sup> des émissions mondiales de gaz à effet de serre, soit plus que le transport aérien, réputé bien plus consommateur, mais dont l'empreinte s'élevait en 2018 à 2,5%<sup>5</sup>.

En France, d'après l'étude réalisée par l'ADEME et l'ARCEP<sup>6</sup>, l'empreinte numérique en une année représente actuellement 2,5 % du total de l'empreinte carbone annuelle de la France soit 16,9 Mt CO<sub>2</sub> eq. La consommation électrique annuelle induite par les biens et services numériques en France est de 48,7 TWh, soit l'équivalent d'environ 10 % de la consommation électrique annuelle française.

<sup>2</sup> Rapport Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market\_European Commission

<sup>3</sup> Définition complète dans le glossaire

<sup>4</sup> Rapport du Shift Project - <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>

<sup>5</sup> Étude ADEME ARCEP sur l'empreinte du numérique en France - <https://www.arcep.fr/actualites/les-communiqués-de-presse/detail/n/environnement-190122.html>

<sup>6</sup> EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMERIQUE EN FRANCE ET ANALYSE PROSPECTIVE ,ADEME ARCEP JANVIER 2022 [https://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-note-synthese\\_janv2022.pdf](https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-note-synthese_janv2022.pdf)





Cependant, contrairement aux idées reçues, au cours de leur cycle de vie, les Datacenters situés en France représentent environ 14%<sup>7</sup> et 16% des émissions de gaz à effet de serre du secteur numérique.

Toujours selon l'étude, l'empreinte carbone du numérique est majoritairement liée aux terminaux, qui pèsent pour environ 79 % de l'empreinte, suivis par les centres de données pour plus de 16%, puis les réseaux autour de 5%. La phase de fabrication des équipements (terminaux, serveurs, box,...) concentre 78 % des impacts alors que la phase d'utilisation représente 21 %.

## LES DATACENTERS LEVIERS DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La France a la particularité de rassembler sur son territoire un grand nombre de compétences et d'expertise dans le domaine des centres de traitement des données. Que ce soit dans le domaine de la conception, la construction ou l'exploitation des Datacenters, la France atteint l'excellence en matière de performance énergétique.

En effet, les acteurs de l'industrie française du Datacenter ont développé un savoir-faire en matière d'efficacité énergétique des équipements ou de méthodes de refroidissement permettant de construire des Datacenters performants. Par exemple, le refroidissement naturel, ou *free cooling*<sup>8</sup>, consiste à refroidir les centres de données à partir de sources naturelles comme l'air ou l'eau, ce qui réduit grandement le recours à la climatisation, et donc la consommation énergétique de ces infrastructures.

Le fonctionnement durable des Datacenters apparaît aussi comme un axe de développement pour l'État français. Depuis 2008, la Commission européenne a mis en place un code de conduite sur la conception et l'opération des centres de données dans le but de réduire leur consommation énergétique. Ces derniers sont alimentés par le mix énergétique des pays où ils sont implantés.

Certains opérateurs de Datacenters choisissent même de s'approvisionner intégralement en énergies renouvelables, en souscrivant des contrats spécifiques auprès de leurs fournisseurs d'énergie.

Tous ces efforts montrent que, sur une tendance générale, la volonté de faire fonctionner de manière écoresponsable les centres de données est bien enclenchée.

## L'ÉVOLUTION DES BESOINS

Il y a en 2021 plus de 70 projets de Datacenters en cours dans l'UE, qui totalisent une surface de 851 000 m<sup>2</sup>.

Les Datacenters pourront-ils, dans un futur proche, être fédérés dans les régions et intégrés aux schémas énergétiques locaux, à la fois pour optimiser l'utilisation des énergies renouvelables, en régulant la demande (par le biais de contrats

<sup>7</sup> Annexe 2 - Les impacts du numérique

<sup>8</sup> Définition complète dans le chapitre IV, partie "Refroidissement"



négociés avec les utilisateurs de données sur le niveau de service requis à un moment donné), et pour faciliter la valorisation de la chaleur produite pour des usages voisins ? Les données seront-elles transférées vers le Datacenter le plus proche, alimenté sur un modèle énergétique cohérent par rapport au besoin de traitement de la donnée demandé ? Cela deviendrait possible grâce à des contrats spécifiques entre fournisseurs d'énergie, opérateurs de Datacenters et clients utilisateurs.

C'est en tout cas l'orientation prise par la Commission européenne, qui a clairement indiqué que les Datacenters comme les centres de télécoms « peuvent et devraient devenir climatiquement neutres d'ici 2030 » (Source : Rapport « [Shaping Europe's digital future](#) » - Commission européenne, 2020). Le Climate neutral Datacenter pact reprend cet objectif et en fait un engagement. Donc c'est un engagement repris par une bonne partie des acteurs majeurs.

Les Datacenter étant de plus en plus nombreux, ils sont devenus un enjeu de la transition énergétique. Ce livre blanc a pour but de montrer dans quelles conditions les Datacenters peuvent être les premières briques d'un numérique durable en proposant de bonnes pratiques et des retours d'expérience pour les Datacenters éco-efficaces. Ceci afin d'apporter des perspectives d'évolution.

## LE DATACENTER ÉCORESPONSABLE

Dans un premier temps, nous définirons ce qu'est un Datacenter, son utilité, le rôle qu'il a dans le numérique, de quels éléments il est composé et comment il fonctionne. Puis nous listerons leurs différentes caractéristiques, comme les types de Datacenter en fonction de leurs activités, leurs niveaux de redondance, leur superficie, leur densité et autres.

Dans un second temps les bonnes pratiques seront définies, tels que :

- L'utilisation d'énergie renouvelable pour l'alimentation ;
- Le recours à la virtualisation du traitement et du stockage ;
- L'utilisation des serveurs lame ;
- L'optimisation du refroidissement.

Ces bonnes pratiques sont déjà mises en place dans plusieurs Datacenter, et plusieurs projets en France sont en cours de réalisation. Ces projets consistent, entre autres, à optimiser les consommations d'énergie, récupérer la chaleur fatale ou encore réduire le PUE<sup>9</sup>. Ces projets sont détaillés dans ce rapport.

Dans un troisième temps, pour répondre à ces enjeux, nous verrons que plusieurs actions sont possibles. L'écoconception des Datacenter est primordiale. Cela consiste à mener des réflexions dès la conception / construction du Datacenter pour réduire ses impacts environnementaux. Ces actions doivent bien sûr être poursuivies sur l'ensemble du cycle de vie du Datacenter, dès la phase de construction, jusqu'à sa fin de vie.

L'écoconstruction est aussi une solution. L'objectif est de créer un bâtiment respectant au mieux l'écologie à chaque étape de la construction et de l'utilisation.

<sup>9</sup> Définition complète dans le glossaire



# SOMMAIRE

I.	Résumé exécutif	4
II.	Présentation du Datacenter	13
A.	Définition d'un Datacenter	14
	Le rôle du Datacenter dans la chaîne du numérique	14
	Les principaux enjeux d'un Datacenter : maintenance en condition opérationnelle et sécurité	14
	La composition d'un Datacenter	15
	Les types de Datacenter	16
B.	Les caractéristiques d'un Datacenter	17
	La disponibilité	17
	La superficie (m2)	18
	La densité électrique (kW/baie, kVA/baie)	18
	La localisation	18
C.	Les conditions de fonctionnement d'un Datacenter	19
	La disponibilité électrique	19
	Un système de refroidissement efficient	19
	Sécurité physique et sécurité des données	21
III.	Les enjeux du Datacenter	22
A.	Les impacts environnementaux associés aux Datacenters	23
	Trajectoire de la consommation d'énergie des Datacenters	26
	Le suivi de performance énergétique et environnemental, un enjeu essentiel	26
B.	Le développement économique du Datacenter	30
	Les investissements	30
	Continuité des activités	31
	Création d'opportunités économiques et d'emplois	32
C.	Les évolutions du contexte réglementaire	34
	La loi AGEC (Anti-Gaspillage et pour une Économie Circulaire)	34
	La loi de finance 2021	34
	Réglementation RGPD	34
	Publication de la feuille de route Numérique et Environnement	35
D.	La normalisation du Datacenter	36
IV.	Le Datacenter, vecteur de croissance durable	38
	Récupération de la chaleur fatale	39
	Un mix énergétique de plus en plus renouvelable	41



# SOMMAIRE

	Les consommations cachées	42
	Virtualisation du traitement et du stockage	42
	Charge IT	43
	La consommation énergétique de la partie informatique	43
	Le refroidissement	43
V.	L'avenir du Datacenter et perspectives	45
A.	Les changements contextuels	46
	L'intelligence Artificielle (IA)	46
	Edge	46
B.	Des techniques émergentes dans l'industrie du Datacenter	48
	Immersion cooling	48
	Trigénération & Alimentation électrique (GRDF)	49
	Geo cooling	49
	River cooling	50
C.	Les travaux de recherche et développement	51
VI.	Les actions à mener	53
A.	L'écoconception	55
	Bien dimensionner son Datacenter	55
	Étudier judicieusement la localisation de son Datacenter	55
	Écoconcevoir ses services numériques	56
	Identifier la configuration à donner à son Datacenter	56
	Anticiper le choix des équipements techniques à moindre impact pour l'environnement	57
B.	L'écoconstruction	62
	Adopter une gestion de chantier à faible nuisance	62
	Réhabiliter un bâtiment existant	63
C.	Le suivi d'indicateurs à plusieurs niveaux	64
VII.	Quelques retours d'expérience	65
	Sources complémentaires	76
	Glossaire	78
	Annexes	81
	Présentation de l'Alliance Green IT	94
	Liste des membres de l'Alliance Green IT	95



## II. PRÉSENTATION DU DATACENTER



# A. DÉFINITION D'UN DATACENTER

## LE RÔLE DU DATACENTER DANS LA CHAÎNE DU NUMÉRIQUE

Derrière le numérique en général, et Internet en particulier, se cachent les centres de données. Ils se matérialisent sous la forme de bâtiments regroupant des milliers de ressources informatiques. Ces centres de données, autrement appelés Datacenter, servent au stockage des données informatiques des entreprises et des particuliers.

Les Datacenters permettent par exemple aux entreprises de communiquer, de traiter, stocker et archiver les informations relatives à leur cœur de métier. Pour les particuliers, les Datacenters permettent les usages classiques du Web que sont la navigation Internet, la messagerie, le divertissement, l'accès aux services publics. Ainsi on pourrait affirmer que les centres de données sont au numérique ce que l'épine dorsale représente pour le corps humain.

## LES PRINCIPAUX ENJEUX D'UN DATACENTER : MAINTENANCE EN CONDITION OPÉRATIONNELLE ET SÉCURITÉ

Les Datacenters fournissent un espace dédié à l'hébergement des équipements informatiques qui composent la partie centralisée du système d'information des organisations. Le système d'information est un élément vital au fonctionnement des organisations, et les équipements informatiques qui le composent ont des contraintes de fonctionnement particulières. Les Datacenters sont donc conçus dans le double objectif de :

- Maintenir des conditions environnementales compatibles avec le fonctionnement des équipements informatiques,
- Garantir un fonctionnement continu sans interruption des activités, le tout dans une enceinte sécurisée.

En ce sens, divers dispositifs assurent la sécurité du bâtiment et de ses équipements informatiques. La sécurité d'accès aux sites regroupe du gardiennage 24/7, des sas de sécurité et des mécanismes d'authentification : badges, code, lecteur d'empreintes digitales, etc.

Les Datacenters intègrent aussi des systèmes permettant de prévenir les risques de pollution environnementale, détection de fuite d'eau, détection des incendies...

## LA COMPOSITION D'UN DATACENTER

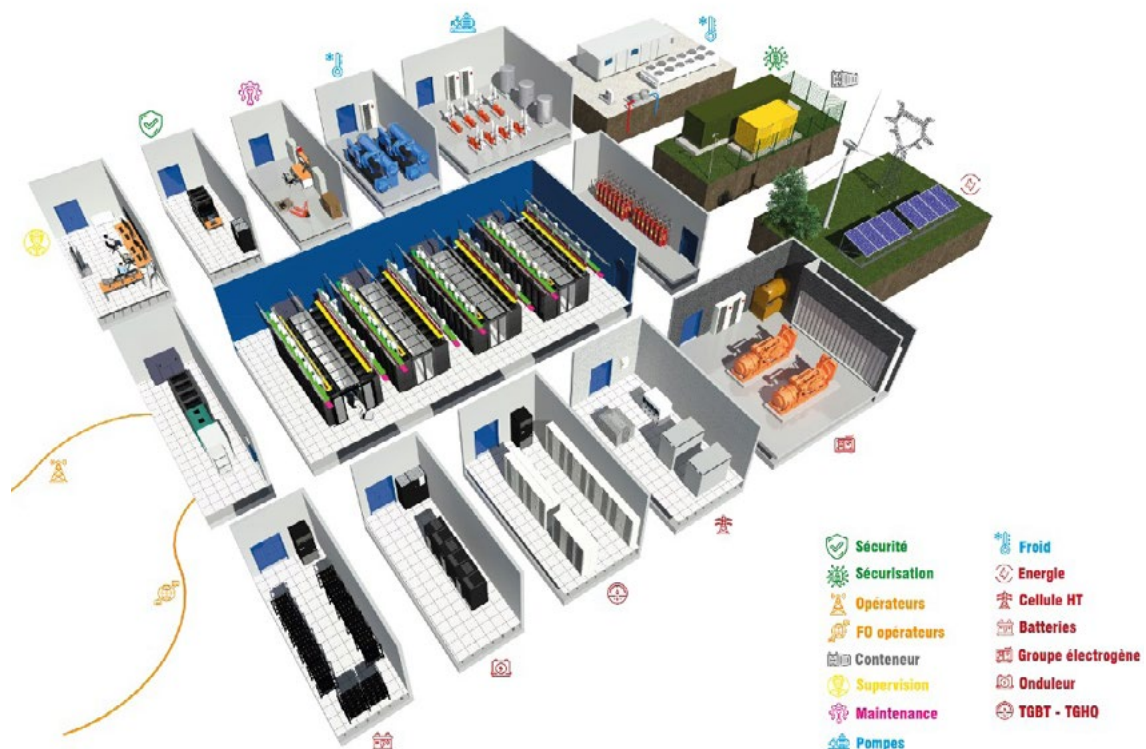
La définition du Datacenter est détaillée dans les normes [EN 50600](#) et [IEC30164](#). Selon cette définition, le Datacenter comporte des espaces dédiés :

- à l'hébergement, l'interconnexion et l'utilisation d'équipements informatiques et de télécommunication. Ces équipements délivrent des services de calcul, stockage et transport de données. Il s'agit des serveurs. Un serveur est, par définition, une machine sur laquelle des logiciels s'exécutent. On trouve également les équipements de stockage des données (disques, baies de stockage). Enfin viennent les équipements réseau qui ont pour fonction première de faire circuler les informations entre les utilisateurs et les serveurs (switch, routeurs, répartiteurs, etc.) ;
- à l'accueil, et quelques bureaux dédiés au Datacenter ;
- à la logistique : quai de livraison, déballage, préparation, stockage, déchets ;
- aux infrastructures techniques associées aux processus suivants :
  - > Transformation et sécurisation de l'électricité ;
  - > Climatisation, production de froid et traitement d'air ;
  - > Sécurité et sûreté ;
  - > Secours électrique.

Le dimensionnement des équipements, en nombre et taille, est défini pour répondre à un niveau de disponibilité de service. Les équipements informatiques installés dans le Datacenter, associés aux infrastructures réseaux et aux terminaux composent le système d'information des organisations.

Nous vous invitons à trouver sur le schéma ci-dessous l'organisation typique d'un Datacenter.

SCHÉMA DE L'ORGANISATION D'UN DATACENTER, COMPOSÉ DE DIVERS ÉQUIPEMENTS





## LES TYPES DE DATACENTER

Il existe deux principaux types de Datacenter :

- **Datacenter d'entreprise** : ces centres de données sont exploités par des entreprises privées ou publiques pour héberger et gérer leur parc informatique, traiter leurs données (par exemple, des clusters de calcul destinés à la recherche et l'enseignement). Le dimensionnement de ces Datacenters peut varier : de la salle informatique pour une petite ou moyenne entreprise, au campus pour les GAFAM.
- **Datacenter d'hébergement en colocation** : des entreprises privées proposent des solutions d'hébergement pour les entreprises qui ne souhaitent pas exploiter directement et pour leur propre compte un Datacenter. Ces solutions peuvent se traduire par des offres de location d'espace dans une salle informatique, autrement appelé colocation, ou par des offres de locations de bâtiments dédiés à une seule entreprise.

Le magazine Global Security Mag<sup>10</sup> présente dans sa cartographie 2021 (estimée en mars 2021) 215 Datacenters proposant des prestations d'hébergement à des tiers (dont 28 en construction) en France. Cette cartographie recense à peu près 75 Datacenters en Île-de-France.

Un tiers des sites est implanté en Île-de-France, ce qui fait de la région parisienne l'une des plus denses en Datacenters d'Europe. La zone apparaît en effet comme stratégique pour le développement des Datacenters du fait de son économie forte, de sa disponibilité foncière, de ses prix de fourniture électrique attractifs et de l'absence géographique de risques naturels.

---

<sup>10</sup> <https://www.globalsecuritymag.fr/fichiers/gsm50/CARTE-700x500.pdf>



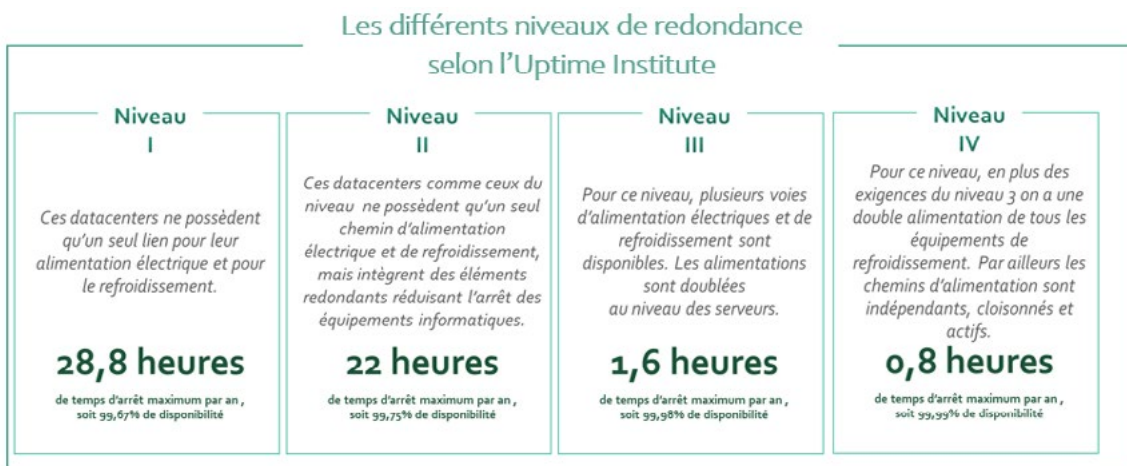
# B. LES CARACTÉRISTIQUES D'UN DATACENTER

## LA DISPONIBILITÉ

La disponibilité d'un Datacenter est définie, selon la norme EN 50600-1, comme étant « l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée »<sup>11</sup>. Cette disponibilité, pour le Datacenter est calculée de la manière suivante :

$$\text{disponibilité} = \frac{\text{temps moyen entre les ruptures de services}}{\text{temps moyen entre les ruptures de service} + \text{temps moyen de rétablissement}}$$

Le niveau de disponibilité choisi en phase de conception détermine la redondance des équipements de l'infrastructure mise en place. L'Uptime Institute<sup>12</sup> définit quatre niveaux de disponibilité ou *Tier* en anglais, allant du niveau I sans redondance au niveau IV permettant d'héberger des applications critiques avec une disponibilité de 99,99%.



Le choix de la disponibilité du Datacenter a un impact direct sur le coût total du Datacenter (conception, construction, exploitation, maintenance). On estime à 60 % la part du budget d'un Datacenter liée au niveau de redondance. Il est par ailleurs évident que le choix du niveau de redondance a également un impact important sur la consommation énergétique et donc sur les impacts environnementaux du centre de données.

<sup>11</sup> Définition extraite de la norme NF EN 50600-1 : Technologie de l'information – Installation et infrastructures de centres de traitement de données Partie 1 : Concepts généraux

<sup>12</sup> The Uptime Institute, association américaine, a défini en 1995 une norme décrivant quatre topologies d'infrastructure de sites.

## LA SUPERFICIE (M2)

Un Datacenter peut avoir une superficie dédiée à l'hébergement allant de quelques dizaines de mètres carrés inclus dans un bâtiment (on parle alors de salle informatique) jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés (Datacenter géant<sup>13</sup>). Entre ces deux extrêmes, toutes les situations sont rencontrées et répondent à des besoins différents.



Selon une étude de marché réalisée par la société APL Datacenter à partir d'une base de données de 350 Datacenters, la surface IT totale en France couvrirait 465 000 m<sup>2</sup> pour une consommation annuelle moyenne de 5 500 kWh/m<sup>2</sup>.

## LA DENSITÉ ÉLECTRIQUE (KW/BAIE, KVA/BAIE)

La densité exprimée en kW ou kVA par baie définit la puissance maximale qui pourra être utilisée par les équipements informatiques au sein d'une baie informatique.

La densité peut aller de quelques kW à plusieurs dizaines de kW (cas de la haute densité).

## LA LOCALISATION

La localisation géographique et les conditions climatiques influent sur la performance du Datacenter, à la fois par la caractérisation de l'air neuf (plus ou moins chaud, plus ou moins humide) et sur le potentiel d'utilisation des énergies renouvelables (source d'énergie renouvelable disponible à proximité, temps d'utilisation du *free cooling*...).

<sup>13</sup> Image : Projet de construction d'un Datacenter géant en France, en région parisienne, par l'entreprise Digital Realty (ex-Interxion).



## C. LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT D'UN DATACENTER

Pour qu'un Datacenter puisse fonctionner correctement, plusieurs conditions sont à vérifier.

