



Enia architectes/Épailard + Machado

TERRITOIRES

Décembre 2019 • www.institutparisregion.fr

LES IMPACTS ÉNERGÉTIQUES ET SPATIAUX DES DATA CENTERS SUR LES TERRITOIRES

123

DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE, DONT 3 EN PROJET EN 2019.

490 GWh

DE CHALEUR FATALE RÉCUPÉRABLE EN ÎLE-DE-FRANCE (ADEME, 2016).

51 %

DE L'ÉLECTRICITÉ MONDIALE CONSOMMÉE PAR LE NUMÉRIQUE DANS SA TOTALITÉ EN 2030 DANS LE PIRE DES SCÉNARIOS (ÉTUDE ANDRAE/EDLER, 2015).

LES CENTRES DE DONNÉES CONSTITUENT L'INFRASTRUCTURE STRATÉGIQUE DU SYSTÈME NUMÉRIQUE. LA PRÉSENCE DE CES ESPACES EST CROISSANTE DANS LES TERRITOIRES ET LES PAYSAGES, SOULEVANT LES QUESTIONS LIÉES À L'URBANISME ET À L'ÉCOLOGIE. DÉCODER LA COMPLEXITÉ DES *DATA CENTERS*, EN COMPRENDRE LES DYNAMIQUES ET IDENTIFIER LES ENJEUX D'INTÉGRATION ÉNERGÉTIQUE ET SPATIALE PARAÎT INDISPENSABLE POUR MIEUX ENCADRER LEUR DÉVELOPPEMENT.

La numérisation croissante de l'économie et l'explosion des échanges de données conduisent les entreprises à externaliser certains de leurs services informatiques, notamment ceux liés au stockage des données, dans des centres dédiés, les *data centers*, implantés et calibrés au plus près des besoins. Première région économique d'Europe, forte d'un large tissu entrepreneurial, l'Île-de-France se trouve concernée au premier chef par le développement de ces structures et compte aujourd'hui environ un tiers des *data centers* français. Si les dynamiques d'implantation de ces centres est difficile à cerner, il est acquis que leur impact spatial et énergétique va être de plus en plus structurant pour les territoires, dessinant une nouvelle géographie numérique. Un phénomène de déploiement qui n'est pas, ou si peu, pris en compte dans les documents de planification urbaine, numérique et écologique. D'où la nécessité de réfléchir en urgence à la mise en œuvre de stratégies de solidarité énergétique et d'intégration spatiale et systémique de ces « nouvelles usines ».

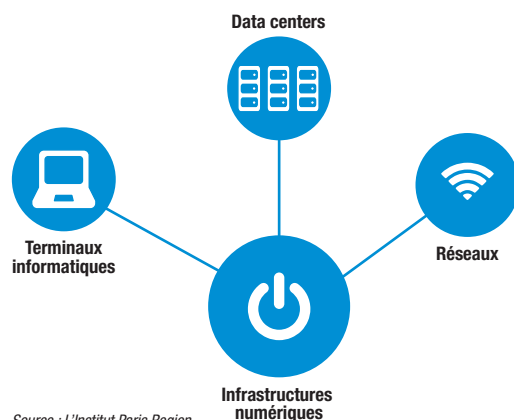
L'IMPACT ÉNERGÉTIQUE DU NUMÉRIQUE

Dans une étude de référence réalisée en 2015, les chercheurs Anders Andrae et Tomas Edler [Andrae, Edler, 2015], du centre R&D de Huawei à Stockholm, estimaient que le secteur numérique (schéma p. 2) consommait 7 % de l'électricité mondiale en 2013¹. Les centres de données représentaient, eux, 2 % de la production mondiale, soit 420 TWh. Leurs prévisions atteignent un maximum de 13 % de l'électricité mondiale consommée par les *data centers* en 2030, et 51 % pour le secteur informatique dans sa totalité, soit respectivement la puissance électrique de 1 130 et 4 400 réacteurs nucléaires pendant un an.

En couverture

Le Centre régional de ressources informatiques (CRRRI), *data center* de l'université de Clermont-Ferrand.

