

Vue aérienne du campus Data4Group de Marcoussis (source Data4Group).

Centres de données : comment concilier développement durable et explosion des données ?

François Sterin

Directeur des Opérations Data4Group

Face cachée de l'internet pendant de nombreuses années, les centres de données sortent de l'ombre et font l'objet de nombreuses contestations. A l'instar des énergies renouvelables, il s'agit d'un secteur en forte croissance, pas encore mature mais dont l'impact sur le territoire et les bénéfices pour l'économie numérique et la société sont immenses.

Introduction

Ultra sécurisés et obéissant à une nécessité absolue de confidentialité, les centres de données ont pris de l'ampleur ces dernières années en raison du développement de l'économie numérique.

Les acteurs de ce secteur en forte croissance, dont fait partie le groupe euro-

péen Data4, s'efforcent de bâtir de véritables campus connectés qui contrastent avec les sites construits par le passé. De plus en plus efficaces et conçus de manière durable, les centres de données permettent au monde digital de croître et aux citoyens d'accéder à de très nombreux services du quotidien : applications bancaires, de santé ou encore de transport, réseaux sociaux, etc...

Nécessaires aux services numériques en tout genre, à l'arrivée de nouvelles technologies d'intelligence artificielle (IA) ou encore à l'accélération des cryptomonnaies, la croissance de ces infrastructures doit concilier de nouveaux défis environnementaux. Continuer à croître pour suivre la demande de nos clients tout en étant le plus vertueux possible avec l'environnement, c'est l'équation qui nous anime au quotidien chez Data4.

Le Groupe Data4 exploite des campus de centres de données parmi les plus puissants d'Europe, en France, en Italie, en Espagne, en Pologne, au Luxembourg et bientôt en Allemagne. Ils accueillent aussi bien des opérateurs de cloud internationaux et de grands opérateurs télécom, que des entreprises innovantes de la tech ou des multinationales.

“ L'apparition des centres de données (dans une forme proche de celle que nous connaissons aujourd'hui) remonte aux années 2000, avec l'arrivée de l'Internet de masse. A cette époque, les entreprises sont encore nombreuses à stocker leurs données au sein de leurs locaux, dans de vastes salles informatiques. ”

L'âge d'or des centres de données (2010-2020)

L'apparition des centres de données (dans une forme proche de celle que nous connaissons aujourd'hui) remonte aux années 2000, avec l'arrivée de l'Internet de masse.

A cette époque, les entreprises sont encore nombreuses à stocker leurs données au sein de leurs locaux, dans de vastes salles informatiques.

Ces nouveaux sites répondent alors à 3 fonctions majeures, qui sont toujours d'actualité :

1. Proposer un environnement très sécurisé et contrôlé en permanence avec une alimentation électrique ultra fiable, une capacité de croissance à la fois très rapide et très concentrée.

2. Proposer un environnement refroidi en permanence pour concentrer le plus de matériel (serveurs et équipements réseaux).

3. Faciliter l'interconnexion à la fois entre les différents utilisateurs et vers le monde extérieur (utilisateurs finaux et autres centres de données).

Très rapidement, la taille d'un centre de données ne se mesure plus vraiment en m² mais en énergie disponible en kW disponible. Loi de Moore oblige, les serveurs sont de plus en plus gourmands en électricité et rejettent de plus en plus de chaleur. Résultat : la densité d'énergie au m² augmente

aussi de 500 W/m² en 2000 à 3 kW/M² en moyenne aujourd'hui.

L'indicateur dominant qui se développe et s'impose est le PUE¹ pour « *Power Usage Effectiveness* ». Il s'agit du ratio entre l'énergie totale consommée par un centre de données divisée par l'énergie consommée par les serveurs, en retirant de l'énergie totale les pertes d'énergie liées aux pertes internes des chaînes électriques, et l'énergie nécessaire au refroidissement des salles et autres énergies. Ce ratio est donc toujours supérieur à 1.

Plus il est proche de 1, moins il y a d'énergie « gâchée » pour d'autres usages que le serveur lui-même. L'élément le plus impactant sur ce ratio : la technique de refroidissement. Il faudra ainsi plus d'efforts pour refroidir 1 KW dans un climat chaud et humide que dans un climat froid et sec. Raison pour laquelle les innovations dans ce secteur tournent majoritairement autour des techniques de refroidissement.

