LES ÉTUDES
DE L'INSTITUT PARIS REGION



TERRITOIRES

Septembre 2023

LE DÉVELOPPEMENT DES DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE

ÉLÉMENTS POUR UNE STRATÉGIE RÉGIONALE ET TERRITORIALE

www.institutparisregion.fr

L'INSTITUT PARIS REGION

LE DÉVELOPPEMENT DES DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE

ÉLÉMENTS POUR UNE STRATÉGIE RÉGIONALE ET TERRITORIALE

Septembre 2023

Directeur général : Nicolas Bauquet
Directeur général adjoint, coordination des études : Sébastien Alavoine
Département Urbanisme, Aménagement et Territoires : Cécile Diguet, directrice
Étude réalisée par Cécile Diguet, Maximilian Gawlik et Nicolas Laruelle
Avec la collaboration de Gianluca Marzilli, Théo Klein, Manuel Pruvost-Bouvattier, Valentin Sauques, Daniel Thépin, Martial Vialleix et Simon Carrage
Mise en page réalisée par Christine Mahoudiaux
Cartographie réalisée par Gianluca Marzilli
Infographie réalisée par Maximilian Gawlik

N° d'ordonnancement : 1.22.009
ISBN : 978 2 7371 2377 1
Crédit photo de couverture : M. Gawlik/L'Institut Paris Region
En cas de citation du document, merci d'en mentionner la source : Diguet, Cécile ; Gawlik, Maximilian ; Laruelle, Nicolas/ Le développement des data centers en Île-de-France. Éléments pour une stratégie régionale et territoriale/L'Institut Paris Region/2023

Remerciements : Sévérine Laurent et Damien Pruvost (RTE) ; Patrick Douay (Enedis) ; Fanny Lopez (ENSA Paris-Est) ; Hervé Schmitt et Éric Galmot, Muriel Bensaid, Elvira Melin et Emma Dousset (DRIEAT, Service d'aménagement durable) ; Gabrièle Bendayan (DRIEAT, Service Énergie Bâtiments) ; Quentin Laurens (Qarnot) ; Marie Chabanon (Data4) ; Fabrice Coquio (Digital Realty) ; Régis Castagné (Equinix) ; Groupement d'Intérêt Économique d'Infogérance Publique Communautaire (GIPC) pour Euclyde à Lognes ; Lionel Grotto et Cyril Akpama (Choose Paris Region).

L'Institut Paris Region
15, rue Falguière 75740 Paris cedex 15
Tél. : + 33 (1) 77 49 77 49
www.institutparisregion.fr

RÉSUMÉ ÉXÉCUTIF

Les data centers sont devenus une infrastructure consubstantielle aux usages numériques depuis une quinzaine d'années, portée notamment par l'explosion de la virtualisation (clouds, plateformes). Pourtant, ils restent des objets quasi invisibles pour le grand public, et relativement opaques aux yeux des acteurs publics. En Île-de-France, comme dans d'autres métropoles européennes et du monde, les centres de données deviennent aujourd'hui un objet de politiques publiques et de débat local, en lien avec la prise de conscience des impacts environnementaux du numérique, et de la nécessaire trajectoire à emprunter vers la sobriété.

Le développement spectaculaire du marché des data centers que l'on peut observer depuis le début des années 2000 est le résultat de la numérisation de l'ensemble des activités humaines (économie, administration, santé, éducation, culture, loisirs...). Dans le monde entier, le nombre des data centers augmente en continu. La région Île-de-France constitue un territoire attractif pour l'accueil des data centers en France et l'un des plus attractifs d'Europe. Au cours des deux dernières décennies, le développement des data centers s'y est accéléré pour atteindre un nombre total de plus de 160 data centers en 2023.



Il existe, en Île-de-France, une grande variété de territoires d'accueil, de formes, âges et types de data centers.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

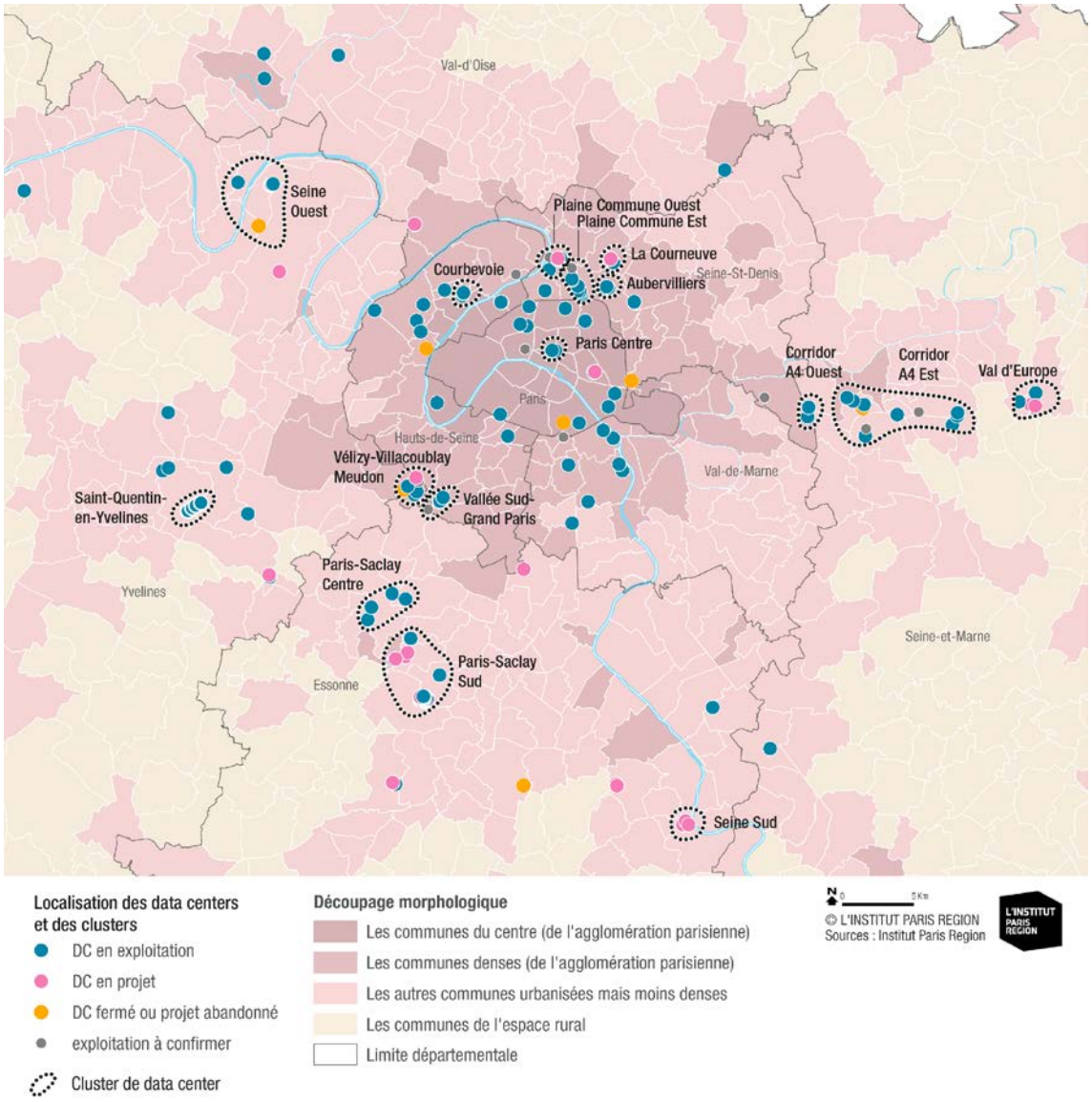
La présente étude permet de mieux connaître ces infrastructures, récentes dans l'histoire de l'urbanisme et de la région francilienne. En analysant le parc des data centers existants, L'Institut fait le constat d'un certain nombre de caractéristiques techniques, bâtimentaires, sécuritaires et programmatiques communes entre les data centers, d'autres les distinguant avec comme résultat une grande diversité de tailles, de formes, de fonctions, de techniques et de modalités d'exploitation. Afin de mieux comprendre leurs modalités d'implantation et les impacts spatiaux qui en résultent, une typologie basée sur des critères exclusivement spatiaux est proposée dans la partie 2 de cet ouvrage. Ainsi, cinq types de data centers (« Data center infiltré », « Data center reconverti en Zone d'activités », « Data center neuf et optimisé », « Data center reconverti et extensible » et « Data center neuf aux franges métropolitaines ») ont été identifiés. Ils sont illustrés par des exemples concrets.



Exemple d'une fiche type du « Data center neuf et optimisé » qui fait partie des 5 types de data centers identifiés à L'Institut Paris Region dans ce rapport. Source : L'Institut Paris Region, 2023.

Selon nos observations des tendances de développement actuelles, le marché des data centers tend à s'accélérer avec le risque même de s'envoler dans les prochaines années, ce qui est confirmé par les projections de l'ADEME et de l'ARCEP, ainsi que la connaissance des projets à venir par les opérateurs électriques et la MRAe d'Île-de-France. Certains types de data centers se développent plus fortement que d'autres et dans les années à venir, la croissance devrait se poursuivre dans certains territoires de l'Île-de-France et se ralentir dans d'autres. Ainsi les demandes vont probablement augmenter, en nombre mais surtout en puissance électrique installée et en superficie d'emprise au sol, dans les territoires où existent des contextes politiques locaux favorables et de grands lots disponibles dans de nouveaux sites d'activités économiques susceptibles d'accueillir le modèle émergent des « cloud data centers » de grande dimension opérés notamment par Amazon, Microsoft et Google. Les demandes vont sans doute aussi continuer là où le potentiel d'urbanisation n'est pas encore atteint et dans les parcs d'entreprises vieillissants et/ ou bâtiments et terrains en friche. Finalement, sont aussi concernés les territoires où les documents locaux d'urbanisme permettent de telles installations et où il n'existe pas de freins particuliers en termes de disponibilité électrique ou de réseau Internet. *A contrario,* la croissance devrait se ralentir, là où les territoires denses et en pleine transformation urbaine font face à une pression foncière de plus en plus grande et où il y a besoin de réduire les nuisances et/ou coupures urbaines pour la population en même temps que d'y améliorer le cadre de vie (en créant des espaces verts, des équipements publics, etc.). Cette décélération concernerait aussi les secteurs où il y a une réticence et/ou une mobilisation locale contre l'artificialisation des sols ou en faveur d'un projet alternatif en milieu plus dense et dans les secteurs de tension locale sur les réseaux de distribution et de transmission d'électricité.

RÉPARTITION TERRITORIALE DES DATA CENTERS



La croissance du marché des data centers en Île-de-France pourrait avoir un impact considérable sur la consommation électrique et sur la robustesse du réseau électrique, dans un contexte d'augmentation des besoins, liée notamment à l'électrification des mobilités, et d'incertitude sur les capacités de production. Elle aura aussi des répercussions sur le foncier francilien (pression foncière sur des terres déjà urbanisées) et les dynamiques d'extension urbaine et d'artificialisation des terres agricoles, voire forestières, et plus largement sur les ressources naturelles (y compris sur l'eau et les matériaux). L'impact global des risques, pollutions et nuisances produites par les data centers sur la santé humaine reste à étudier (le bruit par exemple), mais certains aspects en sont déjà bien connus, comme le risque d'incendie ou la contribution à la surchauffe des villes (chaleur fatale libérée dans l'environnement et effet d'îlots de chaleur urbains). La prise en compte de ces sujets n'est donc pas uniquement nécessaire pour les nouveaux projets, mais concerne également le parc existant de data centers.

Dans cette étude sont esquissés des enjeux thématiques qui permettent aux acteurs publics de mieux appréhender ces problématiques liées à cette croissance des data centers. Il s'agit des enjeux suivants :

- **Enjeu 1 :** Sobriété foncière et préservation de la pleine terre ;
- **Enjeu 2 :** Intégration urbaine ;
- **Enjeu 3 :** Prévention des risques, pollutions et nuisances ;
- **Enjeu 4 :** Gestion durable de l'énergie ;
- **Enjeu 5 :** Gestion durable des autres ressources.

Parfois, des solutions (techniques, spatiales, bâtimentaires…) existent déjà, ici et ailleurs, mais elles restent souvent méconnues en raison d'un manque de partage de connaissance. Dans d'autres cas, de nouvelles manières de faire seront encore à inventer. La prise en compte de ces problématiques et de leur impact est une première étape, permettant, demain, aux acteurs publics et privés de trouver des réponse adaptées à chaque territoire. Il ne faut pas oublier que les moyens financiers des acteurs des data centers et leur appétit pour l'innovation sont plus importants que ceux d'autres activités. Ne devront-ils pas devenir un levier pour concevoir des projets phares en termes de sobriété et efficacité énergétiques et en eau et matériaux, mais aussi en ce qui concerne la qualité architecturale et l'intégration urbaine et paysagère ?

La partie 4 de la présente étude offre une liste de propositions précises, calquées sur les critères et enjeux cités précédemment dans les autres parties du rapport. Ces propositions visent à accompagner les collectivités publiques dans l'accueil des data centers en Île-de-France, en veillant à maximiser les retombées positives de leur développement et à en minimiser les impacts négatifs. Cela concerne de nouvelles installations et le parc existant, où beaucoup d'améliorations sur l'intégration paysagère et urbaine et sur la qualité architecturale peuvent encore être faites.

Nos propositions ont vocation à être discutées en premier lieu avec les acteurs publics et parapublics identifiés pour constituer le premier noyau du « collectif des acteurs publics et parapublics des data centers en Île-de-France », qui est l'une de nos principales recommandations. La partie 4 de ce rapport comprend également une première contribution à l'élaboration d'une grille partagée d'analyse des projets de data centers entre les acteurs publics et parapublics en Île-de-France et qui inclut l'accent sur les cadres réglementaires existants, les procédures environnementales, les outils possibles d'encadrement… Tous ces éléments visent à orienter la construction collective d'une stratégie d'intégration optimale des data centers dans les différents territoires franciliens.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 8
Une infrastructure numérique au service des territoires ? 8
Objectifs 9
Méthode 9

1 • DÉCODER LA COMPLEXITÉ ET LES TENDANCES **10**
1.1 – Les data centers, une composante essentielle du « système numérique » 10
Définition et composition 10
Les data centers, une composante particulière du « système numérique » 13
Les data centers, des bâtiments et des sites spécifiques 13
La classification des data centers au regard du code de l'urbanisme, de la fiscalité et de la réglementation environnementale 18
Frise chronologique des procédures d'implantation d'un data center en Île-de-France 19
1.2 – L'Île-de-France, terre d'accueil privilégiée des data centers ? 21
Un marché mondial des data centers en croissance et en mutation 21
L'Île-de-France, une région attractive dans un pays attractif ? 24
L'Europe, un continent qui compte dans le monde des data centers 24
L'Île-de-France, un pôle qui compte dans l'Europe des data centers 24

2 • ÎLE-DE-FRANCE : CROISSANCE ET DIVERSITÉ **30**
2.1 Les data centers en Île-de-France : une structure typologique et géographique en évolution rapide 30
Connaître pour agir : la base de données des data centers en Île-de-France 32
Identifier les critères spatiaux et programmatiques pour établir une typologie spatiale 36
2.2 Établir une typologie de data centers en Île-de-France 38
2.3 Observations, critères d'implantation et tendances de développement 50

3 • ENJEUX **52**
3.1 Une approche résolument spatiale, régionale et territoriale 52
Un cadre d'analyse inspirant : l'approche globale 52
Des limites persistantes 54
Des options claires 54

3.2 Une multiplicité d'enjeux thématiques 55
Enjeu 1 : Sobriété foncière et préservation de la pleine terre 57
Enjeu 2 : Intégration urbaine 57
Enjeu 3 : Prévention des risques, pollutions et nuisance 58
Enjeu 4 : Gestion durable de l'énergie 58
Enjeu 5 : Gestion durable des autres ressources 61

4 • PROPOSITIONS 62
4.1 Élaborer une stratégie régionale de développement des data centers 63

4.2 Vers une grille d'analyse partagée des projets et une stratégie commune 67
Critère 1 : Positionnement régional (au sein du marché national et européen) 69
Critère 2 : Géographie régionale prioritaire 69
Critère 3 : Sobriété foncière et préservation de la pleine terre 71
Critère 4 : Intégration urbaine : mixité fonctionnelle 74
Critère 5 : Intégration urbaine : insertion urbaine et paysagère et qualité architecturale 76
Critère 6 : Résorption et prévention des pollutions 79
Critère 7 : Résorption et prévention de l'effet d'Îlot de chaleur urbain 80
Critère 8 : Résilience du système électrique régional 81
Critère 9 : Sobriété et efficacité énergétiques 82
Critère 10 : Recours aux énergies renouvelables et de récupération 83
Critère 11 : Sobriété en eau et en matériaux 84

4.3 Les documents d'urbanisme locaux au service de l'intégration des data centers 85

4.4 Favoriser l'émergence d'une gouvernance publique régionale en matière de développement des data centers 87
Instituer et animer un collectif d'acteurs publics et parapublics des data centers 87
Créer un observatoire régional des data centers en Île-de-France 88
Proposer des référentiels pour accompagner l'implantation aux différentes échelles 88
Améliorer l'accompagnement des projets d'implantation 88
Devenir force de proposition au niveau national voire international 89

CONCLUSION **90**

ANNEXE **92**

INTRODUCTION

Depuis la publication du rapport *L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires* réalisé pour l'Ademe en 2019[1], les réflexions sur l'intégration territoriale, la soutenabilité et les cadres de régulation des centres de données numériques se sont multipliées. En Île-de-France, comme dans les régions de Dublin, Amsterdam ou Stockholm[2], dans la région de la baie de San Francisco ou désormais à Marseille, cette infrastructure longtemps méconnue devient un objet de politiques publiques et de débat local, au croisement de dynamiques de numérisation continue des sociétés et des économies, tout autant que de prise de conscience des impacts environnementaux du numérique, et de la nécessaire sobriété numérique. Cette étude met l'accent sur la situation francilienne, avec comme objectif d'éclairer les collectivités locales qui accueillent des data centers en donnant des clés de compréhension sur cet objet technique, énergétique, architectural et urbain, sur les enjeux posés, sur les cadres réglementaires existants, les procédures environnementales, les outils possibles d'encadrement, mais aussi, en émettant des propositions pour aller plus loin dans une construction collective d'une stratégie d'intégration optimale des data centers aux territoires.

Une infrastructure numérique au service des territoires ?

Le bureau de conseil international Arcadis voit la France comme l'un des emplacements de premier rang dans le monde pour l'implantation de data centers. Se localiser en France garantit un retour sur investissement rapide et durable. Il est estimé que le marché de Paris[3] représente, avec 70 %, une part considérable du marché national des data centers. La région Île-de-France serait donc le territoire le plus attractif pour l'accueil des data centers en France[4] et l'un des plus attractifs d'Europe. Equinix, un des leaders mondiaux des opérateurs de data centers, identifie Paris au sein du marché européen[5] comme le centre métropolitain qui connait une croissance la plus rapide et un important écosystème pour les secteurs du transport (sous-industrie des services industriels), de l'énergie et des services publics. Paris figure parmi les quatre pôles majeurs de concentration, aux côtés de Francfort, Londres et Amsterdam.
Au cours des deux dernières décennies, le développement des data centers s'y est accéléré pour atteindre un nombre total de plus de 160 data centers, selon la base de données de L'Institut Paris Region.

Pour les collectivités territoriales, communes et intercommunalités en premier lieu, l'implantation d'un data center est souvent perçu comme un atout. Signe de numérisation et de développement économique, des data centers ont pu par exemple aider à réinvestir un parc logistique vieillissant ou des bâtiments en friche dans certaines communes. Mais les implantations de data centers ont aussi des répercussions négatives plus ou moins fortes sur les territoires. Selon leur taille, leur type d'inscription dans le site, leur processus d'installation et leur territoire d'accueil, les impacts énergétiques et environnementaux peuvent être plus ou moins importants[6], avec d'un côté des bâtiments de plus en plus grands (jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés) et des consommations d'électricité très élevées (jusqu'à plusieurs dizaines de mégawattheures) et, de l'autre côté, des objectifs partagés de « zéro artificialisation nette » (ZAN) et « zéro

1. Cécile Diguet et Fanny Lopez (codir.), « L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires », Rapport Ademe, 2019.
2. Lopez Fanny et Gawlik Maximilian (codir.), « Data centers : anticiper et planifier le stockage numérique », Note rapide, n° 893, L'Institut Paris Region, 2021.
3. Terme correspondant au marché francilien.
4. En 2021, le *Global Security Mag* recense 215 Data centers neutres en France, dont 73 en Île-de-France. Dans la mise à jour de 2022, seulement 161 sites sont comptabilisés pour la France, dont 45 pour l'Île-de-France. Cet écart s'explique principalement par la fusion des « points » des sites comptant plusieurs data centers (par exemple, on ne compte plus qu'un « point » pour Data4 à Marcoussis, contre 15 précédemment). https://www.globalsecuritymag.fr/-CARTOGRAPHIE-DES-DC-NEUTRES,13-.html
5. GXI Indice d'interconnexion mondial Vol. 5, Mesurer la croissance de l'économie numérique mondiale, Equinix, Inc. (2021)
6. Cécile Diguet et Fanny Lopez (codir.), *ibid.*

émission nette » (ZEN). À l'heure où les projets de data centers en Île-de-France atteignent des niveaux inédits de consommation d'espace et de puissances électriques (3 GW pour le seul opérateur RTE, soit l'équivalent de la pointe de consommation d'hiver de la ville de Paris) il semble indispensable de mieux réguler, à l'avenir et dès à présent, le développement des data centers en Île-de-France. Le décret « tertiaire[7] » aura aussi des conséquences à anticiper en la matière.
Le parc des data centers et les flux de données qui traversent la région en permanence ne sont pas exactement proportionnels à la consommation de données en Île-de-France même. Alors que la localisation à proximité des réseaux de transmission large bande ou des postes électriques à très haute tension est stratégique pour les opérateurs et les investisseurs, la donnée n'a souvent pas de rapport direct avec les besoins des entreprises, des administration ou des habitants de son territoire voire sa région d'implantation : l'estimation par les acteurs publics du « juste » niveau de développement des data centers au sein d'un territoire donné – entre besoins propres d'aujourd'hui ou de demain et solidarité avec les territoires voisins ou plus lointains – est ainsi particulièrement difficile.

Objectifs

La présente étude propose d'éclairer les effets directs et indirects de l'implantation des data centers en Île-de-France, autant en termes de risques que d'opportunités. Elle entend donner aux collectivités territoriales des clés pour comprendre, agir et invite l'ensemble des acteurs de l'aménagement régional et territorial à une meilleure articulation autour de cet enjeu stratégique.
Ce travail vise ainsi à esquisser des futurs possibles pour un développement plus organisé des data centers ainsi qu'à proposer des recommandations pour une meilleure intégration. La quatrième partie propose donc une liste de critères pour mieux évaluer les projets : pour sortir du seul PUE (Power Usage Effectiveness, indicateur d'efficacité énergétique en français) et développer une vision véritablement systémique.