Les trois composantes de l'infrastructure numérique



Source : L'Institut Paris Region

Le groupe de travail numérique du *think tank* The Shift Project a revu récemment à la baisse ce scénario du pire, mais estime cependant que le secteur numérique pourrait représenter 25 % de l'électricité mondiale en 2025 (5 % pour les *data centers*), sans se prononcer sur 2030.

Enfin, pour la France, l'association négaWatt a tenté l'exercice et estime que le numérique consommait 8,5 % de l'électricité du pays en 2015, dont 2 % pour les *data centers* (soit 10 Twh/an)². Il n'existe cependant pas d'étude territorialisant les projections mondiales en France aujourd'hui.

Il faut noter par ailleurs que le secteur numérique dans sa globalité augmente ses émissions de CO₂ de 8 % par an, alors qu'il devrait les diminuer de 5 % par an pour que l'augmentation des températures planétaires puisse rester sous 1,5° en 2030. Un engagement de décroissance électrique des États prévu par l'Accord de Paris en 2015.

LE CŒUR DU MODÈLE D'AFFAIRE NUMÉRIQUE ET DE SON FONCTIONNEMENT

Les *data centers* forment un système pour le stockage et le traitement des données numériques, déployant des bâtiments différents selon les usages, les opérateurs et les territoires (schéma ci-dessous). Ce système s'est ramifié au cours du temps, mais reste largement anonyme dans les paysages urbains comme ruraux.

Aujourd'hui, trois tendances fortes viennent impacter le système *data centers* : leur croissance continue, leur interdépendance et une dynamique forte de centralisation infrastructurelle et des acteurs.

Leur **croissance** est tirée par le développement d'une partie de l'économie numérique fondée sur la collecte et l'exploitation des données personnelles, notamment pour la publicité, mais aussi par l'augmentation continue de l'Internet des objets (IoT), la poursuite de la numérisation des entreprises, et la croissance des *clouds*. L'ensemble de ces phénomènes nourrit le déploiement de tous les types de *data centers*, des plus petits aux plus massifs.

En second lieu, des **interdépendances** de plus en plus fortes existent entre les petits *data centers* hyperurbains accueillant le *edge computing* (« Lexique »), nécessaire à l'Internet des objets, notamment pour les véhicules connectés, et les *data centers hyperscale* (« Lexique ») : les premiers traitent une partie des informations en direct et en renvoient une autre sur les seconds.

Autre exemple, les *clouds* des grands acteurs du numérique comme Apple, Amazon ou Google, ont de plus en plus besoin des *data centers* de colocation (« Lexique »), qui ont des localisations métropolitaines, et donc une faible latence pour les internautes, mais leur fournissent aussi des capacités de croissance rapide. Le développement des *data centers hyperscale* des *clouds* accompagnent donc également celui des *data centers* de colocation. Ainsi, les centres de données constituent un système de plus en plus interdépendant. La croissance des uns entraînant celle des autres, avec le risque de consolidation d'un macrosystème numérique qui semble de moins en moins résilient.