Ce ratio est loin d'être parfait car il ne prend pas en compte ce qui se passe à l'intérieur du serveur, mais le PUE a l'immense avantage d'être simple à comprendre et à mesurer. C'est donc assez naturellement qu'il s'est imposé comme la mesure par défaut de la performance d'un datacenter. Dès 2006, la course à la réduction du PUE est alors lancée.

¹ PUE = Énergie consommée par le centre informatique / Énergie consommée par les équipements informatiques

Comment s'assurer d'un bon PUE et comment le réduire ?

Un certain nombre de bonnes pratiques ont été édifiées pour optimiser le PUE d'un centre de données :

1 La localisation du site. Un climat tempéré sera ainsi plus favorable qu'une région chaude et humide, le facteur décisif étant le « *wet bulb* », proche du point de rosée, alliant température et humidité. Les climats tempérés et plutôt froids tirent leur épingle du jeu, ce qui explique l'essor des centres de données dans les pays nordiques et les pays comme l'Irlande, la France, la Belgique, l'Allemagne ...

2 Utiliser des techniques de « *free cooling* » qui se basent sur l'apport naturel de l'air extérieur plus frais pour refroidir les salles serveurs plutôt que de compter exclusivement sur des compresseurs et des techniques de réfrigération de production de froid, plus gourmandes en électricité.

3 Améliorer l'urbanisation des salles serveurs afin de maîtriser au mieux les flux d'air et éviter les mélanges entre air chaud et air froid. C'est ainsi que la technique de confinement très stricte des allées chaudes (après passage dans les serveurs) et des allées froides (avant passage) s'est démocratisée.

4 Revoir les températures des salles. Paramétrée historiquement et sans raison technique à 20 degrés (équivalent à la température moyenne des bureaux), les

pratiques ont bien évolué et l'évacuation de la chaleur des serveurs s'avère plus efficace autour de 25 degrés. Le groupe de travail l'ASHRAE 9.9 en 2008 a ainsi vulgarisé les conditions d'exploitation des salles serveurs, en étendant largement les plages de températures d'exploitation des salles pour réduire les besoins en refroidissement. Ainsi, il n'est plus rare de voir des salles dépasser les 30 degrés en toute normalité.

5 L'utilisation maximale des serveurs installés. Le PUE dépendant directement du ratio entre la consommation non IT et la consommation des serveurs, il descend rapidement avec le taux d'utilisation des serveurs, au vu les consommations assez fixes liés au refroidissement ou non IT. Dès lors, les techniques visant à utiliser les serveurs le plus possible via la virtualisation et une bonne planification des tâches IT vont nécessairement aider.

Pour parvenir à de bonnes valeurs de PUE, il faut au minimum une consommation moyenne de 50 % de l'énergie allouée. Historiquement, et pour des raisons de sécurité et de résilience, de nombreux centres de données étaient surdimensionnés par rapport à l'usage effectif et peinaient à voir un taux d'utilisation réel au-delà de 10-20 %.

Une trajectoire contrôlée sur la décennie 2010

Avec l'expérience, d'autres évolutions sont apparues pour améliorer l'empreinte environnementale, notamment sur la provenance de l'énergie.

C'est ainsi qu'à partir des années 2012-2014, boosté par le développement des bilans carbone et l'accélération de la transition énergétique, le pourcentage d'énergie renouvelable devient un facteur clé dans l'approche environnementale des centres de données. En Europe - et c'est le cas du groupe Data4 - la majorité des acteurs sécurise 100 % de leur énergie renouvelable, via un partenariat avec le fournisseur d'énergie et s'engage

avec des développeurs de parcs renouvelables sur des contrats long terme d'achat d'électricité.

Jusqu'à récemment, la performance énergétique et environnementale d'un centre de données se résumait à son PUE ! Cet indicateur a, par ailleurs, un impact financier très simple à appréhender : il réduit directement la facture énergétique, coût sur lequel les services numériques ne peuvent être indexés. Efficacité économique et écologique sont ainsi alignés.

En mettant en place cet indicateur avec des objectifs de réduction associés, l'industrie a rapidement progressé pour abaisser ce PUE en moyenne à 1.57 alors qu'il était supérieur à 2 en début de décennie.

Avec les meilleurs élèves, dont font partie Data4, OVHcloud et les grands fournisseurs de cloud, le PUE est maintenant en dessous de 1.3. Il n'est d'ailleurs pas rare aujourd'hui que les autorités, au niveau local ou européen, exigent ce type de valeur.