Méthode

Depuis 2014, L'Institut Paris Region (IAU Île-de-France à l'époque) travaille sur le sujet des data centers, initialement en lien avec les enjeux d'inondation et sur les questions de la récupération de la chaleur produite. Le rapport *L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires* pour l'ADEME en 2019 a permis d'approfondir nos recherches, ainsi que plusieurs notes rapides, storymaps et études non publiques qui ont été réalisées autour des centres de données. Ces recherches ont été suivies par de nombreux échanges en externe avec les partenaires de L'Institut (DRIEAT, ADEME, RTE, Enedis et Choose Paris Region ainsi qu'avec certains acteurs privés comme des bureaux de conseil et des opérateurs de data centers). Depuis 2020, un groupe de travail réunit en interne plusieurs départements de L'Institut (départements Urbanisme, aménagement et territoires, Énergie-Climat, Économie et Environnement). Ces départements ont aussi été impliqués dans cette publication.
Depuis 2014, L'Institut Paris Region alimente et met à jour régulièrement la base de données des data centers. Cette dernière est un support essentiel du présent document, servant à la fois à proposer une typologie des data centers et à illustrer les recommandations, d'une part en resituant les data centers existants sur les cartes régionales d'enjeux, d'autre part en identifiant des bonnes pratiques de data centers existants.
En s'appuyant sur ces expériences et travaux préalables, ce travail permet de prendre en compte les enjeux urbains, énergétiques, économiques et environnementaux.

7. Issu de la loi Élan, le décret tertiaire ou « dispositif éco-énergie tertiaire », publié en juillet 2019, impose aux bâtiments du secteur tertiaire de réaliser des économies d'énergie significatives. Les exploitants ont l'obligation de réduire les consommations d'au moins 40% d'ici 2030, 50% d'ici 2040 et 60% d'ici 2050. Les objectifs sont progressifs : ils peuvent être atteints en valeur relative ou absolue.

1 • DÉCODER LA COMPLEXITÉ ET LES TENDANCES

1.1 – LES DATA CENTERS, UNE COMPOSANTE ESSENTIELLE DU « SYSTÈME NUMÉRIQUE »

Définition et composition

Les data centers (centres de données en français) sont des bâtiments d'hébergement de données numériques. Avec les réseaux (qui sont les fibres optiques, les réseaux de cuivre et les réseaux sans fil) et les terminaux utilisateurs (smartphones, ordinateurs, etc.), ils constituent l'infrastructure numérique qui permet, en utilisant des applications dédiées, de fournir des « services numériques ».

Les data centers se développent depuis les années 1990 sous l'effet de plusieurs facteurs, notamment :
- l'explosion du web commercial ;
- la dérégulation du marché des télécoms ;
- l'abandon des systèmes « mainframes » (macro ordinateurs) au profit des systèmes serveurs ;
- la numérisation des entreprises et des contenus culturels.

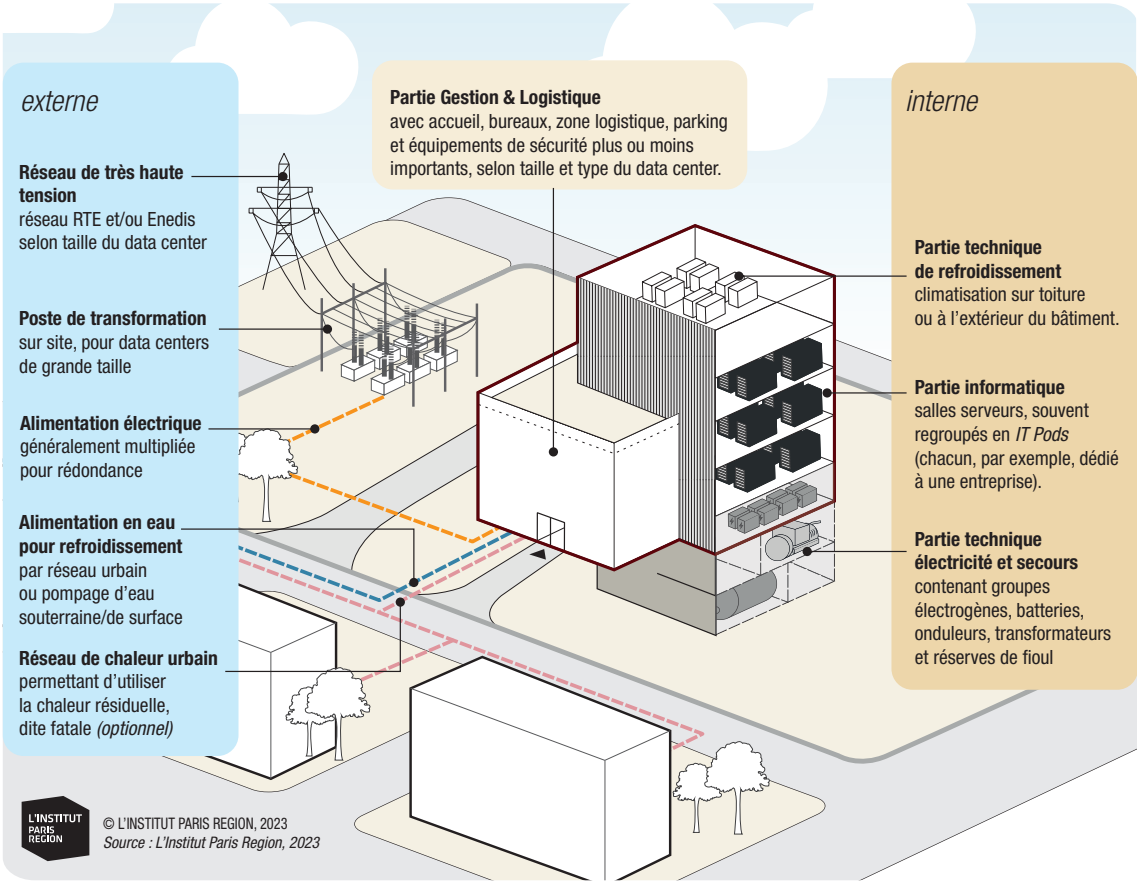
Un data center se compose de deux grandes composantes :
- **La partie informatique** avec des salles informatiques. Ici sont assurés les flux de données et sont hébergées les baies ou armoires contenant les serveurs.
- **Les infrastructures de fonctionnement technique** que sont les systèmes de sécurité, de refroidissement et ventilation, et de distribution du courant électrique (onduleurs, transformateurs).

Il s'agit d'un lieu physique, où sont réalisées ces trois grandes fonctions :
- le traitement des données,
- le stockage des données,
- la gestion du transport des données au sein des réseaux numériques.

Un data center, par le traitement ou même le simple stockage des données dans les serveurs, **dégage de la chaleur** (par le passage d'un courant électrique dans un matériau conducteur lui opposant une résistance – c'est l'effet-joule), **appelée chaleur fatale** car elle n'est le plus souvent ni récupérée ni valorisée. Il doit donc être doté de **systèmes de refroidissement**[8] pour maintenir les équipements à une certaine température. Il existe également des équipements de secours : batteries, UPS (pour *Uninterruptible Power Supply,* alimentation sans interruption), groupes électrogènes et les systèmes de récupération de chaleur.

8. Différentes techniques de refroidissement existent comme le traitement d'air de la salle informatique par eau glacée, le refroidissement à air ou *free cooling*, le refroidissement adiabatique, refroidissement liquide… entre ces différentes méthodes, l'efficacité énergétique diffère énormément.

LES COMPOSANTS FONCTIONNELS D'UN DATA CENTER



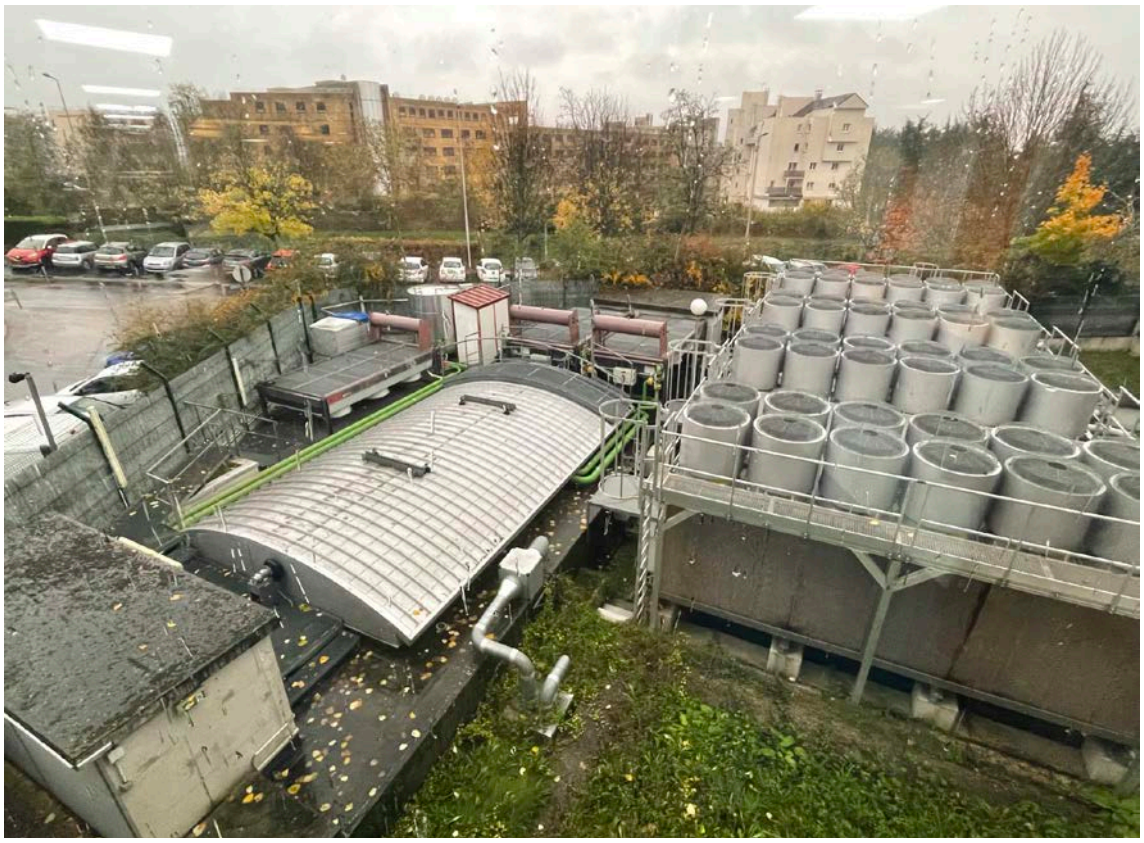
Le data center opère différentes technologies en fonction des besoins applicatifs, par exemple pour les serveurs de calculs, pour des centres de calcul haute performance, des baies de stockage ou des équipements réseaux pour des centres d'opérateurs télécoms. L'équipement en logiciels (software) diffère d'un type de data center à l'autre. Le bâtiment de data center héberge également des espaces dédiés à son fonctionnement et sa logistique (accueil, bureaux et logistique) qui sont plus ou moins grands.

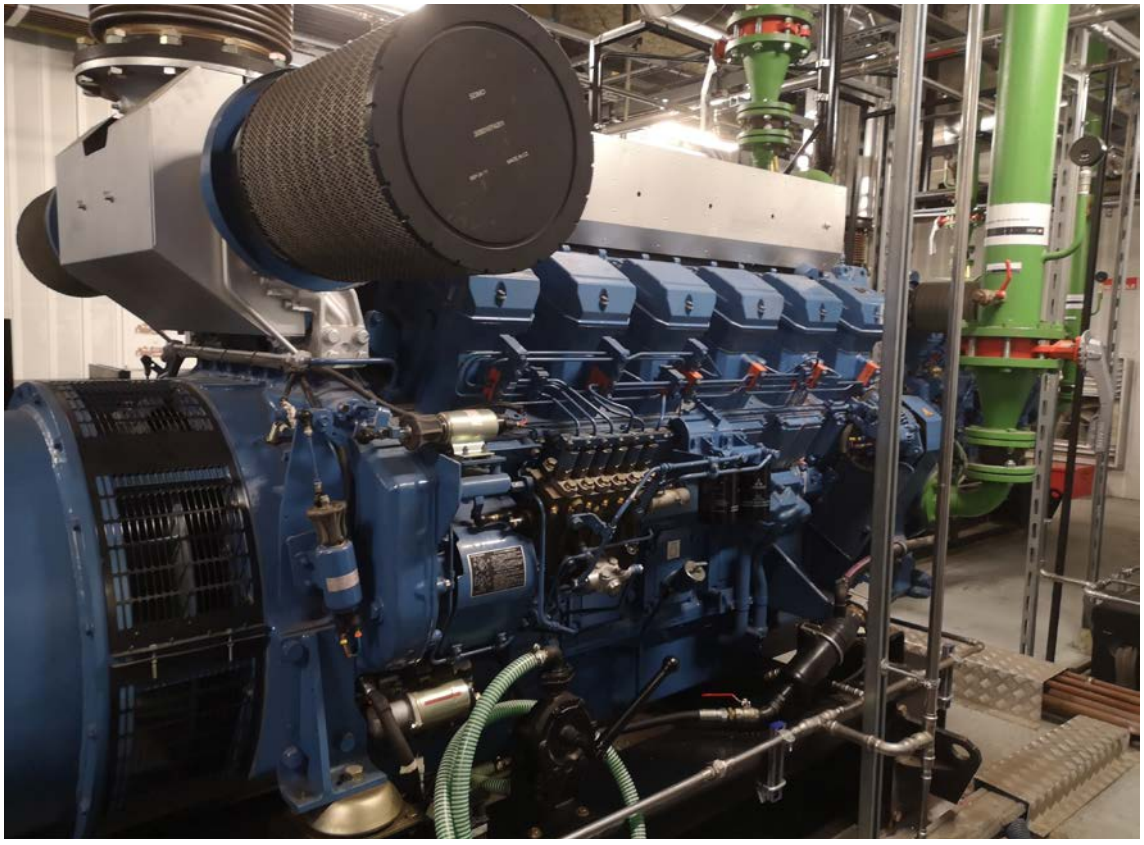
Les centres de données sont dépendants des opérateurs énergétiques (production, transport et distribution électriques), ainsi que des opérateurs télécom.

Les centres de données ne sont non seulement connectés aux terminaux utilisateurs, mais ils fonctionnent aussi en réseau avec d'autres data centers. L'interconnexion entre data centers signifie qu'ils établissent des liens parfois exclusifs entre bâtiments.









Data center DC6-IDF d'Euclyde à Lognes, en Seine-et-Marne : bâtiment, baies de serveurs, équipements frigorifiques, générateur de secours. Source : L'Institut Paris Region, 2022.

Les data centers, une composante particulière du « système numérique »

Au sein du « système numérique », les data centers constituent une composante particulière, dont il faut souligner certaines caractéristiques :

- **une forte « sensibilité à la charge »**[9], à la différence par exemple des réseaux de fibre optique : **plus on produit, échange et stocke de données numériques, plus la consommation d'énergie, d'eau ou d'espace par les data centers s'accroît,** même si pas de façon exactement proportionnelle, en raison de certains gains d'efficacité ; en conséquence, les impacts des data centers s'accroissent plus vite que ceux de l'ensemble du système numérique et ainsi le poids aujourd'hui relativement limité des data centers dans les impacts du système numérique tend à s'accroître ;
- **une virtualité croissante :** les data centers constituent aujourd'hui une des composantes **les plus délocalisables** du système numérique, même si certains usages exigent des temps de latence ou des conditions de sécurité/souveraineté qui limitent l'éloignement possible entre les lieux d'utilisation des données et les data centers ; autrement dit, à l'échelle régionale et plus encore territoriale, le déséquilibre entre les impacts (plutôt négatifs) des data centers et les impacts (plutôt positifs) des services numériques tend à s'accroître, tout comme le **fossé entre territoires « servants » et territoires « servis »** ; par ailleurs, cette virtualité croissante renforce l'image de « boîtes noires » des data centers, et donc les craintes à l'égard de leurs impacts environnementaux et les attentes à l'égard de l'évaluation de ces impacts ;
- **une visibilité croissante dans l'espace public ;** paradoxalement, c'est justement en pleine période de virtualisation du traitement et du stockage des données numériques, au cours des dernières années, que les data centers ont, en Île-de-France, fait irruption dans « l'espace public » au sens propre (ils sont devenus plus visibles et plus prégnants[10]) comme au sens figuré (ils sont devenus un objet de débat et de controverse).

9. Cette sensibilité n'est pas démentie par la mobilisation de serveurs dits "zombie", mise en avant dans le rapport de l'AIE (Agence Internationale de l'Energie) de 2022.
10. La prégnance des data centers dans l'espace public au sens propre est la principale forme de « matérialisation » du système numérique en Île-de-France, en France et en Europe. Ailleurs, cette matérialisation peut prendre d'autres formes, qu'il s'agisse par exemple de mines géantes pour l'extraction des terres rares ou d'usines géantes de fabrication de smartphones.

Les data centers, des bâtiments et des sites spécifiques

Suivant la définition technique et fonctionnelle de la partie « Définition et composition », les data centers disposent à la fois des caractéristiques communes les uns avec les autres ainsi que des particularités qui les distinguent.

Des caractéristiques communes à tous les data centers

1. Caractéristiques d'ordre technique du bâtiment
   - Extrême robustesse des structures et des planchers, pour soutenir la charge au sol (poids des serveurs et des installations techniques) : entre 500 kg et 1 t/m².
   - Adaptabilité pour le passage des câbles.
   - Grande hauteur sous plafonds (souvent 4 m et plus).
   - Flexibilité des espaces intérieurs et grands plateaux, un minimum de poteaux.
2. Spécificités de forme, volume, densité et programme
   - Pour la construction neuve, l'image de la boite persiste. Ce sont souvent des bâtiments rectangulaires à un seul étage dans des zones où il n'y a pas ou peu de pression foncière, sinon R+3 ou 4. La grande hauteur est rare sauf dans certaines villes étasuniennes ou asiatiques.
   - Pour l'ancien, ils peuvent se loger dans du bâti existant à condition qu'il offre de vastes espaces ou des planchers solides (anciens grands magasins ou bâtiment dédiés à la presse, au textile…), voire des infrastructures : site militaire, portuaire (sites logistiques anciens), ancienne usine, souvent déjà dotés de sites pour les générateurs de secours, de réservoir de fioul, de citerne d'eau, etc.
   - Dans l'ancien comme dans la construction neuve, un imaginaire du bunker (les bunkers de l'information) existe. Le data center est une architecture de surveillance ultra-sécurisée, même si la typologie du campus permet de repousser une partie des dispositifs de contrôle à l'extérieur. On note toutefois une progression de la boite noire fermée à une ouverture plus maitrisée dans son rapport à l'extérieur (fenêtres sur la façade, aménagement des abords) comme à l'intérieur (cloisons transparentes).
   - L'espace est généralement partitionné en trois ensembles : le pôle bureau et logistique (avec des zones accueil, bureaux, logistique, maintenance), le pôle informatique et le pôle technique. La surface informatique a presque son équivalent en surface technique : onduleurs, systèmes de refroidissement, générateurs de secours, batteries, etc.

- C'est un espace extrêmement partitionné avec peu de variation programmatique. On ne voit jamais d'espaces traversant le cœur du data center où sont les armoires de données (parfois partitionnées par client avec des systèmes de sécurité propre), les circulations et les espaces techniques entourent l'espace central du stockage, avec des espaces de bureaux, cafétéria parfois.
- La mixité programmatique est rare.
- Les équipements techniques sont plus structurants que dans d'autres programmes. La séparation des espaces et des températures joue un rôle clef dans l'efficacité de l'infrastructure. Il s'agit d'isoler des climats et de fabriquer des milieux : allées froides, allées chaudes, chambres climatiques, cheminées d'évacuation, espace pour les générateurs de secours, les cuves et réservoirs divers, les tours de refroidissements, les onduleurs, les salles de batteries, la salle de commande. Une partie de ces équipements sont généralement placés sur le toit du bâtiment, ou à côté.

3. Des abords et parcelles d'implantation sécurisés, isolés et souvent soignés

- Les sites de data centers sont souvent clôturés, dotés de caméras de surveillance, opaques et très sécurisés. L'usage du bâtiment est rarement affiché à l'extérieur de la parcelle.
- Les bâtiments réservés à l'usage de data center sont souvent implantés au milieu de la parcelle et la possibilité d'accès à la façade est très rare depuis l'espace public.
- Pour laisser place à de futures extensions, des parcelles très grandes sont souvent utilisées dans des situations moins contraignantes.
- Les surfaces de stationnement sont souvent surdimensionnées. En fonction du PLU en vigueur, le nombre des places exigées correspond à la surface de plancher et non pas aux vrais besoins de l'opérateur.
- Pour les grands projets en extension urbaine, ils comprennent une partie végétalisée importante, qui peut être accompagné d'un traitement paysager qualitatif.

Certains de ces points contribuent à l'effet de coupure ou de rupture dans les continuités des flux, humains et écologiques.

Les data centers sont des objets extrêmement sensibles pour les maîtres d'ouvrage (en termes de sécurité, d'accessibilité et de continuité de service électrique). Les expérimentations ou les audaces énergétiques (unités production d'énergie in situ par mini-éoliennes ou panneaux photovoltaïques) restent très rares. En Île-de-France, il existe peu de data centers atypiques, comme des installations souterraines ou avec des mixes programmatiques (l'hybridation de ces infrastructures avec d'autres types d'usages) qui dépassent le seul partage du bâtiment avec des bureaux.

Il existe donc une grande diversité de tailles, de formes, de fonctions, de techniques et modalités d'exploitation.





Il existe, en Île-de-France, une grande variété de territoires d'accueil, de formes, âges et types de data centers.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

S'ils présentent des caractéristiques communes, les data centers présentent une grande complexité technique, une histoire spatiale, des liens très forts au système électrique… Les typologies peuvent donc être multiples en fonction des enjeux que l'on souhaite relever. Voici plusieurs familles de critères que manient les opérateurs, et d'autres que nous proposons pour les analyses suivantes.

Des critères relatifs au fonctionnement :

1. **Les fonctions principales :** répartition des trois fonctions (calcul, stockage, transport/networking/gestion de réseaux) au sein du data center.
2. **Le degré de connectivité internet des opérateurs :** sur un backbone internet (autoroute internet) ou une boucle locale.
3. **Le type de data center :** centres de données d'infrastructure ou de colocation (hébergement externalisé par les clients) et d'exploitation (construit par et pour une entreprise ou une entité publique).
4. **La fonction/position dans l'écosystème des data centers.** De façon très simplifiée, la typologie serait la suivante :
   - **Data center « core ».** Situés dans les cœurs urbains, à proximité des clients (finance…), ces data centers se basent sur les principes d'interconnexion et de très faible latence. Généralement petits, ils peuvent aussi être de taille moyenne jusqu'à grande (dans les cas exceptionnels). Exemple : Telehouse Voltaire, Paris 11e (7 000 m²).
   - **Data center « de proximité ».** Ces data centers sont pour la plupart des data centers de colocation. Exemple : Marilyn à Champs-sur-Marne (77).
   - **Data center « hyperscale ».** Généralement de très grande taille (> 10 000 m²), ces data centers disposent d'une architecture particulière, normée pour une plus grande efficacité et pour être modulable. Contrairement aux data centers « de proximité » les infrastructures hyperscale disposent généralement leurs propres équipements techniques (baies, racks), sans sous-traitant et le service proposé est le Cloud. Les opérateurs classiques de ces data centers sont les acteurs GAFAM ou BATX[11].

D'autres formes plus hybrides existent. Certains data centers plus anciens ou dédiés à des clients publics ou privés spécifiques (banques, douanes…) ne rentrent pas dans ces catégories. Compte-tenu d'avancée technologique régulière, ces catégories peuvent évoluer avec le temps.