### LA DISPONIBILITÉ ÉLECTRIQUE

Tous les équipements en fonctionnement dans le Datacenter ont besoin d'électricité pour assurer leurs fonctions. La fourniture électrique doit répondre à trois exigences fondamentales :

- De l'électricité en quantité suffisante : le Datacenter abrite des milliers d'équipements informatiques. L'adduction en électricité doit pouvoir couvrir les besoins en puissance de ces équipements.
- De l'électricité de haute-qualité : l'électricité fournie doit être de haute qualité. Il ne doit pas y avoir de microcoupures, de surtensions ou de baisses de tension car les serveurs sont peu tolérants à ces phénomènes. Ceci implique d'équiper l'infrastructure du Datacenter de nombreux équipements palliatifs ou correctifs dont les plus connus sont les onduleurs. Ces derniers sont couplés à des réseaux de batteries destinées à assurer la transition lors des coupures de faible durée.
- De l'électricité secourue : comme mentionné dans le paragraphe précédent, les serveurs doivent pouvoir continuer de fonctionner même en cas de coupure temporaire d'électricité. C'est là qu'interviennent les équipements de secours électriques qui alimentent les équipements par deux sources électriques distinctes :
  - > Les onduleurs et les réseaux de batteries,
  - > Les groupes électrogènes dédiés. Ces groupes électrogènes, alimentés en fuel, doivent être testés périodiquement pour s'assurer de leur bon fonctionnement.

### UN SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT EFFICIENT

La norme de l'ASHRAE (American Society of Heating, refrigerating and Air conditioning Engineers) propose des conditions environnementales pour garantir le bon fonctionnement des équipements informatiques, et définit des classes de tolérance. Ces conditions sont relatives à la température et à l'hygrométrie. C'est ce que l'on appelle le diagramme psychrométrique.

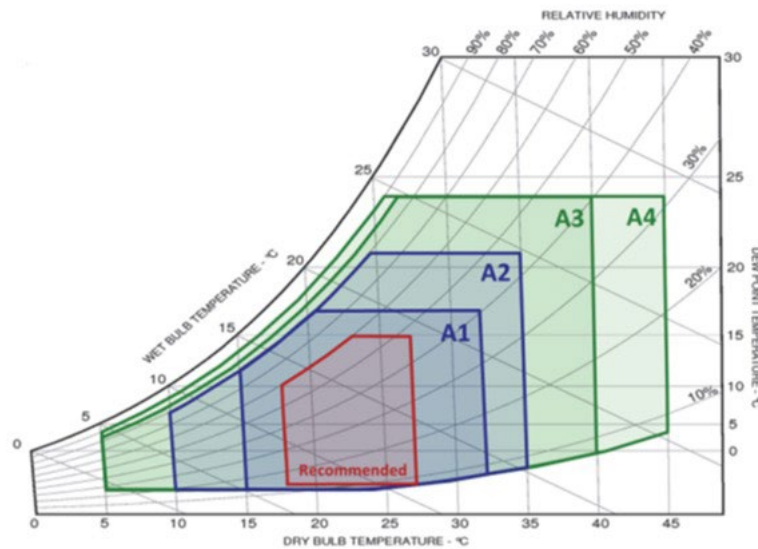


FIGURE 1 : CLASSE ASHRAE DES ÉQUIPEMENTS INFORMATIQUES

La température recommandée au niveau de la face avant des équipements se situe entre 18°C et 27°C. Cependant, théoriquement, des températures comprises entre 10°C et 35°C peuvent être acceptées par les équipements pendant des durées limitées.

De même, il est recommandé de maintenir une hygrométrie relative inférieure à 80%.

À noter que le guide « Code of Conduct » (2021), qui référence les bonnes pratiques en matière d'efficacité énergétique pour les Datacenters, indique les plages ASHRAE à considérer en référence pour les nouveaux serveurs, à savoir : *a minima* plage A1 et si possible jusqu'à la plage A4. Comme on peut le voir sur le diagramme ci-dessus, ces plages sont bien plus tolérantes en températures et en hygrométrie que ne l'était la plage générique ASHRAE « Recommended » (qui date de 2015).

Le défi des opérateurs de Datacenter est de maintenir des conditions environnementales compatibles avec les équipements informatiques.

En effet, les contraintes principales sont :

- Des conditions environnementales qui fluctuent en permanence ;
- Les salles informatiques sont composées d'équipements IT de puissance et de générations différentes. Par conséquent, leurs niveaux de tolérance sont également différents ;
- Éviter à tout prix la formation de « points chauds » : la température en salle informatique peut être différente selon l'endroit où elle est mesurée. La création de points chauds peut générer un arrêt des serveurs.

L'intégration de l'ensemble de ces contraintes nécessite une conduite des installations très rigoureuse, une optimisation de la régulation et un respect des bonnes pratiques en salle informatique.

Par ailleurs, l'énergie électrique consommée par les équipements informatiques est presque intégralement convertie en chaleur. Sans système de climatisation, la température en salle atteindrait en quelques minutes un seuil au-delà duquel les équipements cesseraient de fonctionner. Pour retirer l'énergie excédentaire de la salle, on utilise un système de conditionnement d'air. Le refroidissement des serveurs est le plus souvent effectué par l'apport d'air extérieur (*free cooling*). L'air est utilisé en raison de sa relative facilité de mise en œuvre.

Il existe un autre mode de refroidissement, par apport de liquide, qui peut être mis en œuvre de façon directe ou indirecte.



## SÉCURITÉ PHYSIQUE ET SÉCURITÉ DES DONNÉES

Pour rappel les principaux objectifs d'un Datacenter sont de :

- Maintenir en condition opérationnelle les équipements techniques permettant la continuité de service et la disponibilité en salle informatique
- Garantir la sécurité des personnes présentes dans les infrastructures, ainsi que la sécurité physique et logique de l'infrastructure et des équipements qui s'y trouvent.

Il convient donc d'évoquer le fait que toute démarche favorisant la protection de l'environnement, ou tout projet visant à concevoir un Datacenter en diminuant son impact environnemental, ne peut aucunement se faire en portant préjudice au bon fonctionnement du Datacenter et à la conformité aux exigences de continuité de service et de sécurité.

Aussi, les équipements nécessaires à la vidéo-surveillance d'un site, au contrôle d'accès (badge, biométrie, etc.), à la prévention d'incendie, sont autant d'équipements qui alourdissent le résultat de l'analyse du cycle de vie d'un Datacenter, mais qui sont pour autant indispensables.



### III. LES ENJEUX DU DATACENTER



## A. LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS AUX DATACENTERS

Selon l'ADEME, le numérique a une part comprise entre 3 et 4 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) mondiales<sup>14</sup>. Cela représente environ 1,5 Gt de kg équivalent CO2 rejeté dans l'atmosphère en un an, soit autant que l'Inde, pour la totalité de ses activités et de sa population de 1,4 milliard d'habitants en 2022.

La quantification de l'empreinte environnementale du numérique est un sujet complexe au vu de la multiplicité et de la diffusion des sources d'impacts. Un système numérique fait appel à divers tiers architecturaux :

- Les terminaux utilisateurs (ordinateurs, tablettes, smartphones, objets connectés) ;
- Au moins un Datacenter (lui-même composé de nombreux équipements) ;
- Des réseaux de télécommunications (ADSL, fibre optique, 3G, 4G, 5G, satellites...).

Chacun de ces tiers, et des équipements qui le composent, génère des émissions de GES à chaque étape de son cycle de vie. Il est aujourd'hui reconnu que la fabrication des terminaux utilisateurs est la première source d'émissions, suivie par la consommation électrique de ces derniers durant leur phase d'utilisation<sup>15</sup>.

L'étude de L'ADEME et de l'ARCEP 2022 montre que la phase de fabrication est responsable de la majorité des impacts pour chaque indicateur étudié.

En considérant l'ensemble de leur cycle de vie, les Datacenters seraient responsables de 4 à 20% des émissions du secteur numérique, une part équivalente à celle des réseaux de communication<sup>16</sup>.

Prévoir la tendance de la consommation énergétique des Datacenters s'avère complexe étant donné la multiplicité des effets positifs : réduction du PUE, amélioration de l'efficacité énergétique et du taux d'utilisation des serveurs, augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix électrique... ; et négatifs : croissance du trafic, du volume de données à stocker, des opérations, de la demande...

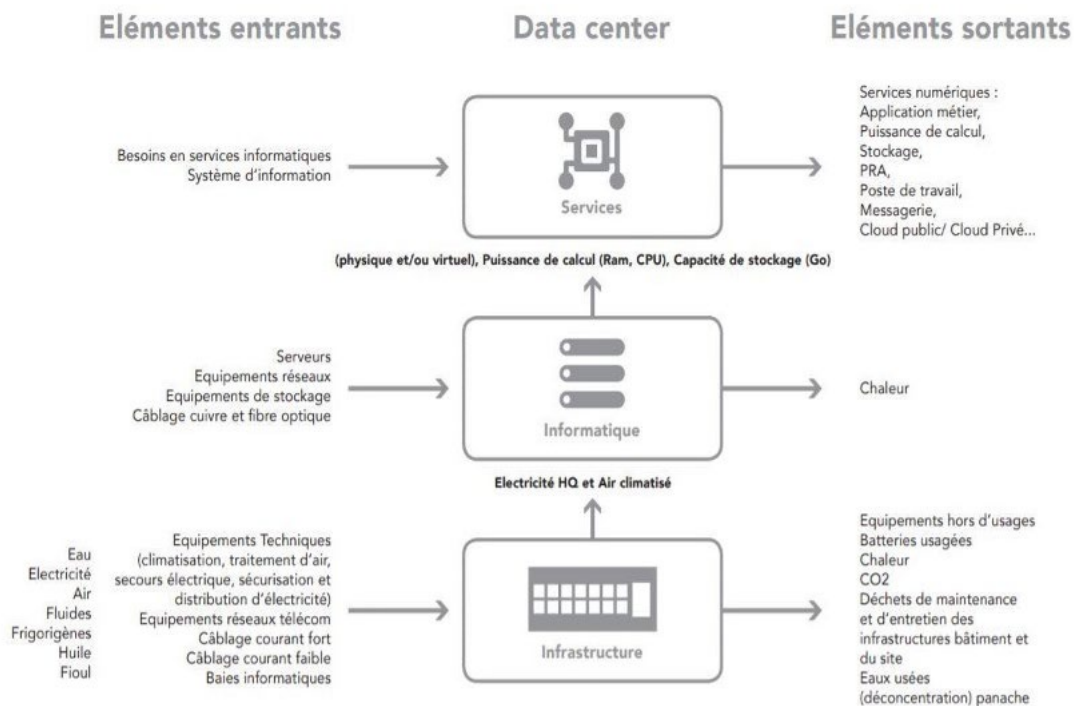
D'un point de vue environnemental, le Datacenter concentre de nombreux flux, entrants et sortants, permettant d'assurer son fonctionnement. Le schéma ci-dessous représente les principaux flux dissociés selon qu'ils soient associés à la partie «infrastructure», «informatique» ou «services».

Ainsi, la consommation énergétique totale des centres de données est tributaire des consommations des différents postes : la partie informatique et la partie infrastructure.

<sup>14</sup> [https://cnm.fr/wp-content/uploads/2021/08/ademe\\_guide-pratique-face-cachee-numerique.pdf](https://cnm.fr/wp-content/uploads/2021/08/ademe_guide-pratique-face-cachee-numerique.pdf)

<sup>15</sup> [https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2019/10/2019-10-GREENIT-etude\\_EENM-rapport-accessible.VF\\_.pdf](https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2019/10/2019-10-GREENIT-etude_EENM-rapport-accessible.VF_.pdf) & CITIZING et Virtus Management, Empreinte carbone du numérique en France

<sup>16</sup> [Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective - Note de synthèse réalisée par l'ADEME et l'Arcep \(19 janvier 2022\)](#)



Un Datacenter, comme tout site et structure, va impacter l'environnement sur toutes les étapes de son cycle de vie.

Lors de la fabrication et la construction plusieurs éléments vont impacter l'environnement :

- **Les matériaux**

Certains matériaux sont des ressources naturelles renouvelables et d'autres non. Le fait d'utiliser des matériaux non renouvelables va participer à l'épuisement de ces dits matériaux. De plus, certaines matières, dans leur extraction et leur mise en forme, impactent fortement l'environnement. Cela est dû à l'utilisation de substances toxiques pour la santé humaine et les écosystèmes, ou à cause d'un besoin colossal en énergie.

- **Le transport**

Pour amener les matières premières du site d'extraction au site de construction il faut dépenser de l'énergie. Plus la distance sera longue et les matériaux lourds, plus il faudra d'énergie pour les transporter et plus l'impact sur l'environnement sera grand.

- **La surface au sol**

Construire un bâtiment amène à altérer l'habitat au sol. Tout un écosystème est alors perturbé par la structure.

- **Le rejet de substances**

Il est inévitable de rejeter des substances dans l'air, dans l'eau ou dans le sol lors d'une étape de cycle de vie. Les phases de construction et d'extraction des matières premières ne font pas exception. Il faut des ressources pour construire un bâtiment. Cette consommation, s'il s'agit de ressources fossiles, peut rejeter des GES dans l'atmosphère. Il peut aussi y avoir des fuites de déchets dans le sol et dans l'eau.





La fin de vie d'un Datacenter impacte aussi l'environnement, et ce sur plusieurs points :

- **Les DEEE**

L'ensemble des équipements informatiques, y compris ceux installés dans les Datacenters, ont des durées de vie de plus en plus courtes. Ces équipements en fin de vie deviennent des DEEE (Déchets d'équipements électriques et électroniques). Ils contiennent de nombreuses substances ou composants dangereux pour l'environnement, mais les matériaux qui les composent présentent aussi un fort potentiel de recyclage. Ils peuvent en revanche être à l'origine de nombreux impacts environnementaux lorsqu'ils ne sont pas traités par des filières agréées.

- **Le bâtiment**

La structure suivra aussi un démontage et plusieurs voies possibles pour la fin de vie, comme les DEEE.

Il y a plusieurs étapes associées à la fin de vie. Elles sont classées dans l'ordre de priorité suivant pour limiter au maximum les impacts environnementaux :

- **La réutilisation**

Il s'agit d'une opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau.

- **Le recyclage**

C'est un procédé de traitement des déchets et de réintroduction des matériaux qui en sont issus dans le cycle de production d'autres produits équivalents ou différents.

- **La valorisation énergétique**

Cela consiste à récupérer et valoriser l'énergie produite lors du traitement des déchets par combustion (pouvoir calorifique) ou méthanisation.

- **L'élimination**

Il s'agit de toutes les opérations qui ne peuvent pas être considérées comme de la valorisation.

Ces quatre termes répondent à une définition précise inscrite dans [le code de l'environnement article L541-1-1](#).



## TRAJECTOIRE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DES DATACENTERS

Si la quantité de calcul effectuée dans les centres de données a plus que quintuplé, et le nombre de données échangé plus que doublé entre 2010 et 2018, les auteurs de l'étude publiée dans la revue Science (Mansanet et al. 2020) estiment que la consommation des Datacenters semblerait se stabiliser et que les raisons d'une telle stabilisation sont multiples.

Pour commencer, l'efficacité énergétique du matériel s'est considérablement améliorée. D'autre part, elle reflète le passage progressif des anciens centres de données exploités par les entreprises traditionnelles, telles que les banques, les compagnies d'assurance ou les détaillants, vers les services de *cloud computing*.

Finalement, la troisième raison est l'augmentation et la migration vers les hyperscalers<sup>17</sup> qui ont contribué à réduire la consommation d'énergie. Ces *hyperscalers* utilisent des systèmes de refroidissement plus performants et utilisent des serveurs sur mesure (à l'instar des géants du cloud tels qu'Amazon et Google). Ils utilisent également des serveurs issus du projet OpenCompute<sup>18</sup>, qui sont nativement conçus pour être efficaces dans leur consommation d'énergie.

Ainsi selon ces auteurs, la consommation énergétique des Datacenters serait largement surévaluée et les méthodes d'évaluation de cette consommation ne tiendraient pas compte des fortes tendances compensatoires en matière d'efficacité énergétique qui se sont produites en parallèle.

La tendance à la stabilité de la consommation d'énergie des Datacenters est également corroborée par l'IEA<sup>19</sup>. Selon ce rapport, malgré la hausse de la charge de travail, les consommations énergétiques sont restées stables notamment en raison des gains d'efficacité opérés par les constructeurs sur leurs composants et machines.

Ce constat n'est pas l'avis de la commission pour qui l'augmentation des services et des usages « est si forte qu'elle a plus que neutralisé les gains d'efficacité notables réalisés à tous les niveaux (matériel, logiciels, infrastructure des centres de données) ».

Au-delà de ces différences de chiffres et de périmètres, retenons que le consensus qui semble se dessiner est qu'il existe de « nombreux » Datacenters efficaces et que la filière Datacenter a le mérite d'avoir mis le sujet d'efficacité énergétique en priorité grâce à la promotion et l'implémentation des bonnes pratiques d'efficacité énergétique que nous verrons dans la suite de ce document.

## LE SUIVI DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL, UN ENJEU ESSENTIEL

Pour suivre la performance énergétique et environnementale d'un Datacenter, il faut sélectionner les indicateurs les plus pertinents au regard de ses caractéristiques : son activité, sa disponibilité, sa surface, sa densité électrique, et sa localisation. Toutefois, certains indicateurs, mesurés, calculés ou globaux, sont incontournables pour le suivi de la performance.

L'énergie est pour le Datacenter un enjeu essentiel. C'est aussi le plus connu et le plus tangible. Un approvisionnement continu, maîtrisé et sécurisé d'énergie de haute qualité est indispensable à son fonctionnement. Ce sujet est au cœur de la stratégie du Datacenter, d'autant plus qu'il représente en moyenne 70 à 75 % de ses coûts d'exploitation.

<sup>17</sup> Définition complète dans le glossaire

<sup>18</sup> <https://www.opencompute.org/>

<sup>19</sup> <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

Les Datacenters sollicitent plusieurs types d'énergie finale : de l'électricité, mais également du fioul pour assurer le secours électrique en cas de coupure, et parfois de l'eau glacée ou du gaz.

Le paramètre prépondérant, le plus facile et évident à observer, est donc la consommation d'énergie finale, notamment d'électricité, du site. Elle est mesurée à plusieurs points du Datacenter.

The Green Grid, consortium d'acteurs dédié au progrès de l'efficacité énergétique des Datacenters et des écosystèmes informatiques des entreprises a publié de nombreux livres blancs proposant de nouvelles métriques afin de mesurer et de comparer les impacts des Datacenters.

The Green Grid est ainsi à l'origine de l'indicateur le plus connu et reconnu pour évaluer la performance énergétique d'un Datacenter : le PUE, *Power Usage Effectiveness*. Cet indicateur est défini et cadré depuis 2016 par la norme ISO/IEC 30134-2. Il mesure le rendement énergétique global du Datacenter.

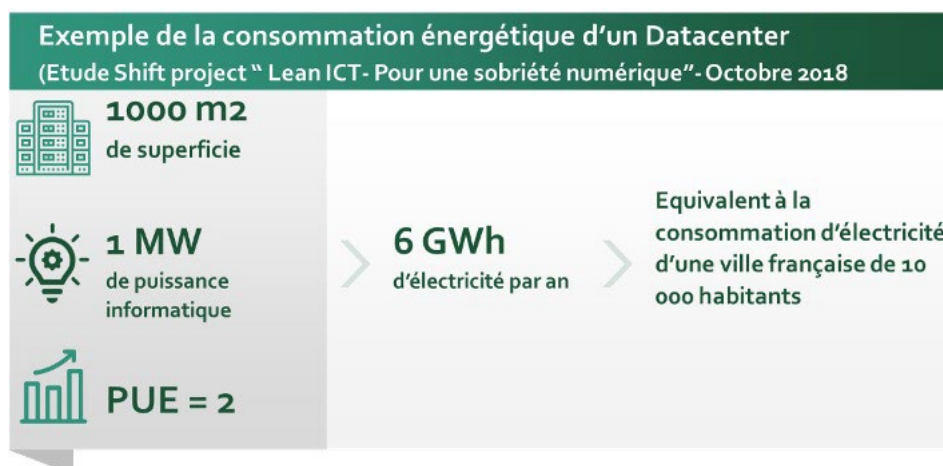
Il se calcule d'après la formule suivante :

$$\text{PUE} = \frac{\text{Consommation d'électricité totale (kWh)}}{\text{Consommation d'électricité IT (kWh IT)}}$$

Ainsi, plus le PUE est proche de 1 et plus le site est performant.

C'est, en ce sens, un bon indicateur pour optimiser, dans le temps, les conditions et le suivi de l'exploitation de l'infrastructure du Datacenter.

Plus cet indicateur est proche de 1, plus le site est performant. À titre d'exemple, un PUE de 1,4 signifie que lorsque 1kWh est consommé par un équipement IT, 0,4 kWh sont nécessaires pour assurer le maintien en condition opérationnelle de cet équipement.



Le **CUE, Carbon Usage Effectiveness**, est un indicateur élaboré par The Green Grid dans l'idée de promouvoir le développement durable dans le secteur des Datacenters.

Le CUE détermine les émissions directes de gaz à effet de serre (en kg CO<sub>2</sub> équivalent) liées à la consommation d'énergie du Datacenter ramenées par kWh d'électricité consommée par les équipements informatiques. Fortement tributaire du mix électrique utilisé, le CUE démontre du meilleur niveau de sobriété environnementale lorsqu'il approche 0[6].



**Le WUE, *Water Usage Effectiveness***, représente les consommations d'eau du Datacenter ramenées par kWh d'électricité consommée par les équipements informatiques.

$$WUE = \frac{\text{Consommation d'eau (L)}}{\text{Consommation IT (kWh)}}$$

On différencie le WUE direct, qui ne prend en compte que les consommations d'eau liées aux procédés de traitement d'air et de climatisation, du PUE indirect, qui intègre les consommations d'eau liées à la production de l'énergie.