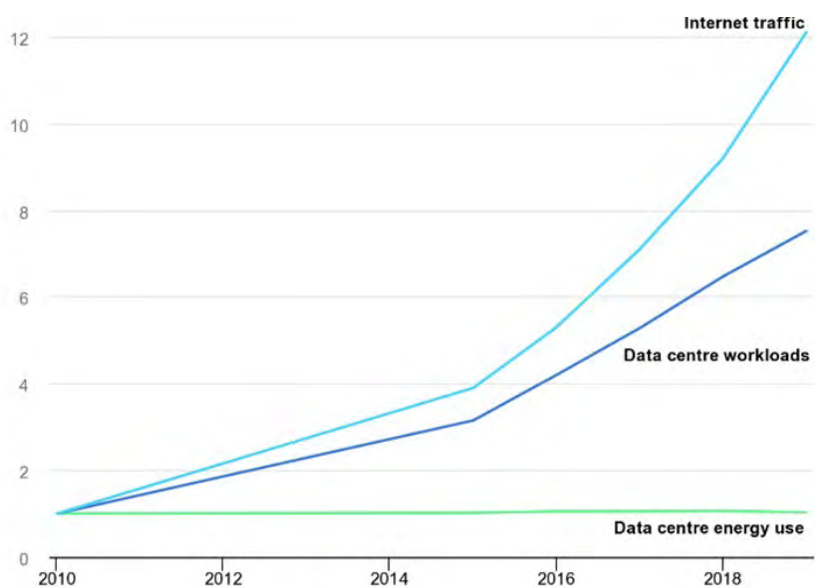


Figure 1 : Evolution comparée du trafic Internet, de la charge et de la consommation des centres de données. (Source IEA datacenter consumption study).

PUE progress has stalled

What is the average annual PUE for your largest data center? (n=669)

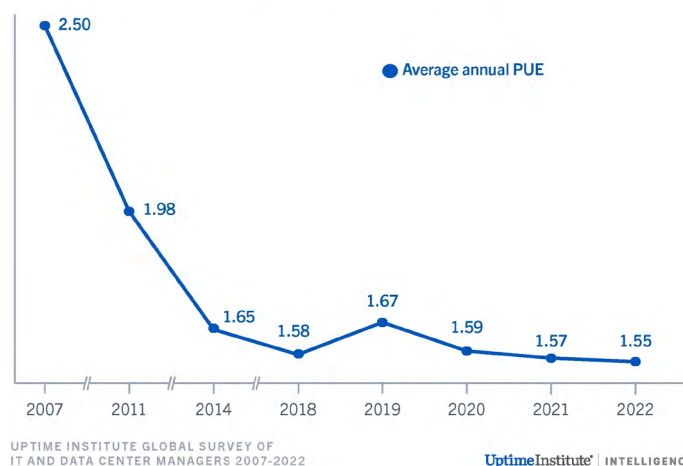
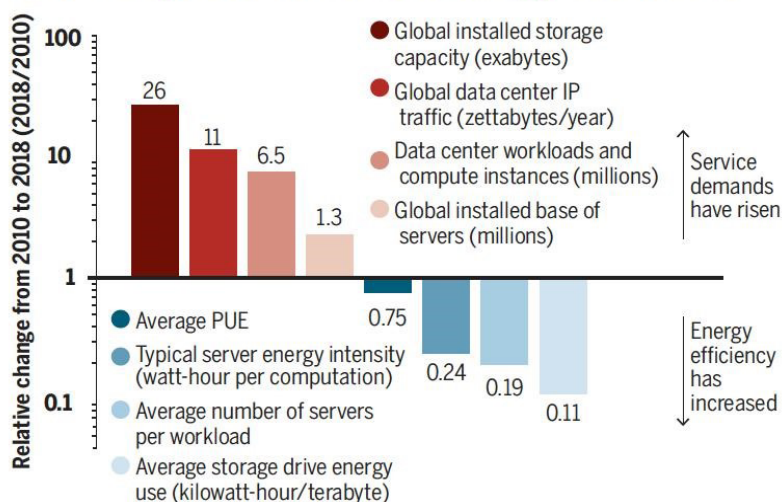


Figure 2 : Evolution annuelle de la consommation énergétique des centres de données. (source IEA datacenter consumption study).