5. **Le niveau d'assurance de sécurité de l'information :** via une classification par niveau appelé Tier et géré par l'Institut Uptime[12] : Tier 1 étant le moins redondé (disponibilité de 99, 67% soit 28h d'arrêt cumulé annuel), Tier 4 le plus fiable (fiabilité à 99,9%). La redondance signifie que les équipements techniques du data center ont des doublons (équipement, liaisons, alimentation et chemins, données, logiciels…) dans le but de garantir ses fonctionnalités au cas où un de ces composants s'avérerait défaillant.

Des critères relatifs aux acteurs impliqués (gestionnaires et clients) :

6. **La nature de l'opérateur de gestion :** opérateur exploitant (société privée, centre de recherche, banque, assurance, institution autre …), opérateur d'infrastructure (colocation ou cloud).
7. **Le secteur d'activité d'origine de l'opérateur :** télécom téléphonie (Bouygues, SFR, Orange…), télécom internet (Celeste…), immobilier, géants de la technologie et du numérique (GAFAM, BATX) …
8. **Rayon d'action de l'opérateur :** international (notamment les GAFAM, BATX), national, régional.
9. **La nature du/des client(s) :** acteurs privés (entreprises et sociétés privés, banques, assurances…), acteurs publics et parapublics (douanes, ministères, banque de France, collectivités, universités et centres de recherche…).

Des critères relatifs aux bâtiments :

10. **La surface informatique**[13] **:** les travaux de L'Institut Paris Region s'appuient généralement sur les fourchettes suivantes de surface informatique (ou surface IT) :
    - petit data center : entre 1 et 500 m² de surface IT
    - moyen data center : entre 500 et 2 000 m² de surface IT
    - grand data center : entre 2 000 et 5 000 m² de surface IT
    - très grand data center : entre 5 000 et 10 000 m² de surface IT
    - data center géant : plus de 10 000 m² de surface IT
11. **La taille du bâtiment d'accueil :** en ordre général, en France le rapport entre la surface IT (« partie blanche ») et celle réservée aux espaces techniques, de production, de logistique et de gestion (« partie noire ») est d'environ 50/50. Cela veut dire que la surface de plancher du bâtiment représente

11. Hyperscale désigne initialement un data center qui peut rapidement s'adapter à des demandes importantes de ressources.
12. Consortium d'entreprises créé en 1993 dont l'objectif est de maximiser l'efficacité des data centers.
13. Voir aussi partie 2 de ce rapport sur la taille d'un data center et le rapport entre la surface absolue et la surface IT.

souvent le double de la surface IT. Beaucoup de data centers contiennent des bureaux qui peuvent augmenter la surface de plancher.

Des critères énergétiques :

12. **La puissance de raccordement :** allant de quelques centaines de kW à plusieurs dizaines, voire centaines de MW.

Pour aller plus loin dans la réflexion, L'Institut propose de considérer également les critères suivants :

Des critères temporels :

13. **L'époque de mise en service du data center :** depuis la fin des années 1990 à nos jours, le secteur des data centers est en constante évolution grâce à des avancées technologiques. Les data centers de dernière génération se distinguent notamment par une meilleure performance énergétique.
14. **L'époque de construction du bâtiment d'accueil.**

Des critères spatiaux :

15. **La localisation globale :** dans les communes du cœur de la métropole, de l'agglomération dense, de l'espace majoritairement urbanisé, des franges métropolitaines…
16. **L'environnement urbain local :** les tissus urbains denses ou moins denses.
17. **Les unités foncières (« site »[14]) :** grandes ou contraintes (îlot de propriété d'un seul tenant, composé d'une parcelle ou d'un ensemble de parcelles).
18. **La localisation ou non dans un cluster de data centers.**
19. **La programmation du bâtiment :** bâtiment à programmation mixte ou réservé à l'usage de data center.
20. **La destination initiale du bâtiment :** bâtiment spécialisé (accueil du DC considéré dès la création du bâtiment) ou bâtiment transformé (Bâtiment transformé ultérieurement pour accueillir le data center).
21. **Le processus d'installation :** relié au sujet précédent. Dans l'existant, le data center peut s'insérer dans un bâtiment ou le transformer pour le rendre utilisable pour ses besoins. Dans la nouvelle construction, il peut transformer une parcelle déjà artificialisée ou densifier sur une telle parcelle ou bien artificialiser un sol naturel, agricole ou forestier.
22. **L'inscription du data center dans son site :** dans un bâtiment occupant toute l'unité foncière, dans un bâtiment sur une plus grande unité foncière, dans un bâtiment sur un campus privé (parc d'entreprise ou campus d'un groupe privé). Cela a des répercussions sur la visibilité du data center, sur l'externalisation des éléments techniques et logistiques…
23. **Le Coefficient d'Emprise au Sol (CES),** qui, en lien avec le dernier point, calcule l'emprise au sol du bâtiment qui héberge le data center sur l'ensemble d'une unité foncière.

Ces multiples critères suggèrent de nombreuses façons de classer les data centers. La partie 2 de la présente étude proposera, à partir de la base de données des data centers franciliens, **une typologie privilégiant des critères spatiaux.**



Parmi les data centers franciliens, des anciens bâtiments de télécom comme à Vélizy-Villacoublay (ci-dessus), de nouvelles constructions comme à Marcoussis (p. 13 haut), et des bâtiments de bureaux transformés comme à Lognes (p. 13 bas, site désormais fermé). Source : L'Institut Paris Region, 2021.

14. En ce qui suit, notre définition du site correspond donc à celle d'unité foncière.









Deux data centers installés dans la Plaine Saint Denis : PA6 d'Equinix à Aubervilliers, construit en 2008, (gauche) et PAR5 de Digital Realty (Interxion) à Saint-Denis, construit en 2009 (droite). Source : L'Institut Paris Region, 2023

La classification des data centers au regard du code de l'urbanisme, de la fiscalité et de la réglementation environnementale

Le code de l'urbanisme ne prévoit pas, au sein de la destination des sols « autres activités des secteurs primaire, secondaire ou tertiaire », la sous-destination « data center » ou « centre de données » (articles R151-27 et R151-28 CU). Les data centers sont toutefois rattachés à la sous-destination « entrepôt » qui comprend explicitement, depuis un arrêté ministériel du 22 mars 2023, les « locaux hébergeant des centres de données »[15]. Cependant, un certain flou a régné jusqu'à récemment, puisque la sous-destination « industrie » était acceptée, et l'est encore dans les plans locaux d'urbanisme dont les procédures d'élaboration ou d'évolution ont été engagées avant le 1er juillet 2023.

Par ailleurs, les projets de data centers en Île-de-France sont soumis à la procédure d'agrément de l'immobilier d'entreprise dès lors qu'ils dépassent 5 000 m² de surface de plancher[16]. Ces demandes sont alors examinées par l'État au regard de certains critères :

- Critères liés à l'aménagement
  - Réutilisant des friches industrielles, commerciales, artisanales...,
  - Situés dans des secteurs urbanisés proches de réseaux de chaleur urbains ou d'un utilisateur,
  - Potentiel de chaleur fatale (logements, gymnases, piscines...),
  - Implantés dans des zones d'activités prévoyant ce type d'installation,
  - Compacts et denses afin de limiter l'artificialisation des sols.
- Critères de sobriété et d'efficacité énergétiques
  - Démontrent des performances énergétiques et un cadre d'exigences ambitieux : respect du "code of conduct for data center" (code de conduite européen), certificat d'énergie « verte » (utilisation d'électricité issue de sources d'énergie renouvelable), certification ISO 14 001 sur le management environnemental et ISO 50 001 sur l'amélioration de la performance énergétique, choix technologiques, plan de performance énergétique...
  - Fournissent une étude détaillée sur la possibilité de récupérer la chaleur fatale, accompagnée, si l'étude conclut favorablement, de l'engagement de principe d'un bénéficiaire (public ou privé) d'utiliser la chaleur mise à disposition par le futur centre de données.

Fiscalité

Les exploitants des data centers s'acquittent comme tout établissement de différentes taxes locales et contribuent ainsi au financement de différents

15. « La sous-destination « entrepôt » recouvre les constructions destinées à la logistique, au stockage ou à l'entreposage des biens sans surface de vente, les points permanents de livraison ou de livraison et de retrait d'achats au détail commandés par voie télématique, ainsi que les locaux hébergeant les centres de données. » (Arrêté du 22 mars 2023 modifiant la définition des sous-destinations des constructions pouvant être réglementées dans les plans locaux d'urbanisme ou les documents en tenant lieu).
16. « Fiche repère Instruction des demandes d'agrément relatives aux centres de données », DRIEAT, mars 2022.

services publics locaux : taxes foncières, cotisation foncière des entreprises, cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises... Toutefois, une analyse plus poussée semble indiquer une certaine hétérogénéité quant aux pratiques de caractérisation de ces locaux par l'administration fiscale. **L'Institut a en effet identifié que certains data centers sont soit considérés comme des locaux commerciaux/de stockage soit comme des locaux industriels.** Cette distorsion dans le mode d'affectation de cette activité a des conséquences directes sur les bases de taxation de ces locaux. Dans un cas, « l'assiette » s'appuie une évaluation par comparaison des valeurs locatives s'appliquant à des entrepôts du même secteur géographique. Dans l'autre cas, l'assiette s'appuie sur la méthode dite « comptable » qui prend en compte la valeur des immobilisations inscrites au bilan de l'établissement. Les niveaux de taxation payés par les établissements au titre des taxes foncières et de la cotisation foncière des entreprises (CFE) peuvent alors fortement différer avec des enjeux financiers importants en termes de ressources côté collectivités locales/intercommunalités, et d'impôts payés côté exploitants. À titre d'exemple, une communauté d'agglomération localisée en Normandie a perdu plusieurs centaines de milliers d'euros de recettes fiscales suite au changement d'affectation d'un data center.

Par ailleurs l'identification de cette activité dans telle ou telle catégorie peut entrainer un assujettissement ou au contraire une exonération d'une taxe : la taxe d'enlèvement des ordures ménagères. Les locaux industriels sont exonérés du paiement de cette dernière, contrairement aux locaux commerciaux.
Signalons par ailleurs qu'une jurisprudence récente (arrêt du Conseil d'État du 11 octobre 2022, RATP) semble indiquer que les data centers ne rentrent pas dans la catégorie des locaux de stockage et pourraient à ce titre être dispensés des taxes locales afférentes (taxe sur la création de bureaux, taxe annuelle sur les bureaux).

Depuis 2018, les data centers peuvent bénéficier d'un dispositif d'abattement de la « Taxe Intérieure sur la Consommation Finale d'Électricité (TICFE) ». Depuis la loi de finances pour 2021 et une application au 1er janvier 2022, les demandeurs de ce taux plus intéressant sont soumis à respect de certains critères d'« éco-conditionnalité »[17].

17. Si le data center est éligible à la réduction, cette taxe est fixée à 12 EUR/MWh au lieu de 22,50 EUR/MWh. https://www.ecologie.gouv.fr/fiscalite-des-energies

Code de l'environnement

Pour ce qui est du Code de l'environnement, c'est principalement la réglementation ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) qui ajoute une couche de complexité dans la classification des data centers, et donc à la fois dans leur recensement et dans la compréhension partagée de leurs procédures d'implantation. En effet, il n'existe pas de rubrique ICPE unique dédiée aux data centers, mais plusieurs rubriques relatives aux divers équipements techniques que ces data centers sont susceptibles de contenir (groupes électrogènes, groupes froides, cuves de fioul). La réglementation ICPE dépend alors de la taille ou de la puissance de chacun de ces équipements techniques : déclaration, enregistrement ou autorisation. Par ailleurs, d'autres autorisations environnementales peuvent être nécessaires (défrichement, dérogation à l'interdiction de destruction des espèces protégées, etc.).
Résultat : même pour les acteurs publics, il est difficile d'établir un répertoire officiel des data centers au niveau national et même régional. Les seuls recensements qui existent sont faits par des acteurs privés. Mais cela peut aussi être un souci pour les opérateurs de data centers eux-mêmes : pas de clarté de processus (si déclaration, enregistrement ou autorisation ICPE nécessaire), etc.

Frise chronologique des procédures d'implantation d'un data center en Île-de-France

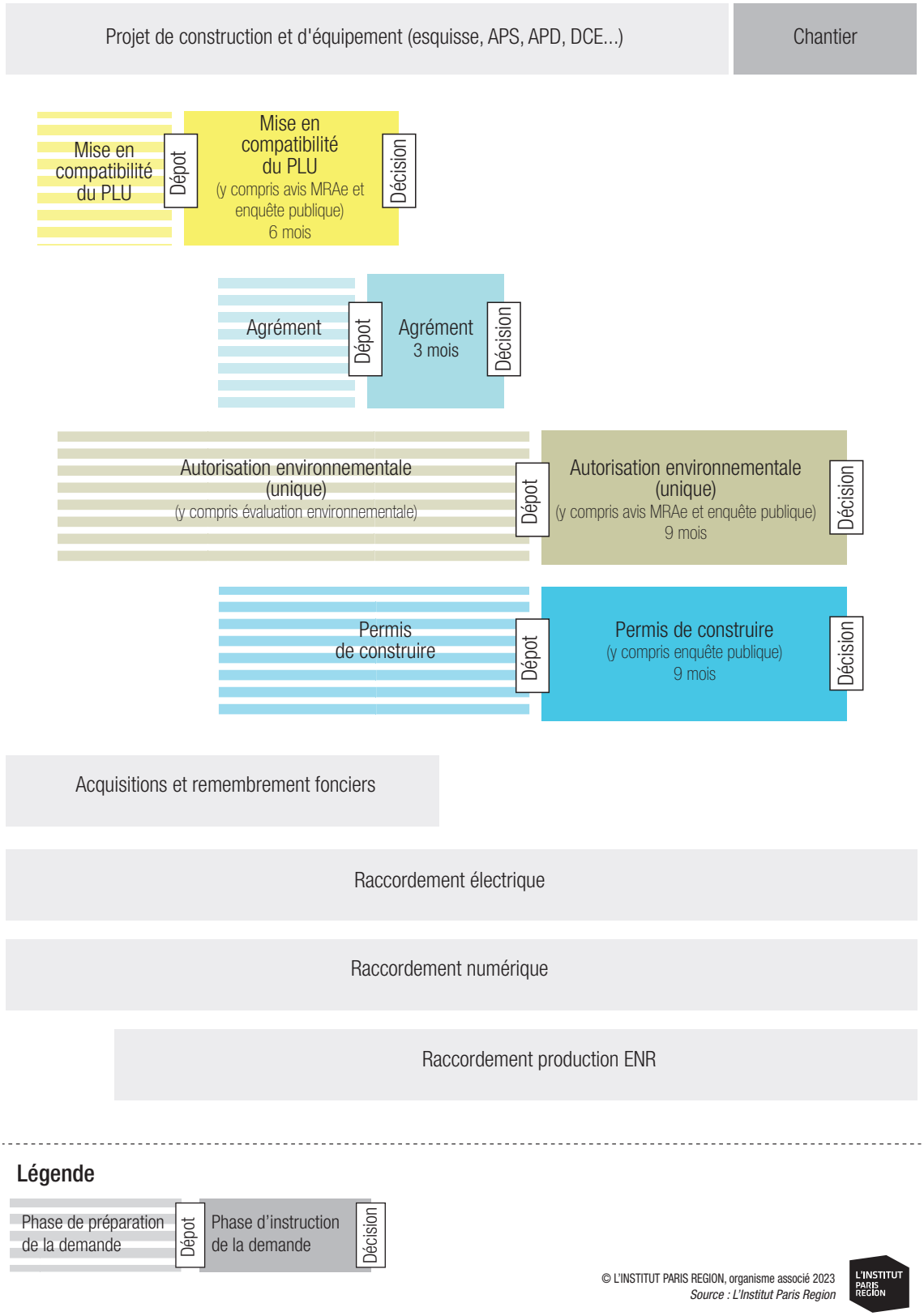
La frise temporelle propose une vision synthétique des démarches et procédures liées à l'implantation d'un data center. Elle a vocation à être largement discutée entre acteurs publics, parapublics et privés des data centers, afin de constituer l'un des supports d'une culture commune.

Une lecture horizontale de la frise permet à tous les acteurs de partager l'état d'avancement d'un projet d'implantation, et à chaque acteur d'anticiper son intervention dans les démarches et procédures.

Une lecture verticale permet d'identifier les éléments similaires susceptibles d'être mobilisés en parallèle ou en léger décalage au sein de plusieurs démarches et procédures. Cela est notamment le cas en matière d'environnement, entre :

- évaluation environnementale de la mise en compatibilité du PLU,
- critères environnementaux de l'agrément,
- autorisation environnementale unique et éventuellement évaluation environnementale du projet de DC préalable au permis de construire.

FRISE CHRONOLOGIQUE DES DÉMARCHES ET PROCÉDURES POUR L'IMPLANTATION D'UN DATA CENTER



Légende

© L'INSTITUT PARIS REGION, organisme associé 2023
Source : L'Institut Paris Region

1.2 – L'ÎLE-DE-FRANCE, TERRE D'ACCUEIL PRIVILÉGIÉE DES DATA CENTERS ?

Un marché mondial des data centers en croissance et en mutation

On observe depuis le début des années 2000 une croissance forte et continue du marché des data centers, qui s'explique principalement :

- **par la transformation numérique des entreprises et des administrations**[18] qui va de pair avec l'externalisation progressive du stockage et du traitement de leurs données, auparavant répartis entre des équipements locaux épars ;
- plus largement, **par la transformation numérique de l'ensemble des activités humaines** (santé, éducation, culture, loisirs…), qui entraîne une croissance forte du volume de données échangées (+26%/an sur les réseaux dans le monde entre 2015 et 2020 selon Cisco cité par The Shift Project[19], +35%/an dans les data centers) et stockées (+40%/an dans les data centers), sous l'effet conjugué :
  - **de la multiplication des équipements connectés,** smartphones (+9%/an pour le parc des smartphones) mais aussi objets connectés (« Internet of Things » ou « IoT », avec une estimation de 3,6 équipements connectés par personne dans le monde en 2023, ou encore « Industrial Internet of Things » ou « IIoT », avec une estimation de 7,5 milliards d'interfaces connectées industrielles en 2020 selon the Shift Project[20]) ;
  - **de la multiplication des applications** (jusqu'à 258 milliards de téléchargements prévus dans le monde en 2022 selon l'association professionnelle France Datacenter[21]) et des usages (vidéo en flux continu ou « streaming », jeux vidéo en nuage ou « cloud gaming », réseaux sociaux…) doublée d'un accroissement de la définition graphique des images et vidéos (HD et Ultra-HD, entraînant notamment une croissance du volume de données mobiles échangées plus de six fois plus rapide (+60%/an entre 2015 et 2020 selon The Shift Project[22]) que celle du parc de smartphones ;
  - **de la constitution progressive d'ensembles de données massives ou « big data »,** nécessitant de nouvelles capacités de stockage et surtout de nouvelles capacités de traitement, notamment dans le cadre de l'intelligence artificielle, auxquelles s'ajoutent les besoins spécifiques liés à l'essor des crypto-monnaies.

Cette croissance quantitative du marché des data centers, qui devrait se poursuivre à un rythme soutenu au moins jusqu'en 2030 tout en connaissant peut-être des pauses similaires à celle provoquée en 2000 par l'éclatement de la bulle Internet, s'accompagne d'une importante mutation qualitative.

En effet, bien qu'extrêmement porteur, le marché des data centers n'est pas encore mature et la concurrence demeure très forte entre différents modèles.

Le modèle majoritaire est encore actuellement celui d'un data center neutre de taille moyenne proposant généralement une offre hybride (combinant colocation et service d'informatique en nuage, plus couramment dénommé « cloud », public et privé[23]) pour répondre à la diversité des demandes d'un nombre croissant d'entreprises et d'administration souhaitant externaliser l'hébergement de leurs données, applications ou systèmes d'information.

Toutefois, **le modèle qui connaît actuellement la plus forte croissance** dans le monde, en pourcentage comme en volume mais avec des différences selon les régions, **est celui du data center de grande taille proposant exclusivement une offre de cloud,** principalement public (au sens « ouvert à tous publics »).

Pour distinguer ce modèle du précédent (« data centers de colocation » ou « data centers neutres » ou « data centers traditionnels »), on parle alternativement, et de façon toujours un peu simplificatrice :

- de « cloud data centers » ou « centre de données dans le nuage », pour évoquer la virtualisation massive qui accompagne ce mouvement,
- de « giant data centers » ou « centres de données géants », pour souligner leur taille,
- d'« hyperscale data centers » ou « centres de données hyperscale », pour insister sur la modularité et l'adaptabilité de ces centres à l'augmentation du volume du données à stocker ou traiter pour leurs clients,

18. Sur la question de la transformation numérique, voir notamment Boston Consulting Group (BCG) « L'impact de la crise sanitaire sur la maturité digitale de la France - 2ème édition de l'étude BCG x MEDEF sur la maturité digitale de la France », juin 2022.
19. Sur les dynamiques de croissance du numérique, voir notamment l'infographie proposée par The Shift Project « Impact environnemental du numérique : tendances à 5 ans et gouvernance de la 5G – Note d'analyse », mars 2021, p. 25.
20. The Shift Project, *ibid.*
21. Voir France Datacenter, « Qu'est-ce qu'un datacenter ? », 2022. France Datacenter « réunit l'ensemble des acteurs de l'écosystème des datacenters en France. Elle représente et assure la promotion de la filière comme socle de la performance et de la fiabilité de l'économie numérique ».
22. The Shift Project, *ibid.*
23. Un service de cloud privé est un service entièrement contrôlé par une seule organisation et n'est pas partagé avec des tiers. Un service cloud public est au contraire un service par abonnement qui est également proposé à tous les clients qui souhaitent des services similaires.

- de « self-built data centers » ou « centres de données auto-construits », pour évoquer la transition des géants de l'Internet, autrefois principalement locataires de salles informatiques au sein de data centers de colocation et désormais principaux prestataires de services numériques au sein de data centers qu'ils construisent et gèrent eux-mêmes.

Encore minoritaire à l'échelle mondiale, ce modèle de « cloud data centers » capte une part de plus en plus importante de la croissance du volume de données échangées et stockées par les data centers. Les estimations et les prévisions à l'échelle mondiale sont encore très variables d'un observateur à l'autre, mais un rapport de l'Agence autrichienne de l'environnement pour la Commission européenne[24] a pu, en synthétisant de nombreux travaux, conclure que, pour l'ensemble des 28 pays de l'Union européenne, **la part des « cloud data centers » dans la consommation énergétique de l'ensemble des data centers était de 10% en 2010, de 35% en 2018 et devrait atteindre 60% en 2025.** Ainsi, entre 2018 et 2025, tandis que la consommation énergétique totale des data centers européens devrait s'accroître de +21%, celle des cloud data centers devrait plus que doubler (+107%, contre -26% pour les autres data centers).

Comme les « cloud data centers » ont en moyenne une meilleure efficacité énergétique que celle des autres data centers, la croissance du volume des données échangées et stockées par ces data centers devrait bien plus que doubler entre 2018 et 2025, à tel point que The Shift Project a adapté en 2020 sa méthode d'estimation et de prévision de la consommation énergétique globale des data centers pour mieux tenir compte de la spécificité des « cloud data centers ».

La très forte croissance du marché des « cloud data centers » s'accompagne d'une très forte concentration entre les mains d'un nombre limité d'opérateurs internationaux, géants de l'Internet, souvent qualifiés d'« hyperscalers ». Selon un rapport du Synergy Research Group[25], **Amazon (sous le nom d'Amazon Web Services ou AWS), Microsoft (sous le nom d'Azure) et Google possèdent en 2022 près de la moitié des 730 plus importants « cloud data centers » ou « hyperscale data centers » du monde,** réalisent près des deux tiers du chiffre d'affaires de ce marché (33 % pour AWS, 22 % pour Microsoft Azure et 10% pour Google) et connaissent une croissance de leur chiffre d'affaires de l'ordre de +35 à +50 %/an, contre +10 à +20 %/an pour les autres opérateurs du cloud (hors opérateurs chinois).