Un peu moins utilisé, le COP, *Coefficient of Performance*, permet de mesurer le rendement de la production de froid, en vue de l'optimiser. En cours de normalisation, il est défini comme tel :

$$COP = \frac{\text{Production de kWh froid}}{\text{Consommation des groupes froids}}$$

Le REF, *Renewable Energy Factor*, mesure la part d'énergie renouvelable (en production locale ou achat extérieur) par le Datacenter. C'est un indicateur normalisé (ISO/IEC 30134-3) qui se calcule comme suit :

$$REF = \frac{E_{REN}}{E_{DC}} = \frac{\text{Energie renouvelable utilisée annuellement par le Datacenter}}{\text{Energie annuelle consommée par le Datacenter}}$$

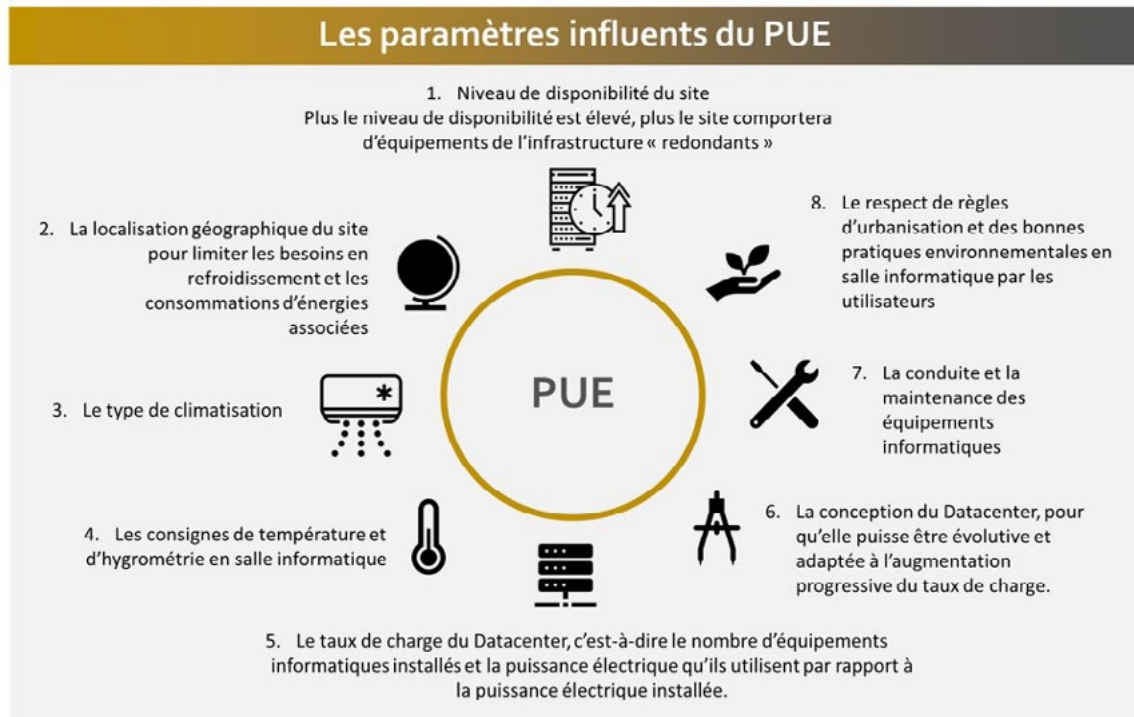
D'autres indicateurs énergétiques existent et sont en voie d'être normalisés, tels que l'ERF (*Energy Reuse Factor*), le SEER (*Seasonally adjusted Energy Efficiency Ratio*) ou l'ITEE sv (*IT Equipment Energy Efficiency for servers*)...

Pour rappel, une liste des indicateurs de performance environnementale des Datacenters a été réalisé par l'AGIT, en collaboration avec [France Datacenter](#) et le [Gimélec](#) - [Les KPI des Datacenters \(alliancegreenit.org\)](#).

Les indicateurs PUE, le CUE et le WUE prennent seulement en compte la phase d'utilisation de la partie infrastructure bâtementaire du Datacenter. Ces indicateurs ne sont donc pas suffisants si l'on souhaite évaluer la performance environnementale du Datacenter dans sa globalité.



Le PUE par exemple est influencé par les paramètres suivants :



À titre d'exemple, un Datacenter avec un très bon score de PUE - pour rappel, proche de 1 - pourra utiliser des équipements informatiques à faible durée de vie et très énergivores, ou des applications très consommatrices en puissance de calcul ou en besoin de stockage, sans que cela n'impacte le score du PUE.

De plus, il ne permet pas de comparer entre eux des Datacenters d'architecture ou d'activité différentes.

Dans un objectif de réduction de l'impact environnemental des Datacenters, d'optimisation de leur dimensionnement et de leurs conditions d'exploitation, il convient aussi d'explorer toutes les opportunités de valorisation de l'énergie fatale qu'ils produisent. Les projets de récupération de l'énergie fatale des Datacenters permettent indirectement d'éviter des émissions de gaz à effet de serre et font ainsi l'objet d'aides et de subventions particulières.

En somme, il existe un nombre important de leviers permettant de réduire drastiquement la consommation énergétique des Datacenters et leurs impacts environnementaux. Dans les chapitres suivants, les bonnes pratiques d'optimisation énergétique des centres de données ainsi que quelques retours d'expérience sur la mise en œuvre de ces bonnes pratiques, seront présentés.

Par ailleurs, au delà de ces indicateurs, l'AGIT recommande un certain nombre d'indicateurs dans son livre blanc sur les KPI du Datacenter<sup>20</sup>. Ce dernier souligne l'importance de mettre en place un suivi d'indicateurs sur les trois couches qui composent un Datacenter : son infrastructure, ses équipements informatiques et télécom et les services qu'il héberge.

## B. LE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE DU DATACENTER

Nous nous sommes jusqu'ici concentrés sur les impacts du Datacenter au niveau national et Européen. Nous allons devoir, pour cette partie, traiter du développement économique, et donc aborder le sujet d'une manière plus globale, à l'échelle mondiale.

Les investissements les plus importants sur le marché du Datacenter sont réalisés par les GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft) pour répondre à la croissance de nos usages numériques.

Nous traiterons notamment le développement économique au travers des usages et besoins d'investissement dans les Datacenters.

### LES INVESTISSEMENTS



En 2019, plus de 300 nouveaux projets d'investissements dans des Datacenters ont été recensés. Ils étaient moins de 80 en 2016, dépassant les 100 en 2017 et sont évalués à 123 en 2018. Le tiers est localisé aux États-Unis mais c'est en Inde que la dynamique est la plus forte avec 18 projets recensés en 2018 contre 9 en 2016.

Malgré les difficultés logistiques causées par la pandémie de COVID-19 et le confinement, les opérations se poursuivent à vive allure. Comme le souligne John Dinsdale, analyste en chef du Synergy Research Group, ceci démontre que la demande en matière de services Cloud continue de s'accroître et stimule les investissements.

<sup>20</sup> AGIT, 2017, [Les KPI du Datacenter](#)

## CONTINUITÉ DES ACTIVITÉS

La crise sanitaire engendrée par la Covid-19 a pour conséquence de démontrer à quel point la continuité d'exploitation des Datacenters, et des infrastructures IT en général, est un élément clé de la continuité de la nation.

Alors que près de la moitié de l'humanité s'est vu confinée pour faire face à la propagation de la pandémie, la continuité des activités de la société s'est poursuivie grâce au numérique : la possibilité de télétravailler ou de suivre les cours en ligne, la téléconsultation d'un médecin, la possibilité d'acheter en ligne, l'utilisation des réseaux sociaux, le recours au streaming vidéo...



Réceptacle des infrastructures numériques, le Datacenter a donc joué un rôle essentiel dans la disponibilité des applications<sup>22</sup>. Bien que le trafic Internet et réseaux aient connu une hausse massive, les plateformes des opérateurs réseau et des fournisseurs de service ont supporté avec brio cette montée en charge inédite.

En somme, c'est grâce à la résilience des infrastructures numériques que la continuité des activités des français est rendue possible en temps de crise sanitaire. Les infrastructures numériques et les Datacenters apparaissent plus que jamais comme de véritables services de première nécessité au même titre que les transports, l'eau et l'électricité.

<sup>21</sup> <https://www.usine-digitale.fr/article/zoom-n-a-pas-depasse-son-pic-d-usage-de-300-millions-d-utilisateurs-quotidiens-du-mois-d-avril.N971301>

<sup>22</sup> Usine-digitale.fr : <https://www.usine-digitale.fr/article/zoom-n-a-pas-depasse-son-pic-d-usage-de-300-millions-d-utilisateurs-quotidiens-du-mois-d-avril.N971301>

## CRÉATION D'OPPORTUNITÉS ÉCONOMIQUES ET D'EMPLOIS



La construction, le déploiement et l'exploitation de Datacenters sont des sources de création d'emploi directs et indirects<sup>24</sup>. Selon la Caisse des dépôts, la construction des centres de données de proximité dans les collectivités, est considérée comme un investissement déterminant pour ces collectivités.

En dehors des taxes locales récupérées, l'installation des centres de données pourrait renforcer la productivité et la compétitivité des entreprises déjà présentes sur le territoire et attirer des expertises dans les secteurs que sont la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance des sites : électriciens, énergéticiens, informaticiens... L'installation d'un Datacenter accélère l'activité économique dans les territoires car il contribue à dynamiser les offres des entreprises déjà installées.

Hormis le dynamisme numérique et une offre de services plus riche et compétitive dans les territoires, l'implantation d'un Datacenter est une source de création d'emploi, et ce durant tout son cycle de vie (conception, construction, exploitation, maintenance, décommissionnement). En effet, la construction des Datacenters est souvent comprise entre trois et cinq ans. Pour les Datacenters géants cela peut même prendre cinq à dix ans et plus d'un millier d'employés travaillent chaque jour sur le chantier.

De plus, les centres de données font partie d'une chaîne logistique unique, composée de plusieurs corps de métiers : bureaux d'études, société de conseils, sociétés de fourniture énergétique, entreprises du bâtiment, fournisseurs d'accès Internet, opérateurs cloud, opérateurs réseaux etc. Ces différents pôles de compétence regroupent des profils variés et complémentaires : techniciens, ingénieurs, architectes, etc.

À titre d'exemple, le projet de Datacenter de 12 000 m<sup>2</sup> porté par le promoteur Mado France SAS, en partenariat avec la Caisse des dépôts (via la Banque des territoires), devrait créer 750 emplois directs dans la communauté d'agglomération castelroussine<sup>25</sup>.

<sup>23</sup> Rapport Indeed sur le Marché du Travail pour le Cloud

<sup>24</sup> [Guide sur le Cloud Computing et les Datacenters \(entreprises.gouv.fr\)](https://entreprises.gouv.fr)

<sup>25</sup> [Green Challenge 36 : premier bâtiment attendu pour fin 2023 à Châteauroux \(lanouvellerepublique.fr\)](https://www.lanouvellerepublique.fr)





Enfin, l'association France Datacenter a dressé une liste des différents métiers liés au Datacenter par famille<sup>26</sup> et dont des milliers de postes sont à pourvoir chaque année. Elle y présente en parallèle l'organisation globale du Datacenter. Voici la liste des quelques métiers cités dans la vidéo :

#### Phase de conception / fabrication du Datacenter

- Ingénieur / Ingénieure de conception : imaginer, valider ses idées, optimiser
- Chef / Cheffe de chantier : bâtir
- Technicien / Technicienne / Ingénieur / Ingénieure CVC : Refroidir
- Chef / Cheffe de projets électricité : Électrifier
- Directeur / Directrice technique

#### Commercialisation

- Chargé / Chargée de compte : commercialiser
- Acheteur : Gérer les fournisseurs, négocier

#### Gestion de la salle informatique

- Urbaniste de Datacenter : Organiser la salle informatique
- Technicien réseau / Spécialiste fibre optique : Connecter
- Ingénieur / Ingénieure Réseau : Relier avec l'extérieur
- Ingénieur / Ingénieure de maintenance ou de Maintenance IT : Maintenir les infrastructures en fonctionnement, garantir le zéro panne
- Technicien / technicienne Datacenter : Installer, mettre en service, paramétrer
- Responsable Cybersécurité : Se protéger des attaques
- Ingénieur / Ingénieure de simulation numérique : S'assurer que chaque serveur de la salle est bien refroidi
- Installateur / Installatrice : Construire l'infrastructure électrique et réseau

#### Gestion du site

- Agent de sécurité du site : Accueillir et gérer les accès
- Électricien / Électricienne : alimenter tous les équipements
- Responsable de site : Garantir le fonctionnement 24/24
- Responsable énergie : Améliorer la performance énergétique
- Technicien incendie : Protéger
- Spécialiste intelligence artificielle : Gérer intelligemment les ressources

Il existe bien entendu une multitude d'autres métiers étroitement liés à ce secteur : études, transporteurs, fourniture des équipements, métiers transverses de l'entreprise (communication, RH, marketing, comptabilité...), etc.

---

<sup>26</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=x7FeDEndcIA>



## C. LES ÉVOLUTIONS DU CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Revenons à l'échelle nationale. L'année 2020 et le début 2021 ont été l'occasion de nombreuses avancées sur la thématique du Numérique Responsable.

### LA LOI AGECE (ANTI-GASPILLAGE ET POUR UNE ÉCONOMIE CIRCULAIRE)

La loi AGECE (Anti Gaspillage et pour une Économie Circulaire), entrée en vigueur le 10 février 2020, vise à favoriser l'allongement de la durée de vie des terminaux, en développant les filières de réparation et de recyclage, mais également à développer la communication envers les consommateurs sur les impacts environnementaux du numérique. Les fournisseurs d'accès internet doivent désormais afficher les quantités de données consommées et les émissions de gaz à effet de serre correspondantes.

### LA LOI DE FINANCE 2021

La loi de finance 2021 intègre un dispositif d'éco-conditionnalité à l'abattement de la TICFE (Taxe Intérieure sur la Consommation Finale d'Électricité) dont bénéficient les Datacenters. Anciennement CPSE, la TICFE a pour but de financer la péréquation spatiale et le développement des énergies renouvelables.

A compter du 1er janvier 2022, afin de pouvoir bénéficier d'un tarif réduit de TICFE, les opérateurs de Datacenter doivent :

- Mettre en place un Système de Management de l'énergie conforme, basé sur le principe d'amélioration continue de la performance énergétique, reposant sur l'analyse des consommations d'énergie, pour identifier les secteurs de consommation significative d'énergie et les potentiels d'amélioration. Ce système doit être certifié par un organisme de certification;
- Adhérer à un programme, reconnu par une autorité publique, nationale ou internationale, de mutualisation des bonnes pratiques de gestion énergétiques des centres de données.

### RÉGLEMENTATION RGPD

La réglementation issue du RGPD, qui signifie « Règlement Général sur la Protection des Données », encadre le traitement des données personnelles sur le territoire de l'Union européenne. Avec la croissance des usages numériques, le législateur européen a souhaité harmoniser et rendre communes et uniques les règles en ce qui concerne la sécurisation du traitement des données personnelles. Dans ce contexte, les entreprises du numérique sont directement concernées par ces exigences réglementaires contraignantes mais vertueuses. Parmi ces entreprises, les centres de données sont soumis à cette réglementation à deux niveaux :

- Pour leur propre compte : les centres de données collectent et traitent avant tout des données qui sont internes à savoir : les données personnelles de leurs collaborateurs, les données personnelles de leurs sous-traitants et les données personnelles de leurs clients. Cette collecte et ce traitement de données sont nécessaires pour sécuriser les accès physiques et



logiques au site. Outre les exigences liées au RGPD, les centres de données sont généralement contraints par des exigences de confidentialité imposées par leur client.

- Pour le compte de leurs clients : les centres de données, tel que leur nom l'indique, ont comme principale activité d'héberger les données de leurs clients. À ce titre, ils s'engagent contractuellement auprès d'eux sur deux principaux enjeux :
  - > L'assurance de la continuité de service et le maintien en condition opérationnelle des bâtiments ;
  - > L'assurance de la sécurité physique et logique du site, ainsi que la stricte protection des données hébergées.

Ainsi, la protection des données personnelles a toujours fait partie de l'ADN des centres de données. Mais le RGPD a donné un cadre européen de règles à appliquer dans ce domaine. Par exemple, dans le cadre d'un incendie survenu dans un centre de données début 2021, la CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés) a rappelé les obligations de notification en cas de violation, d'indisponibilité ou de destruction de données personnelles. L'hébergeur de données a l'obligation de documenter la violation des données dans un registre tenu en interne et d'informer les clients de l'incident, afin que ces derniers puissent à leur tour documenter l'incident dans leur registre des violations des données personnelles.

En outre, certaines données personnelles peuvent être issues des secteurs bancaire ou de la santé. Par conséquent, au-delà des exigences liées à la réglementation RGPD, les centres de données liés à ces secteurs d'activité ont une obligation contractuelle d'obtention de certifications (ISO 27001, HDS, HIIPAA, PCI DSS...). Ces certifications sont en ligne avec le RGPD, et leur obtention par les centres de données est une garantie du respect et de la mise en œuvre opérationnelle des exigences de protection physique et logique des données personnelles hébergées.

## **PUBLICATION DE LA FEUILLE DE ROUTE NUMÉRIQUE ET ENVIRONNEMENT**

La feuille de route Numérique et Environnement détaille la stratégie nationale pour faire converger les transitions numériques et écologiques. Elle vise à améliorer la connaissance des différents impacts du numérique sur l'environnement, à maîtriser cet impact et à mettre son potentiel d'innovation au service de la transition écologique. 15 fiches actions sont articulées autour des 3 axes suivants :

- Axe 1 - Connaître pour agir : Développer la connaissance de l'empreinte environnementale du numérique ;
- Axe 2 - Soutenir un numérique plus sobre : Réduire l'empreinte environnementale du numérique ;
- Axe 3 - Innover : Faire du numérique un levier de la transition écologique et solidaire.

À l'échelle européenne, Le Pacte Vert pour l'Europe ou Green Deal, présente la feuille de route proposée par la Commission européenne en décembre 2019. Associé à un plan d'investissement de 1000 milliard d'euros, le Green Deal vise à l'échelle de l'Union européenne une réduction de 55% (par rapport à 1990) des émissions de gaz à effet de serre à horizon 2030 et d'atteindre la neutralité carbone à horizon 2050. Ses objectifs sont de :

- Fixer une trajectoire plus ambitieuse et plus rentable pour atteindre la neutralité carbone à horizon 2050 ;
- Stimuler la création d'emplois liés à l'écoresponsabilité et poursuivre le bilan positif de l'Union européenne en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de développement économique ;
- Encourager les partenaires internationaux à renforcer leur volonté de limiter l'augmentation de la température mondiale à 1,5°C et éviter les conséquences les plus graves du changement climatique.

## D. LA NORMALISATION DU DATACENTER

En lien avec les évolutions réglementaires, l'un des principaux enjeux du Datacenter est la normalisation. En effet, de plus en plus de normes sont publiées afin d'encadrer et d'harmoniser les règles à appliquer et les bonnes pratiques. Bien que le respect des exigences de ces normes soit basé sur le volontariat, il est à noter qu'une norme ou un recueil de bonnes pratiques peuvent devenir obligatoire dès lors qu'ils sont repris dans des exigences réglementaires (décret, arrêté, règlement).

Il convient de rappeler la distinction entre les différentes terminologies qui seront abordés dans ce paragraphe :

- **Norme** : Document de référence rédigé par un ensemble de parties prenantes et publié par un organisme de normalisation ;
- **Certification** : preuve de conformité à un référentiel. Elle est obtenue suite à un audit par un organisme de certification, qui est un tiers expert neutre ;
- **Label-marque** : propriété d'une organisation dont l'attribution se fait suite à vérification de la conformité par rapport à un référentiel ;
- **Bonnes pratiques** : Référentiel d'actions identifiées comme pertinentes à mettre en place.

Ces différentes initiatives peuvent être d'ordre :

- International, comme pour les normes ISO par exemple ;
- Territorial, comme pour la série de Normes EN 50 600 ou le Code of conduct for Datacenter, applicable au sein de l'Union européenne ;
- National, comme par exemple l'initiative récente de Swiss Datacenter Efficiency Association (SDEA), qui a créé un label délivré sur la base d'indice d'efficacité du Datacenter et de seuils d'émissions de GES.

Il existe plusieurs référentiels concernant les Datacenters qui sont illustrés dans la cartographie ci-contre :

- Les normes en phase de construction : il existe plusieurs référentiels propres au secteur du BTP et adaptable à la conception / construction du Datacenter. Ainsi, dans le but de s'inscrire dans une démarche vertueuse, un Datacenter peut être conçu en veillant au respect des exigences de ce référentiel et se voir certifier. Cette démarche, en plus d'être vertueuse, est également une opportunité de valoriser le Datacenter, conçu en fonction des besoins et attentes de l'écosystème actuel.
- Les normes et bonnes pratiques d'exploitation : la Commission européenne a développé un référentiel de bonnes pratiques sur la performance environnementale et énergétique des Datacenters : le Code de Conduite des Datacenters. Il s'agit d'un recueil très complet applicable à tout type de Datacenter (de la salle informatique aux Datacenters dit *hyperscale* en passant par les Edge Datacenter). Outre cette norme, d'autres sont publiées afin de partager les règles de calculs des indicateurs, ou de définir l'état de l'art pour un





exploitant de Datacenter (ASHRAE, Green Grid).

- Les normes de management : les certifications ISO 14001 et ISO 50001 qui concernent le management de l'environnement et de l'énergie tendent à se généraliser au niveau des Datacenter, ces démarches forment une approche structurante basée sur le principe de l'amélioration continue.
- La série de normes EN 50600 est au carrefour des trois premières catégories de normes identifiées : il s'agit d'un standard très complet qui porte sur des exigences allant de la conception à l'exploitation du Datacenter, en passant par le management de l'énergie.

Ces normes et bonnes pratiques sont un enjeu pour la croissance durable du Datacenter. Si l'on prend l'exemple des règles de températures en salle informatique, il faut savoir qu'à technologies informatiques et services fournis identiques, les consommations d'un Datacenter peuvent varier du simple au double selon les consignes de température d'exploitation retenues.

Comme l'évoque Nicolas Miceli, Expert en performance énergétique Datacenter, dans son article « Relever la température des salles serveurs pour améliorer la performance énergétique des Datacenters », la température d'une grande majorité de Datacenters est encore maintenue à des niveaux trop bas au vue des standards actuels comme celui de l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). Ce consortium recommande des plages de températures en entrée de serveur de 18 à 27 °C, avec une hygrométrie comprise entre 8 et 60 %.