Trends in global data center energy-use drivers



PUE, power usage effectiveness; IP, internet protocol.

Figure 3 : Tendances mondiales des PUE des centres de données. (source 2008 ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment).

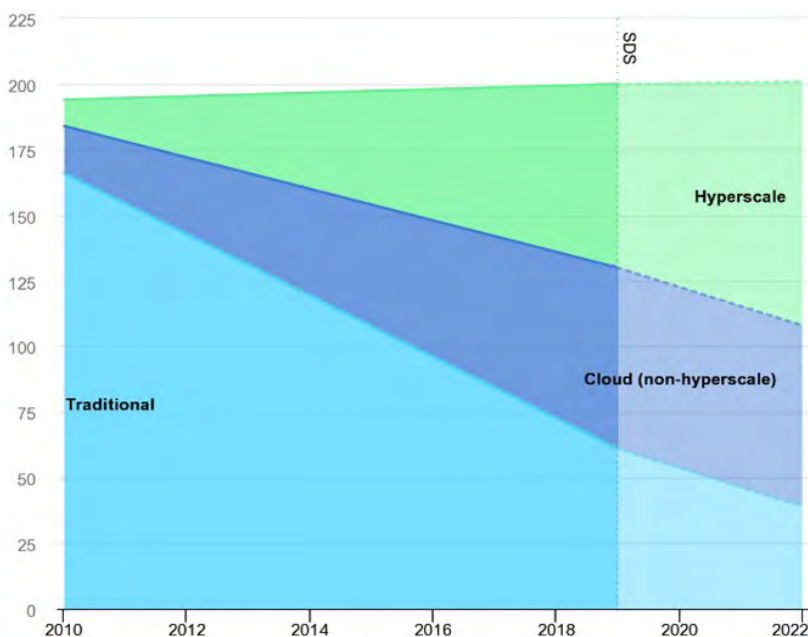


Figure 4 : Evolutions des technologies des centres de données. (source IEA datacenter consumption study).

Grâce aux progrès très rapides des technologies de serveurs, malgré la capacité de calcul par W qui augmente très rapidement avec la loi de Moore, le trafic Internet qui a été multiplié par 12 (figure 1), et les capacités de calcul dans les centres de données qui ont été multipliées par 7, la consommation des centres de données n'a augmenté que de 6 % entre

2010 et 2020 (en excluant les besoins liés aux cryptomonnaies dont nous reparleront plus tard).

Depuis 2020, d'énormes investissements ont été réalisés dans les centres de données pour améliorer leur efficacité. Trois efforts leviers principaux ont été mis en œuvre (figures 2, 3 et 4) :

- La réduction du PUE ;
- La technologie « cloud » et les « hyperscalers ² » ;
- L'amélioration énergétique des serveurs.

Les centres de données face à de multiples défis (2020 – 2023)

Une acceptabilité à construire

Depuis la fin des années 2010, les centres de données font face à de multiples défis. Même avec un bon PUE, ils sont perçus comme de gros consommateurs d'énergie. Ils créent relativement peu d'emplois et sont gardés telles des forteresses imprenables. Leur développement fait face à un vrai enjeu d'acceptabilité pour tout le secteur.

D'autre part, les autorités sont de plus en plus exigeantes vis-à-vis des performances des centres de données. En effet, il ne s'agit plus seulement d'avoir un bon PUE mais de plus en plus de paramètres sont regardés. D'autres indicateurs de type « UE » - Usage Effectiveness - sont apparus concernant l'eau, le carbone, les analyses complètes de cycle de vie, etc...

Par ailleurs, les opérateurs de centres de données mettent majoritairement en avant leurs scopes 1 et 2 ³ sur l'impact carbone alors que la majorité de leur impact environnemental concerne le scope 3. En 2020, chez Microsoft le scope 3 représentait ainsi plus de 90 %.

Un autre débat concerne la chaleur récupérée par les centres de données qui est tout simplement évacuée dans l'atmosphère sans réutilisation. Même si la chaleur sortante excède rarement les 45 degrés, il devient intolérable d'imagi-

² Un hyperscaler offre des ressources de traitement massives de données en mode cloud

³ Voir Article Wavestone sur le Green IT dans ce dossier

ner toutes ces calories se disperser dans la nature.