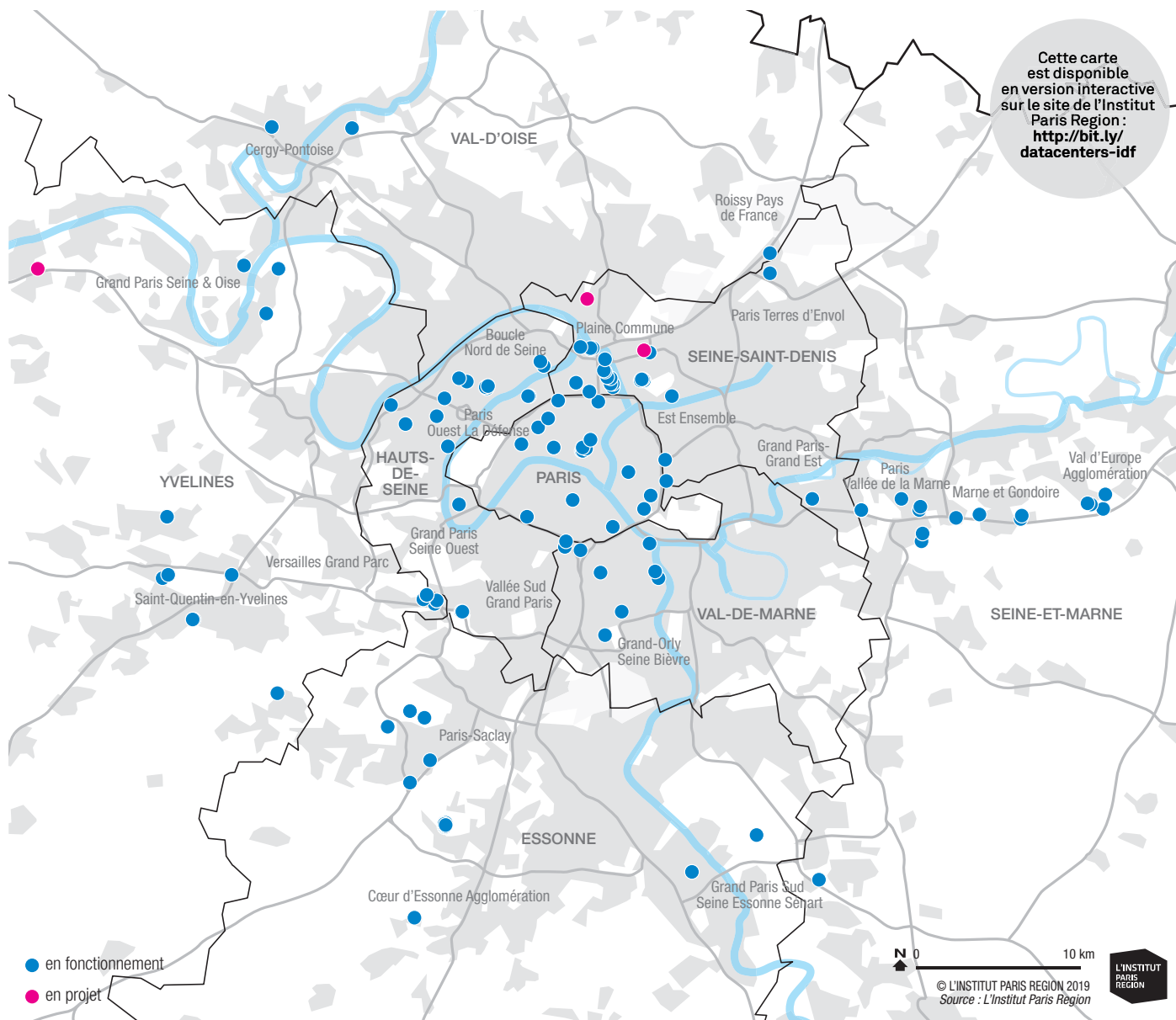
La troisième grande tendance est celle de la **centralisation**. La dimension macrosystémique centralisée prend le pas sur le système distribué et microsystémique qui était à l'origine de l'histoire d'Internet. Les grands monopoles des *big tech* contrôlent désormais les principaux services du Net et les données de milliards de personnes et d'entreprises, et les centralisent dans de très grands *data centers*. Les acteurs de la colocation sont aussi de moins en moins nombreux et de plus en plus puissants : Equinix, Interxion, Digital Realty, etc. Enfin, l'architecture technique d'Internet se centralise davantage encore, l'intelligence

Typologie des *data centers* : usages et logiques d'implantation territoriale

	Petits 1-100 m ²	Moyens 100-500 m ²	Grands 500-10 000 m ²	Très grands > 10 000 m ²
Surface				
Mode d'implantation				
	DISPERSION URBAINE	DISTRIBUTION TERRITORIALE	CONCENTRATION MÉTROPOLITAINE	DISPERSION RURALE ET PÉRIURBAINE
Usages	PLACARDS ENTREPRISES EDGE/CLOUD TÉLÉCOMS	RÉGIONAUX PME COLL. LOC.	COLOCATION/CLOUD ÉTAT BANQUES ENTREPRISES CAC 40	GAFAM BATX CLOUDS