Le Code of Conduct version 2021 préconise même d'aller jusqu'aux plages A1 à A4 pour les nouveaux serveurs. Voir Sections 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 et 5.3.1: [https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc123653\\_jrc119571\\_2021\\_best\\_practice\\_guidelines\\_final\\_v1\\_1.pdf](https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc123653_jrc119571_2021_best_practice_guidelines_final_v1_1.pdf)

Selon l'auteur, la température peut être remontée de quelques degrés pour un fonctionnement moins énergivore des salles informatiques, une augmentation de la capacité de refroidissement sans investissement complémentaire, et sans compromettre pour autant la continuité de service IT<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> Relever la température des salles serveurs pour améliorer la performance énergétique des Datacenters-article publié sur <https://www.globalsecuritymag.fr/> en Novembre 2018 par Nicolas Miceli, responsable du pôle performance énergétique et innovation, APL



## IV. LE DATACENTER, VECTEUR DE CROISSANCE DURABLE



Pour que les Datacenters puissent être des leviers de la transition écologique, il existe plusieurs conditions pour réduire les consommations et limiter les impacts environnementaux<sup>28</sup>.

## RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR FATALE

La récupération et la valorisation de la chaleur fatale issue de l'industrie constituent un potentiel d'économies d'énergie à exploiter. Lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite n'est pas utilisée en totalité. Une partie de la chaleur est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable qu'on parle de « chaleur fatale », couramment appelée aussi « chaleur perdue ».

Au-delà d'une valorisation thermique, la chaleur récupérée peut aussi être transformée en électricité, pour un usage interne ou externe :

- Une valorisation en interne, pour répondre à des besoins de chaleur propres à l'entreprise ;
- Une valorisation en externe, pour répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises, ou plus largement, d'un territoire, via un réseau de chaleur.

La chaleur fatale constitue un potentiel d'économie d'énergie à exploiter. Elle permet d'augmenter les performances énergétiques des sites, et de réduire les impacts environnementaux qui leurs sont associés. Ainsi, l'ADEME<sup>29</sup> identifie trois types de rejets de chaleur (liquides, gazeux et diffus) et différents niveaux de température pour ces rejets.

<sup>28</sup> <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A9563%20%20&LanguageCode=fr&DocumentPartId=&Action=Launch>

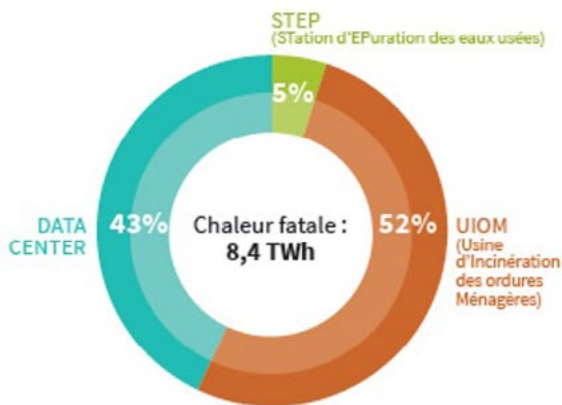
<sup>29</sup> ADEME : la chaleur fatale. Edition 2017.



## Résultat national UIOM, STEP et Data Center

8,4 TWh, dont 2,4 TWh perdus à plus de 100°C

Origine du gisement et  
niveaux de température



### À SAVOIR >



**UIOM : 4,4 TWh,**  
à récupérer sur le parc existant<sup>(1)</sup>.

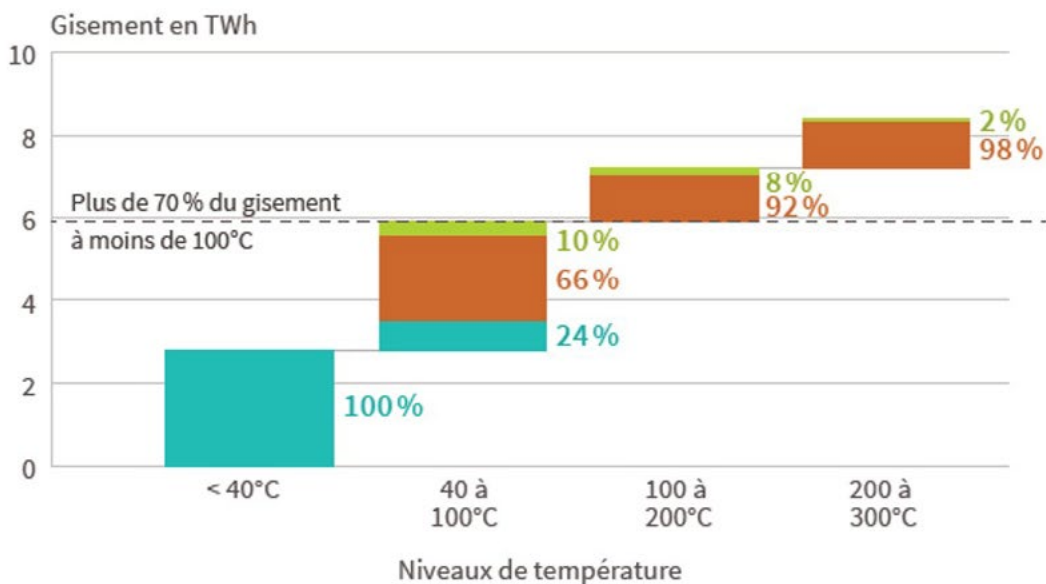
En 2014, les 126 UIOM françaises ont valorisé 14,4 millions de tonnes de déchets, en produisant 9,5 TWh de chaleur et 3 TWh d'électricité<sup>(17)</sup>.



**STEP : 0,4 TWh,**  
à récupérer sur les 60 stations  
d'épuration dont la filière principale de traite-  
ment des boues est classée en « incinération »  
ou en « séchage thermique ».



**Data Center : 3,6 TWh,**  
à récupérer sur les 177 Data Center  
hébergeurs répertoriés en 2015.







Ces typologies de chaleur présentent des contraintes et capacités de réutilisations différentes. Dans le Datacenter, les rejets de chaleur fatale sont de type liquide et gazeux, pour des températures toujours inférieures à 60°C.

Certaines entreprises françaises sont à l'initiative de solutions de serveurs décentralisés, qui permettent la valorisation directe de la chaleur générée au sein de bâtiments tertiaires, notamment :

- QARNOT : « radiateurs numériques » pour chauffer des bâtiments tertiaires
- STIMERGY, TRESORIO : « chaudières numériques » pour alimenter en eau chaude des bâtiments tertiaires.

L'ADEME, dans son étude sur la récupération de chaleur, a estimé la quantité de chaleur fatale issue des Datacenters d'hébergement.

Ainsi, 3,6 TWh de chaleur fatale sont produits par les Datacenters. À titre de comparaison, la consommation de combustibles en 2013 dans l'industrie était de 315 TWh. La chaleur fatale des Datacenters représente donc environ 1% de la consommation de combustibles de l'industrie française.

Actuellement, il n'existe aucune obligation légale de récupérer la chaleur fatale des Datacenters. La démarche est uniquement volontaire, mais la loi de Finance 2021 y incite fortement. Ainsi depuis peu, la chaleur résiduelle des centres de données commence à être traitée comme une « énergie renouvelable » à part entière. Ainsi l'ADEME encourage l'utilisation des énergies renouvelables et de récupération, et accompagne les entreprises dans leurs projets de récupération par l'octroi de financement dans le cadre du Fonds Chaleur<sup>30</sup>.

Les réalisations restent aujourd'hui peu nombreuses, notamment en raison des freins suivants :

- Problématique d'adéquation entre la chaleur récupérée depuis le Datacenter et le besoin des consommateurs de chaleur, en termes de niveau de température, de saisonnalité et de puissance thermique ;
- Problématique de rentabilité : les économies financières générées par la récupération de chaleur peuvent ne pas suffire à compenser les investissements nécessaires pour la mise en place de récupération de chaleur, notamment lorsque le coût de l'énergie utilisée en base est relativement faible ;
- Pour une valorisation externe, un contrat est à mettre en place entre le gestionnaire du Datacenter et les utilisateurs finaux / exploitant d'un réseau de chaleur. Par ailleurs, cela nécessite un réseau de chaleur à proximité, qui n'existe pas au préalable ;
- Le système de refroidissement du Datacenter doit être compatible avec la solution de valorisation de la chaleur fatale, en particulier pour les réseaux à haute température.

## UN MIX ÉNERGÉTIQUE DE PLUS EN PLUS RENOUVELABLE

Les Datacenters ne sont alimentés que par le mix énergétique des pays où ils sont implantés. En France, en 2012, 22,5% de l'électricité consommée provient de sources renouvelables ([RTE, Bilan électrique français 2021](#)). Certains opérateurs de Datacenters choisissent même de s'approvisionner intégralement en énergies renouvelables, en souscrivant des contrats spécifiques auprès de leurs fournisseurs d'énergie.

<sup>30</sup> <https://fondschaleur.ademe.fr/>



En étudiant six projets de R&D co-financés par la Commission européenne<sup>31</sup>, on peut se rendre compte de la volonté de réduire les consommations énergétiques des Datacenters de 30% et porter leur alimentation en énergies renouvelables à 80% d'ici à 2030. Plusieurs entreprises et centres de recherche français pilotent ou participent à ces projets de recherche.

Cela conforte un objectif de fédérer des Datacenters au niveau régional, et de les intégrer aux schémas énergétiques locaux, à la fois pour optimiser l'utilisation des énergies renouvelables, en régulant la demande (par le biais de contrats négociés avec les utilisateurs de données sur le niveau de service requis à un moment donné), et pour faciliter la valorisation de la chaleur produite pour des usages voisins. Grâce à des contrats entre fournisseurs d'énergie, opérateurs de Datacenters et clients utilisateurs, les données seront transférées vers le Datacenter le plus approvisionné en énergies renouvelables à un moment donné.

Nous vous invitons à retrouver dans le chapitre 7 l'exemple du Datacenter de l'éco-quartier de Nanterre Cœur Université, alimenté à plus de 60% par des énergies renouvelables (biomasse, aérothermie, photovoltaïque, eaux usées, géothermie).

## LES CONSOMMATIONS CACHÉES

Un appareil en veille consomme toujours une fraction non négligeable de sa puissance maximale, environ 30 à 40 % pour un serveur classique.

D'après l'Uptime Institute, 30 % des serveurs mondiaux sont inutilisés et consomment de l'électricité en pure perte. Ce bilan est sans impact sur le PUE, mais a un fort impact sur la consommation d'électricité en absolu, et sur les impacts carbone associés. L'un des remèdes consiste à répartir la charge sur plusieurs ordinateurs fonctionnant en parallèle comme une seule machine. De même, augmenter le nombre de centres travaillant de concert améliore mécaniquement la puissance de calcul et évite d'avoir à construire des sites spécialisés pour chaque usage.

## VIRTUALISATION DU TRAITEMENT ET DU STOCKAGE

Dans l'industrie, nombreux sont les exemples de serveurs et de baies de stockage déployés dans tous les sens pour une même application, et ce sans aucun souci d'efficacité. La virtualisation met fin à cette situation : une plate-forme commune agrège les serveurs et les équipements de stockage tout en maintenant la distinction entre systèmes d'exploitation, applications, données et utilisateurs.

La plupart des applications tournent sur des « machines virtuelles » indépendantes mais qui, en arrière-plan, partagent le même matériel. Pour les Datacenters, la virtualisation dope l'utilisation du matériel et se traduit par une diminution du nombre de serveurs et de disques de stockage inutilisés. Le taux d'activité des serveurs peut alors atteindre 50 à 60 %.

<sup>31</sup> [https://gimelec.fr/wp-content/uploads/2019/05/LesDatacenters\\_lapremierebrique.pdf](https://gimelec.fr/wp-content/uploads/2019/05/LesDatacenters_lapremierebrique.pdf)



## CHARGE IT

L'unité de traitement d'un serveur est responsable à elle seule de plus de la moitié de sa consommation. Les processeurs employés sont de plus en plus éco performants, tandis que les architectures multicœurs autorisent davantage de traitements en utilisant moins de puissance électrique.

D'autres solutions permettent également de réduire la consommation des processeurs. Ces derniers disposent souvent de fonctionnalités de gestion de la puissance, qui optimisent la consommation en adaptant automatiquement la tension et la fréquence aux besoins de performance, et réduisent ainsi le gaspillage d'énergie.

L'exploitant du Datacenter peut ainsi alléger sa facture électrique sans rogner sur la capacité de traitement.

Néanmoins, un hébergeur neutre n'est pas décisionnaire sur le choix et le mode de fonctionnement des équipements informatiques. Ce type d'actions appartient donc le cas échéant au client du Datacenter.

## LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE LA PARTIE INFORMATIQUE

Les équipements informatiques hébergés dans le Datacenter représentent le premier poste de consommation d'électricité des Datacenters. Afin d'agir sur ce point, il est essentiel de bien dimensionner ses besoins informatiques. Les serveurs, équipements réseaux et équipements de stockage consomment de l'énergie 24/7. Un suivi optimal est assuré par l'intégration de critères d'efficacité énergétique dans le choix des équipements, le dimensionnement des infrastructures informatiques et la virtualisation, qui permet de mutualiser les ressources.

Au niveau des équipementiers, la tendance est de proposer des équipements de plus en plus tolérants aux températures élevées, ce qui permet d'augmenter la température en salle informatique des Datacenters et d'optimiser leur empreinte physique au sol. Par conséquent, les consommations d'énergie sont réduites.

## LE REFROIDISSEMENT

Les consommations relatives aux systèmes de refroidissement d'un Datacenter représentent entre un et deux tiers de sa facture énergétique. Des bonnes pratiques sont déjà en place et permettent souvent de réduire les consommations.

On distingue deux grands principes de refroidissement couramment utilisés :

### Le refroidissement à air

Le refroidissement classique par air a fait ses preuves en environnement contrôlé et sécurisé pour des densités de puissance de 2 à 3 kW, et jusqu'à 25 kW par baie.

Néanmoins, pour les nouvelles architectures visant une densité supérieure à 30-50 kW, cette technologie atteint ses limites. D'autres solutions intéressantes existent, comme le *free cooling*, l'une de ses variantes, qui consiste à produire du froid par absorption.

Le *free cooling* consiste à utiliser l'environnement extérieur du Datacenter comme source d'air frais. L'air froid est directement injecté dans le circuit d'air de refroidissement des équipements informatiques.



### **Le refroidissement par un liquide**

Le principe du refroidissement liquide est d'immerger directement le matériel informatique dans un liquide non conducteur. La chaleur est ainsi transférée directement et efficacement au fluide, réduisant ainsi le besoin de refroidissement. Ces améliorations augmentent l'efficacité énergétique, favorisent la récupération de chaleur (niveau de température de la chaleur récupérée supérieur au refroidissement par air), réduisent l'empreinte physique des serveurs et permettent des densités de conditionnement plus élevées.

Nous vous invitons à retrouver les grands principes et techniques de refroidissement sur l'annexe 3 : L'énergie thermique d'un Datacenter



## V. L'AVENIR DU DATACENTER ET PROSPECTIVES



# A. LES CHANGEMENTS CONTEXTUELS

## L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA)

Dans certains cas, l'IA peut être utilisée comme levier d'optimisation, ce qui permet de réduire les impacts environnementaux de l'utilisation de certaines machines ou produits dans des industries spécifiques.

C'est le cas de la maintenance prédictive, qui a fait beaucoup de progrès ces dernières années, notamment en raison de l'apprentissage acquis par l'IA sur les différents types de problématiques à connaître et à anticiper. La maintenance prédictive est maintenant en mesure d'augmenter la période d'utilisation du matériel et des composants, permettant une intervention en amont de la rupture. Elle permet de réduire les déchets, définir les meilleures conditions d'utilisation de la machine et réduire les coûts d'entretien.

Un autre exemple d'optimisation permis par une IA est le refroidissement des Datacenters. Google a révélé en 2016 avoir donné avec succès le contrôle du refroidissement de plusieurs de ses centres de données à DeepMind, un algorithme d'IA, réduisant la facture de refroidissement de ces Datacenters de 40%.

## EDGE

Le *Edge Computing* est une forme d'architecture informatique faisant office d'alternative au *Cloud Computing*. En soit, plutôt que de transférer les données générées par des appareils connectés IoT vers le Cloud ou un Datacenter, on traite les données en périphérie du réseau directement où elles sont générées.

Ainsi, plutôt que d'être transmises à un Datacenter distant, les données sont traitées directement par le périphérique qui les génère (objet connecté, smartphone...) ou par un ordinateur / serveur local.

Plus précisément, selon la définition d'IDC, le *Edge Computing* peut être considéré comme un réseau maillé de micro-Datacenters qui traitent ou stockent les données critiques localement. Les données sont ensuite transmises vers un Datacenter central ou un stockage cloud avec une empreinte de moins de 10 mètres carrés.

Le *Edge Computing* peut s'avérer pertinent dans de nombreuses situations. Par exemple, lorsque les objets connectés - IoT<sup>32</sup> - ont une faible connectivité, il n'est pas efficace de les laisser constamment connectés à un Cloud central. Le traitement à la périphérie permet de remédier à ce problème.

De même, le *Edge Computing* permet de réduire la latence du traitement de l'information, car les données n'ont pas besoin de traverser un vaste réseau pour atteindre un Datacenter ou un serveur cloud distant. Cette réduction de la latence est particulièrement importante dans les domaines des services financiers ou de la fabrication.

---

<sup>32</sup> Définition complète dans le glossaire



Grâce aux nouvelles technologies de réseau plus rapide, telles que la 5G, les systèmes *Edge Computing* permettent désormais des applications en temps réel en situation de mobilité, telles que l'analyse de données, le traitement vidéo, la gestion des voitures autonomes, l'intelligence artificielle ou encore la robotique. Autant dire que de nombreuses technologies majeures de la décennie à venir reposeront sur l'informatique en périphérie.

D'un point de vue environnemental, étant donné leur petite taille, la puissance électrique unitaire dont ils ont besoin est largement inférieure à celle des grands Datacenters.

En revanche, comme nous l'avons déjà évoqué, plus de 80% des impacts environnementaux des outils numériques se concentrent sur la phase de fabrication. La balance entre coût environnemental et bénéfice de l'usage doit être finement étudiée. C'est un point de vigilance qu'il faut prendre en considération, dans une démarche globale d'écoconception numérique.



## B. DES TECHNIQUES ÉMERGENTES DANS L'INDUSTRIE DU DATACENTER

La nature des équipements informatiques impacte la consommation énergétique, notamment dans les centres de données. Plusieurs initiatives intéressantes sont porteuses de promesses pour, à terme, réduire la consommation énergétique et le besoin de refroidissement de ces infrastructures informatiques : l'ordinateur quantique, d'une part, et le stockage biologique d'autre part. Il s'agit bien sûr de projets qui vont nécessiter des temps de réflexion et de recherche importants. D'autres projets, plus aboutis, sont actuellement en cours de déploiement.

### IMMERSION COOLING

La sensibilisation à la consommation en eau et en énergie des centres de données, la reconnaissance du fait que les infrastructures IT vieillissent trop vite et que l'allongement de la durée de vie de ces équipements a un impact positif, la consommation de métaux et de terres rares ont accéléré les développements d'un nouveau modèle de centre de données, modulaires, et utilisant l'immersion (*Immersion cooling*) des composants dans un liquide diélectrique pour les refroidir, évitant ainsi les systèmes de climatisation à compression mécanique.

Les composants informatiques et réseaux voient leur durée de vie s'allonger du fait de leur exposition moindre à l'humidité (donc moins de corrosion), à l'oxydation et à la poussière. Les centres de données peuvent être modulaires et autonomes. Les points chauds, les gradients thermiques et mécaniques (qui définissent le MTBF<sup>33</sup>) disparaissent. Les performances des liquides utilisés sont incomparables avec celles de l'air, puisque ces liquides peuvent être 1500 fois plus efficaces que l'air pour capter les calories.

Les analystes de l'industrie tels que Gartner ont identifié cette technologie d'avenir (2 à 5 ans). Research and Markets prévoit une croissance annuelle de 40%, de 2020 à 2025, dans ce domaine.

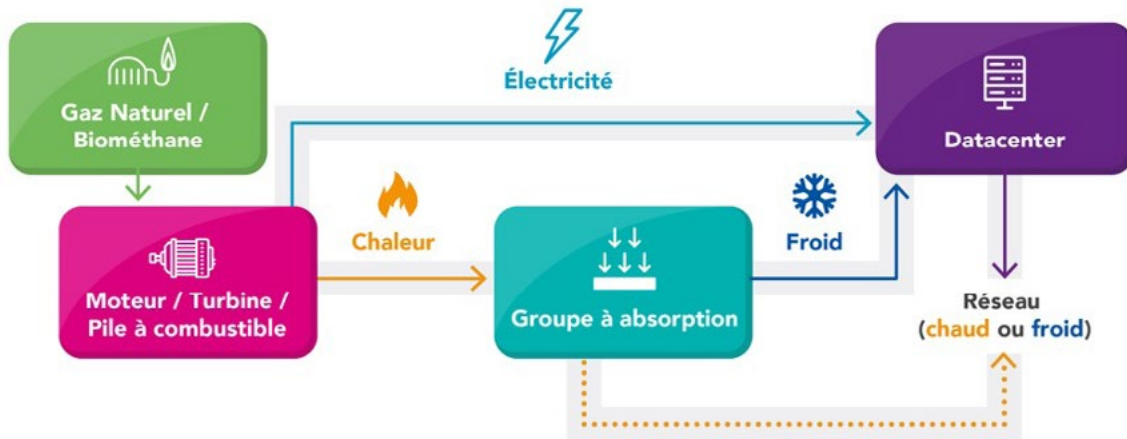
Quelques sociétés européennes dont Immersion4 - qui a son laboratoire à Annecy -, ASPERITAS, SUBMER, ICEOTOPE font partie des acteurs pleinement investis dans ce domaine.