Une demande numérique de plus en plus gourmande avec l'AI et la cryptomonnaie

La demande en matière de capacité de calcul et de stockage de données ne cesse de croître. L'AI générative comme Chat GPT est train de bouleverser l'internet et également les centres de données. Les modèles d'apprentissage d'IA - très gourmands en ressources - se développent rapidement. Pour cela, les CPU et autres GPU affichent désormais des TDP (*Thermal Design Power*) dépassant les 500W, générant des racks à plus de 40 kW ! On se rapproche de supercalculateurs, mais cette fois ci, à l'échelle industrielle...

Dès lors, il n'est plus rare de voir de nombreux projets de sites à plus de 100 MW, allant même jusque 600 MW à Londres sur 175 ha, soit plus de la moitié d'un réacteur nucléaire ! Ou même Tiktok qui s'engage sur 150 MW en Norvège. Data4 lui-même vient d'annoncer plusieurs projets en Espagne, Pologne et Allemagne qui le rapprochent quasiment de 1GW en puissance disponible.

Une mention spéciale concerne également pour les cryptomonnaies. Elles sont tellement voraces en datacenter que l'IEA a dû isoler leur consommation dans leur dernier rapport (figure 5). Ils consommeraient l'équivalent de 50 % de tous les autres, et ce en quelques années !

Pourtant leurs exigences en termes de qualité de l'énergie et de refroidissement sont moindres et les centres de données qui abritent les cryptomonnaies peuvent s'arrêter sans conséquence pour reprendre ensuite. Il y a donc de belles perspectives d'optimisation.

Les pistes pour des centres de données plus durables et intégrés dans l'écosystème numérique

Les systèmes de refroidissement

De nombreux projets sur de nouvelles méthodes de refroidissement apparaissent comme la société Denv-R à Nantes qui utilise les courants de la Loire pour refroidir les centres de données, promettant ainsi une réduction de 40 % sur l'énergie liée au refroidissement.

Avec les CPU et GPU toujours plus puissants, se développent des techniques à base de refroidissement liquide, soit directement via des systèmes DLC (*Direct Liquid Cooling*) avec un échange direct de chaleur sur les éléments critiques via des « *waters blocks* », ou avec l'immersion complète des serveurs. Ces techniques sont toutes deux très performantes en termes de PUE.

OVHcloud a développé un nouveau système hybride qui rajoute l'immersion cooling à sa méthode historique DLC (*Direct liquid cooling*) et promet un PUE lié au refroidissement de 1.004 et un WUE, ie utilisation de l'eau, quasi nul. Ces derniers ont

même testé de nouveaux UPS ⁴ refroidis à l'eau pour réduire les pertes de refroidissement des onduleurs.

L'approche digitale basée sur le « *machine learning* » permet également des gains significatifs sur le PUE parfois jusque 40 %, simplement en utilisant les millions de données générées par les systèmes critiques du centre de données.

L'écoconception

Obtenir la meilleure visibilité possible en termes d'impact carbone pousse également à de nouvelles pistes sur l'écoconception des centres de données, avec de nouvelles thématiques très présentes sur la réutilisation de sites (notamment en lien avec la loi ZAN Zéro artificialisation nette) ⁵ et l'utilisation de béton bas carbone, comme nous le faisons chez Data4.

La technologie des serveurs et des architectures

L'innovation se limite pas à centre de données proprement dit, mais concerne également :

- Les serveurs, un facteur d'optimisation est lié à l'utilisation de la puissance de calcul des serveurs par les applications ;
- Le réseau ;
- La localisation des sites avec des infrastructures conçues au plus près des besoins, appelées « *Edge* ». L'impact des centres de données edge sur le contrôle de l'empreinte environnementale du digital reste encore à confirmer.

Global Trends in digital and energy indicators 2015-2021			
	2015	2021	Change
Internet Users	3 Billion	4,9 Billion	60%
Internet Traffic	0,6 ZB	3,4 ZB	440%
Data centre workloads	180 Million	650 Million	260%
Data centre energy use (excluding crypto)	200 TWh	230-320 TWh	10-60%
Crypto mining energy use	4 TWh	100-130 TWh	2300-3300%
Data transmission network energy use	220 TWh	2560-340 TWh	20-60%

Figure 5 : Estimation des besoins énergétiques du numérique. (source IEA datacentre consumption study).