Une troisième composante émerge actuellement dans le paysage mondial des data centers, celle des « edge data centers » ou centres de données en périphérie de réseau[26]. Il s'agit d'ensembles comprenant un à plusieurs serveurs occupant un espace réduit au sein d'un local ou même d'une simple armoire, destinés à stocker temporairement et traiter instantanément les données au plus près des capteurs déployés notamment pour piloter un service urbain (par exemple la circulation des voitures autonomes) afin d'éviter le temps de latence et la consommation énergétique liée au transfert des données jusqu'à un data center plus important.
Ces micro data centers organisés en réseau maillé autour de data centers traditionnels ou, de plus en plus souvent, de « cloud data centers », devraient représenter 12% de la consommation énergétique totale de l'ensemble des data centers des 28 pays de l'Union européenne[27].

Ainsi, **le paysage mondial des datacenters est aujourd'hui très hétérogène, par le type et la taille des datacenters comme par la nature et le rayon d'action de ses opérateurs.**

Dans les prochaines années, ce paysage pourrait se simplifier fortement, aux dépens des data centers traditionnels, de taille moyenne, orientés vers la colocation et gérés par des opérateurs régionaux ou nationaux, et au profit d'un modèle associant « cloud data centers » et « edge data centers ».

Toutefois, ce modèle pourrait en même temps se complexifier, avec notamment l'émergence d'une composante intermédiaire, le « cloud at the edge »

24. European Commission, « Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market », 2020.
25. Synergy Research Group, « Hyperscale Cloud Market Tracker – 2022 report », 2022. Rapport payant non consulté par L'Institut Paris Region mais ayant fait l'objet de plusieurs articles en ligne, notamment https://www.lebigdata.fr/1200-data-centers-2026 et https://www.silicon.fr/infrastructure-cloud-aws-azure-google-437850.html. Le rapport s'intéresse plus particulièrement à 19 « géants mondiaux » de l'informatique en nuage (logiciels à la demande, commerces en ligne, réseaux sociaux et jeux en ligne), parmi lesquels Alibaba, Amazon, Apple, Baidu, Ebay, Facebook, Google, IBM, Microsoft, Oracle, Tencent, Twitter et ByteDance.
26. Attention, on pourrait penser que, comme les « edge cities » ou « villes-lisières », espaces urbains périphériques concentrant emplois et services, les « edge data centers » sont localisés à la périphérie des villes et des métropoles. En fait, ce serait plutôt l'inverse : les « edge data centers » sont fonctionnellement situés à la périphérie des systèmes numériques, mais géographiquement concentrés au cœur des villes et des métropoles.
27. European Commission, *ibid.*



Data center de Digital Realty (Interxion), rue du Rateau, La Courneuve (93), Source : L'Institut Paris Region, 2021.

ou « cloud de proximité », que certains chercheurs[28] jugent aujourd'hui indispensable à la performance technique et surtout à l'efficacité énergétique du modèle.

Cette perspective est intéressante car, au sein d'une « galaxie de clouds »[29] hébergés par des data centers de tailles très diverses et pas seulement par des data centers géants, les bâtiments ou du moins les sites des data centers traditionnels devenus obsolètes seraient susceptibles de prendre demain toute leur place dans la réorganisation spatiale de l'offre, notamment en raison de la disponibilité électrique, de la présence d'un écosystème numérique local…

28. Sur ce sujet, voir notamment les travaux en cours au CEA au sein de l'équipe de Florent Kirchner, chef du département d'ingénierie des logiciels et des systèmes et co-porteur du Programme et Equipements Prioritaires de Recherche « Développement de technologies avancées de cloud » (https://www.cea.fr/presse/Pages/actualites-communiques/ntic/quel-avenir-pour-le-cloud-face-aux-enjeux-de-frugalite.aspx)
29. L'expression est de Florent Kirchner, *ibid.*

L'ÎLE-DE-FRANCE, UNE RÉGION ATTRACTIVE DANS UN PAYS ATTRACTIF ?

L'Europe, un continent qui compte dans le monde des data centers

L'Europe compterait aujourd'hui plus de data centers que les États-Unis (2 904 contre 2 701, sur les 8 167 recensés dans le monde en 2022[30]).

Par ailleurs, la consommation énergétique des data centers des pays de l'Union européenne, qui a déjà augmenté de 42% entre 2010 et 2018, devrait encore augmenter de 21% entre 2018 et 2025, pour atteindre 92,6 TWh par an, avec un accroissement de la concentration de la consommation énergétique dans les pays du nord et de l'ouest de l'Union, dont la part devrait passer de 82% en 2018 à 87% en 2025[31].

L'Île-de-France, un pôle qui compte dans l'Europe des data centers

Une position intermédiaire

Quatre pays concentrent plus de la moitié des datacenters européens (1 488 sur 2 904[33]) et, dans chacun de ces quatre pays, une région économique concentre au moins un tiers des data centers du pays (en nombre et sans doute, mais l'information n'est pas disponible, une part encore plus forte en superficie et surtout en puissance électrique installée) : Londres (193 data centers sur 456 au Royaume-Uni), Francfort (123 sur 487), Amsterdam (119 sur 281) et Paris (113 sur 264[34]), ensemble souvent dénommé « FLAP » par les analystes des marchés des data centers, qui lui associent souvent Dublin (46 data centers sur 49 en Irlande) pour former l'ensemble « FLAP+D ».

30. Data centers recensés au 15/9/2022 sur la plateforme Cloudscene (https://discover.cloudscene.com/search/data-centers).
31. European Commission, « Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market », 2020.
32. On peut citer les principaux : Data center pricing (www.datacentrepricing.com), Cloudscene (https://cloudscene.com/), DC-Byte (https://dcbyte.com/)…
33. Data centers recensés au 15/9/2022 sur la plateforme Cloudscene (https://discover.cloudscene.com/search/data-centers)
34. Paris représente ainsi 42% des data centers du pays selon le recensement de Cloudscene. D'autres recensements donnent des proportions significativement différentes, mais en retenant aussi des définitions différentes. Par exemple, dans sa récente publication « Guide pratique à destination des élus franciliens » (2022), Choose Paris Region se réfère à la « Cartographie 2021 des 215 data centers neutres [c'est-à-dire de colocation] en France » pour recenser 74 data centers en Île-de-France, soit 34% des data centers du pays. En plus du nombre de data centers, la plateforme Cloudscene propose aussi le nombre de « providers » (fournisseurs accueillis dans les data centers de colocation) pour classer entre eux les marchés régionaux. En nombre de datacenters c'est Lille qui arrive en seconde position après Paris, avec 18 datacenters (pour 62 providers), alors qu'en nombre de providers c'est Marseille, avec 357 providers pour 10 datacenters.

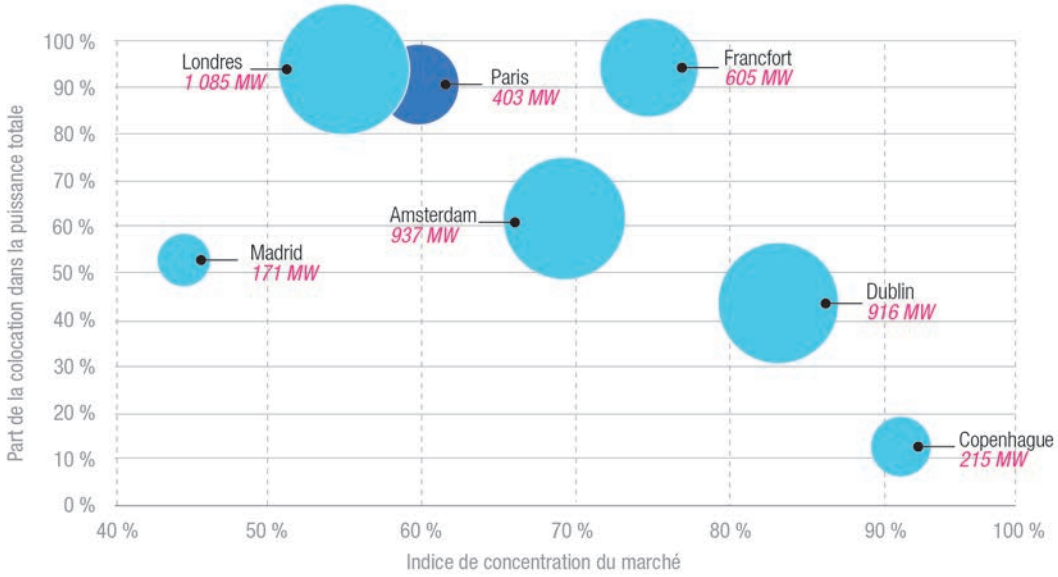
« Chiffres et sources »

Pour apprécier le poids relatif des datacenters dans le monde, en Europe, en France, en Île-de-France et dans les autres grandes métropoles européennes, on dispose d'un foisonnement de sources d'informations le plus souvent difficiles à recouper entre elles en raison tout à la fois :

- de différences de périmètres techniques, c'est-à-dire différences entre les définitions considérées pour « un data center » (par exemple, Synergy research group se concentre sur les « hyperscale data centers », tandis que Data center map privilégie les « colocation data centers ») ;
- de différence de périmètres géographiques (par exemple, Cloudscene considère que Marcoussis, Élancourt, Les Clayes-sous-Bois ou même Asnières-sur-Seine ne sont pas dans la « Paris Region ») ;
- de différence de variables utilisées : nombre de data centers, nombre de bâtiments de data centers, nombre de sites (unités foncières) de data centers ; superficie des bâtiments de data centers, superficie des sites (unités foncières) de data center ; puissance électrique « réservée », effectivement « raccordée » (avec ou sans doubles comptes en cas de redondance), effectivement « installée » (correspondant à la somme des puissance des équipements IT et infrastructurels effectivement raccordés à un moment donné); chiffre d'affaires ; « empreinte » (footprint), qui peut toutefois recouvrir des réalités multiples ; en revanche, il faut noter que le nombre d'emplois directs ou indirects liés aux data centers n'apparaît presque jamais dans les informations disponibles ;
- et bien sûr de différences de dates, ce qui est souvent le cas dans d'autres domaines mais qui constitue une difficulté particulière dans un domaine comme celui des data centers qui évolue très vite.

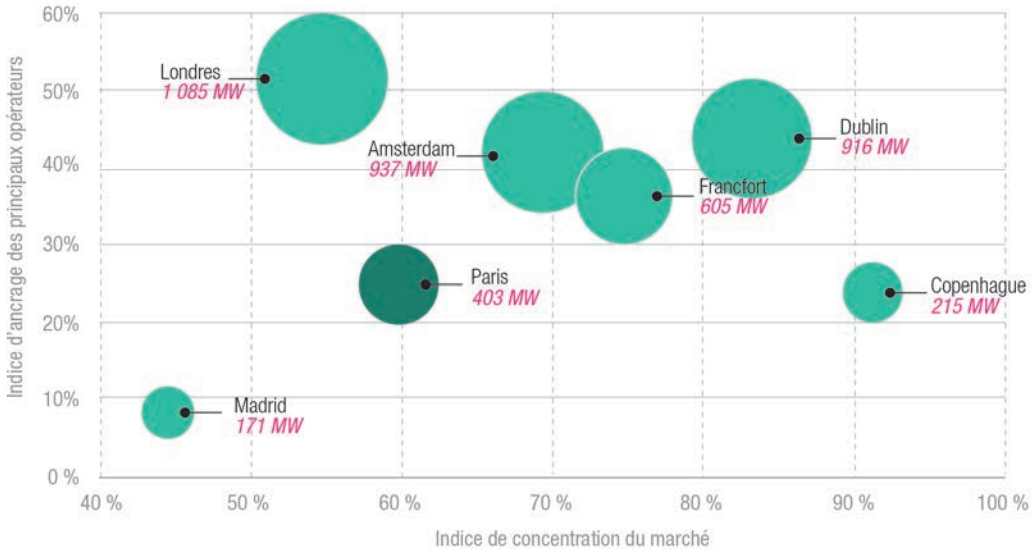
Par ailleurs, il faut noter que la quasi-totalité des informations disponibles – certaines en partie gratuitement – en matière de data centers sont produites par des acteurs privés[32], notamment dans le but de mieux connaître les marchés et ainsi d'orienter leurs clients vers des solutions d'externalisation de la gestion de leurs données. C'est un peu comme si les agences immobilières produisaient la quasi-totalité des sources disponibles en matière de logement.

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES 7 PRINCIPAUX PÔLES EUROPÉENS



La surface des disques de couleur est proportionnelle à la puissance installée (en service ou en construction) totale du pôle au 2e trimestre 2021, indiquée sous le nom du pôle.
Indice de concentration du marché : rapport entre la puissance installée cumulée des 5 principaux opérateurs du pôle et la puissance installée totale du pôle.
Part de la colocation dans la puissance installée totale : attention, faute d'un détail suffisant dans les données disponibles, celle-ci est calculée sur la puissance des data centers existants (en service ou en construction) ou dont le projet était considéré comme engagé (« committed ») au 2e trimestre 2021, plutôt que sur la seule puissance installée des data centers existants.
Source : DC-Byte / The Franck Knight Team, 2021-Q2 Définitions et calcul des indicateurs : L'Institut Paris Region, 2022

DÉPENDANCE CROISÉE ENTRE PÔLES ET OPÉRATEURS



Comme dans le graphique précédent, la surface des disques de couleur est proportionnelle à la puissance existante (en service ou en construction) totale du pôle au 2e trimestre 2021, indiquée sous le nom du pôle.
Indice de concentration du marché : rapport entre la puissance existante cumulée des 5 principaux opérateurs du pôle et la puissance existante totale du pôle.
Indice d'ancrage des opérateurs : rapport entre la puissance existante cumulée des 5 principaux opérateurs et la puissance existante totale de ces 5 opérateurs dans les 7 pôles considérés.
Source : DC-Byte / The Franck Knight Team, 2021-Q2 / Définitions et calculs des indicateurs : L'Institut Paris Region, 2022

La forte concentration de data centers au sein de ces quatre régions économiques est le reflet de leur poids ancien dans l'économie de leur pays et du continent, de la plus forte numérisation de leurs économies et de l'intensité des échanges d'informations entre elles.

Paris, Londres et Francfort se distinguent par une plus forte proportion de data centers de colocation dans la puissance installée totale. Paris et Londres se distinguent aussi par une moins forte concentration de leur marché puisque les cinq opérateurs les plus présents (Equinix, DATA4, Global Switch, Interxion et Scaleway) représentent moins des deux tiers de la puissance installée totale (voir graphique p. 21 haut). En revanche, Paris se distingue aussi par un ancrage relativement limité de ces cinq opérateurs les plus présents, pour lesquels la région ne représente en moyenne qu'un quart de la puissance installée dans l'ensemble des sept régions européennes considérées. Autrement dit, certes Paris n'a pas jusqu'ici « mis tous ses œufs dans le même panier », mais les opérateurs concernés non plus. La situation est assez différente à Londres qui, pour les cinq opérateurs qui y sont les plus présents (Equinix, Virtus, Ark, Digital Realty et Global Switch), représente en moyenne plus de la moitié de la puissance installée dans l'ensemble des sept régions européennes considérées (voir graphique p. 21 bas). Globalement, les données disponibles pour comparer les principaux pôles européens en matière de data centers suggèrent que, si Londres, Francfort et Amsterdam s'affirment déjà comme des points de desserte internationale, l'Île-de-France joue encore un rôle principalement national et régional, au service essentiellement de sa propre économie.

Des motifs multiples de renforcement de la position de l'Île-de-France

Des motifs multiples pourraient plaider pour un renforcement de la position de l'Île-de-France sur le marché européen des data centers.

Dans un rapport de 2021[35], le leader international des data centers de colocation Equinix identifie Paris, au sein du marché européen, comme le « centre métropolitain qui connaît la croissance la plus rapide et un important écosystème pour les secteurs du transport, de l'énergie et des services publics ».

Dans un autre rapport[36], le bureau de conseil *Arcadis Data Center Index 2021* reconnaît plus largement la France comme un emplacement mondial de premier rang pour l'implantation des data centers. Sur la base d'un indicateur agrégeant des critères « d'offre » et « de demande », il classe la France à la 9e place parmi les 50 pays étudiés, juste derrière les pays nordiques (Suède 4e, Norvège 5e, Danemark 6e et Finlande 8e), mais assez loin devant les pays actuellement leaders en Europe (Royaume-Uni 13e, Pays-Bas 19e et Allemagne 26e). Ainsi, avec un retour sur investissement rapide et certain et une performance durable, le marché français serait l'un des plus attractifs pour les investisseurs et opérateurs.

Selon ce rapport, les principaux avantages de la France sont :

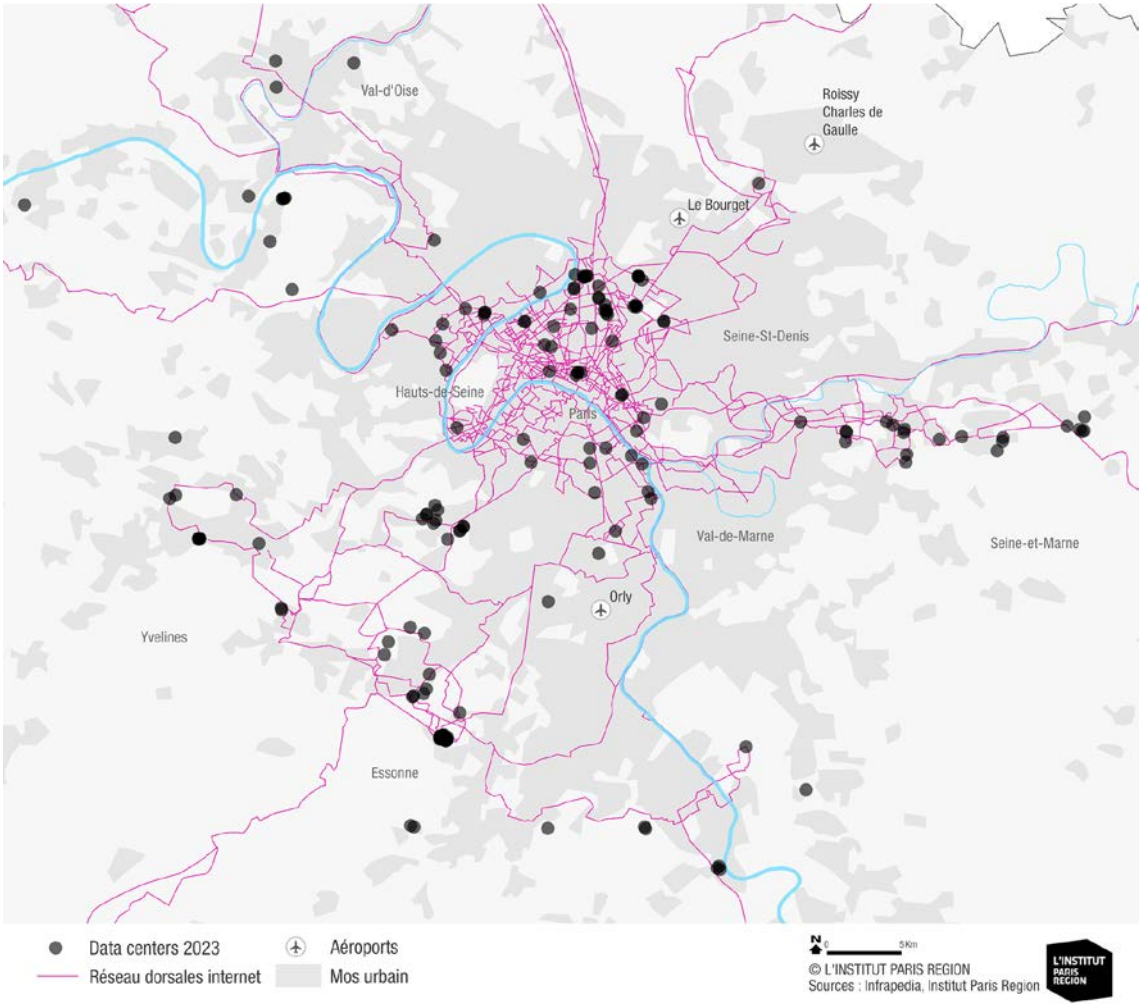
- **la taille de son marché des technologies de l'information et des communications (3e en Europe) ;** le rapport souligne que le gouvernement français accompagne la numérisation de son économie, en investissant 20 milliards d'euros dans le haut débit, afin d'atteindre chaque foyer français d'ici 2030 ;
- **la taille de son marché intérieur** (10e au monde) ;
- **la fiabilité de son réseau électrique ;** le rapport prend également en compte le prix de l'électricité – pour lequel la France se situe dans la moyenne des 50 pays étudiés – mais pas le caractère largement décarboné de l'électricité française, qui constitue un avantage important, mis en avant notamment par le syndicat professionnel France Datacenter ;
- **son niveau de cybersécurité.**

Le rapport d'Arcadis mentionne toutefois quelques inconvénients de la France (une couverture médiocre en haut débit mobile et une relative difficulté d'obtention des permis de construire), mais n'évoque pas la fiscalité relativement avantageuse (réduction du taux de la taxe intérieure sur la consommation de produits énergétiques pour les data centers).

Il n'évoque pas non plus la bonne connexion de la France aux autres pays d'Europe, mais aussi d'Amérique et d'Afrique par des réseaux de transmission de large bande (« dorsales internet »). Plusieurs câbles sous-marins relient l'Europe à l'Amérique du Nord depuis les côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique. Depuis le Brexit, cette position favorable de la France a gagné en importance, permettant de faire un lien direct entre les Etats-Unis et l'Europe. Cela permet également d'assurer le flux de données vers le reste de l'Europe et l'Orient et plus récemment vers l'Afrique, en passant par Marseille et la côte méditerranéenne.

35. Equinix Inc., « GXI Indice d'interconnexion mondial Vol. 5, Mesurer la croissance de l'économie numérique mondiale », 2021, https://cf.equinix.com/resources/infopapers/gxi-report-vol-5
36. Arcadis, « The Arcadis Data Center Location Index 2021 », 2021, https://datacenters.arcadis.com/locationindex/p/1

RÉSEAU DORSALES INTERNET



Le rapport d'Arcadis souligne l'importance de l'Île-de-France qui concentre 70 % de l'« empreinte » des data centers du pays[37]. Il pourrait ajouter :

- que de nombreux acteurs du numérique, du traitement et d'hébergement de données se sont implantés en Île-de-France où de nombreuses entreprises et clients potentiels sont localisés ;
- qu'il existe un tissu dense de prestataires de services, indispensables pour la gestion et l'entretien de ces installations hautement spécialisées ;
- que l'Île-de-France compte de multiples institutions académiques et de recherche qui peuvent également favoriser le choix d'implantation ;
- que c'est aussi par Paris et l'Île-de-France que les réseaux de transmission large bande passent, en très grande majorité, entre l'ouest et l'est et entre le nord et le sud ; même si une faible part des données qui transitent par la région y sont effectivement utilisées, cette localisation contribue à l'attractivité de l'Île-de-France ;
- qu'il existe une politique volontariste de certains acteurs publics, régionaux, départementaux et locaux, pour faciliter l'implantation en Île-de-France de nouveaux investisseurs et opérateurs.