<sup>33</sup> Définition complète dans le glossaire



## TRIGÉNÉRATION & ALIMENTATION ÉLECTRIQUE (GRDF)

### Trigénération gaz renouvelable une solution smartgrid alternative pour alimenter les Datacenters



La trigénération à partir de gaz renouvelable décarboné permet de produire simultanément de l'électricité, de la chaleur transformable en froid, directement pour les besoins propres du site, ou à destination des réseaux extérieurs.

Les groupes à absorption permettent de produire du froid en utilisant les calories générées par les moteurs ou les turbines. L'optimisation des flux énergétiques dépend de la configuration des Datacenters, des conditions tarifaires et de l'environnement extérieur.

Il est possible également de réaliser le retrofit<sup>34</sup> des groupes électrogènes Diesel en les raccordant directement au réseau de gaz GRDF. Le contexte énergétique actuel (2022) permet d'envisager l'autoconsommation en électricité.

La solution trigénération gaz renouvelable est une réelle opportunité d'introduire un mix énergétique en combinant une alimentation du Datacenter en électricité et en gaz, et de valoriser tous les flux énergétiques produits. Ainsi malgré une mobilisation du CAPEX plus importante que pour une solution classique 100% électrique, cette solution permet des temps de retour sur investissement acceptables, grâce à un OPEX plus faible.

## GEO COOLING

Le *geocooling* fait partie des techniques de rafraîchissement naturel. Il consiste en l'utilisation « directe » de la température du sous-sol pour assurer le rafraîchissement d'un bâtiment, sans fonctionnement de la pompe à chaleur géothermique.

Toute l'année, le sous-sol est à une température constante. En fonction du lieu, la température du sous-sol varie en France métropolitaine de 8 à 16 °C. Le *geocooling* a pour but de faire rentrer dans les bâtiments cette fraîcheur du sous-sol.

<sup>34</sup> Définition complète dans le glossaire



Son principe est de faire circuler, grâce à une pompe de circulation et via un échangeur thermique, un fluide caloporteur dans un échangeur géothermique, situé dans le sous-sol plus frais que le bâtiment et relié directement à ses émetteurs, améliorant ainsi le confort d'été.

Les émetteurs doivent être adaptés (plancher/plafond rafraîchissant, ventilo-convecteur, centrale de traitement de l'air, ...).

Nous vous invitons à retrouver un retour d'expérience sur le *geocooling* dans le chapitre VII : « Quelques retours d'expérience ».

## RIVER COOLING

La technologie « *River Cooling* » est un dispositif innovant et unique, repris dans le projet mis en place par Digital Realty (ex-Interxion), à Marseille. Ce dispositif récupère la fraîcheur de l'eau de la «Galerie de la mer», creusée à la fin du XIXe siècle (construite entre 1890 et 1905 par des mineurs) entre Gardanne et le Grand Port maritime de Marseille, à proximité des Datacenters d'Interxion.

Cette galerie souterraine, qui permettait d'évacuer les eaux des anciennes mines de Gardanne, est également alimentée par une nappe phréatique issue des eaux d'infiltration. Elle représente une source d'eau froide naturellement disponible à 15°C toute l'année. L'eau est alors détournée via un réseau de tuyaux et transite ensuite par des stations de pompage, avant de rejoindre les centres de données.<sup>35</sup>

Retrouvez le cas d'usage complet dans la partie « Cas d'usage et retours d'expériences », en fin de document.

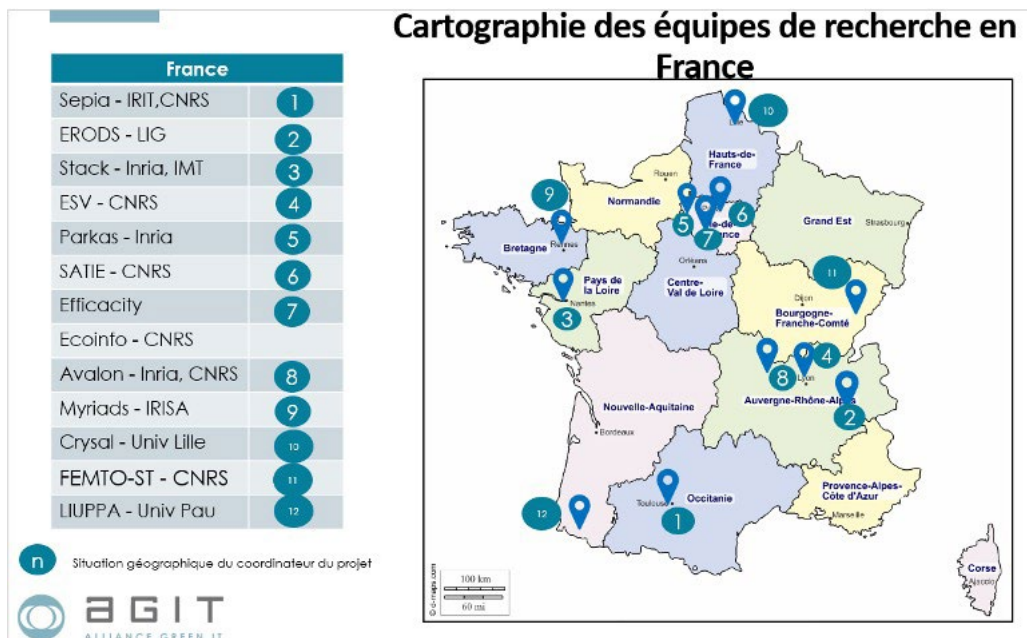
---

<sup>35</sup> Article de Made in Marseille, 29 novembre 2021 : [Digital Realty \(ex-Interxion\) refroidit ses Datacenters grâce à l'eau d'une galerie minière du XIXe siècle \(madeinmarseille.net\)](https://madeinmarseille.net)

# C. LES TRAVAUX DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Le domaine du Datacenter est un domaine de recherche très actif. C'est pourquoi nous avons fait le pari d'intégrer aussi bien les chercheurs industriels que les chercheurs académiques dans le groupe de travail. Ainsi plusieurs chercheurs du CNRS, de l'INRIA et d'autres instituts de recherche co-réalisent ce livre blanc.

Nous avons répertorié une dizaine d'équipes menant des travaux de recherche sur la thématique du Datacenter écoresponsable, réparties dans toute la France (Figure 4).



Une liste non exhaustive de quelques projets de recherche est fournie dans le tableau ci-dessous. Les problématiques abordées par ces projets sont, entre autres, la récupération de la chaleur fatale, l'alimentation des Datacenters en énergie renouvelable, l'optimisation du placement des ressources dans les Datacenters, etc.



Projet	Hauteur du financement	Descriptif du projet
<b>DATAZERO 1&amp;2 (2015 - 2024)</b>	<b>829 474€ (Datazero 1) et 875 594€ (Datazero 2)</b>	Ce projet a pour ambition de répondre à la question de comment gérer l'électricité et les services d'une manière robuste et efficiente à l'intérieur de Datacenters alimentés par plusieurs sources d'énergie renouvelable
<b>CtrlGreen (2012 - 2015)</b>	<b>993 957€</b>	Ce projet s'intéresse à la supervision en temps réel de l'efficacité énergétique d'un Datacenter et en particulier à l'automatisation de son exploitation
<b>Entropy ( inconnu )</b>	<b>242 868€</b>	Ce projet s'intéresse à la supervision en temps réel de l'efficacité énergétique d'un Datacenter et en particulier à l'automatisation de son exploitation
<b>RECUPERTE (2018 - 2021)</b>	<b>244 220€</b>	Le projet RECUPERTE s'intéresse aux énergies de récupération à travers la chaleur fatale, dont il vise à analyser et optimiser la valorisation à l'échelle territoriale
<b>DIVIDEND (2015 - 2017)</b>	<b>427 359€</b>	Ce projet a pour ambition de réduire le PUE des Datacenters d'au moins 50% grâce au déploiement de serveurs intégrant des CPU et des accélérateurs dont l'objectif est de réduire la latence et l'énergie nécessaire pour les communications
<b>HiPerTherMag (2018 - 2021)</b>	<b>531 403€</b>	L'objectif de ce projet est de démontrer la production d'énergie thermo-magnétique (TMG) en utilisant des matériaux à effet magnéto-calorique géants (MCM) comme substance de travail pour convertir la chaleur fatale de faible température en électricité
<b>SeDuCe (2018 - non précisé)</b>	<b>Non communiqué</b>	SeDuCe est un projet de recherche dont l'objectif est de construire une infrastructure de test scientifique permettant d'étudier la gestion énergétique des Datacenters

Ainsi le domaine du Datacenter écoresponsable reste un domaine de recherche très actif et les questions de recherche à adresser sont les suivantes :

- Techniques innovantes de refroidissement des Datacenters ;
- Techniques innovantes de récupération de la chaleur fatale ;
- DCIM intégrant le monitoring environnemental ;
- Optimisation énergétique des Datacenters en utilisant l'IA ;
- Optimisation du matériel IT avec la technologie quantique ;
- Maintenance prédictive des Datacenters avec l'IOT ;
- Datacenters modulaires et Edge Datacenters ;
- La tolérance des serveurs (températures de soufflage acceptées) ;
- Les technologies de serveur flash + Serveurs immergés dans un bain d'huile ;
- Ecoconception des serveurs et fin de vie ;
- Production de froid avec les fluides frigorigènes (Pouvoir de Réchauffement Global - PRG) ;
- Intégration dans les territoires (nuisance sonore, artificialisation des sols) ;
- Le dimensionnement et l'opération avec (uniquement) les énergies renouvelables ;
- Solution de secours GAZ et non diesel ;
- Solution de secours à base d'hydrogène ;
- Batterie lithium ou plomb ;
- Sécurité incendie des données, PRA.



## VI. LES ACTIONS À MENER



De nombreuses études relatives au sujet du Green IT en lien avec les Datacenters ont été publiées. Selon l'étude d'Anand Santhanam et Christina Keller<sup>36</sup>, « The Role of Data Centres in Advancing Green IT », 300 publications scientifiques internationales ont été publiées. L'étude classe ces publications suivant 5 leviers favorisant la sobriété environnementale des Datacenters (cf figure).

**Répartition des publications mettant en lumière les différents leviers de sobriété des DC**



Dans le cadre de ce livre blanc, ces leviers sont repris avec une approche cycle de vie complet :

- Les bonnes pratiques en phase de conception d'un Datacenter, en abordant des sujets liés à l'écoconception et l'intégration du Datacenter dans un environnement proche ;
- Les bonnes pratiques en phase de construction d'un Datacenter, en abordant des sujets liés à la gestion d'un chantier à faible nuisances, le choix des matériaux de construction, l'étude d'opportunité de réutilisation de bâtiments existants etc... ;
- Les bonnes pratiques en phase d'exploitation d'un Datacenter, en évoquant la question de la performance énergétique du cloud versus Datacenter, la mise en place des bonnes pratiques du Code of Conduct for Datacenter, ou l'amélioration du suivi d'indicateurs de performance à plusieurs niveaux.
- Les bonnes pratiques en phase de fin de vie des équipements, en évoquant la filière agréée pour la gestion des DEEE. Ce chapitre sera détaillé dans une seconde version du document.

<sup>36</sup> Anand Santhanam, Christina Keller, The Role of Data Centres in Advancing Green IT: A Literature Review, JSCDSS- 2018

## A. L'ÉCO-CONCEPTION

Lors d'un processus classique de conception, l'une des premières étapes essentielles est l'expression du besoin : identifier quel est le besoin, où il se situe, comment souhaitons-nous y répondre et sur quelle temporalité. Ce sont les mêmes questions que nous pouvons nous poser en phase de conception d'un Datacenter, et les réponses à ces questions sont déterminantes dans le cadre d'un engagement vers une démarche Datacenter écoresponsable.

### BIEN DIMENSIONNER SON DATACENTER

La diminution des consommations énergétiques des Datacenters passe par leur bon dimensionnement. En effet les Datacenters les moins performants sont souvent des sites dont les salles informatiques sont partiellement remplies, car le surdimensionnement de l'approvisionnement électrique et du refroidissement dans un Datacenter conduit à des pertes d'énergie importantes.

Selon une étude menée par l'AGIT auprès de plus de 367 entreprises de tout secteur d'activité, seulement 12% d'entre elles ont un taux de charge moyen qui dépasse 60%. Il est également intéressant de noter que 72% des entreprises interrogées ont répondu ne pas connaître le taux de charge de leur(s) salle(s) informatique(s).<sup>37</sup>

A ce titre il est possible, dès la construction, et sans surcoût, de favoriser des conceptions modulaires et flexibles (Cf BodenType DC), qui permettent de n'investir que dans les « utilités » strictement nécessaires à l'exploitation des serveurs réellement en fonctionnement. D'autant plus que, selon une étude menée par DCD Intelligence, le coût d'un Datacenter modulaire peut être 14% inférieur à celui d'un Datacenter traditionnel.

### ÉTUDIER JUDICIEUSEMENT LA LOCALISATION DE SON DATACENTER

Dès la phase de conception, il convient d'identifier le lieu d'implantation du Datacenter, en complément des contraintes initiales: localisation en fonction du besoin IT / clients finaux, de la présence de la fibre, de la possibilité d'une alimentation électrique suffisante. A ce sujet, le guide des bonnes pratiques du Datacenter<sup>38</sup> donne quelques préconisations :

- Localiser son Datacenter dans une zone à température ambiante faible, afin d'optimiser l'utilisation des équipements de refroidissement
- Localiser son Datacenter dans un endroit où la chaleur perdue peut être utilisée (cf Datacenter park Stockholm). La récupération de la chaleur peut servir à chauffer des bureaux, ou des locaux industriels.
- Localiser son Datacenter dans une zone où la production d'énergie renouvelable est efficace et complémentaire (complémentarité soleil, vent par exemple).

L'implantation du Datacenter doit aussi être pensée de telle sorte à ne pas provoquer de nuisances sonores ou visuelles dans un périmètre urbain notamment.

<sup>37</sup> <https://alliancegreenit.org/barometre-green-it-2020>

<sup>38</sup> [https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc114148\\_best\\_practice\\_guide\\_2019\\_final.pdf](https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc114148_best_practice_guide_2019_final.pdf)



## ÉCOCONCEVOIR SES SERVICES NUMÉRIQUES

Pour réduire les impacts des centres de données, il faut également optimiser les applications et logiciels qui y tournent, et les concevoir de manière à ce qu'ils aient un impact environnemental moindre. L'écoconception s'applique donc également à ces derniers. On parle d'écoconception des services numériques.

L'écoconception appliquée aux services numériques est définie et présentée dans un livre blanc de l'AGIT « L'écoconception des services numériques »<sup>39</sup>. Un service numérique répond à un besoin spécifique, il a une ou plusieurs fonctionnalités et des utilisateurs. Il est considéré comme l'association :

- d'équipements permettant de stocker, manipuler, afficher des octets (serveurs, terminaux utilisateurs, box ADSL, etc.) ;
- d'infrastructures qui hébergent et relient les équipements (réseaux opérateurs et centres données notamment) ;
- de plusieurs logiciels empilés les uns sur les autres, qui s'exécutent au-dessus des équipements ;
- d'autres services numériques tiers éventuels.

Ce livre blanc est l'un des premiers à définir, à poser les bases de la conception des services numériques durables et à monter les bénéfices liés à l'écoconception. Ces dernières années, d'autres référentiels ont vu le jour et ont apporté des compléments. Il s'agit entre autres du référentiel de la DINUM<sup>40</sup> et plus récemment de celui de l'AFNOR<sup>41</sup>.

Ces référentiels fournissent des critères vérifiables et permettant de réaliser un audit de conformité du service numérique, via un auto-audit ou un audit externe indépendant.

## IDENTIFIER LA CONFIGURATION À DONNER À SON DATACENTER

Il convient de penser également à la configuration la plus optimale pour maîtriser les performances énergétiques de son Datacenter, et ce dès la phase de conception en menant une réflexion sur l'urbanisation des salles informatiques.

Cela comprend la notion de réaménagement de l'espace, afin de le rendre pratique et fonctionnel, tout en optimisant les performances énergétiques, en améliorant le dispositif d'alimentation électrique, et de climatisation.

L'urbanisation va majoritairement se traduire par la mise en place d'allées chaudes et d'allées froides dans la salle informatique. Le concept allées chaudes, allées froides aligne les flux d'air des équipements de manière à créer des allées dont l'air provient uniquement des équipements (allée chaude) et des allées dont l'air provient uniquement de la climatisation (allée froide).

Parmi les techniques d'urbanisation, il existe aussi le confinement en salle informatique dont le but est de confiner et de séparer l'air froid du retour d'air chauffé par les équipements IT. Cette solution peut s'effectuer pour les Datacenters refroidis à l'air ayant une densité d'équipements installés supérieure ou égale à 1kW/m<sup>2</sup>.

<sup>39</sup> L'Écoconception des services numériques AGIT 2017 . <https://alliancegreenit.org/media/position-paper-ecoconception-vf-v5-2.pdf>

<sup>40</sup> <https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publications/referentiel-general-ecoconception/>

<sup>41</sup> <https://normalisation.afnor.org/actualites/guide-reference-pour-ecoconcevoir-services-numeriques/>





Computational Fluid Dynamics (CFD) est une méthode de calcul numérique qui offre des possibilités d'analyse uniques pour le dimensionnement et l'optimisation du refroidissement des salles informatiques.

La CFD permet une simulation numérique des débits et températures dans les salles informatiques et accélère ainsi la prise de décision pour une solution de climatisation.

L'analyse CFD est mise en œuvre pour le contrôle IT des salles informatiques, afin d'améliorer la disponibilité, les capacités et l'efficacité ainsi que pour minimiser les risques de panne et réduire les coûts.

## ANTICIPER LE CHOIX DES ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES À MOINDRE IMPACT POUR L'ENVIRONNEMENT

Le choix des équipements qui seront installés dans le Datacenter est cruciale à l'étape de conception car cette dernière va avoir un impact sur la construction du bâtiment :

- Le choix du *free cooling* (*free cooling* à air direct/indirect, *free-chilling*) : pour rappel, le système de refroidissement d'un Datacenter représente entre un et deux tiers de sa facture énergétique. La mise en place d'une solution de *free cooling* semble être une bonne option : Le *free cooling* consiste à utiliser l'environnement extérieur du Datacenter comme source d'air frais. Pour le *free cooling* direct, l'air froid est directement injecté dans le circuit d'air de refroidissement des équipements informatiques.
- Le *free cooling* indirect permet de s'affranchir des problématiques hygrométriques et de particules par l'intermédiaire d'un échangeur air/air. Le *free-chilling* permet la production d'eau de refroidissement en utilisant directement l'air extérieur (échangeur air/eau).
- Le choix des UPS modulaires : il est maintenant possible d'acheter des systèmes UPS modulaires, donc évolutifs en fonction des besoins. L'installation physique (transformateurs, câbles) est dimensionnée pour la charge maximale du Datacenter, mais les sources de pertes d'énergies (ex : les batteries) sont installées par modules, en fonction des besoins. Cette architecture réduit sensiblement les coûts d'immobilisation et de frais généraux fixes de ces systèmes. Dans les environnements de faible puissance les modules peuvent se brancher dans un support conçu à cet effet tandis que dans les installations plus importantes, les modules peuvent être des unités UPS entières.



## ZOOM SUR

### Projet BodenTypeDC One

*La naissance d'un site de démonstration de Datacenter très efficace*

Le principal objectif de ce projet est de démontrer, à l'échelle industrielle comment la consommation d'énergie du refroidissement peut être réduite de manière significative. L'innovation apportée par ce projet est une nouvelle combinaison d'équipements techniques existants sur le marché, mais qui n'a jamais été testée.

#### Quels sont les principes d'écoconception pris en compte ?

Les pierres angulaires du concept Boden Type DC sont :

- Refroidissement adiabatique par air frais
- L'air frais direct est soutenu par un refroidissement par évaporation en remplacement des systèmes de refroidissement basés sur la réfrigération
- Processus de contrôle pour maintenir l'efficacité énergétique
- Conception de bâtiments modulaires
- Construction modulaire qui permet une expansion simple du bâtiment sans compromettre l'efficacité énergétique et réduire les coûts
- Installations de **services en module** pour maintenir l'efficacité à mesure que la charge nette du Datacenter augmente ou se contracte.
- Conception d'un Datacenter dans lequel différents modules peuvent avoir différents niveaux de résilience pour répondre aux exigences de niveau de service local.
- Une électricité fournie par une source d'énergie renouvelable
- Programme qui utilise 100% d'énergie renouvelable
- Gestion active de la qualité de l'énergie par le générateur afin de démontrer comment l'énergie renouvelable peut être une solution rentable aux besoins en énergie d'un Datacenter
- Évaluation de l'utilisation de la chaleur perdue afin de fournir une solution rentable pour son utilisation
- Un climat favorable
- Projet conçu dans un lieu où le climat est favorable : en Suède.

## ZOOM SUR

### Projet BodenTypeDC One

*La naissance d'un site de démonstration de Datacenter très efficace*

#### Projet BodenTypeDC Salles informatiques

##### POD 1

Salle informatique rempli de serveurs de calcul ouverts.



##### POD 2

Salle informatique conçu pour les applications exécutées sur des GPU



##### POD 3

Salle informatique comprenant des circuits intégrés spécifiques (une application connus sous le nom de serveurs ASIC.



#### Projet BodenTypeDC Éléments clés

##### Modularité

Demandes de capacité IT à partir de 200kW  
 ➤ jusqu'à 1200kW dans une chambre  
 ➤ jusqu'à 7200kW dans un campus  
 615 m2 d'espace blanc par pièce avec des possibilités de séparation intérieure supplémentaires

##### Densité évolutive

Charges de rack de 2-12kW conviennent sans modification  
 Densité moyenne de 5kW/rack, jusqu'à 20kW est acceptable avec quelques limitations

##### Infrastructure générale centralisée

Centralisation des composants généraux de l'infrastructure afin d'optimiser le TCO tels que : MV, salles d'opération, extinction des incendies

##### Achats

Construction à partir d'appareils et de pièces stables et bien connus pour réduire les coûts et prendre en charge les risques

##### Électricité

Raccordement au réseau régional  
 14,5kW relié à la centrale hydroélectrique de Boden- capacité = 200MW d'énergie hydrogénéée redondante  
 Coût en Suède: 0,0310,04 EUR par kWh

##### Résilience

5 versions de SLA possible de 99,5% à 99,98%

##### Chaleur résiduelle

Utilisée à l'intérieur du bâtiment lorsque la température extérieure est inférieure au point fixé par la température de l'approvisionnement

##### PUE

Objectif  
**PUE= 1,1 ou moins**



## ZOOM SUR

### Stockholm Data Parks initiative

*L'articulation entre foncier, numérique et énergie*

Stockholm a développé récemment un programme qui oriente la localisation des Datacenters, en exigeant la récupération de leur chaleur excédentaire. Les Data Parks de Stockholm représentent une initiative majeure en termes de maîtrise de l'énergie et d'implantation des Datacenters.