Source : L'Institut Paris Region

La localisation des *data centers* en Île-de-France en 2019



Une diversité de situations et d'installations



Interxion-usine Eurocopter (La Courneuve, 93)

En 2016, Interxion, entreprise de services d'hébergement en colocation, a signé un bail avec le nouveau propriétaire des usines Eurocopter à La Courneuve. Le site d'une surface de 6,3 ha, aujourd'hui en cours de démolition, est bien connecté aux réseaux de fibre comme à un approvisionnement électrique généreux (la puissance demandée à RTE est de 100 MW). Malgré la volonté de l'agglomération de scinder le site en deux pour y construire des logements, donner de l'urbanité à un quartier proche du centre-ville, et fréquenté par des lycéens, l'opérateur a choisi de développer un *data center* de 60 000 m² d'un seul tenant.



Cécile Diguët, Fanny Lopez / Institut Paris Region

Campus Data 4 (Marcoussis, 91)

Depuis 2008, l'opérateur de colocation Data 4 développe un campus de *data centers* sur un ancien site d'Alcatel. Directement relié au réseau RTE via le poste électrique de Villejust, le campus dispose ainsi d'une puissance disponible de 100 MW. Cette vaste emprise de 120 ha se situe au milieu des champs, sur la commune de Marcoussis dans l'Essonne. Si elle constitue une réutilisation intéressante d'un site bâti en milieu rural, sa localisation limite les solidarités énergétiques locales. Un projet de récupération de la chaleur fatale (« Lexique ») pour des serres agricoles a été envisagé, mais jamais mis en place.



A26 architectures

Data center de la ville de Paris (porte de la Chapelle, 75)

La ville de Paris est une des rares collectivités locales à avoir construit son propre *data center*, avec l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP) et Espaces Ferroviaires, filiale immobilière de la SNCF. Il est situé au cœur de l'hôtel logistique du nouveau quartier Chapelle International, en mixité avec d'autres usages (logistique, bureaux, terrain de sport et ferme urbaine sur le toit, centres de formation, restaurant). Ce centre de données est relié au réseau de chauffage de la Compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU). Sa chaleur fatale (« Lexique ») est donc récupérée pour chauffer d'autres bâtiments. Il est intéressant de noter que ce *data center* réussit ici ce que les opérateurs privés ont du mal à concrétiser : la récupération de la chaleur fatale, l'intégration urbaine et architecturale.



Cécile Diguët, Fanny Lopez / Institut Paris Region

Equinix PA6 (La Plaine-Saint-Denis/Aubervilliers, 93)

Equinix, opérateur international de colocation, est très présent sur les territoires de Saint-Denis et Aubervilliers. Le bâtiment PA6, rue Waldeck-Rochet à Aubervilliers, a été construit en 2008 par l'entreprise TeletcityGroup et racheté en 2016 par Equinix. Il était initialement doté d'une serre, visible depuis la rue, chauffée par les serveurs. Elle a été remplacée depuis par l'extension des salles informatiques. PA6 compte près de 4 600 m² de salles informatiques, et une puissance électrique disponible de 28 MW. Il est représentatif des bâtiments construits uniquement pour l'usage *data center*, et profitant des atouts d'un territoire anciennement industriel.



Cécile Diguët, Fanny Lopez / Institut Paris Region

Telehouse (boulevard Voltaire, Paris, 75)

Telehouse est un opérateur international de colocation, installé à Paris dès les débuts d'Internet. Son implantation historique (années 1990) se situe en plein cœur de la capitale, boulevard Voltaire, sur une surface totale de 7 000 m², avec une puissance disponible de 5 MW. Il chercherait à s'étendre. Ce bâtiment accueillait anciennement un grand magasin, Paris-France, concurrent des Galeries Lafayette et du Printemps. Sa structure métallique est particulièrement adaptée au poids des serveurs informatiques. Ce site héberge également un point d'échange Internet majeur, France-IX, où transite 80 % du trafic Internet français. Ce *data center* est un exemple intéressant de transformation d'un bâti ancien au sein d'une métropole.

se situant dans les *clouds* et les *data centers*, tandis que les terminaux informatiques sont de plus en plus bridés et faibles en logiciels aussi bien qu'en mémoire.