À ces multiples facteurs d'attractivité pour de nouveaux acteurs, s'ajoutent des facteurs de relocalisation pour des acteurs déjà présents en France et en Île-de-France. Il s'agit des facteurs liés aux enjeux de souveraineté et de compétitivité :

- l'Union européenne, au travers de son règlement général sur la protection des données (RGPD), protège les données en elles-mêmes mais aussi leur extra-territorialisation ;
- le gouvernement français a pris des dispositions en matière de stratégie industrielle ou de label

37. « *Data center footprint* » faisant probablement référence à la part du marché national des data centers.

(« cloud de confiance » visant à éviter que les données hébergées soient régies par des lois autres que françaises) comme de transformation numérique des administrations ;
- enfin, les comportements volontaires et citoyens de certaines entreprises, qui privilégient les hébergeurs nationaux, peuvent eux aussi participer au renforcement de la position de l'Île-de-France en matière de data centers.

Pas de signe de renforcement effectif de la position de Paris en Europe à court ou moyen termes

Malgré ces motifs multiples, le renforcement de la position de l'Île-de-France en Europe ne semble pas montrer, du moins au regard des données comparatives disponibles, de signe de concrétisation à court ou moyen termes.

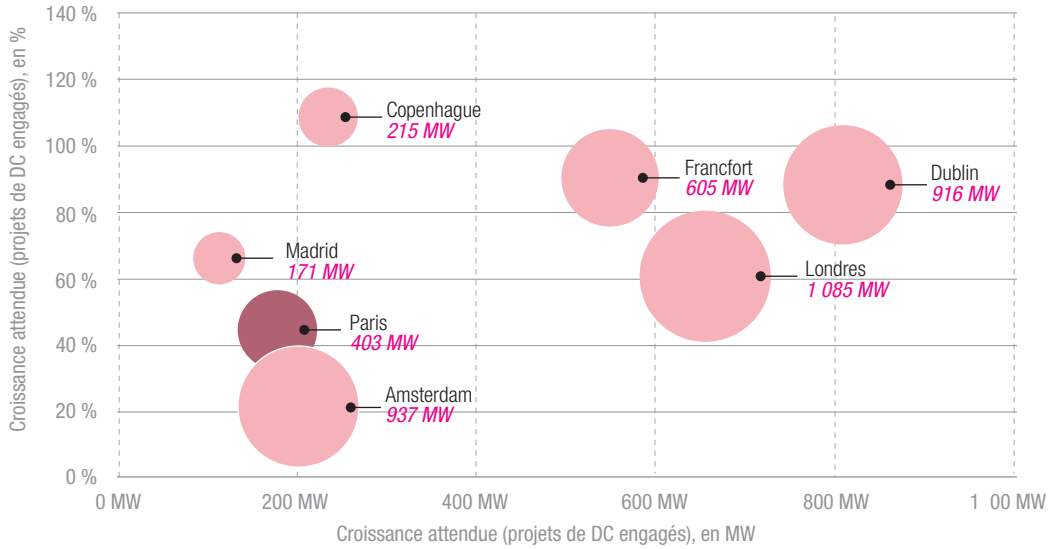
En effet, parmi les sept régions européennes considérées ici (voir graphique ci-après), Paris se classe :
- sixième sur sept pour la croissance attendue à moyen terme, exprimée en MW, de la puissance installée, devant Madrid, mais avec une croissance quand même près de deux fois plus élevée que celle de la capitale espagnole (+178 MW contre + 113 MW) ;
- sixième pour la croissance attendue à moyen terme, exprimée en pourcentage, de la puissance installée, devant Amsterdam, mais avec un pourcentage de croissance deux fois plus élevé que celui de la métropole hollandaise (+44%) .

Néanmoins, des perspectives de croissance très fortes

Le taux de croissance (+44%) lié aux projets engagés à court et moyen termes en Île-de-France n'en est pas moins impressionnant.

Il est à mettre en relation avec :
- les puissances récemment contractualisées par les opérateurs de data centers auprès du seul opérateur de transport RTE (au printemps 2023, elles atteignent 3 GW, soit l'équivalent de la pointe de consommation d'hiver de la ville de Paris), sans compter les puissances contractualisées auprès de l'opérateur de distribution Enedis, qui ne sont pas connues[38].
- l'arrivée des acteurs américains du cloud (Amazon, Microsoft, Google et Oracle) en Île-de-France au cours des dernières années[39].

CROISSANCE ATTENDUE À MOYEN TERME DANS LES 7 PRINCIPAUX PÔLES EUROPÉENS

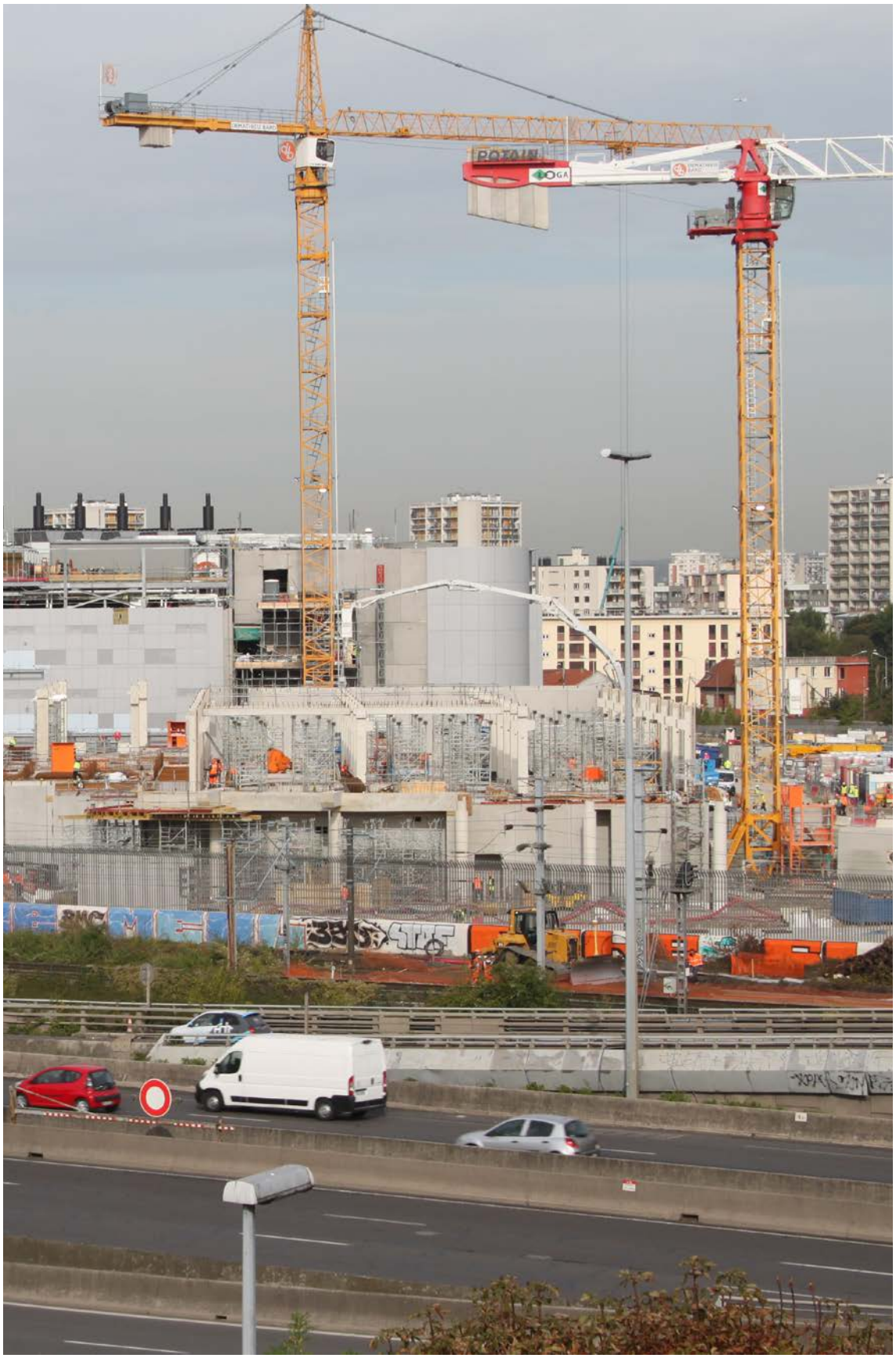


Comme dans les graphiques précédents, la surface des disques de couleur est proportionnelle à la puissance des data centers existants (en service ou en construction) totale du pôle au 2ème trimestre 2021, indiquée sous le nom du pôle. Croissance attendue : puissance cumulée des data centers dont le projet était considéré comme engagé (« committed ») au 2ème trimestre 2021.

Source : DC-Byte / The Franck Knight Team, 2021-Q2 / Définitions et calculs des indicateurs : L'Institut Paris Region, 2022

38. Aujourd'hui, la quasi-totalité des data centers franciliens est pourtant raccordée au réseau de distribution d'électricité d'Enedis.

39. https://www.journaldunet.fr/web-tech/guide-de-l-entreprise-digitale/1514137-la-carte-secrete-des-data-centers-des-clouds-providers-americains-en-france/



Le data center PAR 8-11 de Digital Realty (Interxion) en construction à La Courneuve. Source : L'Institut Paris Region, 2021.

2 • ÎLE-DE-FRANCE : CROISSANCE ET DIVERSITÉ

2.1 LES DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE : UNE STRUCTURE TYPOLOGIQUE ET GÉOGRAPHIQUE EN ÉVOLUTION RAPIDE

L'analyse du parc francilien de data centers permet d'observer une concentration dans certains territoires. Elle révèle aussi des logiques d'implantation selon des critères comme la proximité des clients, l'opportunités de foncier, la disponibilité électrique et des enjeux d'interconnexion.

Les territoires[40] :

- **Dans le cœur de l'agglomération parisienne,** implantation et développement des data centers sont d'abord liés aux points d'échange d'internet et à la proximité de clients et d'entreprises. À Paris et dans le secteur élargi de La Défense/Nanterre, les data centers sont souvent intégrés dans un tissu urbain dense et mixte. Dans ce parcellaire finement maillé, ils prennent place dans des bâtiments existants (industriels du 19e siècle, téléphoniques ou mixtes) transformés, des sous-sols, des bunkers, etc.
- **En dehors du cœur métropolitain, mais toujours en agglomération dense,** l'implantation des data centers s'explique davantage par un foncier disponible et attractif tout en restant à proximité de Paris. Les parcelles sont plus grandes et le tissu urbain était favorable pour leur accueil (ancien tissu industriel avec beaucoup de vacance), les échelles adaptées et les prix abordables. Au fil de temps, ces « territoires servants » au service de grands espaces métropolitains sont aujourd'hui passé au numérique. Les concentrations se confirment par exemple en Seine-Saint-Denis (Saint-Denis, Aubervilliers, Pantin et La Courneuve). Grâce aux écosystèmes du numérique qui se sont formés et aux enjeux d'interconnexion entre les data centers, une localisation proche de ces clusters semble même plus stratégique pour certains acteurs que celle au cœur de l'agglomération.

Ici, les centres de données occupent souvent des parcelles soumises au recyclage urbain (changement d'usage sur une parcelle bâtie) dans d'anciennes zones industrielles ou d'activités, et réinvestissent de bâtiments existants comme d'anciens hangars. Avec un foncier de plus en plus rare dans ces territoires, une nouvelle construction peut aujourd'hui atteindre plusieurs étages.

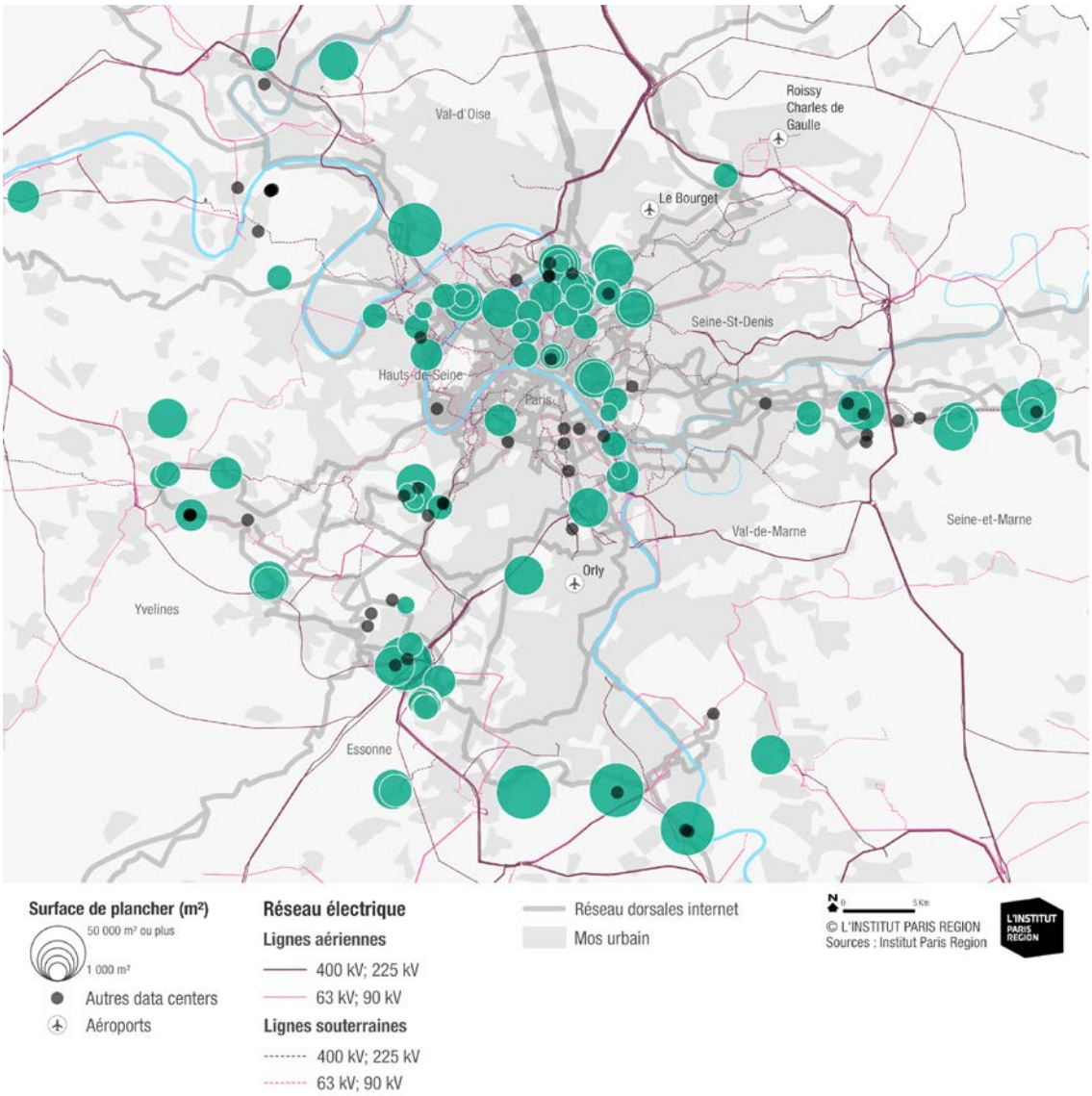
Pour ces deux types de territoires, les data centers sont souvent intégrés dans des bâtiments mixtes qui hébergent plusieurs fonctions ou activités (entreprises, bureaux etc.).

40. Inspiré par les trois types de territoires « gateways hyperurbains », « périphéries métropolitaines » et « monde rural et territoires périurbains » décrits dans Diguet Cécile, Lopez Fanny (codir.), « Les impacts énergétiques et spatiaux des data centers sur les territoires », Note rapide, n° 828, L'Institut Paris Region, décembre 2019.

- **Les territoires périurbains** sont occupés par de très grands sites de data center. Des dizaines, voire centaines de milliers de m² de serveurs par bâtiments ont été construits autour du Plateau de Saclay et le long de l'A4 à Marne-la-Vallée. Souvent, les installations concernent de très grandes parcelles, dans ou en bordure des sites d'activités économiques (SAE). Ces zones étaient auparavant de terrains agricoles, voire naturels, mais aussi d'anciens sites industriels. Une telle construction est rarement faite dans une logique de sobriété foncière et une construction en hauteur y est rare.

En simplifiant, on peut mentionner que les différents types de data centers (voir « Les data centers, des bâtiments et des sites spécifiques ») ont tendance à s'implanter dans certains de ces territoires. Ainsi, le cœur de l'agglomération est notamment doté de data centers dédiés à la finance, à l'*edge computing*, au traitement des données spécialisées et ultrarapides… tandis que les grands et moyens acteurs de la colocation, du cloud et ceux reliés à la recherche, ont tendance à prioriser les territoires proches du cœur de l'agglomération et pour autant des tissus moins denses et en transformation urbaine. Les data centers dédiés à une entreprise ou un grand client (assurance, banques, innovation, données publiques) ou les acteurs « hyperscale » s'implantent plus aisément dans les contextes peu denses et à l'écart de l'urbanisation.
Sur les pages suivantes, L'Institut Paris Region propose une analyse plus fine de la base de données des data centers qui permet de mieux comprendre la structure typo-géographique du parc francilien.

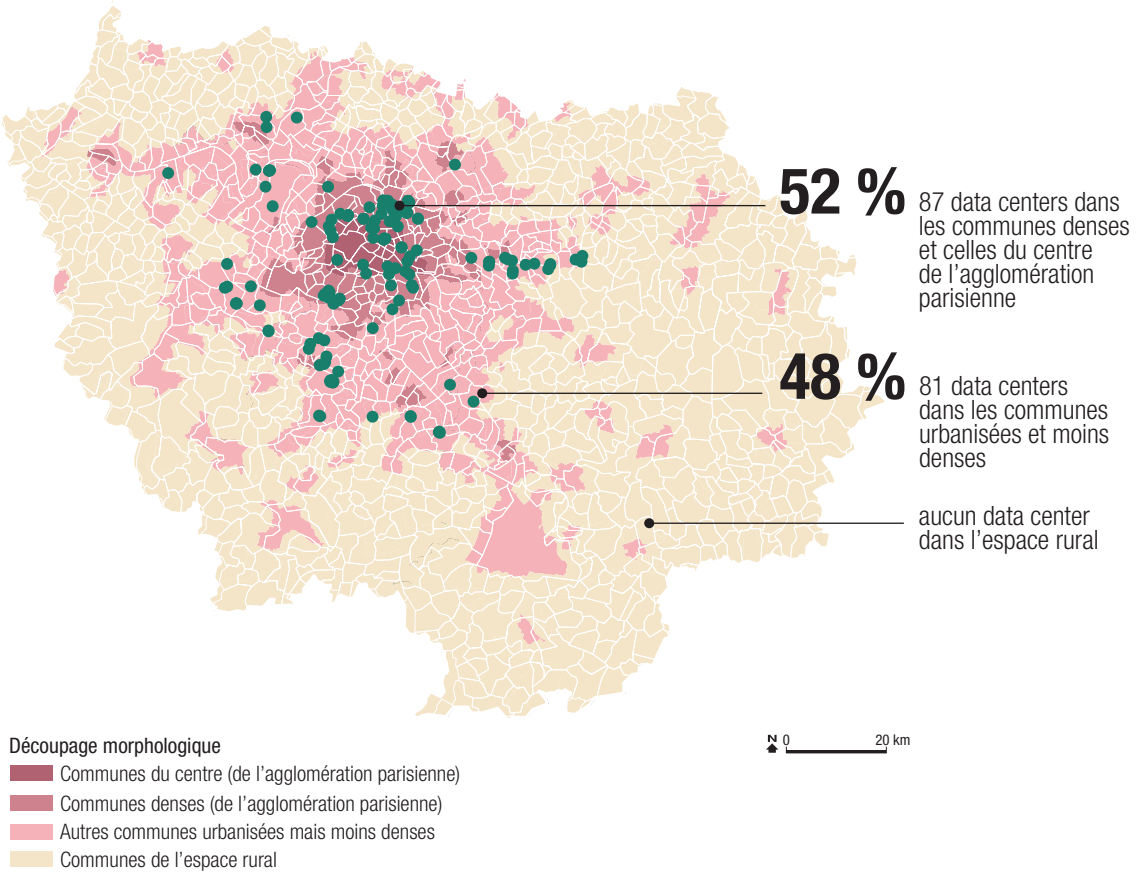
DATA CENTERS ET RÉSEAUX (ÉLECTRIQUE ET INTERNET)



Connaître pour agir : la base de données des data centers en Île-de-France[41]

En avril 2023, la base de données (BDD) de L'Institut Paris Region compte 168 data centers[42] en Île-de-France sur 115 sites (unités foncières). Elle comprend les data centers de colocation et de cloud (Data4, CyrusOne, Telehouse, Scaleway, Equinix, Interxion, OVH...), de recherche (universités, laboratoires), de traitement de données publiques (Ministère de l'Economie), de banques et de grandes entreprises (Atos, EDF, IBM...) et de télécom (SFR, Bouygues, Orange...). Un DC dans notre BDD peut donc correspondre à un bâtiment dédié tout comme une installation au rez-de-chaussée d'un bâtiment mixte. La taille de ces installations varie en fonction de leurs typologies et le type d'inscription dans son site (voir schémas ci-après). La BDD comprend des data centers en exploitation et en projet, mais aussi ceux qui sont fermés et des projets abandonnés. Toutes ces installations se situent dans un rayon de 40 kilomètres autour de Paris. Réparties et disséminées à travers l'agglomération, ils se situent dans des contextes urbains très divers.

Selon une analyse de la morphologie de l'agglomération[43] et de la base de données, ces 168 data centers franciliens se répartissent comme suit[44] :

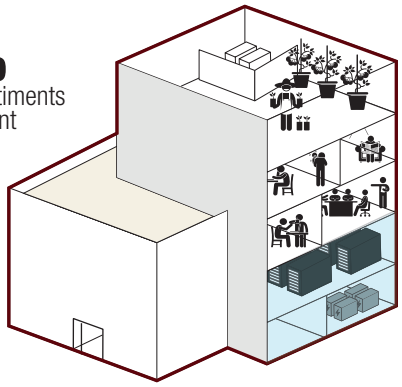


41. Qu'est-ce qui est compté comme data center dans notre base de données ? Quelles sont les données dont nous disposons ? Voir l'annexe pour savoir plus sur l'origine de la Base de données et la méthodologie.
42. 117 data centers en exploitation confirmée, 32 en projet ou en construction, 12 pour lesquels l'état d'exploitation reste à confirmer (pas de certitude si toujours en activité ou non), 7 sites fermés/fermeture prochaine/projets abandonnés. La BDD de L'Institut Paris Region compte en réalité 175 points, donc 7 qui sont exclus de ces travaux en raison d'un manque d'information. Il s'agit principalement des projets très peu définis à ce stade.
43. Découpage morphologique 2017 de L'Institut Paris Region.
44. 23 Data centers sont situés dans une commune du centre de l'agglomération parisienne (AP), 64 dans une commune dense de l'AP, et 34 dans une autre commune majoritairement urbanisée de l'AP. 41 se localisent dans une autre commune de l'AP et donc 6 dans une des principales communes des autres agglomérations.

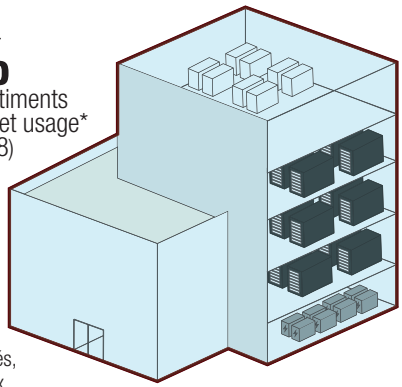
Comme mentionné plus haut, les data centers franciliens se sont installés dans des bâtiments qui se distinguent par leur destination initiale et par leur programmation :

- seulement un quart des data centers franciliens dans des bâtiments à programmation mixte...