La stratégie de ce projet est de canaliser le développement à venir de Datacenters en orientant leurs implantations sur des sites existants et dans des bâtiments construits ou à construire.

#### Quels sont les principes d'écoconception pris en compte ?

Le projet s'articule autour de deux principes :

- Mise à disposition de quatre sites d'accueil de Datacenters offrant :
  - > Une électricité renouvelable à des tarifs négociés ;
  - > Une connexion à la fibre du bâtiment ;
  - > Des démarches rapides et accompagnées pour les autorisations réglementaires ;
  - > L'utilisation gratuite du réseau de froid de la ville quand le Datacenter est chargé à plus de 10MW.
- En échange :
  - > D'une contribution du Datacenter au système énergétique local via des équipements mutualisés de récupération de chaleur, également mis à disposition ;
  - > Ou de la possibilité pour le Datacenter de gérer lui-même son refroidissement et de permettre le rachat par l'opérateur du site de la chaleur excédentaire à un prix reflétant ses coûts de production de chaleur alternative.

Le choix de Stockholm s'explique pour plusieurs raisons :

- Marché de la colocation dans les pays scandinave fortement concentré dans la région de Stockholm car principal centre d'affaires et de finance dans les pays nordiques ;
- Réseau unique de fibres noires déjà en place et connectivité exceptionnellement facile et accessible ;
- Climat : bien qu'il ne s'agit pas ici d'améliorer les conditions pour la mise en place de système de refroidissement efficient, le climat froid à son importance puisque cela signifie que la récupération de chaleur est une réelle valeur ajoutée dans ce contexte.

## ZOOM SUR

### Stockholm Data Parks initiative

*L'articulation entre foncier, numérique et énergie*

#### Stockholm Datacenter Parks

##### Eléments clés

###### Electricité

Le prix de l'électricité le plus bas de l'UE:  
**0,05 euro/kWh**



###### Energie verte

Choix de la source d'énergie : énergie éolienne, énergie solaire, énergie hydraulique



Wind power



Solar power

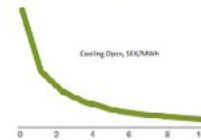


Hydro power

###### Récupération de la chaleur

Refroidissement gratuit en échange de l'excès de chaleur excédentaire lorsque la charge du DC est >10MW

Cooling as a Service with Heat recovery



## B. L'ÉCOCONSTRUCTION

En phase de construction, plusieurs leviers d'actions peuvent être identifiés pour maîtriser et limiter les impacts environnementaux du chantier.

### ADOPTER UNE GESTION DE CHANTIER À FAIBLE NUISANCE

Les Chantiers écoresponsables ont pour but principal de limiter les nuisances environnementales engendrées par les différentes activités du chantier, et à deux niveaux :

- Au niveau du chantier et de sa proximité : il s'agit alors des nuisances ressenties par les usagers, extérieurs ou intérieurs au chantier comme par exemple le bruit, les salissures, les circulations, les stationnements.
- Au niveau de l'atteinte à l'environnement de manière générale, et en particulier en ce qui concerne les nuisances provoquées par l'ensemble des chantiers de bâtiment en termes de déchets produits et de pollutions induites.

Afin d'adopter une gestion de chantier à faible nuisance, il est opportun de définir une charte de bonne conduite, un plan assurance environnement ou encore de s'engager dans une démarche de certification BTP écoresponsable (LEED, BREEAM, HQE par exemple) afin de s'assurer que des règles de respect de l'environnement soient définies et rendues applicables à tous les acteurs impliqués dans le chantier. Les règles peuvent porter, entre autres, sur :

- La réduction et gestion des déchets de chantier ;
- La limitation des nuisances sonores et visuelles ;
- La maîtrise des consommations en ressources ;
- Une limitation de la pollution des sols.

Dans la gestion de chantier à faible nuisance, le sujet de la gestion et la réutilisation des matériaux excavés se pose également. Dans le cadre d'une étude basée sur un benchmark de 6 pays européens, le principal constat concernant cette thématique est la carence de politiques publiques permettant de donner un cadre commun et général à la filière de valorisation des matériaux excavés. Cette étude présente tout de même quelques recommandations applicables au niveau des chantiers, comme par exemple la mise en place des bonnes pratiques permettant de limiter le volume des matériaux excavés, d'en optimiser le réemploi sur site, d'en optimiser la part valorisable et d'en faire des ressources pour des usages locaux<sup>42</sup>.

Concernant, plus précisément, la gestion des terres excavées, il faut noter que la note du 25 avril 2017, relative aux modalités d'application de la nomenclature des installations classées pour le secteur de gestion des déchets<sup>43</sup>, précise que « les terres non excavées, même polluées, ne sont pas des déchets ». Concernant le traitement des terres excavées, dans les cas où l'aménagement ou l'opération de génie civil est soumis à la procédure d'autorisation environnementale unique (AENV), le dossier de demande doit comprendre les éléments nécessaires à l'appréciation des impacts associés à la gestion, à la valorisation, et à l'élimination des terres excavées, que ce soit ou non sur le site :

<sup>42</sup> Gestion et réutilisation de matériaux excavés : comment favoriser l'économie circulaire ? - Association RECORD créée en 1989 par le Ministère chargé de l'Environnement – Mai 2017

<sup>43</sup> Note d'explication de la nomenclature ICPE des installations de gestion et de traitement de déchets ? Version mise à jour 10/12/2020 - Ministère de l'Ecologie



- S'il est prévu que les terres excavés fassent l'objet d'un stockage définitif sur le site soumis à autorisation environnementale, la rubrique 2760-X doit être visée dans le dossier d'autorisation, et l'exploitant doit respecter toutes les prescriptions générales applicables liées à cette rubrique.
- S'il est prévu un dépôt temporaire sur le site dans l'attente d'un réemploi sur site à des fins d'aménagement intrinsèquement utiles, ce dépôt temporaire n'est pas à classer au titre du statut de déchet de déblais. En revanche, la durée de ces dépôts temporaires doit être limitée dans le temps – l'article 2 de la directive européenne 1999/31/CE prévoit une limite de 3 ans maximum.

## RÉHABILITER UN BÂTIMENT EXISTANT

Une montée en puissance de construction de Datacenter ayant été observée dans les années 2000, la question se pose aujourd'hui de la vétusté des équipements et de la performance énergétique de ces bâtiments existants, en comparaison aux Datacenters plus récents. Aussi, la lutte contre l'artificialisation des sols est également un enjeu auquel doit faire face le secteur du BTP et notamment dans le cadre de la construction des Datacenters.

En ce sens, il convient donc d'évoquer la thématique de la réhabilitation des Datacenters existants ou de tout autres bâtiments existants en lieu et place de la construction de nouveaux Datacenters.



## C. LE SUIVI D'INDICATEURS À PLUSIEURS NIVEAUX

Afin de piloter la performance environnementale, il est essentiel de suivre non seulement des indicateurs liés aux différents impacts du Datacenter : émissions de gaz à effet de serre, consommations d'énergie, d'eau, épuisement des ressources naturelles, production de déchets ; mais également d'adapter ces indicateurs aux différents « acteurs du Datacenter » afin de ne pas confondre la performance environnementale du système de climatisation et celle des applications ou du cloud hébergés dans le Datacenter. Si l'on reprend un cas de la vie quotidienne, c'est comme si nous avions une voiture très peu consommatrice de carburant, mais utilisée sur des trajets inutiles, comme par exemple faire continuellement le tour d'un rond point. Il faut réfléchir à l'utilité des déplacements en parallèle de la performance du véhicule.

Il faut avoir à l'esprit que le surdimensionnement, qui peut exister à tous les niveaux (Datacenter, cloud, application, usage), a d'importants impacts sur l'environnement car le fonctionnement de ces services requiert la fabrication d'équipements électroniques, consomme de l'énergie 24h/24 7j/7 et produit des déchets... L'idéal est donc de suivre des indicateurs liés aux services rendus par le Datacenter, par exemple, émissions de gaz à effet de serre par application ou pour stocker 1Go dans le cloud.

Il est donc important de compléter les indicateurs « classiques » comme le PUE par des indicateurs plus globaux concernant la performance environnementale des services fournis par le Datacenter. A ce titre, le Datacenter peut être un très bon outil pour fournir des indicateurs aux « couches informatiques » et « applications » car les Datacenters sont généralement bien équipés en outils de mesure et de suivi.

Pour rappel, l'AGIT a publié le [Livre Blanc : Les indicateurs de performance énergétique et environnementale des Datacenters](#), qui liste et permet de comprendre les différents indicateurs liés au Datacenter





## VII. QUELQUES RETOURS D'EXPÉRIENCE



## Comment minimiser la consommation liée à la climatisation et le PUE

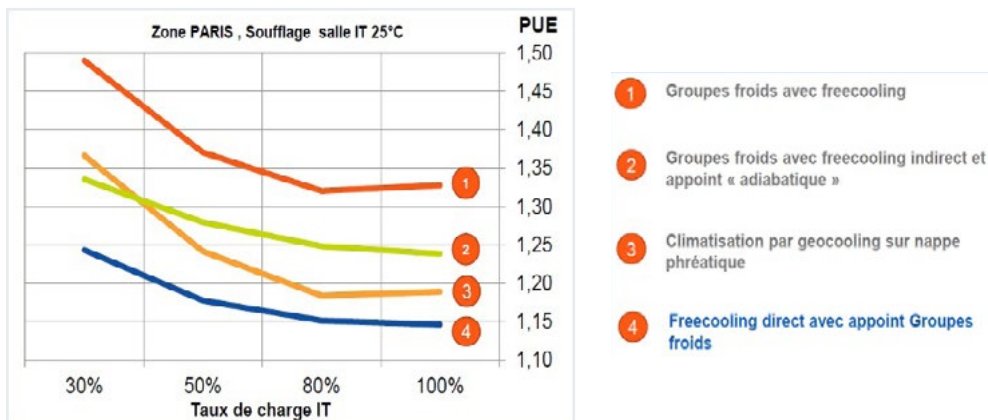
*Retour d'expérience de Dalkia Smart Building*

Un retour d'expérience basé sur 4 projets d'exploitation de Datacenters entre 2016 et 2018 ) avec *free cooling*, sécurisés Tiers III à IV, conçus et/ou réalisés par Dalkia Smart Building. Les paramètres suivants ont été analysés :

- Conception et Choix technologiques : *Free cooling* direct, indirect, *geocooling*...
- Localisation: Paris...Marseille
- Taux de charge IT : 25% ... 100%
- Température de soufflage en allée froide : 10°C ... 25°C

Le but de cette étude était d'identifier l'influence de ces paramètres sur le PUE.

### Résultats



Les écarts pour chaque paramètre sont les suivants :

- Zone géographique Paris Vs Marseille : +/- 2%
- Taux de charge IT 30% VS 80% : +/- 10%
- Conception technique: +/- 10%
- Température de soufflage: 15°C Vs 25°C: +/- 10%



## Comment minimiser la consommation liée à la climatisation et le PUE

*Retour d'expérience de Dalkia Smart Building*

### Conclusions:

- Les Datacenters de proximité récents peuvent être climatisés en *free cooling* sans surconsommation électrique significative (PUE de l'ordre de 1,2 à 80% de charge) et sans rupture technologique ou économique.
- La conception (dont modularité) et plus encore le mode d'exploitation du site (taux de remplissage, T° de consignes) sont les facteurs clés de la performance énergétique d'un Datacenter.
- Il faut maintenant aller au-delà de l'objectif de « PUE » mais intégrer dans nos approches l'impact environnemental de la consommation globale du site.
- L'échelle du Datacenter de proximité permet d'envisager des scénarii d'intégration de Datacenter dans des projets de « transition énergétique territoriale ».

Il s'avère que selon l'étude, la température en salle est le plus gros levier d'impact du PUE. Ainsi selon cette étude, pour réduire le PUE, il n'est pas nécessaire d'adopter de nouvelles méthodes, l'on pourrait mettre en œuvre les méthodes existantes.



## ZOOM SUR

### Campus Digital Realty (ex-Interxion) à Marseille

*Réhabilitation d'une ancienne base sous-marine en Datacenter*

La solution de refroidissement « *River Cooling* » est une innovation environnementale de type *free cooling* à eau. Elle permet de réaliser un échange de calories avec l'eau d'une ancienne installation industrielle, dite Galerie à la Mer, dont la température est à 15°C toute l'année, afin de rafraîchir les Datacenters. La technologie permet ainsi d'éviter l'usage des groupes froids, et donc de limiter la consommation énergétique des bâtiments et leur empreinte carbone.

#### Contexte

Point d'atterrissage historique de nombreux câbles sous-marins de télécommunications, Marseille connaît un véritable engouement depuis deux décennies, concentrant une part importante des investissements mondiaux dans ce secteur. Un succès qu'elle doit essentiellement à sa situation géographique, véritable porte d'entrée de l'Europe pour les câbles arrivant d'Asie via le canal de Suez. Marseille est devenue en quelques années seulement un hub numérique de premier plan et le projet *River cooling* doit accompagner ce développement en apportant des solutions innovantes, plus vertueuses sur le plan environnemental et en s'inscrivant dans le développement du territoire comme une contribution au plan climat-énergie régional.

**La solution énergétique mise en œuvre pour le rafraîchissement des deux Datacenters MRS2 et MRS3 permet la valorisation d'une ressource renouvelable locale sans utiliser des machines thermiques telles que des pompes à chaleur ou des groupes froids.** La ressource EnR utilisée est de l'eau douce avec une température moyenne de 15.5 °C toute l'année, qui s'écoule jusqu'à la mer sans autre usage.

L'eau de la Galerie à la mer est pompée, canalisée jusqu'au Datacenters, traverse un échangeur thermique et revient à la Galerie à la mer. L'échange thermique est contrôlé pour ne pas impacter l'environnement.

Finalement, la solution énergétique ayant été conçue pour permettre le raccordement futur au réseau d'eau tempéré de Massileo passant à proximité, l'énergie calorifique des Datacenters pourra être valorisée localement pour répondre à une partie de besoins de chaleur de la zone en développement de nouveaux logements dans un futur proche.

Le projet est réalisé avec l'appui technique de la société Dalkia Smart Buildings et le soutien technique et financier de l'ADEME.

#### Résultats

Le projet permet de développer une puissance thermique de 22 MW de froid sur une durée de fonctionnement de 8 760 heures par an.

Le coefficient d'Efficacité Énergétique (EER) de l'installation est de 63.

De plus, grâce au fonctionnement de l'installation utilisant uniquement le principe du *geocooling*, l'utilisation d'énergie conventionnelle pour le rafraîchissement



## ZOOM SUR

### Campus Digital Realty (ex-Interxion) à Marseille

*Réhabilitation d'une ancienne base sous-marine en Datacenter*

des Datacenters est fortement réduite et les rejets d'air chaud intrinsèques aux solutions classiques sur groupes froid sont supprimés, empêchant ainsi l'apparition de phénomènes d'îlots de chaleur en été.

#### Perspectives

La mise en œuvre de solution de *free cooling* à l'air ou à l'eau doit être accompagné en amont par l'efficacité énergétique du Datacenter. Le PUE, défini par la norme ISO/IEC 30134-2:2016 et EN 50600-4-2, est certainement l'indicateur d'efficacité énergétique le plus connu et le plus utilisé pour les Datacenters. C'est le rapport entre :

- l'énergie consommée par le Datacenter EDC et
- l'énergie consommée par les systèmes informatiques EIT, mesurées pendant 12 mois consécutifs.

L'électricité qui n'est pas consommée par les systèmes informatiques est en très grande partie utilisée pour produire le froid qui permet d'évacuer les calories de nombreuses années à piloter et optimiser le PUE.

Les sites MRS2 et MRS3 ont fait l'objet de ces attentions :

- conception modulaire afin d'adapter les équipements à la charge réelle et donc au juste besoin,
- travail des flux thermiques au sein des salles IT, grâce à la mise en œuvre de corridors froids et l'implantation de « *blank panels* » afin de diriger et de séparer les flux d'air chaud et froid,
- fixation des conditions de température et d'hydrométrie harmonisées dans les salles informatiques et conformes aux prescriptions de l'ASHRAE avec un point de consigne à 25°C,
- choix des équipements intrinsèquement performants comme les onduleurs dont le rendement est de 97% et les groupes froids qui sont associés à des *dry-coolers* afin de permettre un fonctionnement en *free cooling* lorsque la température de l'air extérieur le permet,
- mise en œuvre des principes d'un système de management de l'énergie en fixant chaque année des objectifs ambitieux de PUE et en disposant d'un plan d'action PUE revu mensuellement par une équipe opérationnelle et transversale,
- contribuer à la production d'électricité renouvelable via l'achat de certificats garantie d'origine pour 100% de l'électricité consommée.

En complément, Digital Realty (ex-Interxion) a mis en œuvre pour ces Datacenters sur un logiciel de gestion de la performance énergétique des sites permettant ainsi une véritable gestion opérationnelle au quotidien.

**Au final, la conjonction de toutes ces solutions techniques et l'exploitation des ressources renouvelables disponible doit permettre d'atteindre un PUE objectif à pleine charge de 1,2.**



## DATAZERO

### *Projet de recherche et de développement*

Le projet DATAZERO (<https://www.irit.fr/datazero/index.php/en/>) (2015-2019) est porté par l'IRIT Toulouse et réalisé en partenariat avec EATON France, l'Institut Femto-ST et le laboratoire LAPLACE. DATAZERO vise à concevoir des centres de données de taille moyenne allant jusqu'à 1 000 m<sup>2</sup> et 1 MW pouvant exploiter efficacement plusieurs sources d'énergies renouvelables. Deux sources d'énergie renouvelables ont été considérées : l'énergie éolienne et l'énergie solaire.

La principale problématique est l'adéquation entre la production d'ENR, qui par nature est intermittente, et la consommation électrique des centres de données. Pour ce faire, des algorithmes basés sur la théorie des jeux permettent :

- d'adapter la charge informatique à la production d'énergie ;
- d'aligner la production et le stockage d'énergie à la charge informatique.

DATAZERO propose également un stockage local de cette énergie : les batteries lithium-ion et le stockage hydrogène. Les batteries prennent en charge les variations sur des temps courts (par exemple les changements jour et nuit). Le stockage d'hydrogène prend en charge les variations saisonnières.

Le stockage hydrogène combine les fonctions électrolyseur, réservoir et pile à combustible qui sont commandées par des convertisseurs de puissance :

- L'électrolyseur génère de l'hydrogène à partir de l'eau ;
- Le réservoir stocke cette production ;
- La pile à combustible génère l'électricité à partir de l'hydrogène.

Les expérimentations ont été réalisées sur un cloud OpenStack alimenté par des cellules photovoltaïques et des piles à combustion. Ces expérimentations ont montré l'applicabilité du prototype DATAZERO à des cas d'étude réels.

#### **Bénéfices globaux du projet :**

- À partir d'une charge IT et un passé météorologique on peut réaliser un dimensionnement du panneau solaire, de l'éolienne...);
- En rejouant des traces avec des modèles de prévision on peut simuler un Datacenter fonctionnant avec des énergies renouvelables ;
- La plateforme DATAZERO peut être testée sur des cas d'études réels.

#### **Applicabilité :**

- Centres de données de taille moyenne allant jusqu'à 1 000 m<sup>2</sup> et 1 MW ;
- Disposer de sources d'énergies renouvelables.



## **DATAZERO**

*Projet de recherche et de développement*

### **Perspectives :**

DATAZERO est un prototype qui fonctionne, cependant pour avoir une version plus aboutie, les porteurs du projet vont évaluer :

- La robustesse des algorithmes ;
- La reconfiguration dynamique des connexions électriques.

Ainsi, le projet DATAZERO 2 prend la suite de DATAZERO pour rajouter ces fonctionnalités.

## Le geocooling au service du Datacenter

### Retour d'expérience

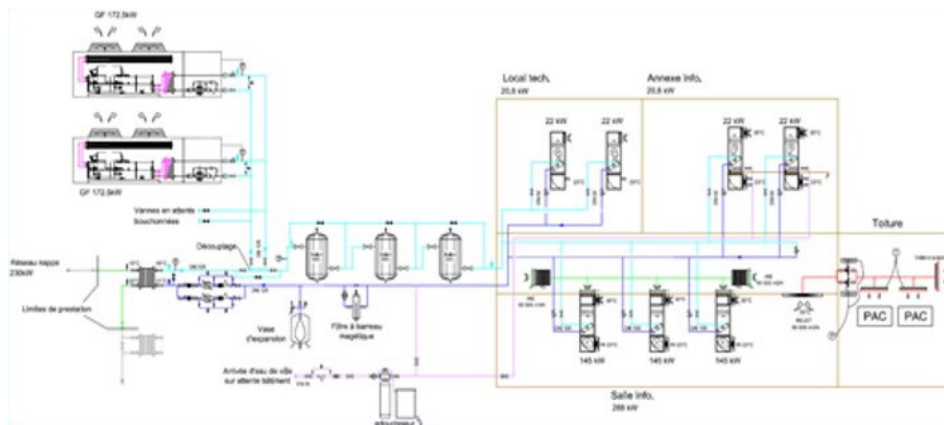
CAP INGELEC a réalisé pour l'Université de Grenoble un Datacenter d'une puissance de 300 kW IT au sein du bâtiment « PILSI Recherche ». Celui-ci est conçu avec un traitement climatique en *free cooling* tout air, complété par des groupes froids de 200kW et un refroidissement par eau de nappe phréatique (*geocooling*).

#### Contexte

Dans le cadre du projet Campus 2025, CAP INGELEC a participé à la réalisation en Partenariat Public Privé (PPP) de 3 bâtiments. Trois opérations immobilières coordonnées ont contribué à revaloriser le patrimoine immobilier de l'Université de Grenoble. Ce projet constitue le plus important investissement réalisé sur le domaine universitaire depuis plus de 30 ans.