Ces trois tendances ont des impacts spatiaux spécifiques que les urbanistes et les acteurs des territoires doivent pouvoir anticiper et réguler.

LE RENFORCEMENT DES HIÉRARCHIES SPATIALES EXISTANTES

Le développement du système technique numérique, dont les *data centers* sont les objets les plus impactants, a contribué à consolider trois types de territoires.

Les **gateways hyperurbains** sont les cœurs des métropoles, nœuds stratégiques où les câbles Internet mondiaux se connectent, et où de nombreux contenus sont produits. À Paris, le quartier du Sentier est par exemple le siège de plusieurs *data centers* importants, installés dans d'anciens immeubles industriels précédemment dédiés à la presse ou au textile. L'opérateur Telehouse (encadré p.4) s'est implanté, lui, dès les années 1990 dans un ancien grand magasin, boulevard Voltaire, dans le 11^e arrondissement de Paris.

À New York, on retrouve, malgré les risques d'inondation, de nombreux *data centers* dans le Lower Manhattan. Un enjeu prospectif émerge fortement sur ces territoires très denses. L'Internet des objets et les véhicules sans conducteurs annoncent une augmentation des besoins en stockage et traitement local de données, en zones urbaines, là où se concentrent les usages. Des petits *data centers* relais, aussi appelés *edge data centers*, viendront bientôt démultiplier la connectivité en zone dense. La question de leur intégration est donc posée.

Les **périphéries métropolitaines** constituent un second type de territoire impacté. Lieux d'implantation idéaux pour des *data centers* de colocation et de *cloud*, et pour les entreprises locales ayant besoin d'une faible latence, ces zones d'activité du numérique présentent un modèle commun de développement : un territoire anciennement industriel, souvent servant de la métropole, offrant de grandes emprises et des puissances électriques importantes, ainsi qu'une bonne connectivité Internet. Les *data centers* remplacent alors les usines. La Courneuve, Saint-Denis, Aubervilliers (encadrés p.3-4), au nord de Paris, constituent la plus forte concentration de *data centers* en France : une vingtaine de grande taille, pour un total d'environ 100 000 m², et une puissance réservée de 300 MGW. Les *data centers* y soulèvent cependant trois préoccupations majeures :

- la pérennité du système électrique local, sous pression face à leurs besoins croissants ;
- des nuisances identifiées par des groupes citoyens : bruit, danger lié au stockage du fioul, ondes électromagnétiques ;

- dans un contexte de concurrence entre usages au cœur de la métropole, de très grandes zones infranchissables en pleine ville, correspondant à un nombre très faible d'emplois.

Enfin, le **monde rural** et les **territoires périurbains** intéressent beaucoup les opérateurs de grands *data centers* comme les Gafam, pour leur caractère isolé, leurs disponibilités foncières et pour les avantages fiscaux que leur offrent des collectivités en recherche d'un nouveau souffle économique. En termes d'aménagement, le résultat est souvent celui du mitage territorial et de la démesure infrastructurelle, sans possibilité de mutualisation énergétique, le tout dans une relation déséquilibrée entre opérateur numérique, collectivité locale et acteurs énergétiques.

L'exemple de Prineville, petite ville rurale et désertique de 10 000 habitants au cœur de l'Oregon, est instructif. Facebook y a construit son premier *data center* en 2009. Apple l'a suivi de près en 2011. Les deux compagnies sont toujours en développement. Les cinq *data centers* de Facebook atteindront sous peu une surface totale de 200 000 m². Les *data centers* y sont arrivés masqués. La culture du secret de ces *big tech* peut ainsi aller à l'encontre d'un besoin d'anticipation et de planification urbaine et économique des territoires. La puissance électrique nécessaire pour la ville est ainsi passée en dix ans de 10 à 500 MGW.