27 %
dans des bâtiments qui accueillent plusieurs usages
(46 sur 168)



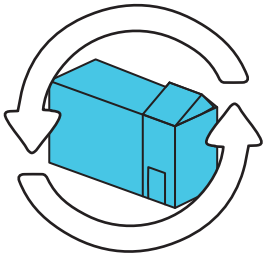
73 %
dans des bâtiments réservés à cet usage*
(122 sur 168)



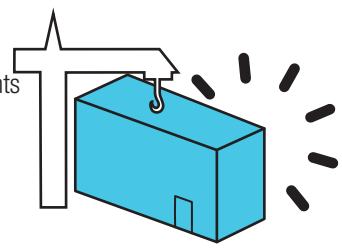
* hors usages internes attachés, comme bureaux du même opérateur

- plus de bâtiments transformés que spécialisés (construits à neuf pour l'usage de data center)...

55 %
dans des bâtiments transformés
(92 sur 168)



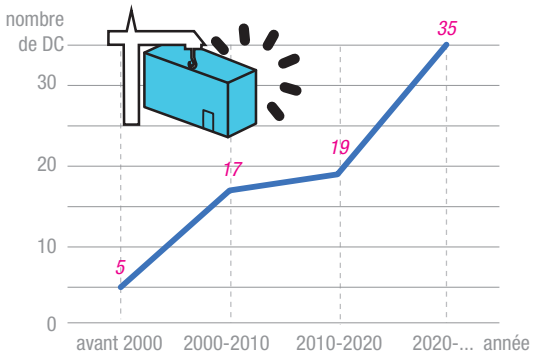
45 %
dans des bâtiments spécialisés ou purpose-built data centers
(76 sur 168)



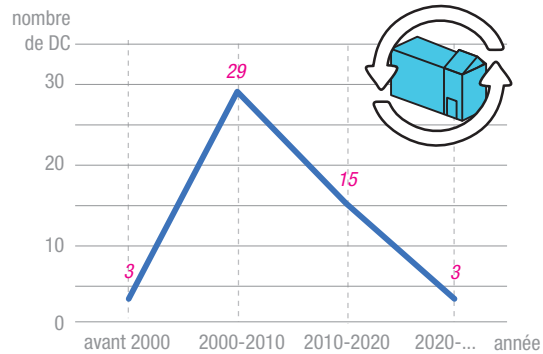
La plupart des bâtiments qui sont ou ont été construits à dessein pour l'accueil du data center servent exclusivement ou très majoritairement à l'usage de data center[45]. Une exception est par exemple le data center de la Ville de Paris et de l'AP-HP. Livré en 2019, le bâtiment de la Chapelle internationale accueille un data center parmi d'autres activités.

La croissance du secteur, citée dans la partie précédente, se confirme aussi par l'observation des bâtiments accueillants des data centers avec notamment le focus sur la date de construction pour les bâtiments spécialisés (crées pour intégrer le data center, voir explication ci-après) et la date de mise en service du data center pour les bâtiments transformés :

Construction des data centers dans des bâtiments spécialisés



Mise en service des data centers dans des bâtiments transformés*



* seulement 50 des 92 DC dans des bâtiments transformés prises en compte par manque d'informations sur les autres.

© L'INSTITUT PARIS REGION, 2023
Source : L'Institut Paris Region, 2023

45. Note : souvent les gestionnaires ou propriétaires du site logent une partie de leurs bureaux dans les mêmes bâtiments que les data centers. Par manque de connaissance sur la part que ces bureaux représentent, ces cas ne sont rarement pris en compte dans notre base de données et les bâtiments considérés comme réservés à cet usage.

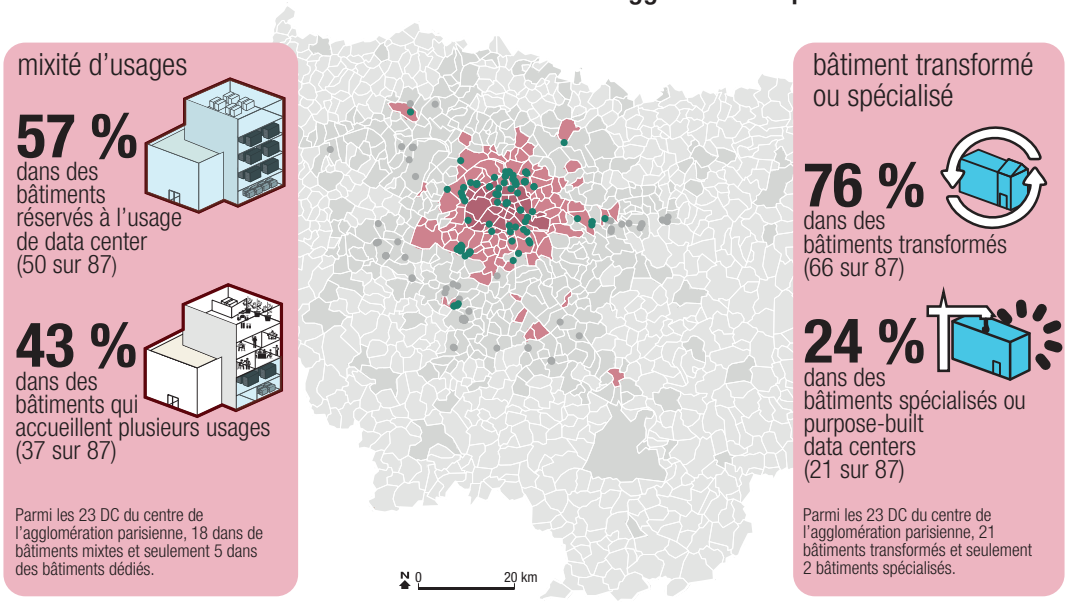
Cette analyse nous montre une forte croissance parmi les data centers dans des bâtiments spécialisés, tandis que les mises en service de data centers dans des bâtiments transformés se réduit. Elle était beaucoup plus forte entre 2000 et 2010 et la décennie 2020 n'est qu'à ses débuts.
Le secteur va donc à l'inverse d'une dynamique de recyclage, de transformation, et de reconditionnement du parc bâti existant, bien qu'il ait été pionnier à ses débuts.

En termes de répartition spatiale des data centers, deux dynamiques peuvent être observées, qui sont **la clusterisation et la dissémination.**
La clusterisation, signifiant un regroupement de data centers dans certains secteurs, peut concerner :

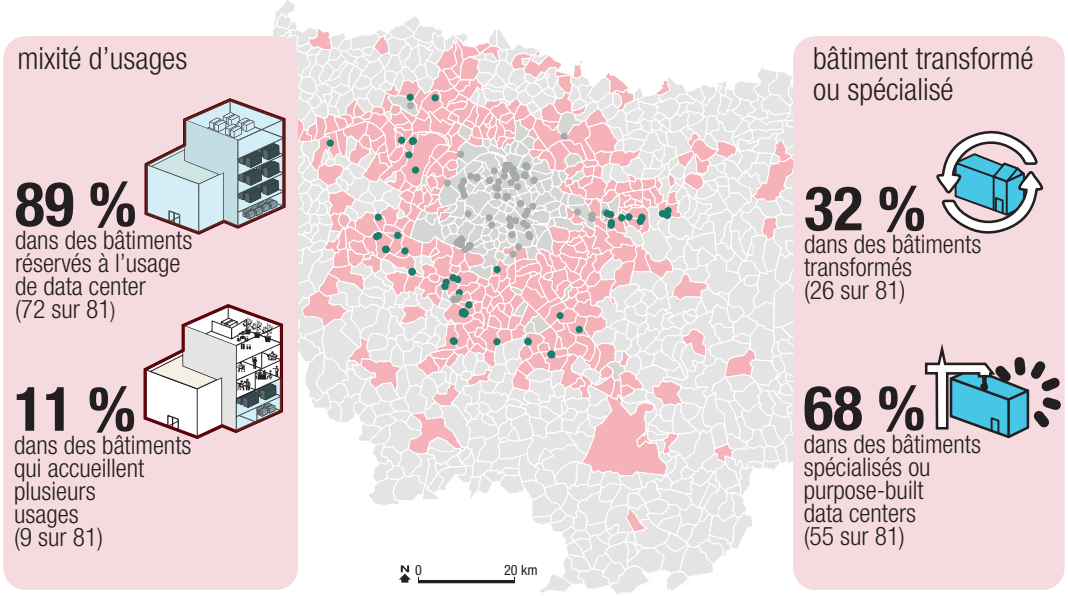
- Une accumulation de data centers sur un même site (une unité foncière), le plus souvent d'un seul opérateur (le cas extrême : Data4 à Marcoussis, qui regroupera à terme 23 bâtiments, dont 10 en projet).

CROISEMENT ENTRE LA MORPHOLOGIE DE L'AGGLOMÉRATION ET LES TYPES DE BÂTIMENTS

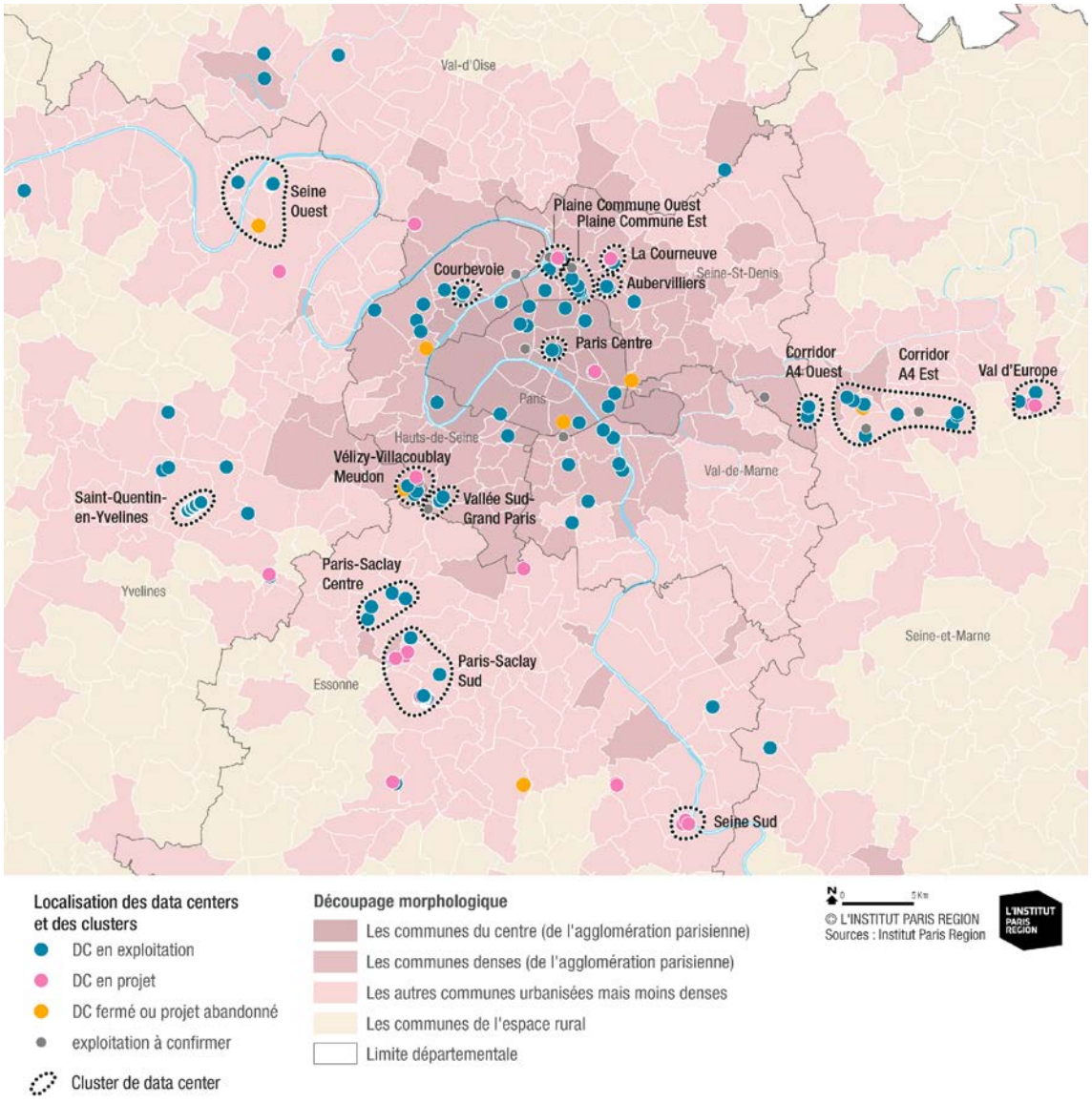
Dans les communes denses et celles du centre de l'agglomération parisienne...



Dans les autres communes urbanisées et moins denses...



RÉPARTITION TERRITORIALE DES DATA CENTERS



- Un regroupement de data centers sur des unités foncières distinctes, mais à proximité. De plus souvent de plusieurs opérateurs, l'un des opérateurs peut parfois avoir plusieurs bâtiments dans le même secteur.

L'Île-de-France compte **16 clusters de data centers**[46], qui sont, d'Ouest en Est (voir ci-dessus) : Saint-Quentin-en-Yvelines, Seine-Ouest, Paris-Saclay Centre, Paris-Saclay Sud, Vélizy-Villacoublay-Meudon, Vallée Sud-Grand Paris, Courbevoie, Plaine Commune Ouest, Plaine Commune Est, Paris Centre, Aubervilliers, La Courneuve, Corridor A4 Ouest, Seine Sud, Corridor A4 Est et Val d'Europe.

D'autres data centers sont disséminés à travers le territoire francilien, avec comme résultat certains cas très isolés, comme le récent data center de Thésée à Aubergenville.

Alors que l'effet de la clusterisation semble se confirmer en Île-de-France, ce sont les deux tendances qui se poursuivent parallèlement, selon l'analyse des cas récents et des projets en cours.

Dans l'avenir, l'évolution et la consolidation de clusters existants et la création de nouveaux clusters dépendra à la fois des dynamiques du marché ainsi que d'une éventuelle stratégie régionale de développement des data centers élaborée et portée par les acteurs publics.

46. Définition du cluster selon requête spatiale. La distance entre deux data centers dans le centre de l'agglomération est de 1 km et de 3 km en dehors de cette zone. Le nombre minimal d'un cluster est de trois data centers.

Identifier les critères spatiaux et programmatiques pour établir une typologie spatiale

Esquissés dans la partie 1 de ce rapport, certains critères d'ordre spatial et programmatique permettent d'établir une typologie des data centers. Nous reprenons ici la même numérotation qu'à la page 12 et détaillons ces critères :

15. La localisation globale dans l'agglomération : dans les communes du cœur de la métropole, de l'agglomération dense, de l'espace majoritairement urbanisé, de la frange de l'urbanisation...

16. L'environnement urbain local : les tissus urbains denses ou moins denses.

17. Les unités foncières (« sites ») grandes ou contraintes (îlot de propriété d'un seul tenant, composé d'une parcelle ou d'un ensemble de parcelles)

18. La localisation ou non dans un cluster de data centers.

19. La programmation du bâtiment :
    - Bâtiment à programmation mixte : bâtiment accueillant plusieurs activités (bureaux, entreprises, logements), dont celle du data center dans une partie du bâtiment. Concerne bâtiments transformés (fréquent) ou nouvelles construction (très rare).
      Synonymes : bâtiment partagé, data center intégré.
    - Bâtiment réservé (au data center) : bâtiment sert exclusivement ou très majoritairement à l'usage de data center. Peut se retrouver dans des bâtiments spécialisés ou transformés. L'Île-de-France compte de nombreux exemples de bâtiments transformés et réservés au DC.
      (Les bâtiments de télécom sont susceptibles de contenir aussi des bureaux. Par manque d'information, nous les avons classés comme bâtiments réservés).
      Synonymes : bâtiment dédié au data center, à usage exclusif.

20. Destination initiale du bâtiment d'accueil
    - Bâtiment transformé : bâtiment existant transformé pour accueillir le data center. Usage DC n'a pas été considéré au moment de la conception du bâtiment. Date de construction du bâtiment diffère de date de mise en service du DC. Peut concerner bâtiment à programmation mixte ou réservé.
      Synonymes : bâtiment ancien, existant, réutilisé, reconditionné, bâtiment réhabilité ou renouvelé, data center inséré.
    - Bâtiment spécialisé : accueil du DC considéré dès la conception du bâtiment. Date de construction du bâtiment égalé à la date de mise en service. Ce type aussi appelé « nouvelle construction », mais date de construction peut remonter jusqu'à la fin des années 1990/au début des années 2000. Ne concerne que très rarement de bâtiments à programmation mixte.
      Synonymes : bâtiment purpose-built, *neuf, nouvelle construction.*

21. Le processus d'installation des data centers (voir ci-contre)
- Dans l'existant (bâtiment transformé)
  - Insertion
  - Renouvellement du bâti
- Dans la construction neuve (bâtiment spécialisé)
  - Renouvellement du site
  - Densification
  - Artificialisation

22. L'inscription du data center dans son site (voir ci-contre)
    - bâtiment occupant tout le site
    - dans un bâtiment sur un plus grande site
    - data center sur un très grand site (type campus privé)

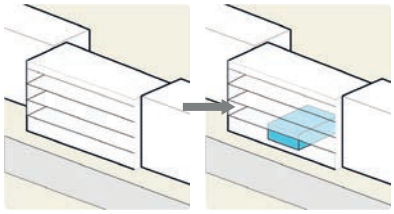
23. Le Coefficient d'Emprise au Sol (CES), qui, en lien avec le dernier point, calcule l'emprise au sol du bâtiment qui héberge le data center sur l'ensemble d'une unité foncière.

EXPLICATION DE DEUX CRITÈRES SPATIAUX

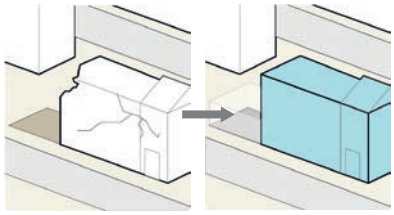
21. Les processus d'installation des data centers

Le bâtiment transformé

Insertion
Implantation d'un data center dans une partie d'un bâtiment existant (souvent locaux commerciaux ou techniques) ou occupation d'un bâtiment entier sans modification de la façade, etc.

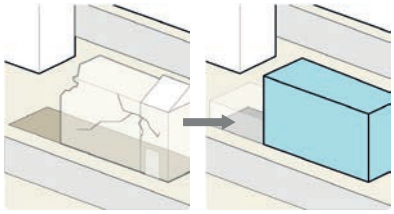


Renouvellement du bâti
Transformation d'un bâtiment existant (anciens sites commerciaux, de télécom ou friches industrielles, entrepôts, hangars...), en conservant des éléments de façade, structure...

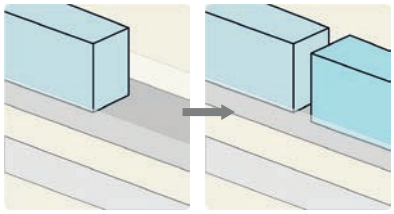


Le bâtiment neuf et spécialisé

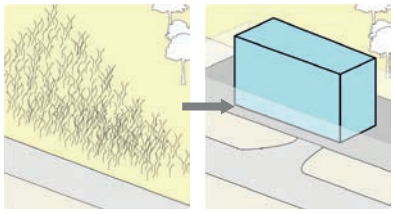
Renouvellement du site
Nouvelle construction sur terrain artificialisé (anciens sites commerciaux, de télécom ou friches industrielles, entrepôts, hangars...). Démolition du bâti ancien, mais parfois conservation de quelques détails du bâtiment ou site ancien (façade, toiture, forme bâtimentaire, etc.).



Densification
Nouvelle installation d'un data center sur un site déjà occupé par un data center.



Artificialisation
Nouvelle installation d'un data center sur un site auparavant classé comme terrain naturel, forestier ou agricole. Parfois en continuité de data centers existants.



D'autres phénomènes reliés

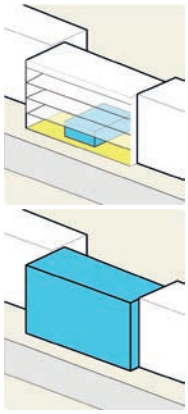
Intensification
Renouvellement et densification d'équipements informatiques insitu.

Disparition
Cessation d'activité de data center et reconversion de bâtiment ou site pour d'autres usages, parfois même de logements (exemples franciliens à Vélizy-Villacoublay et Lognes).

22. L'inscription du data center dans son site

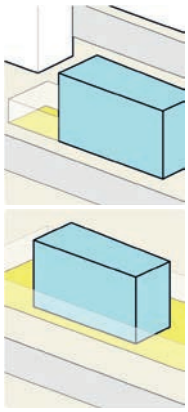
Data center ou bâtiment d'accueil occupe toute l'unité foncière
Data center occupant une salle technique d'un bâtiment mixte (avec logements, bureaux, commerces) ou un bâtiment dédié. Souvent, les équipements techniques sont cachés à l'intérieur du bâtiment, au sous-sol ou sur le toit. Généralement en tissus mixtes et denses (centre de l'agglomération) et en îlot mixte. Quelques cas occupent des immeubles de bureaux en tissus moins denses. Une ou plusieurs façades donnent sur l'espace public, avec plus ou moins grande visibilité sur l'usage de data center.

Exemples : le data center, en bleu, occupe une partie d'un bâtiment (haut) ou un bâtiment entier (bas). Dans les deux cas, le bâtiment occupe toute l'unité foncière. Généralement, il s'agit d'un **site contraint** (définition page suivante).



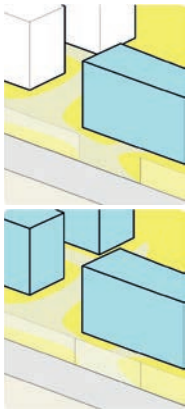
Data center ou bâtiment d'accueil occupe plus grande unité foncière
Site comporte partie extérieure plus ou moins considérable, où sont externalisés partie des éléments de fonctionnement (stationnement, livraison, stockage) et techniques (groupes électrogènes, transformateurs, générateurs de secours). Parties externes clôturées/murées et sous surveillance. Souvent en lien avec la taille du site, une ou plusieurs façades donnent sur l'espace public, dans d'autres cas, bâtiment est mis à l'écart par rapport à l'enceinte du site. Certains opérateurs (acteurs de colocation) affichent leur nom sur site, mais visibilité sur l'usage reste généralement limitée.

Exemples : les bâtiments avec le data center se situent sur des sites qui dépassent le bâtiment légèrement (haut) ou davantage (bas). Il s'agit alors d'un **site contraint** (haut) ou d'un **grand site** (bas).



Data center sur très grande unité foncière (type campus privé)
Data center occupant bâtiment réservé sur campus privé (ex. : parcs d'entreprises) avec plusieurs bâtiments (souvent même architecture) d'un seul groupe ou de plusieurs. Si parc d'entreprises, équipements techniques souvent situés à l'intérieur du bâtiment et seulement certains équipements de fonctionnement sont externalisés. Parcs d'entreprises souvent ouverts au public. Bâtiment accessible de plusieurs côtés. Si campus de data centers, grande partie d'équipements de fonctionnement (stationnement, livraison, stockage) et techniques (groupes électrogènes, transformateurs, générateurs de secours) mutualisée et localisée à l'extérieur. Sites clôturés / murés et sous surveillance, très opaques et mises à éloignement.