#### Résultats

Grâce au refroidissement *free cooling* direct et *geocooling*, ce Datacenter a atteint un PUE inférieur à 1,25.



#### Perspectives

Contrairement aux technologies de refroidissement adiabatique, très consommatrices en eau, l'utilisation des frigidités d'une source froide (nappe, rivière, océans, etc.) peut représenter une solution plus écologique.

#### Autres informations

**Organisation :** Pôle de recherche et d'enseignement supérieur

**Ville :** Grenoble (38)

**Pays :** France





## Exemple de l'éco-quartier de Nanterre Cœur Université

*Projet en cours de construction*

### Chiffres clés

- 76 000m2 de logements/bureaux/commerces
- > à 60 % EnR&R
- 5 sources d'énergie locales
- 27 ans de garantie de résultats

### Exemple de l'éco quartier de Nanterre Cœur Université



| 19

Vidéo de présentation : <https://www.youtube.com/watch?v=PfET8At97Vo>



## Supervision et suivi énergétique d'un Datacenter de dernière génération

85 baies – surface : 530m<sup>2</sup> – PUE 1,2

Le Datacenter NETICENTER Nîmes du groupe NETIWAN installé dans le sud de la France (30230 BOUILLARGUES)

### Contexte

Réaliser la supervision de la chaîne électrique depuis l'alimentation à la distribution dans les baies. L'objectif était d'obtenir des métriques de consommation électrique fiables et précises pour le pilotage du site, et pour informer chaque client hébergé de sa situation.

Il s'agissait également de suivre en continu la chaîne de froid pour optimiser son utilisation au regard des contraintes des températures extérieures, des conditions environnementales des salles et du respect de l'environnement. La chaîne froid est réalisée en *free cooling* adiabatique (N+1). Le suivi de température et d'hygrométrie, sur plusieurs points des salles et du réseau aéraulique a été réalisé en *Wireless* via un réseau privé LoRA, qui permet simplement et rapidement de faire évoluer l'installation en fonction des besoins. La maîtrise des protocoles Modbus, SNMP, BACnet, LoRa et TIC était indispensable pour collecter les données sur l'ensemble des composants.

### Résultats

Plusieurs tableaux de bord et KPI permettent à l'équipe de pilotage du Datacenter de suivre en continu les « utilités », de maintenir en conditions opérationnelles les infrastructures qui hébergent les clients, et d'informer en temps réel les équipes techniques et les clients.

Le PUE est suivi en continu pour s'assurer du bon niveau de rendement du Datacenter. Les alarmes techniques sont transmises par e-mail et SMS au personnel de maintenance. Les métriques ont permis de valider l'étude théorique du Datacenter, d'optimiser le pilotage de la chaîne électrique et de la chaîne de froid. Pendant la canicule de 2019, les métriques en continu, via les tableaux de bord, ont permis de conduire sereinement la production.

### Perspectives

- Le groupe électrogène est actuellement supervisé par les contacts secs. La connexion de sa liaison Modbus permettra d'obtenir un *reporting* plus complet de son état.
- Un comptage sur la consommation d'eau permettra de calculer le KPI WUE, qui mettra en évidence la faible consommation d'eau de la batterie adiabatique.
- Un KPI pour suivre la performance des UPS en continu sera prochainement calculé et suivi en continu, pour s'assurer du bon rendement des UPS en production.
- L'exploitation des métriques permettra de prévoir le déploiement des ressources électriques et froid supplémentaires en fonction de la demande, au regard de l'expérience acquise et des nouvelles demandes clients.
- L'infrastructure du Datacenter est d'ores et déjà prévue pour une montée en puissance progressive jusqu'à 630 KW IT.

### Autres informations

Projet piloté par le BET JERLAURE  
Contact : Thierry CHENAVAS - Inneasoft





En complément des retours d'expérience ci-dessus, plusieurs autres exemples de bonnes pratiques peuvent être trouvés dans le livret de bonnes pratiques environnementales dans les Datacenters édité par l'association France Datacenter<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> <https://www.franceDatacenter.com/ressource/bonnes-pratiques-environnementales-de-la-filiere-Datacenter/>



# SOURCES COMPLÉMENTAIRES



1. Datalab, Commissariat Général au Développement Durable, Chiffres clés du climat France, Europe et Monde - Édition 2020 : [https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-11/datalab-62-chiffres-cles-du-climat-france-europe-monde-edition2020-novembre2019\\_0.pdf](https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-11/datalab-62-chiffres-cles-du-climat-france-europe-monde-edition2020-novembre2019_0.pdf)
2. The Shift Project, Rapport intermédiaire – Lean ICT – Pour une sobriété numérique, 2018 : [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-05-17\\_Rapport-interm%C3%A9diaire\\_Lean-ICT-Pour-une-sobri%C3%A9t%C3%A9-num%C3%A9rique.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-05-17_Rapport-interm%C3%A9diaire_Lean-ICT-Pour-une-sobri%C3%A9t%C3%A9-num%C3%A9rique.pdf)
3. GeSI SMARTer 2020 - The Role of ICT in Driving a Sustainable Future : [https://www.telenor.com/wp-content/uploads/2014/04/SMARTer-2020-The-Role-of-ICT-in-Driving-a-Sustainable-Future-December-2012\\_2.pdf](https://www.telenor.com/wp-content/uploads/2014/04/SMARTer-2020-The-Role-of-ICT-in-Driving-a-Sustainable-Future-December-2012_2.pdf)
4. GreenIT.fr, Empreinte environnementale du numérique globale : <https://www.greenit.fr/etude-empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>
5. ENR’CERT, L’efficacité énergétique dans les Datacenters – Etude du gisement français, 2016 : [news-27968-data-center-atee.pdf \(actu-environnement.com\)](https://actu-environnement.com/news-27968-data-center-atee.pdf)
6. AGIT, Livre blanc sur les indicateurs de performance énergétique et environnementale des Datacenters, 2017 : <https://www.apl-Datacenter.com/wp-content/uploads/2017/07/livre-blanc-indicateurs-performance-%C3%A9nerg%C3%A9tique-environnementale-des-data-centers.pdf>
7. Les rapports commandés par la Commission EU : <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/energy-efficient-cloud-computing-technologies-and-policies-eco-friendly-cloud-market> et <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/study-greening-cloud-computing-and-electronic-communications-services-and-networks-towards-climate>
8. Les rapports techniques issus des groupes de travail de l’EDNA : [https://www.iea-4e.org/edna/publications/?\\_sft\\_publication\\_type=technical-reports](https://www.iea-4e.org/edna/publications/?_sft_publication_type=technical-reports)



# GLOSSAIRE

## SERVICE NUMÉRIQUE<sup>45</sup> :

Il répond à un besoin spécifique, il a une ou plusieurs fonctionnalités et des utilisateurs. Il est considéré comme l'association :

- d'équipements permettant de stocker, manipuler, afficher des octets (serveurs, terminaux utilisateurs, box ADSL, etc.) ;
- d'infrastructures qui hébergent et relient les équipements (réseaux opérateurs et centres données notamment) ;
- de plusieurs logiciels empilés les uns sur les autres, qui s'exécutent au-dessus des équipements ;
- d'autres services numériques tiers éventuels.

## SYSTÈME D'INFORMATION<sup>46</sup> :

Il s'agit d'un ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et distribuer de l'information, en général grâce à un réseau d'ordinateurs. Il s'agit d'un système socio-technique composé de deux sous-systèmes, l'un social et l'autre technique. Le sous-système social est composé de la structure organisationnelle et des personnes liées au SI. Le sous-système technique est composé des technologies (hardware, software et équipements de télécommunication) et des processus d'affaires concernés par le SI.

## CLOUD COMPUTING<sup>47</sup> :

Désigne « l'accès via un réseau de télécommunication à des ressources informatiques partagées et configurables ».

En pratique, le Cloud se définit par :

- des ressources utilisables en self-service et à la demande ;
- un accès universel, depuis tout type de terminal (laptop, poste de travail, tablette, smartphone) ;
- la mutualisation des ressources au sein de centres de données où un pilotage pointu permettrait une optimisation des ressources, qu'elles soient matérielles via des procédés de virtualisation ou énergétiques via un suivi des consommations d'énergies ;
- l'élasticité : un utilisateur peut sans délai mobiliser une capacité de stockage ou une puissance de calcul ;
- la mesure continue des usages.

## PUE<sup>48</sup> :

Le *Power Usage Effectiveness* est l'indicateur le plus connu, il mesure le rendement énergétique global du Datacenter.

<sup>45</sup> [2017 - L'écoconception des services numériques \(alliancegreenit.org\)](https://alliancegreenit.org/2017-les-kpi-des-Datacenters)

<sup>46</sup> [Système d'information — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_d'information)

<sup>47</sup> [Livre Blanc : Le Cloud est-il Green ? \(alliancegreenit.org\)](https://alliancegreenit.org/2017-les-kpi-des-Datacenters)

<sup>48</sup> <https://alliancegreenit.org/2017-les-kpi-des-Datacenters>



## TAUX DE CHARGE<sup>49</sup> :

Le taux de charge électrique est un facteur important car il représente l'utilisation réelle des infrastructures du Datacenter. Le taux de charge électrique s'exprime en pourcentage. Les Datacenters avec un faible taux de charge ont une moins bonne performance environnementale, les Datacenters avec un taux de charge trop élevé peuvent présenter des risques opérationnels sur la charge qui est mal répartie.

## HYPERSCALER<sup>50</sup> :

L'informatique *hyperscale* est une infrastructure distribuée capable de rapidement prendre en charge un pic de demande pour des ressources informatiques Internet et *back-end* sans espace physique, refroidissement ni puissance électrique supplémentaire. L'*hyperscale* se caractérise par la normalisation, l'automatisation, la redondance, le calcul haute performance et la haute disponibilité. On associe souvent ce terme au *cloud computing* et aux Datacenters géants des sociétés Facebook, Google, Amazon et Netflix.

## IOT<sup>51</sup> :

L'Internet des objets (IoT) est la technologie qui renvoie à l'ensemble des capteurs et des objets – hors smartphones et tablettes – connectés à Internet pour informer l'utilisateur de l'état de l'appareil auxquels ils sont associés.

## MTBF<sup>52</sup> :

Le temps moyen de bon fonctionnement ou MTBF (Mean Time Between Failures en anglais) est le délai moyen entre deux défaillances réparables d'un produit ou d'un système. C'est un indicateur essentiel pour déterminer la fréquence des défaillances du système et donner une idée de sa fiabilité. Le MTBF permet aussi de déterminer l'efficacité de l'équipe en termes de prévention ou de réduction des incidents potentiels. Plus le temps moyen de bon fonctionnement est élevé, plus le système est fiable. ([Qu'est-ce que le MTBF ? | Pure Storage \(purestorage.com\)](#))

## RETROFIT<sup>53</sup> :

Opération consistant à remplacer des composants anciens ou obsolètes par des composants plus récents, généralement en changeant la technologie, sans modifier la fonction.

<sup>49</sup> <https://alliancegreenit.org/2017-les-kpi-des-Datacenters>

<sup>50</sup> [Que signifie Informatique hyperscale \(hyperscale computing\)? - Definition IT de Whatis.fr \(lemagit.fr\)](#)

<sup>51</sup> [IoT : applications, retours d'expérience et perspectives avec l'Internet of things \(journaldunet.com\)](#)

<sup>52</sup> [Qu'est-ce que le MTBF ? | Pure Storage \(purestorage.com\)](#)

<sup>53</sup> [rétrofit — Wiktionnaire \(wiktionary.org\)](#)

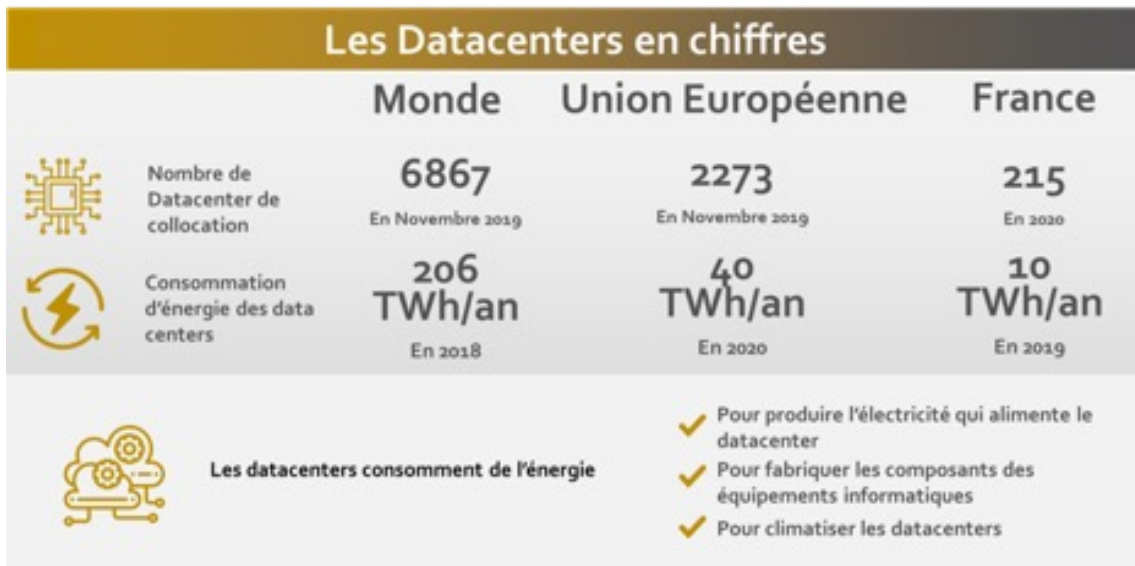




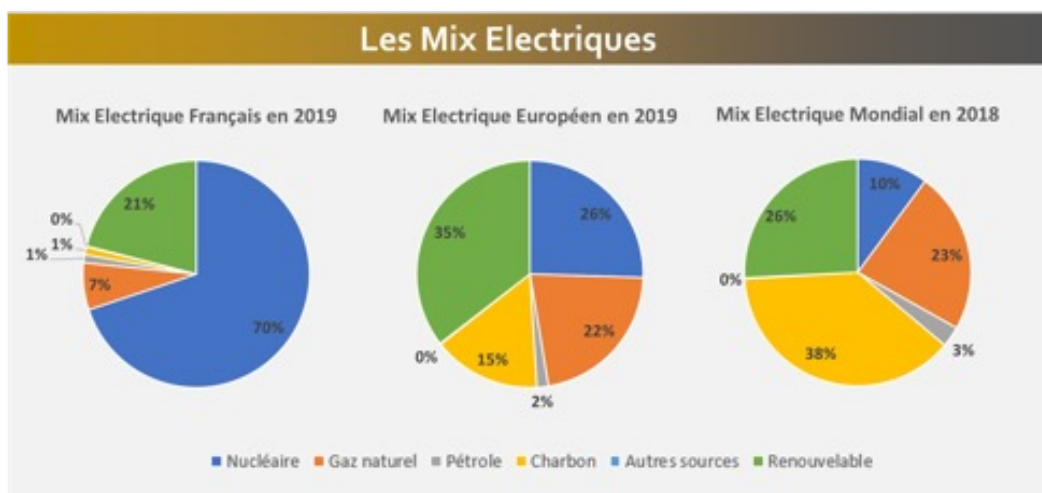
# ANNEXES

## ANNEXE 1

### Le Datacenter en chiffres



Bien que le périmètre du document soit concentré principalement sur le territoire français et sur l'Union européenne, nous vous présentons ici quelques chiffres et données plus larges, pour vous permettre de visualiser l'impact global des Datacenters.





54



55

<sup>54</sup> <https://institutnr.org/energie-ou-eau-le-choix-cornelien-de-google>  
<https://Datacenter-magazine.fr/google-epingle-sur-la-consommation-deau-de-ses-Datacenters/>  
<https://information.tv5monde.com/info/energie-les-data-center-au-coeur-de-la-nouvelle-donne-mondiale-187014>

<sup>55</sup> ABB, Review Datacenter 03/2020

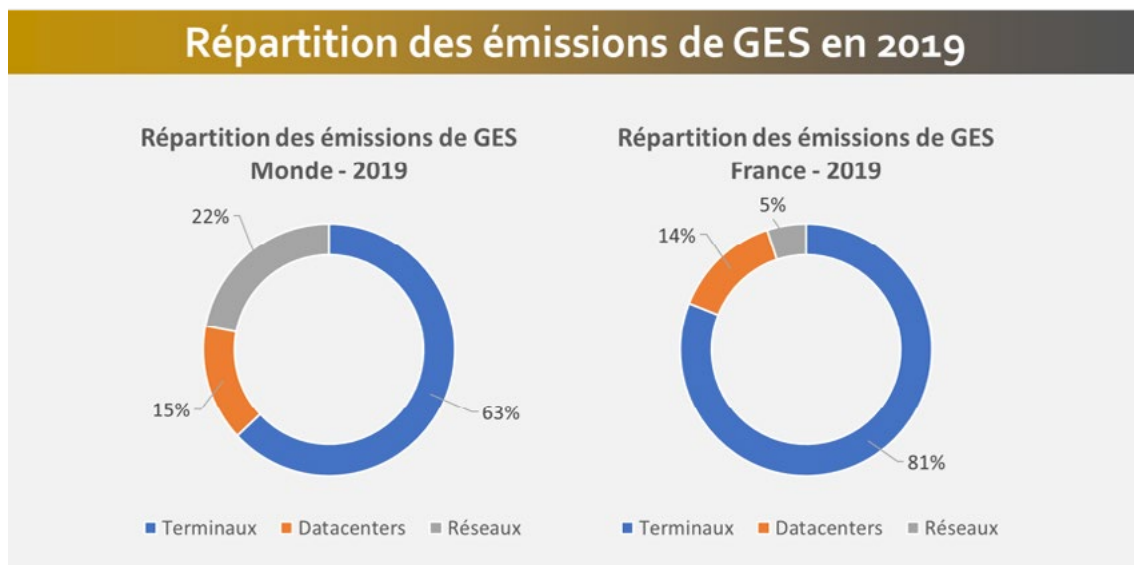
## ANNEXE 2

### Les impacts du numérique dans le monde

À l'échelle française :

- La consommation électrique pour les équipements et infrastructures numériques en France est de 48,7 TWh, ce qui peut être comparé au 474,4 TWh total<sup>22</sup> (Data & Statistics - IEA), ce qui signifie que les équipements et infrastructures numériques sont responsables de 10% de la consommation électrique française.
- Les émissions de gaz à effet de serre émises par les équipements et infrastructures numériques en France sont estimées à 16,9 Mt CO<sub>2</sub> eq., ce qui peut être comparé au 66323 MT CO<sub>2</sub> eq. total, ce qui signifie que les équipements et infrastructures numériques sont responsables de 2,5% de l'empreinte carbone de la France (approche mix de consommation - empreinte carbone). (AdEME & ARCEP 2022).

La plupart de ces impacts ont lieu en dehors du territoire national et sont importés tout au long de la chaîne de valeur des services numériques (extraction des ressources, transformation des matériaux, production des équipements, etc...).



## ANNEXE 3

### L'énergie thermique d'un Datacenter

Les équipements informatiques contenus dans les centres de données génèrent d'importantes quantités de chaleur lorsqu'ils sont en fonctionnement. Ces équipements ont donc besoin d'être refroidis. Plus généralement, le rôle de la climatisation est de :

- Fournir aux équipements IT une qualité d'air permettant leur bon fonctionnement en température ;
- Assurer un renouvellement d'air des locaux compatibles avec la réglementation et le confort ;
- Maintenir les équipements techniques à des niveaux de température, d'hygrométrie et d'empoussièrément leur permettant d'avoir la plus longue durée de vie ;
- Maintenir une surpression de la salle informatique vis-à-vis de l'extérieur, pour la préserver d'une contamination, comme par exemple la poussière.

La production de froid et l'évacuation de la chaleur des Datacenters sont donc des enjeux majeurs pour le bon fonctionnement des Datacenter. En effet, un arrêt de la climatisation peut entraîner une hausse brutale de la température des équipements, un arrêt de service et la dégradation des équipements techniques. Par ailleurs, quand on sait que le refroidissement peut consommer jusqu'à 40% de la consommation totale du Datacenter, l'optimisation de cette production de froid est un levier important de réduction de sa consommation énergétique.

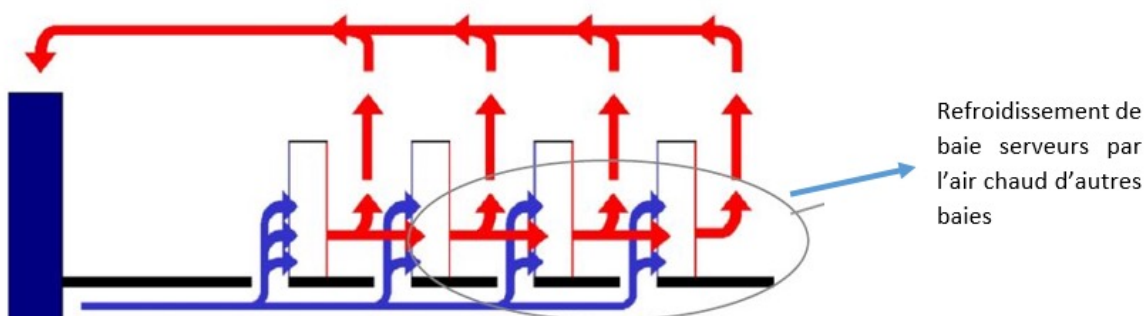
Confinement en allée chaude/froide, refroidissement à air ou à eau ? Associé à une production d'eau glacée ou en dual-fluide ? A soufflage inversé dans le plénum du faux-plancher ou au niveau des baies haute densité ? Quel paramétrage choisir selon le type de Datacenter ?

Nous présentons dans ce chapitre les principales techniques de refroidissement ainsi que des pratiques communément mises en avant pour une optimisation énergétique des salles. Ces « bonnes pratiques » seront illustrées par quelques retours d'expérience suite à leur implémentation.