Plus largement, ici comme dans d'autres villes de l'Oregon où Google et Amazon se sont installés, mais aussi en Irlande ou en Belgique, leurs immenses besoins énergétiques déstabilisent les équilibres économiques et énergétiques des territoires. Ces petites villes surdimensionnent alors leurs infrastructures énergétiques, hydrauliques, routières, pour des acteurs dont on n'a si peu d'idée quant à la longévité. Les *data centers* de cette dimension sont en passe d'arriver en France, et en Île-de-France, sans aucune anticipation des territoires potentiellement concernés à ce stade.

LES DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE

En 2019, on comptait 123 *data centers* en Île-de-France, de colocation comme d'entreprises ou d'université, dont trois en projet avancé. Les concentrations se confirment dans les territoires de Saint-Denis, Aubervilliers, La Courneuve, mais aussi autour du plateau de Saclay et le long de l'A4 à l'est. Paris et le secteur élargi de la Défense accueillent également de nombreux *data centers*. Des demandes croissantes d'implantations pour de grandes surfaces seraient en cours, assorties de puissances électriques importantes, souvent au-delà de 50 MW, faisant entrer le transporteur d'électricité, RTE, dans ce nouveau marché.

Ces perspectives de développement, à l'heure de la limitation de l'imperméabilisation des sols et des extensions urbaines, invite à une planification croisée énergie/foncier/numérique, comme

DES SCÉNARIOS POUR LE FUTUR DES DATA CENTERS



L'étude *L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires*, présente trois scénarios pour le futur du numérique. Ils montrent comment une meilleure régulation publique pourrait orienter leur empreinte. Le premier prolonge les tendances actuelles de centralisation et de croissance du numérique : renforcement des *big tech*, démultiplication du trafic Internet, fuite en avant énergétique. Le deuxième envisage la quête d'une difficile résilience, par la diversification infrastructurelle et la stabilisation des consommations. Il s'agit d'un scénario qui favorise un développement numérique à deux vitesses : d'un côté, les *big tech* et, de l'autre, des infrastructures de plus petite échelle, plus collaboratives, soutenues notamment par des investissements publics. Le dernier imagine la fin des *data centers* dans un mouvement d'ultradécentralisation du système technique numérique, avec une architecture Internet et une énergie intermittente, des technologies *low tech*, dans le contexte d'un basculement climatique très avancé. Pour chacun d'entre eux, les conséquences spatiales sur les territoires sont également décrites.

L'étude « projet Enernum », en partenariat avec l'Ademe, Caisse des dépôts, Fondation Tuck, Inria, Éa v&t.
<https://bit.ly/2E5doNQ>

la ville de Stockholm s'y applique à travers son programme Data Center Park, qui vise à orienter l'implantation des *data centers* en leur offrant du froid gratuit (consommation d'eau pour le refroidissement des machines) contre la récupération de leur chaleur fatale (« Lexique »), ainsi qu'une bonne connectivité et une électricité bon marché. La ville d'Amsterdam a par ailleurs déclaré un moratoire sur l'implantation de nouveaux *data centers* à l'été 2019. Signe de la volonté d'une meilleure régulation publique.

Si, comme le rappelle le rapport Lean ICT du Shift Project [Ferreboeuf, 2018], la sobriété numérique est le préalable à la limitation des impacts négatifs des infrastructures numériques sur les territoires, d'autres pistes d'amélioration peuvent être explorées et différents scénarios imaginés [Diguët, Lopez, 2019]. Il paraît indispensable de rapprocher davantage les acteurs de l'énergie, du numérique et des collectivités locales, et d'acculturer ces dernières au sujet technique des *data centers*. Il paraît également intéressant d'imaginer des territoires d'expérimentation pour une meilleure intégration des *data centers*, y compris via des projets publics comme celui de la ville de Paris. Enfin, concilier planification énergétique, urbaine et numérique est un autre sujet à creuser, pour une meilleure localisation de ces structures, favorisant notamment la récupération de leur chaleur fatale. ■

Cécile Diguët, urbaniste
département Territoires (Anca Duguët, directrice)
Fanny Lopez, maîtresse de conférences
École d'architecture de la ville & des territoires de Paris-Est