Exemples : les bâtiments avec le data center se situent sur de grands sites avec des bâtiments avec autres types d'usages (haut) ou dédiés aux data centers (bas). Il s'agit généralement d'un **grand site**. Des réserves foncières au sein du site sont souvent disponibles. Rarement, le taux d'occupation du site est tellement élevé qu'il s'agit d'un **site contraint**.



site (unité foncière)
bâtiment sans data center
local ou bâtiment exclusif au data center
bâtiment accueillant un data center (exclusif ou mixte)

© L'INSTITUT PARIS REGION, organisme associé 2023
Source : L'Institut Paris Region

2.2 ÉTABLIR UNE TYPOLOGIE DE DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE

Nous proposons une typologie qui s'appuie sur des critères principalement spatiaux :

- **L'environnement urbain : les tissus urbains denses ou moins denses**
- **Les unités foncières, ou sites, grandes ou contraintes**[47]
- **La destination initiale du bâtiment d'accueil : bâtiment spécialisé (accueil du DC considéré dès la création du bâtiment) ou bâtiment transformé (transformé ultérieurement pour accueillir le data center)**

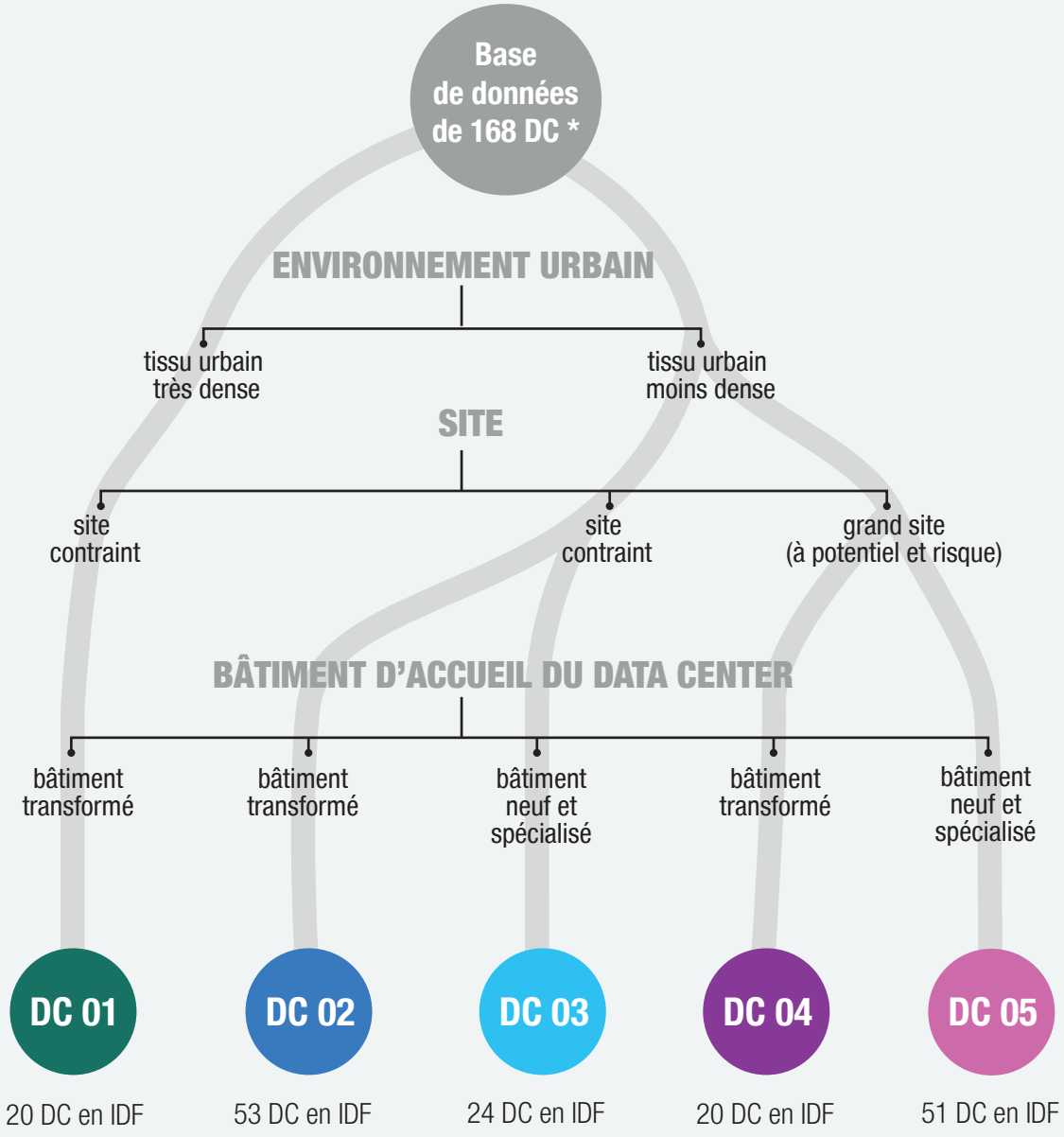
Au lieu d'un classement par secteur d'activité ou de positionnement dans l'écosystème numérique (qui nous semblent difficiles à utiliser pour certains data centers, opérateurs ou clients)[48], notre typologie utilise une approche spatiale qui nous permet de classer l'ensemble des data centers franciliens. En s'appuyant sur les critères cités ci-dessus nous allons mieux comprendre et pouvoir décrire les différents processus d'installation et stratégies d'implantation pratiqués dans la métropole parisienne. Pour ce travail, seuls les data centers de notre base de données ont été analysés. Cette typologie est donc propre à l'Île-de-France, permettant de comprendre la diversité de ce parc. Certains data centers sont difficiles à classer et pourraient correspondre à plusieurs types. Au sein d'une famille de data centers, les sites peuvent être plus ou moins hétérogènes, notamment en termes de taille, type d'implantation et date de construction.

Sur les pages suivantes, chacun des 5 types de data center est détaillé sur une double plage. Suivant l'histoire de différents data centers en Île-de-France qui est souvent celle d'une réutilisation de bâtiments existants, nous avons estimés, pour chacun des types, un potentiel d'évolutivité vers de nouveaux DC ou vers d'autres usages. Pour chaque type, un pourcentage moyen de coefficient d'emprise au sol (CES) illustre l'intensité d'occupation de l'espace (ratio des bâtiments accueillant les data centers sur leurs sites). Ainsi, le type DC 01 « Le data center infiltré » occupe en moyenne 70% de son unité foncière, tandis que le type DC 05 « Le data center neuf aux franges métropolitaines » n'en occupe que 18 %...

Cette typologie permettra, le cas échéant, de nuancer et d'adapter, sur le terrain, les propositions formulées dans la partie 4 du présent rapport.

47. **Site contraint :** généralement petites unités avec peu de potentiel de développement supplémentaire (sauf par rachat de parcelles avoisinantes et/ou la démolition de bâtiments), déjà fortement bâties, parfois par d'autres data centers. Phénomène de densification au sein de l'unité foncière par de nouvelles constructions (dans la hauteur) néanmoins récurrent.
Grand site (à potentiel et risque) : unité foncière avec potentiel de développement, par exemple sur terrain vacant ou en friche au sein de l'unité, ou accolé à ce dernier. Mais ce potentiel ne concerne non seulement les espaces ouverts : souvent site occupé par un seul propriétaire. Ceci peut aussi faciliter la transformation des bâtiments existants ou la démolition/nouvelle construction. Parfois unité occupée par plusieurs data centers (ex : parc d'entreprises), sans que le propriétaire foncier ne soit nécessairement l'exploitant du data center. Si ce dernier y étant déjà présent, un développement futur est encore plus facilité.
Un tel grand site peut alors être vu comme un potentiel de renouvellement du site ou d'un bâtiment vieillissant, de densification *insitu.* De l'autre côté, ce grand site peut générer l'appétit pour de futurs développements, à risque de consommer des espaces naturels, agricoles et forestiers au sein du périmètre, comme on le voit notamment pour le cas du type DC 05, détaillé plus loin.
48. Certaines observations sont néanmoins mentionnées en fin de ce point.

TYPES DE DATA CENTERS PAR DES CRITÈRES SPACIAUX



* La Base de Données des data center de L'Institut Paris Region compte 175 points. S'agissant de projets pour lesquels ni architecture, ni implantation précise nous était connue, 7 data centers sont exclus de cette typologie.

DC 01

DATA CENTER DANS UN TISSU URBAIN TRÈS DENSE,
SUR UN SITE CONTRAINT ET DANS UN BÂTIMENT TRANSFORMÉ :

LE DATA CENTER INFILTRÉ

Ce type de data center s'insère dans un bâtiment existant, souvent historique, comme des anciens grands magasins, des immeubles de logements (Foliateam Paris Nation) ou de bureaux. Ces bâtiments témoignent d'une grande adaptabilité et disposent généralement d'une structure suffisamment robuste pour supporter le poids des serveurs. Le data center n'occupe généralement qu'une petite partie d'un bâtiment collectif, comme un étage ou un ancien local technique. De ce fait, la visibilité du data center est très limitée.

L'emplacement dans le coeur de la métropole est stratégique. Ainsi, ces data centers se localisent à proximité d'autres data centers et de leurs clients et notamment des nœuds internet.

Tissu urbain
Très dense. Hors secteurs d'activités économiques (seuls SAE : Paris Centre et La Défense)

Inscription du DC dans son site
Intégré dans un bâtiment à programmation mixte généralement situé en îlot dense. Dans de rares cas, ce data center occupe un bâtiment entier dédié à l'usage. Généralement, tous les équipements annexes sont compris dans le bâtiment.

Processus d'installation
Généralement « insertion », rarement en « renouvellement » (transformation d'un bâtiment existant entier).

Taille*
N'occupant qu'une petite partie d'un grand bâtiment, ce type de data center occupe souvent une surface informatique inférieure à 1 000 m². Cependant, quelques sites occupent des locaux plus grands jusqu'à 5 000 m² IT ou tout un bâtiment (jusqu' à 7 000 m² pour l'exemple de Telehouse Voltaire, Paris).

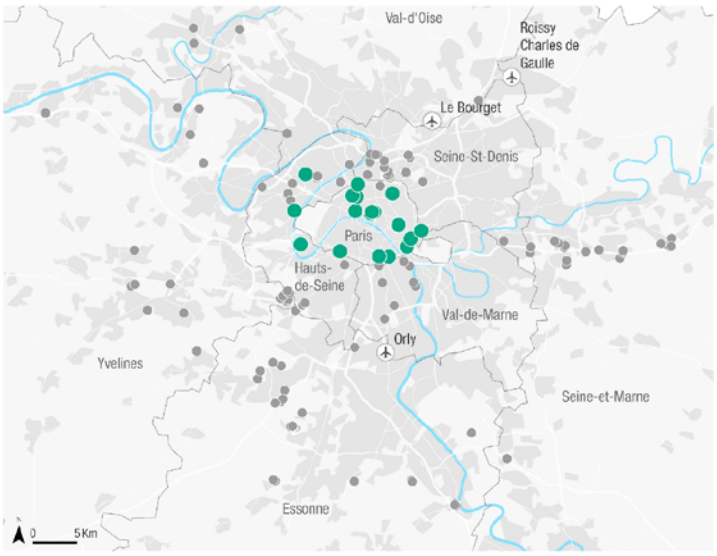
Epoque de construction
Majoritairement avant 1990 (80%), dont 10 bâtiment qui datent même d'avant 1950. 4 bâtiments ont été construits entre 1990-2000.

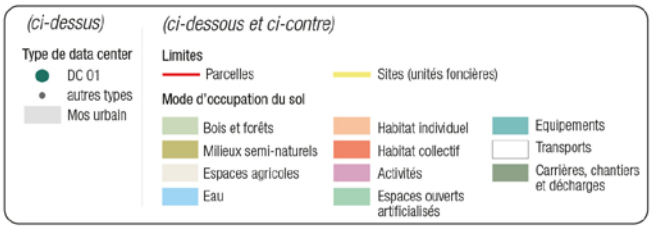
Période de mise en service de data center
Majoritairement au début des années 2000, quelques cas plus récents (2017, 2021).

Caractéristiques de bâtiment et impact paysager
Bâtiment (de logements, bureaux, commerces) de plusieurs étages dans un tissu urbain très dense et mixte. Bâtiment accessible depuis l'espace public avec au moins une façade donnant sur l'espace public. Pas de clôtures. Cependant, l'usage de data center reste invisible pour le public.

Evolutivité
Très haute. Locaux peuvent être réutilisés pour usage d'un nouveau data center ou une autre activité, comme cela a été fait dans les décennies précédentes.

* Taille : donnée à utiliser avec précaution, en raison du manque d'information. Quand la surface de plancher utilisée pour le data center ou la puissance (MW) était renseigné, nous avons pu faire des extrapolations pour estimer la surface IT. Cependant, pour seulement 70 % de notre base de données au moins l'une de ces variables (surfaces SDP, IT ou MW de puissance) nous a été connue.





SITE A OVH DC1 à Paris, 19e arr.



Depuis 2008, ce data center de l'opérateur français OVHcloud occupe une surface de plancher d'environ 3 000 m², dans ce bâtiment transformé datant des années 1990 qui accueille également d'autres usages.

Source : L'Institut Paris Region, 2023.





SITE B Telehouse 2 Voltaire à Paris, 11e arr.



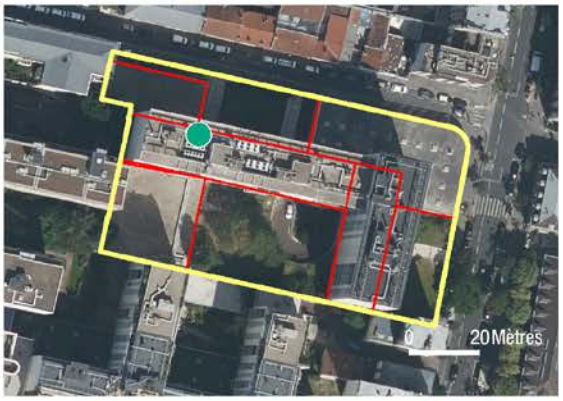


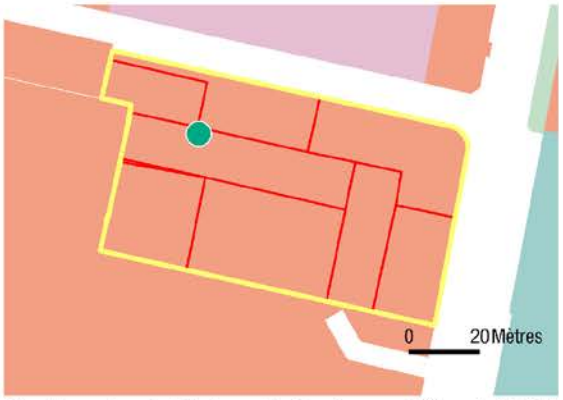


Avec une surface IT de 7 000 m², ce data center de Telehouse est l'un des plus grands data centers du coeur de la métropole, occupant un bâtiment historique d'un grand magasin. En 2021 a ouvert son extension (TH2) qui se situe sur le même îlot.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

SITE C Foliateam Paris Nation à Paris 12e arr.







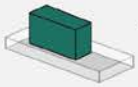
Ce data center de Foliateam s'insère dans un bâtiment d'habitat collectif des années 1960/70, occupant un local avec une surface IT d'environ 2 000 m².
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

Un type de data centers peu représenté...



12 % des data centers franciliens (20 sur 168)

Des sites denses...



70 % coefficient emprise au sol en moyenne (densité de la parcelle)

Des bâtiments presque exclusivement concernés par une mixité d'usages...



1 sur 10 bâtiments de ce type réservés à l'usage de data center

DC 02

DATA CENTER DANS UN TISSU URBAIN MOINS DENSE,
SUR UN SITE CONTRAINT ET DANS UN BÂTIMENT TRANSFORMÉ :

LE DATA CENTER RECONVERTI EN ZONE D'ACTIVITÉS

Ce type de data center s'insère dans un bâtiment existant de typologies très différentes (petits bâtiments divers, d'anciens hangars transformés ou sites de télécom réutilisés…), très fréquemment dans des secteurs d'activité économique. Les parcelles sont souvent très contraintes par un environnement relativement dense et le potentiel d'extension est très limité. Ce type de data center est parfois associé au type DC03. La visibilité sur l'usage de data center est généralement très limitée, et on pourrait les confondre avec des bâtiments à autres usages comme des hangars, des sièges d'entreprises ou des bureaux. Les sites sont généralement clôturés et sécurisés.

L'emplacement dans la métropole : principalement dans les communes du centre de l'agglomération parisienne et dans les communes denses (74%), une partie est situé dans les autres communes de l'agglomération parisienne.

Tissu urbain
Peu dense à relativement dense. Situé dans des secteurs d'activités économiques (exceptions dans des sites d'équipements ou d'activités discontinus).

Inscription du DC dans son site
Occupe majoritairement un bâtiment dédié à cet usage, parfois aussi bâtiment mixte, sur une parcelle qui dépasse l'emprise du bâti. La parcelle est parfois dotée d'autres bâtiments plus petits et d'annexes qui hébergent groupes électrogènes, transformateurs, générateurs de secours.

Processus d'installation
En renouvellement, un bâtiment existant (entrepôt, logistique, autre activité) est transformé en data center, souvent avec des changements de l'apparence du bâtiment.

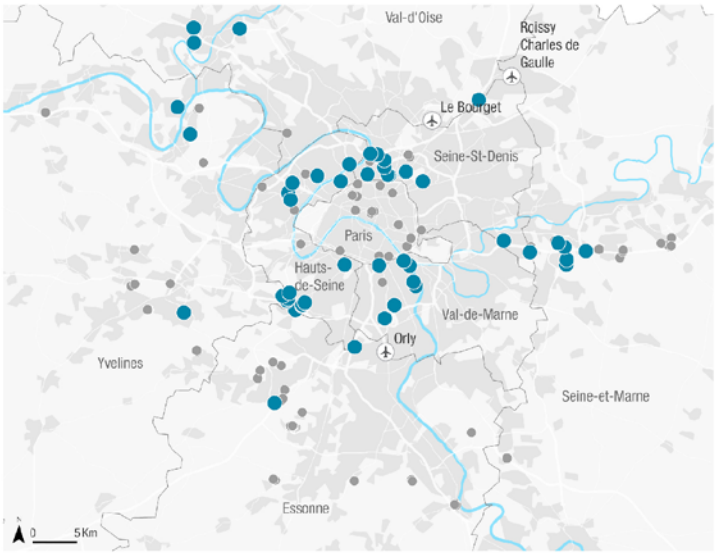
Taille
Type de data center très hétérogène en forme et en taille. Souvent sur des surfaces IT en dessus de 2 000 m², voire 4 000 m², avec quelques exceptions qui dépassent les 10 000 m².

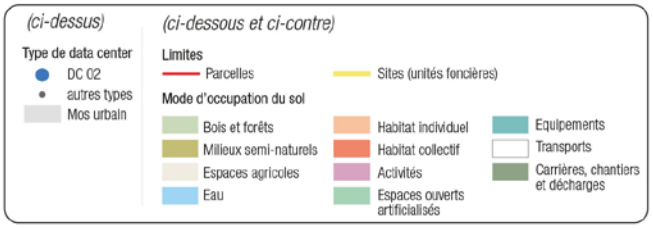
Epoque de construction
Généralement avant 1990 (74%), le reste jusqu'au début des années 2000.

Période de mise en service de data center
Quand connu entre 2000 et 2010, quelques exemples plus récents. Un projet en cours.

Caractéristiques de bâtiment et impact paysager
Anciens bâtiments de bureaux, anciens hangars, anciens bâtiments de télécom (sites dédies à l'usage data center) et bâtiments de bureaux comportant plusieurs entreprises (sites non dédiés à l'usage de data center).
Requalification de la façade, préservation des parties emblématiques du bâtiment (forme, style architectural) fait que bâti s'intègre bien dans l'ancien tissu industriel requalifié. Enjeu de sécurisation du site (clôtures, caméras de surveillance) nuit à l'intégration paysagère qualitative. Généralement non pas d'accès direct à l'espace public.

Evolutivité
Moyenne. Pour ces bâtiments réutilisés, le réinvestissement pour un autre usage est imaginable (bureaux, logistique, e-commerce), mais la réelle faisabilité inconnue. Nécessite probablement la construction d'un nouveau bâtiment sur même parcelle pour les projets plus complèxes.





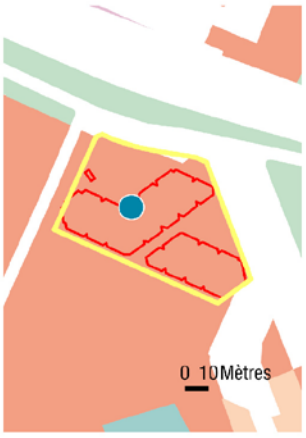
SITE A Euclyde Data Centers DC6 IDF à Lognes (77)



Occupant un ancien bâtiment de bureaux construit en 1986, le site a initalement été transformé en data center pour HSBC. C'est le groupe Euclyde qui opère ce site aujourd'hui. Il a une surface de plancher de 5 500 m² et une surface IT d'environ 2 200 m² reparties sur trois étages.

Source : L'Institut Paris Region, 2023.





SITE B DataBank FR3 à Vélizy Villacoublay (78)





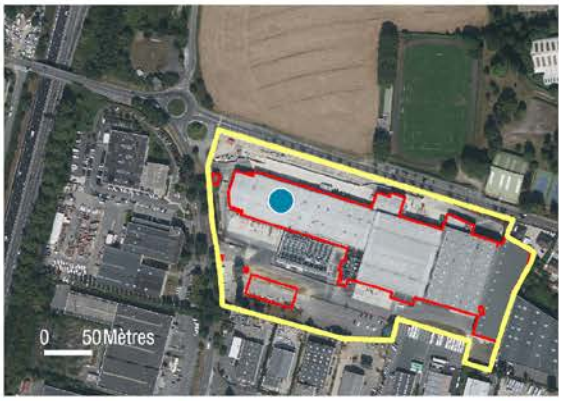


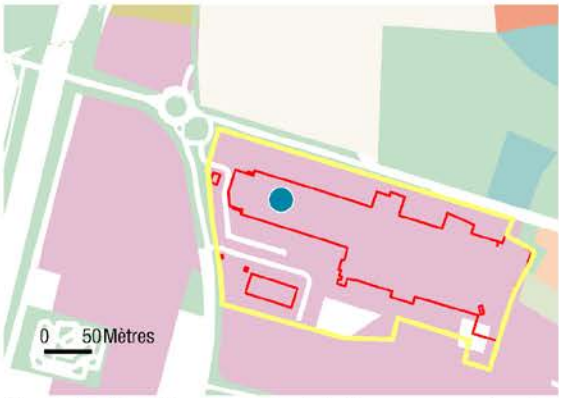
Installé dans un ancien bâtiment de télécom de 1987, ce site a été transformé en data center en 2007, avec une surface de 3 250 m² de surface IT reparties sur trois étages.

Source : L'Institut Paris Region, 2023.

SITE C CyrusOne (Projet) à Wissous (91)







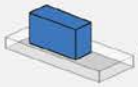
Ce projet de CyrusOne en cours de réalisation, concerne la transformation d'un ancien hangar logistique pour accueillir plusieurs data halls à l'intérieur du bâtiment. Il aurait, à terme, une puissance de 83 MW, ce qui ferait de lui l'un des plus gros data centers de France. Il serait entièrement dédié à AWS.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

Le type de data centers le plus fréquent en Île-de-France...