4 Un UPS (Uninterruptible Power Supply) ou ASI en français (Alimentation Statique sans Interruption), est un onduleur dont la principale fonction est de protéger le matériel informatique ou électronique des aléas électriques

5 Zéro Artificialisation Nette (ZAN) est un objectif fixé pour 2050. Il demande aux territoires, communes, départements, régions de réduire de 50 % le rythme d'artificialisation et de la consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers d'ici 2030 par rapport à la consommation mesurée entre 2011 et 2020.

On peut espérer que l'ordinateur quantique aidera grandement à maîtriser la consommation des centres de données.

Intégration dans le territoire et son économie

Le datacenter n'est plus conçu de façon isolée, il doit faire partie d'un tissu industriel, et plus largement d'un territoire local, pour assurer un avenir durable et collaborer avec d'autres secteurs industriels.

Par exemple la réutilisation de la chaleur fatale devient une obligation préalable au développement de nouveaux sites. Les solutions existent, comme le chauffage résidentiel, beaucoup pratiqué dans les pays nordiques et que Data4 aide à réaliser sur ses nouveaux sites parisiens et allemands, ou des applications dédiées aux secteurs agro-alimentaire (hydroponie, serres, fermes aquacoles...). Si les cas d'usages restent techniquement peu nombreux et financièrement peu rentables, il est indispensable aujourd'hui de nouer des partenariats multisectoriels pour passer à l'échelle.

Le champ des possibles est également grand sur la gestion de l'énergie sur site, avant qu'elle n'entre dans les bâtiments techniques. Ainsi il est possible d'envisager une collaboration étroite avec le gestionnaire du réseau électrique pour ne pas consommer aux heures de pointes, en utilisant les générateurs, ou en stockant de l'énergie sur site via des installations spécifiques ou encore en proposant des solutions d'effacement, de stockage d'énergie sur site, voire d'adaptation de la charge et des usages en fonction de la disponibilité d'énergie renouvelable. Les programmes de collaboration centres de données/réseaux doivent s'intensifier, et l'hiver 2022-2023, notamment en France, a bien montré la criticité de ce dialogue, avec en contrepartie, le potentiel énorme d'une gestion « intelligente » de l'énergie entrante.

Les technologies à base d'hydrogène sont également prometteuses, mais encore au stade expérimental. A l'instar des énergies renouvelables, les plans d'investissement et les subventions des Etats et de l'Europe se-

ront décisifs pour passer à une échelle économiquement viable.

Le « Green dashboard » de Data4

Data4 propose un outil baptisé « Green Dashboard », qui permet à tous ses clients hébergés dans les locaux du groupe d'avoir accès à leur analyse complète du cycle de vie, incluant les 3 indicateurs carbone mais aussi l'impact sur les métaux rares, la biodiversité, ... Les clients peuvent choisir leur type de serveur et le pourcentage d'utilisation de leur infrastructure. Cet outil est très novateur et constitue une première dans le secteur.

En fournissant de tels éléments, le plus souvent en temps réel, l'objectif est de sensibiliser les utilisateurs à leur impact direct, un peu à la manière des « *product environmental report* » que de nombreux fournisseurs d'équipements ont commencé à développer. En fournissant une information détaillée et revue, via un système de certification standardisée, les utilisateurs sont plus conscients de leurs usages.

Cette nouvelle fonctionnalité intégrée au portail client Data4, elle sert 2 objectifs :

- 1. Partager les Certificats Garanties d'Origine**, c'est-à-dire les éléments de preuve qui assurent que pour chaque kWh d'électricité consommée pour l'activité, le fournisseur d'énergie de Data4 s'engage à réinjecter dans le réseau électrique 1 kWh issu d'énergies renouvelables ;
- 2. Calculer et partager l'ACV** (analyse du cycle de vie) des infrastructures informatiques de nos clients hébergées dans nos centres de données, en y intégrant la quote-part de l'infrastructure bâtementaire, précisément celle qui est requise pour alimenter et refroidir leurs équipements informatiques.

Conclusion

Pour répondre aux besoins numériques croissants, l'innovation technologique au niveau des infrastructures centres de données ne suffira pas et il sera difficile

L'auteur

François Sterin est diplômé de l'école Polytechnique (2000) et de l'école ENSTA Paris (2002). Il a rejoint Data4 Group en décembre 2022, en tant que Chief Operating Officer (COO).