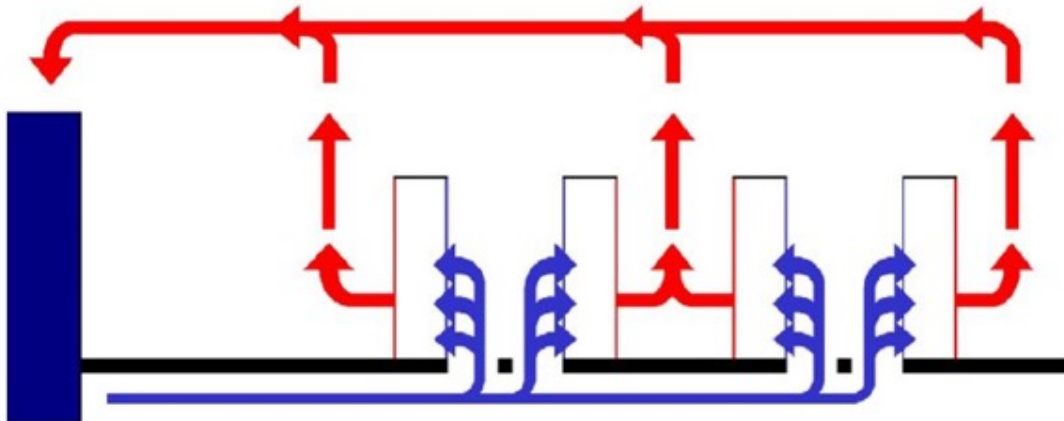
### 1. Quelques techniques de refroidissement

#### 1.1 Confinement en allées chaudes/froides

Jusqu'au début des années 2000, l'urbanisation des Datacenters se faisait de manière anarchique et sans cohérence. Cela avait pour conséquence le développement de points chauds et l'arrêt inopiné de certains équipements IT.



Le concept de séparations des salles serveurs en allées chaudes et froides, désormais établi dans l'industrie du Datacenter, permet d'améliorer l'efficacité du système de climatisation en éliminant les points chauds. La face avant des baies, par laquelle l'air est aspiré, est ainsi orientée vers l'allée froide, tandis que la face arrière est orientée vers l'allée chaude.



Avec ce rangement des baies en allées chaudes et froides, la démarche usuelle consiste à placer un faux plancher qui recouvre la totalité de la salle informatique, et à créer un faux plafond au sommet de la salle. Les faux plafonds aspirent l'air chaud et cet air chaud est soufflé vers le faux plancher. Le principal avantage du système de distribution d'air par faux plafond / faux plancher, est qu'il permet de souffler l'air froid et de capter l'air chaud au plus près des baies informatiques. Toutefois, ce système ne permet pas de supprimer totalement les phénomènes de recirculation de l'air chaud.

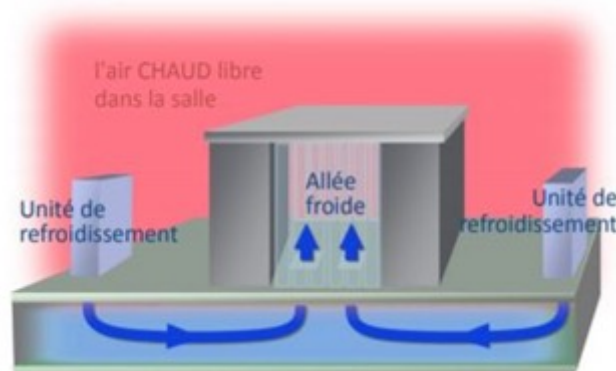
Le confinement total en allée chaude/ allée froide est une autre technique d'amélioration du système de faux plancher/faux plafond, afin de supprimer totalement les risques de recirculation. Le principe du confinement est de séparer avec la meilleure étanchéité possible les flux d'air froid & chaud pour éviter le recyclage.

Les avantages du confinement sont nombreux<sup>56</sup> :

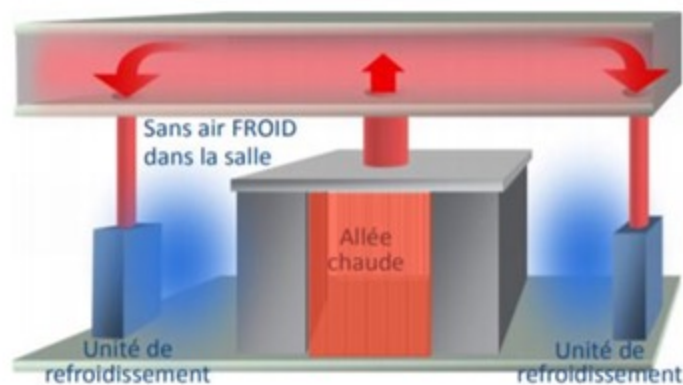
- Il permet d'éviter la recirculation d'air froid dans l'allée froide ;
- Il élimine également les points chauds et permet d'augmenter l'efficacité de la climatisation ;
- Les systèmes de refroidissement peuvent être réglés à une température d'alimentation supérieure, économisant ainsi l'énergie et augmentant la capacité de refroidissement. Ils continuent ainsi de fournir la charge avec des températures de fonctionnement sécurisées.

Par ailleurs, le confinement peut être réalisé de deux manières. Le confinement des allées froides et le confinement des allées chaudes. Le confinement des allées froides (CACS) permet d'isoler l'allée froide, permettant ainsi au reste du Datacenter de devenir un important plénum de retour d'air chaud.

<sup>56</sup> Livre blanc Schneider electric [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=White+Paper&p\\_File\\_Name=DBOY-7EDLE8\\_R3\\_FR.pdf&p\\_Doc\\_Ref=SPD\\_DBOY-7EDLE8\\_FR](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=White+Paper&p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_FR.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_FR)



Un système de confinement des allées chaudes (HACS) entoure l'allée chaude pour recueillir l'air chaud évacué des équipements informatiques, permettant ainsi au reste de la salle de devenir un important plénum d'alimentation en air chaud.



Par ailleurs, le principe de confinement en allée chaude ou froide constitue un prérequis indispensable pour les autres optimisations suivantes :

- Forte réduction des phénomènes de recyclage de l'air chaud par les serveurs ;
- Température en entrée des serveurs proche de celle à la sortie des armoires de climatisation ;
- Augmentation de l'écart de température entre le soufflage et la reprise qui permet une réduction de la consommation des armoires de climatisation ;
- Augmentation des températures de soufflages en salle, ce qui entraîne une augmentation du régime d'eau glacée et une réduction de la consommation des groupes froids.

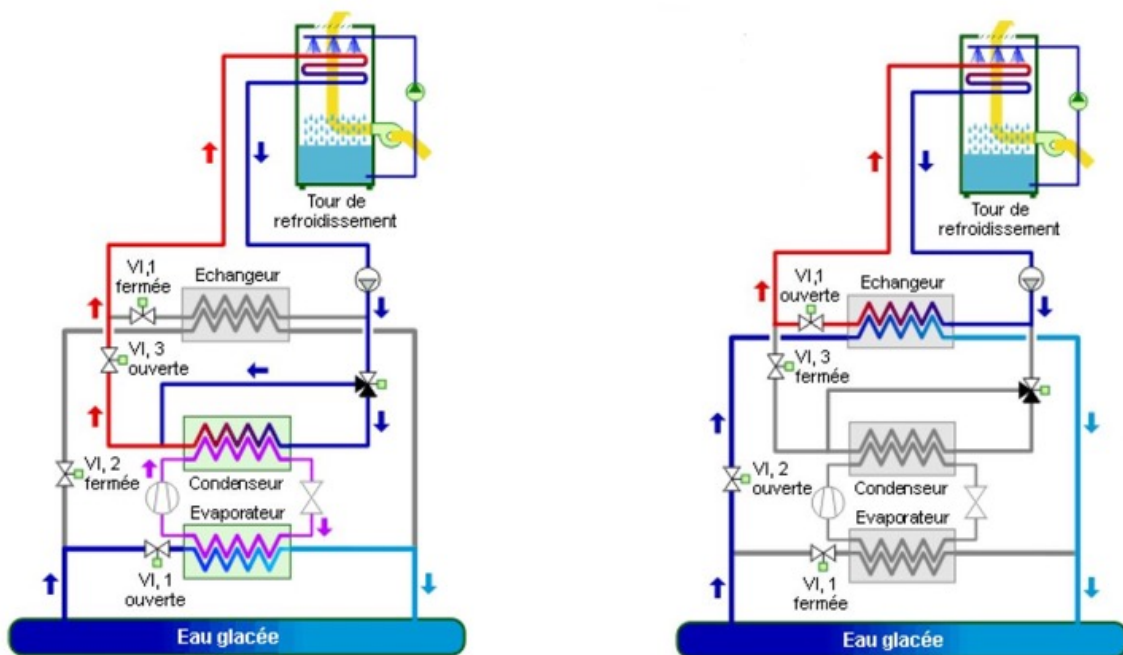
Ainsi le confinement en allées chaudes/froides couplé à ces optimisations permet de réaliser d'importantes économies d'énergie. Cependant le confinement des allées chaudes est considéré par un grand nombre d'acteurs comme la solution préférée pour toutes les nouvelles installations. Selon l'étude de Schneider Electric, le choix du confinement thermique à allée chaude par rapport au confinement à allée froide peut permettre d'économiser 43 % au niveau du coût énergétique annuel du système de refroidissement.

Toutefois, toujours selon Schneider Electric, cette solution peut être difficile ou coûteuse à mettre à œuvre dans l'hypothèse d'une hauteur de plafond basse ou d'un plafond inaccessible. Pour ces cas de figure, le confinement à allées froides pourrait être l'option la plus adaptée.

Sur la problématique financière, des aides de l'État sont disponibles sous forme de fiches d'opérations standardisées d'économies d'énergie (CEE). Les opérations standardisées d'économies d'énergie correspondent à des opérations couramment réalisées pour lesquelles une valeur forfaitaire de certificats d'économies d'énergie a été définie. Concernant le confinement, nous vous conseillons de regarder la fiche n° BAT-TH-153.

### 1.2 Production d'eau glacée « Free Chilling » (faire de l'eau glacée via l'air extérieur)

Le principe du *free chilling* repose sur le phénomène de refroidissement de l'air au travers d'un filet d'eau. Le *free chilling* consiste donc, à refroidir la boucle de retour d'eau glacée provenant des unités terminales en salle informatique, sans passer via le groupe froid par un système de tour aéroréfrigérante, lorsque la température extérieure le permet.



Sur les différents projets qu'ils ont mené ou observé, les acteurs du Datacenter ayant contribué à produire cette étude observent généralement qu'augmenter la température de soufflage permet de réaliser des économies de 2 à 3% par degrés sur la consommation électrique du groupe.

Voici les valeurs de PUE constatées avec les différents systèmes d'optimisation énergétique :

- Entre 1,8 et 2 - sur Datacenter non optimisé
- Environ 1,5 - sur Datacenter intégrant une optimisation par confinement
- Environ 1,3 - Sur Datacenter avec *free chilling* et confinement

Attention : La réduction en pourcentage de la consommation énergétique du DC va dépendre du climat, de la zone géographique. La température moyenne sur l'année peut varier en fonction des régions du monde.

Selon ASHRAE, la température du Datacenter ne doit pas dépasser 27°, donc la température de soufflage doit se trouver autour de 25°.



### 1.3 Free Cooling : refroidir l'air, sans eau

Les principes du *free cooling* est simple. Une fois que l'air se réchauffe près des serveurs, il est libéré dans l'environnement (entièrement ou en partie) et de l'air frais de l'extérieur est conduit à sa place. Dans de nombreux endroits du monde, l'air extérieur est en fait pendant la majeure partie de l'année plus froid que les températures enregistrées à l'intérieur d'un centre de données. On distingue plusieurs types de *free cooling* :

- **Free cooling direct** : quand l'air extérieur est suffisamment froid, on le met directement dans le Datacenter via un système de filtre
- **Free cooling indirect** : on passe par un échangeur qui va permettre de refroidir l'air intérieur avec l'air extérieur, mais sans qu'il n'y ait de mélange d'air. La contrainte est que si l'air extérieur est trop humide ou trop sec cela peut abîmer les serveurs, donc il faut avoir un système de déshumidification, qui peut être consommateur d'énergie.
- **Mode adiabatique** : Pour passer de l'état liquide à l'état gazeux, l'eau a besoin d'énergie. La mise en contact de l'air avec l'eau permet l'évaporation de celle-ci et l'abaissement de la température de l'air. Un rafraîchisseur adiabatique permet l'échange entre l'air et l'eau et l'insufflation d'un air plus frais. On parle de refroidissement adiabatique car l'énergie totale de l'air reste la même. C'est la chaleur gratuite de l'air qui permet d'évaporer l'eau, d'où un bilan énergétique particulièrement favorable.

Ce mode peut être utilisé dans les 3 systèmes de refroidissement évoqués plus et est particulièrement adapté aux climats secs.

#### Question : Est-ce que cela peut s'appliquer proche de la mer, avec un air salin ?

Nous n'avons pas de réponse précise à cette question au sein du groupe de travail, n'ayant pas travaillé sur un tel projet. Mais un tel projet pourrait exister, ou se développer, et nous serions ravis d'avoir un retour d'expérience. Des filtres spéciaux semblent d'ailleurs exister pour traiter ce cas d'usage. Il est certain que, considérant les matériaux qui constituent les serveurs et matériels informatiques, un air trop salé peut réduire leur durée de vie.

Le cas échéant, les surfaces d'échange doivent absolument être traitées contre la corrosion et l'utilisation de filtres spéciaux est fortement recommandée. (ailettes en aluminium... etc.)

### 1.4 Autres systèmes de refroidissement

En plus des solutions mentionnées plus haut, les solutions suivantes peuvent être envisagées

- **Geocooling** : À l'état naturel, le sous-sol garde une température constante de l'ordre de 10 - 12 °C à partir d'une profondeur d'une dizaine de mètres. Le sous-sol sert de source naturelle de froid. *River Cooling* (Voir REX Digital Realty (ex-Interxion)).
- **Géothermie** : une température de 10 -12 °C du sous-sol est une température intéressante pour servir de source froide à une pompe à chaleur, pour chauffer le bâtiment en hiver.
- **Absorption** : Intéressant dans les pays chauds car nécessite une source de chaleur à 90° C.
- Utilisation de l'intelligence artificielle.

## 2. Récupération de la chaleur fatale

Afin d'assurer la continuité du service rendu, les équipements informatiques d'un Datacenter fonctionnent toute l'année, 24 heures sur 24. À l'image d'un ordinateur allumé à la maison, leur fonctionnement génère une production continue de chaleur. Une partie de cette chaleur produite qui n'est pas complètement utilisée par ce dernier est appelée communément « chaleur fatale ». La valorisation de cette chaleur fatale, une énergie disponible et « déjà payée », constitue un enjeu stratégique pour l'industrie et plus particulièrement l'industrie du Datacenter. Nous proposons dans cette partie de présenter les techniques ainsi que les freins à la démocratisation de la récupération de la chaleur fatale.

### 2.1 Techniques

Plusieurs techniques de récupération existent. En voici quelques exemples, leurs avantages et leurs inconvénients :

- Groupe froid à condensation par eau
  - > Avantage principal : récupération totale de la chaleur qui serait évacuée sur l'air
  - > Inconvénient principal : combinaison difficile avec le *free cooling*
- Groupe froid à condensation par air
  - > Avantage principal : adaptabilité au besoin thermique
  - > Inconvénient principal : récupération partielle
- Pompe à chaleur sur retour d'eau glacée
  - > Avantage principal : adaptabilité au besoin thermique
  - > Inconvénient principal : CAPEX
- Récupération de l'air chaud en salle informatique
  - > Avantage principal : diminution du besoin en froid pour les armoires de climatisation
  - > Inconvénient principal : types de valorisation limités

	Avantages	Inconvénients
<b>Groupe froid à condensation par eau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Récupération totale de la chaleur qui serait évacuée sur l'air</li> <li>• Adaptabilité au besoin thermique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dégradation du COP du groupe froid</li> <li>• Capex</li> <li>• Pas de possibilité de combinaison avec le <i>free cooling</i></li> </ul>
<b>Groupe froid à condensation par air</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dégradation du COP moindre</li> <li>• Adaptabilité au besoin thermique</li> <li>• Réduction de la température de condensation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Récupération partielle de la chaleur qui serait évacuée sur l'air</li> <li>• Pas de possibilité de combinaison avec le <i>free cooling</i></li> </ul>

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Pompe à chaleur sur retour d'eau glacée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en œuvre possible sur groupe froid condensation par eau ou par air</li> <li>• Adaptabilité au besoin thermique</li> <li>• Possibilité de combinaison avec le <i>free cooling</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAPEX pompe à chaleur</li> <li>• Maintenance supplémentaire</li> </ul>
<b>Récupération de l'air chaud en salle informatique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en œuvre possible sur groupe froid condensation par eau ou par air</li> <li>• Diminution du besoin en froid pour les armoires de climatisation</li> <li>• Possibilité de combinaison avec le <i>free cooling</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air chaud à 35° max</li> <li>• Valorisation limitée</li> </ul>

## 2.2 Frein à l'adoption de ces techniques de récupération

Bien qu'étant un levier de performance environnemental la récupération de la chaleur fatale demeure encore peu mise en œuvre, et ce pour plusieurs raisons :

### a) Coût de l'énergie

Quand on parle d'optimisation énergétique, on a souvent tendance à recourir à des investissements élevés. Si l'énergie est peu chère comme en France, la mise en place de telles solutions coûterait plus cher que le surcoût de consommation énergétique. Le passage à l'acte n'est donc pas impératif d'un point de vue purement économique.

### b) Contraintes techniques

La récupération de la chaleur fatale nécessite de réunir des conditions techniques précises. Il faut s'assurer de l'adéquation de la production de la chaleur générée par le Datacenter et le besoin des consommateurs de cette même chaleur.

Il faudrait également que le système de refroidissement soit compatible avec la solution de récupération, en particulier des réseaux à haute température.

Pour finir, la mise en œuvre de ces techniques dépend fortement de la zone géographique, par exemple pour un air saturé en humidité on ne va pas avoir recours au *free cooling* direct.

**Exemple 1 : Retour d'expérience d'une entreprise du secteur bancaire**

La chaleur fatale devait être intégrée à un réseau de chaleur mais il fallait mettre en place deux grosses chaufferies pour réhausser la température de l'air distribué.

**a) Valorisation externe**

La récupération et la valorisation de la chaleur fatale requiert

- L'existence d'un réseau de chaleur à proximité ;
- La mise en place d'un contrat entre le gestionnaire du Datacenter et les utilisateurs finaux.

**b) Les freins politiques**

Parfois adopter l'une ou l'autre des solutions est un choix politique.

**Exemple 2 : Deux projets de récupération de chaleur, qui ont des difficultés à aboutir**

- Facteur principal de faisabilité = besoin en chaleur
- L'entreprise souhaitait offrir cette chaleur gratuitement. Malgré tout il y a des investissements à réaliser pour la réalisation du projet.
- Moins de subventions disponibles pour ce type de projet.
- Deux difficultés supplémentaires :
  - Les fonds de garantie sur cette réduction de chaleur, car les fournisseurs Datacenter ne peuvent pas garantir la zéro panne. Les Datacenters doivent s'assurer face à cela, mais aucun contrat d'assurance ne couvre actuellement ce risque.
  - Les réseaux de chaleur urbains en France sont tous sur des températures de plus de 60°.

### 3. Bonnes pratiques.

Pour conclure ce chapitre, pour optimiser l'énergie thermique du Datacenter, nous préconisons les bonnes pratiques suivantes par ordre de facilité :

- À minima augmenter les températures de soufflage. L'air frais que l'on produit doit passer librement et sans contrainte pour pouvoir refroidir.
- *Free Chilling*
- *Free cooling direct*
- *Free cooling indirect*

Cependant, chaque projet entraîne des contraintes différentes. Voici quelques exemples alternatifs de systèmes de refroidissement :

- *River Cooling* : Une source froide à proximité du Datacenter va être utilisée
- La trigénération peut aussi apporter une réponse à la production de froid, sans avoir forcément recours à l'électricité directe
  - > Selon GrDF, qui mène des projets d'envergure sur ce sujet, la trigénération gaz renouvelable présente une solution alternative de premier ordre. Le gaz renouvelable est 10 fois moins carboné que le gaz naturel. L'électricité, la chaleur et le froid sont produits localement et utilisés directement. Les temps de retour sur investissement sont compris entre 1 an (solutions moteurs gaz) et 3 ans (solution micro turbines) par rapport à une solution classique tout électrique avec groupes électrogènes de secours.

# PRÉSENTATION DE L'ALLIANCE GREEN IT

L'Alliance Green IT est l'association des professionnels engagés pour un numérique écoresponsable. Créée en 2011, l'AGIT a pour mission de fédérer les acteurs du green IT pour contribuer au débat public sur la place des technologies numériques dans le développement durable.

Le numérique est un élément clé du développement durable. Pour les acteurs du secteur du numérique, un enjeu fort réside dans leur capacité à innover dans ce domaine, tout en réduisant l'empreinte du numérique, tant au plan environnemental qu'économique et social.

Toutes leurs parties prenantes, à commencer par leurs clients, sont en attente de progrès rapides et innovants en matière de Green IT et d'IT for Green. Ainsi, les acteurs du secteur du numérique doivent être en mesure d'accompagner au mieux leurs clients et d'accélérer le déploiement du développement durable dans les organisations.

Pour répondre à cette exigence, les membres de l'association Alliance Green IT mène différentes actions dont les suivantes :

- Sensibiliser les organisations (entreprises, collectivités...) aux enjeux du numérique ;
- Participer à la création des futures normes et réglementations ;
- Promouvoir les éco-innovations de rupture ;
- Identifier et partager les bonnes pratiques ;
- Lutter contre le greenwashing.

L'AGIT produit régulièrement du contenu via des groupes de travail animés par ses membres. L'AGIT conduit également des actions de communication et de sensibilisation via des interventions et des conférences.

Si vous aussi vous souhaitez apprendre, partager, échanger sur les valeurs fondatrices du Green IT et prendre part à nos groupes de réflexion, rejoignez-nous : <https://alliancegreenit.org/rejoignez-nous>

# LISTE DES MEMBRES DE L'ALLIANCE GREEN IT