LEXIQUE

- **Chaleur fatale** : chaleur résiduelle issue d'un procédé et non utilisée par celui-ci (source : Ademe).
- **Colocation** : dans les *data centers* d'infrastructure ou de colocation, différents usages sont possibles :
 - hébergement des équipements numériques d'entreprises clientes (l'opérateur fournit l'espace et l'électricité, ce que l'on appelle *power and shell*) ;
 - mise à disposition de serveurs et équipements informatiques de l'hébergeur pour ses clients, aussi appelé *bare-metal provisioning*. Les clients peuvent réaliser des réservations physiques temporaires de serveur, de baies de disques, d'équipements réseau, afin de bénéficier d'un usage garanti et non partagé des infrastructures ;
 - réservation en mode *cloud* : les clients peuvent réserver des machines virtuelles sur les serveurs des *data centers*.
- **Data center** : ou « centre de données », bâtiment d'hébergement qui accueille un ensemble d'infrastructures numériques : équipements de calcul, de stockage, de transport de données, mais aussi équipements techniques, électriques, de refroidissement, de secours (batteries, groupes électrogènes).
- **Data center hyperscale** : ce sont des *data centers* de très grandes dimensions, souvent plus de 10 000 m², opérés notamment par les grands acteurs du *cloud* (Amazon Web Services, Google, Alibaba, etc.)
- **Edge computing** : architecture informatique distribuée (ou décentralisée) dans laquelle les données client sont traitées à la périphérie du réseau, aussi près que possible de la source générant les données.
- **Point d'échange Internet** : un *Internet eXchange Point* (ou IX ou IXP), également appelé *Global Internet eXchange* (ou GIX), est une infrastructure physique permettant aux différents fournisseurs d'accès Internet (ou FAI ou ISP) d'échanger du trafic entre leurs réseaux de systèmes autonomes, grâce à des accords mutuels dits de *peering* (source : Wikipédia).

1. Dans cette étude, la consommation électrique mondiale en 2013 est estimée à 21 000 TWh et les projections pour 2030 atteignent 61 000 TWh. On compte une production annuelle de 7 TWh pour un réacteur nucléaire.
2. Association *negaWatt* : <https://bit.ly/2E43iwB>;

RESSOURCES

- Ademe, Explicit, Sermet, *Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France. Des unités d'incinération de déchets non dangereux (UIDND), industries, data centers et eaux usées*, mai 2017.
- Andrae Anders S. G., Edler Tomas, "On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030", *Challenges* 6, 2015, pp. 117-157.
- Diguët Cécile, Lopez Fanny (co-dir.), *From the Cloud to the Ground. L'enjeu écosystémique des infrastructures numériques*, Ademe APR 2017, institut de recherche de la Caisse des dépôts, Fondation Tuck, 2017-2019.
- Ferreboeuf Hugues, *Rapport Lean ICT*, The Shift Project, 2018.
- Groupe Eco-Info, CNRS : <https://ecoinfo.cnrs.fr/>
- Thépin Daniel, « Les *data centers* franciliens : un essor sous contraintes », *Note rapide*, n° 680, IAU idF, avril 2015.

Sur le site de l'Institut Paris Region
Rubriques Urbanisme & transports/
Aménagement et territoires,
Environnement : analyse & débat,
chronique & dossier, publications,
cartes interactives, interviews vidéo,
etc.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Fouad Awada
DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION
Sophie Roquette
REDACTION EN CHEF
Isabelle Barazza
MAQUETTE
Jean-Eudes Tilloy
INFOGRAPHIE/CARTOGRAPHIE
Cécile Diguët, Gianluca Marzilli

MÉDIATHÈQUE/PHOTOTHÈQUE
Inès Le Meledo, Julie Sarris
FABRICATION
Sylvie Coulomb
RELATIONS PRESSE
Sandrine Kocki
33 (0)1 77 49 75 78

L'Institut Paris Region
15, rue Falguière
75740 Paris Cedex 15
33 (0)1 77 49 77 49

ISSN 1967-2144
ISSN ressource en ligne
2267-4071