François Sterin bénéficie de plus de 20 ans d'expérience dans le domaine des infrastructures informatiques et télécom à l'échelle internationale. Après des débuts chez Orange, il rejoint Google en 2004 pour une aventure qui durera 13 ans, en commençant par le siège en Californie, puis Londres et Paris. Pour répondre à l'hypercroissance de l'infrastructure Google, en tant que Global Infrastructure Director, François va contribuer au développement très rapide de leurs centres de données, réseaux et achats d'énergie. Il intègre ensuite OVH en tant qu'EVP, Chief Industrial Officer, où il est également porteur de la feuille de route environnementale de l'entreprise.

d'atteindre un niveau de contrôle de la consommation électrique comme ce fut le cas entre 2010 et 2020.

L'intégration avec la couche IT et les applicatifs, et surtout l'optimisation des usages finaux des utilisateurs sont absolument nécessaires pour que les années 2020-2030 répondent aux besoins de frugalité énergétique.

Il est aujourd'hui certain qu'au regard d'une demande extrêmement soutenue et qui le restera à court terme, il convient d'élargir l'approche en regardant l'impact complet incluant fournisseurs et utilisateurs finaux, sans quoi le défi de concilier développement durable et explosion des données ne pourra pas être tenu. ■

Références

Science Massanet Article

https://datacenters.lbl.gov/sites/default/files/Masanet_et_al_Science_2020.full_.pdf

Consommation eau

<https://www.lebigdata.fr/secheresse-eau-data-centers>

Scope3

<https://www.carbone4.com/analyse-empreinte-carbone-du-cloud>

<https://boavizta.org/blog/les-reductions-d-emissions-de-co2-promises-par-les-cloud-providers-sont-elles-realistes>

https://download.microsoft.com/download/7/2/8/72830831-5d64-4f5c-9f51-e6e38ab1dd55/Microsoft_Scope_3_Emissions.pdf

Megacenter

<https://www.datacenterdynamics.com/en/news/175-hectare-600mw-data-center-campus-proposed-outside-london-in-havering/>

<https://www.datacenterdynamics.com/en/news/green-mountain-to-build-90-150mw-data-center-for-tiktok-in-norway/>

AI impact

<https://dgtlinfra.com/data-centers-artificial-intelligence-ai/>

Ordinateur quantique

<https://theconversation.com/lavantage-de-lordinateur-quantique-est-il-a-chercher-du-cote-de-sa-consommation-energetique-190019#:~:text=Le%20processeur%20quantique%20Sycamore%20de,algorithme%20quantique%20ont%20%C3%A9t%C3%A9%20propos%C3%A9s.>

Hybrid Immersion - Direct liquid cooling (DLC) :

<https://blog.ovhcloud.com/new-hybrid-immersion-liquid-cooling-developments-at-ovhcloud/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X23002319?via%3Dihub>

UPS liquid Cooling

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723007448?via%3Dihub>

Project DENV-R

<https://www.usine-digitale.fr/article/denv-r-prepare-l-installation-de-son-premier-datacenter-flottant-a-nantes.N2125466>

INRIA performance du logiciel : project Spirals

<https://www.inria.fr/romain-rouvoy-favoriser-lemergence-de-logiciels-plus-efficients>

Partenariat INRIA OVH : IT good practices Uptime institute :

<https://www.capex.net.co/wp-content/uploads/2020/02/Capex.pdf>

Résumé

Les centres de données étaient la face cachée du numérique mais ils le sont de moins en moins aujourd'hui, au vu de leur taille grandissante. Par ailleurs, après avoir connu une période de forte croissance entre 2000 et 2020 avec une amélioration rapide de leurs performances énergétiques, ils sont de plus en plus remis en question et doivent montrer leur engagement environnemental et leur intégration dans les territoires. Ils demeurent pourtant un pilier essentiel de la croissance numérique – qui doit être la plus vertueuse possible – une solution et non un problème, à condition de continuer à innover avec l'ensemble des acteurs de l'écosystème pour résoudre l'équation numérique / environnement. ■

Abstract

Data centres used to be considered as the hidden face of digital technology, but it is less and less true today, assuming their growing size. Furthermore, after a period of strong growth from 2000 to 2020, associated with a rapid improvement in their energetic performances, they are increasingly being challenged and they have to prove their environmental commitment and their integration into local communities. However, they keep an essential role for the digital growth – which has to be as virtuous as possible – being a solution and not a problem, assuming that we continue to innovate with all the players of the ecosystem in order to solve the digital/ environmental paradox. ■