32 % des data centers franciliens (53 sur 168)

Des sites relativement denses...



48 % coefficient emprise au sol en moyenne (densité de la parcelle)

Des bâtiments rarement concernés par une mixité d'usages...



7 sur 10 bâtiments de ce type réservés à l'usage de data center

DC 03

DATA CENTER DANS UN TISSU URBAIN MOINS DENSE,
SUR UN SITE CONTRAINT ET DANS UN BÂTIMENT NEUF ET SPÉCIALISÉ :

LE DATA CENTER NEUF ET OPTIMISÉ

Ce type de data centers occupe (entièrement ou partiellement) de bâtiments neufs ou « purpose built ». La plupart de ces bâtiments sont dédiés à l'utilisation de data center. Par leur conception idéalisée pour cet usage, ce sont de véritables usines numériques ultra performantes, qui hébergent souvent plusieurs data halls (des salles informatiques) ouverts au fur et à mesure en fonction du taux de remplissage du bâtiment. Les tissus urbains sont similaires du type DC02, au sein d'un secteur d'activités économiques auparavant industriels et dotés d'entrepôts et de zones logistiques et sur des parcelles contraintes. Certains exemples témoignent d'un processus de densification de ces parcelles déjà occupées par un data center par un même opérateur. Ce groupe contient plusieurs projets et quatre bâtiments à programmation mixte (recherche, bureaux et autres activités) dans lesquels l'usage du data center a été prise en compte dès la conception du bâtiment.

L'emplacement dans la métropole : Principalement dans les communes du centre de l'agglomération parisienne et dans les communes denses, une partie est situé dans les autres communes de l'agglomération parisienne.

Tissu urbain
Peu dense à relativement dense. Situé dans des secteurs d'activités économiques (exceptions dans des sites équipements ou d'activités discontinus).

Inscription du DC dans son site
Occupe la plupart de temps un bâtiment dédié à cet usage sur une parcelle qui dépasse l'emprise du bâti. La parcelle est parfois dotée d'autres bâtiments plus petits et d'annexes qui hébergent groupes électrogènes, transformateurs, générateurs de secours.

Processus d'installation
En construction neuve, ces data centers sont souvent des exemples de renouvellement urbain sur des anciennes friches industrielles ou des exemples de densification de parcelles déjà occupées par un data center. Rarement, il s'agit d'une artificialisation.

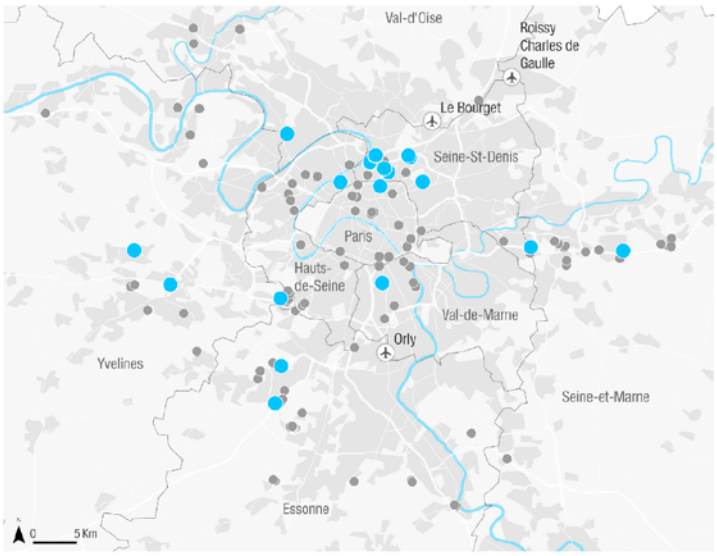
Taille
Très hétérogènes, certains data centers atteignent des surfaces IT d'environ 10 000 m².

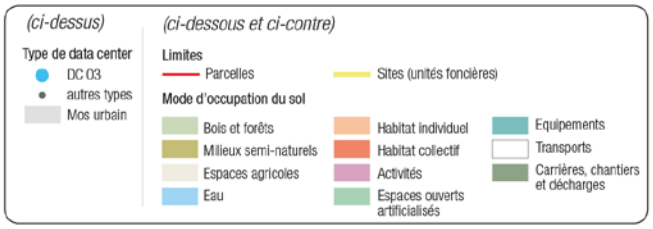
Epoque de construction
La quasi-totalité de ces constructions date d'après 2000. 14 bâtiments ont même été construits après 2010, dont 8 livrés en 2021-2022 ou livraison proche.

Période de mise en service de data center
La mise en service de ce type correspond globalement à la date de construction du bâtiment.

Caractéristiques de bâtiment et impact paysager
La typologie du bâtiment est très similaire au type DC02 qui s'insère dans des tissus comparables, comme des sites industriels requalifiés. L'architecture est souvent également similaire. Un traitement architectural qualitatif est souvent proposé (façade, typologie). Enjeu de sécurisation du site (clôtures, caméras de surveillance) nuit à l'intégration paysagère qualitative. Rarement, un accès direct entre le bâtiment et l'espace public est proposé. Sur les parcelles souvent déjà occupées par un autre data center, ce type de est souvent contraint par une construction dans la hauteur.

Evolutivité
Limitée. Faible potentiel de réutilisation de ce bâtiment spécialisé pour un autre usage. Nécessite probablement nouvelle construction dans des limites de la parcelle. Si data center récent, probablement meilleur potentiel de réinvestissement pour usage de data center.



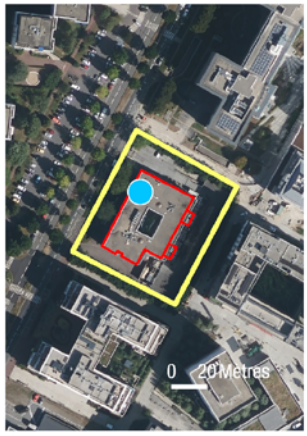


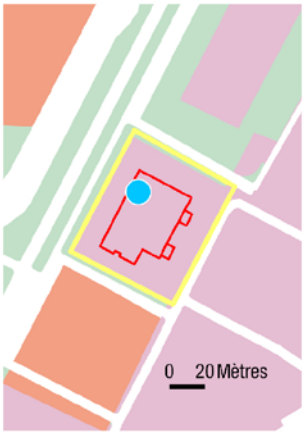
SITE A Odigo à Vélizy-Villacoublay (78)



Construit et mis en service au début des années 2000, ce data center d'Odigo (ex Prosodie), réservé à l'usage DC, était installé dans un secteur d'activités qui est aujourd'hui en pleine mutation. Le data center fermera pour laisser place à 150 logements.

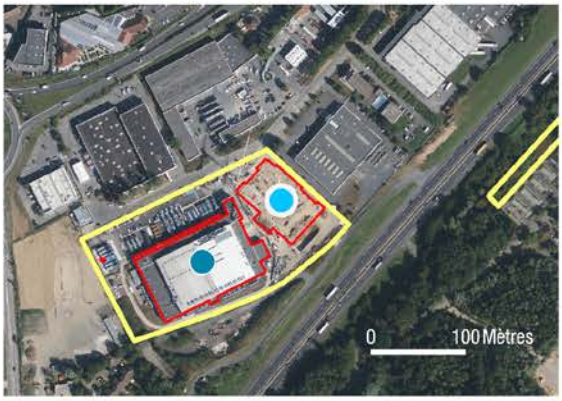
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

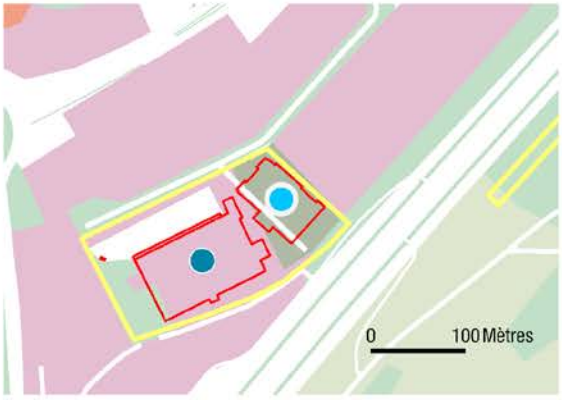




SITE B Colt Paris SW DH10+ à Les Ulis (91)



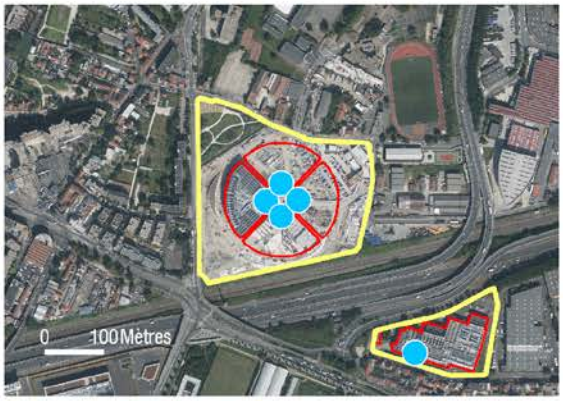


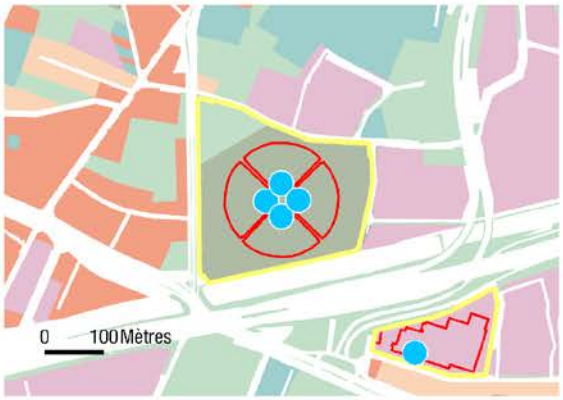


Construit en 2022, ce nouveau data center (point bleu clair) de Colt Technology Services s'installe sur une parcelle qui a déjà été investie par le Colt Paris South West Data Centre, qui concernait, quant à lui, la transformation successive d'un entrepot logistique depuis les années 2000. Source : L'Institut Paris Region, 2023.

SITE C Digital Realty PAR 8-11 à La Courneuve (93)







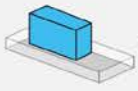
L'ouverture de ces nouveaux data centers de Digital Realty (Interxion) sur un ancien site aéronautique se fait en étapes, dès fin 2021. Avec un maximum de 40 000 m² d'espace équipé à terme et un raccordement au réseau de 130 MW, ce site sera l'un des plus grands de France. Source : L'Institut Paris Region, 2023.

Un type de data centers en dessous de la moyenne...



14 %
des data centers franciliens (24 sur 168)

Des sites relativement peu denses...



44 %
coefficient emprise au sol en moyenne (densité de la parcelle)

Des bâtiments rarement concernés par une mixité d'usages...



5 sur 6
bâtiments de ce type réservés à l'usage de data center

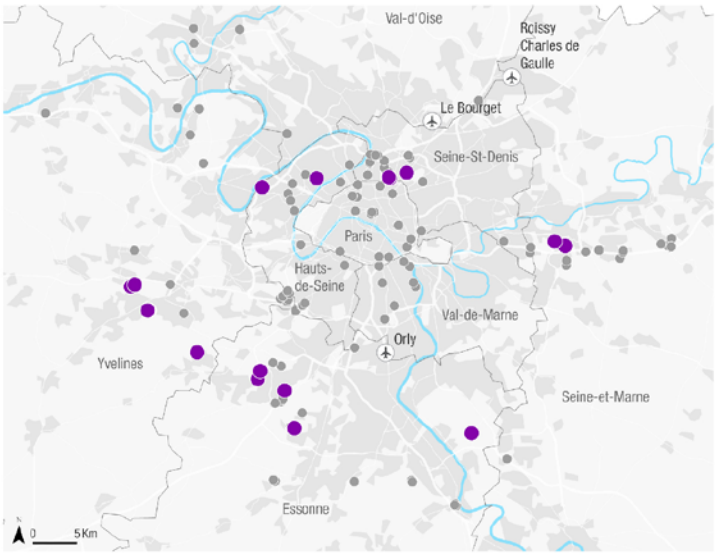
DC 04

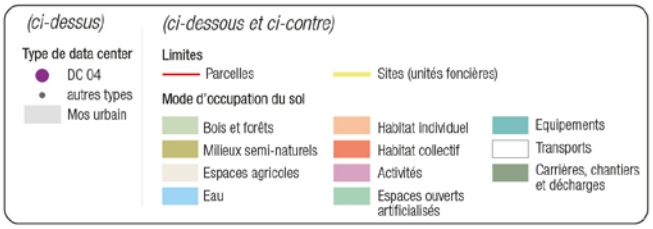
DATA CENTER DANS UN TISSU URBAIN MOINS DENSE,
SUR UN GRAND SITE ET DANS UN BÂTIMENT TRANSFORMÉ :

LE DATA CENTER RECONVERTI ET EXTENSIBLE

Ce type de data center s'insère dans un bâtiment existant de typologies très différentes, souvent situé sur des campus privés d'un seul gestionnaire ou bien dans des parcs d'entreprises au sein des secteurs d'activité économique. Les parcelles sont souvent très larges et le potentiel d'extension relativement bon. La visibilité sur l'usage de data center reste généralement très limitée. Les sites sont généralement clôturés et sécurisés.

L'emplacement dans la métropole : Principalement dans les communes moins denses de l'agglomération parisienne et des communes en dehors de cette agglomération.





Tissu urbain
Peu dense. Situé dans des secteurs d'activités économiques et des sites de recherche (campus universitaires).

Inscription du DC dans son site
Occupe la plupart du temps un bâtiment dédié à cet usage sur une parcelle qui dépasse largement l'emprise du bâti. L'unité foncière est dotée d'autres bâtiments. La parcelle est souvent dotée d'autres bâtiments plus petits et d'annexes qui hébergent groupes électrogènes, transformateurs, générateurs de secours.

Processus d'installation
En renouvellement, un bâtiment existant (entrepôt, logistique, recherche, autre activité) est transformé en data center.

Taille
Moyenne, ce type de data center dépasse rarement les 5 000 m² de surface IT (manque de quantité d'information représentative).

Epoque de construction
65% avant 1990, 35 % entre 1990-2010.

Période de mise en service de data center
Manque de quantité d'information représentative.

Caractéristiques de bâtiment et impact paysager
Anciens bâtiments de bureaux ou de télécom, souvent dans des secteurs privés et liés à une entreprise (campus privé d'Alcatel, de la Société générale, etc.), le bâtiment est généralement réutilisé sans grand travail de requalification du bâtiment historique. Enjeu de sécurisation du site (clôtures, caméras de surveillance) nuit à l'intégration paysagère qualitative. Pas d'accès direct entre le bâtiment et l'espace public. Sur la domaine du parc privé possibilité d'accéder au bâtiment.

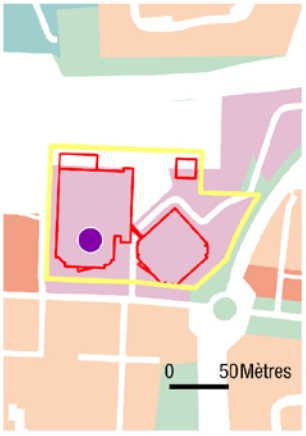
Evolutivité
Realtivement haute. Pour ces bâtiments réutilisés, le réinvestissement pour un autre usage est imaginable (bureaux, logistique, e-commerce), mais la réelle faisabilité inconnue. Nécessite probablement la construction d'un nouveau bâtiment sur même parcelle pour les projets plus complèxes. Grande taille d'unité foncière permet d'imaginer d'autres usages après démolition du bâtiment.

SITE A Sungard AS à Lognes (77)



Ce site de Sungard Availability Services occupe deux bâtiments construits dans les années 1980-1990. Il a une surface de plancher d'environ 14 000 m². Avec sa haie et ses murets et façades en brique, ce data center s'insère mieux dans son environnement que d'autres.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

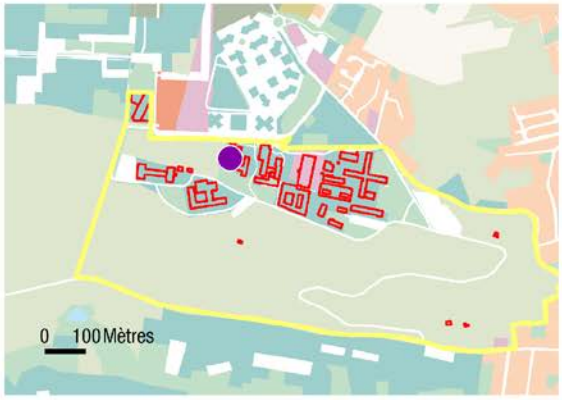




SITE B CNRS - IDRIS à Orsay (91)





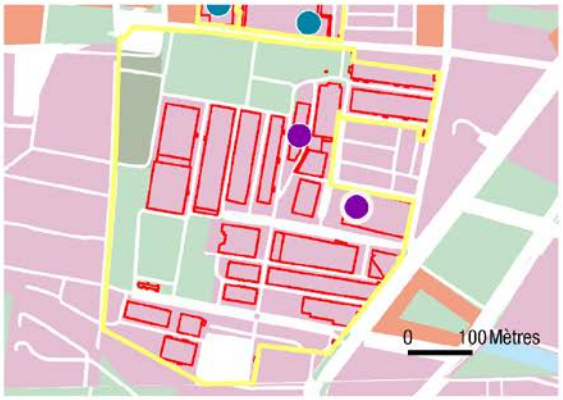


Ce data center de l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique occupe un bâtiment de recherche à plusieurs usages. Depuis 2020 le nouveau supercalculateur Jean Zay a été accueilli sur ce site.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

SITE C Digital Realty PAR1 à Aubervilliers (93)







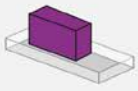
Premier data center d'Interxion (maintenant Digital Realty) en Île-de-France, PAR1 a été inséré dans un ancien hangar de la fin des années 1960, ensemble avec d'autres fonctions. Avec une surface de plancher de 2 250 m², il s'agit d'un des plus petits sites du groupe, qui en possède bientôt 13 en région parisienne.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

Un type de data centers peu représenté...



12 % des data centers franciliens (20 sur 168)

Des sites peu denses...



35 % coefficient emprise au sol en moyenne (densité de la parcelle)

Des bâtiments rarement concernés par une mixité d'usages...



5 sur 6 bâtiments de ce type réservés à l'usage de data center

DC 05

DATA CENTER DANS UN TISSU URBAIN MOINS DENSE,
SUR UN GRAND SITE ET DANS UN BÂTIMENT NEUF ET SPÉCIALISÉ :

LE DATA CENTER NEUF AUX FRANGES MÉTROPOLITAINES

Ce type de data centers occupe de bâtiments neufs ou « purpose built ». La plupart de ces bâtiments sont dédiés à l'utilisation de data center. Par leur conception idéalisée pour cet usage, ces bâtiments sont de véritables usines numériques ultra performantes, qui hébergent souvent plusieurs data halls (des salles informatiques) ouverts au fur et à mesure en fonction du taux de remplissage du bâtiment, comme le type DC03. Ces bâtiments sont généralement d'une très grande taille et parfois construits en extension urbaine sur des anciens terres agricoles, forestiers ou naturels. Ce groupe contient plusieurs projets.

L'emplacement dans la métropole : Principalement dans les communes moins denses de l'agglomération parisienne et des communes en dehors de cette agglomération.

Tissu urbain
Très peu dense. Situe dans des secteurs d'activités économiques ou à proximité immédiate. Souvent à proximité d'infrastructures routières.

Inscription du DC dans son site
Occupe la plupart de temps un bâtiment dédié à cet usage sur une parcelle qui dépasse largement l'emprise du bâti. L'unité foncière est parfois dotée d'autres bâtiments avec une forme et un aspect similaire (campus privés).

Processus d'installation
En construction neuve, ces data centers sont souvent des exemples d'artificialisation de terres agricoles, naturelles et forestières.

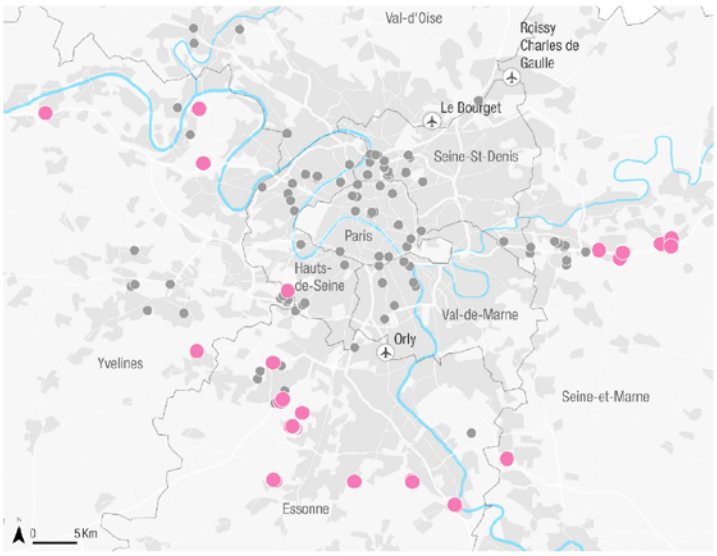
Taille
De tailles très hétérogènes, beaucoup de ces data centers ne dépassent pas les 2 500 m² de surface IT, alors que certains cas sont très grands : 4 000, 9 300 voire plusieurs 10 000 m² de surface IT (le projet Cloud HQ à Lisses annonce 80 600 m² de surface IT répartis sur trois bâtiments).

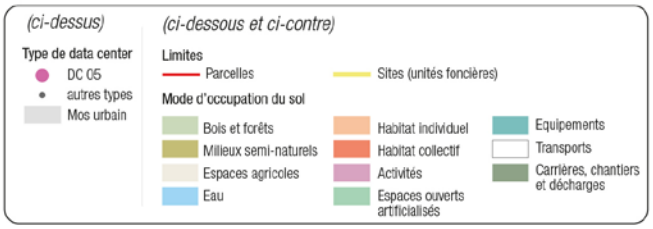
Epoque de construction
Le type le plus récent, la moitié de ces data centers date d'après 2020, l'autre entre 2000 et 2010. Un seul datant d'avant 2000.

Période de mise en service de data center
La mise en service de ce type correspond globalement à la date de construction du bâtiment.

Caractéristiques de bâtiment et impact paysager
Type de data center qui fait le plus penser à l'« usine du numérique » comme souvent rencontré dans les médias. Il s'agit de grands bâtiments (ou sites de plusieurs bâtiments) en bordure de l'urbanisation. L'architecture de façade a parfois été soigneusement travaillée. Le bâtiment est horizontal sans monter à plus de deux étages. Les sites comprennent souvent une partie végétalisée, mais ils sont fortement sécurisés (clôtures, caméras de surveillance, agents de sécurité).

Evolutivité
Moyenne. Faible potentiel de réutilisation de ce bâtiment spécialisé pour un autre usage, mais grande taille d'unité foncière permet d'imaginer d'autres usages après démolition du bâtiment. Data center récent avec probablement bon potentiel de réinvestissement pour usage d'un autre data center.



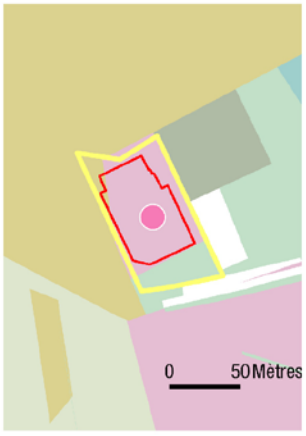


SITE A Thésée à Aubergenville (78)



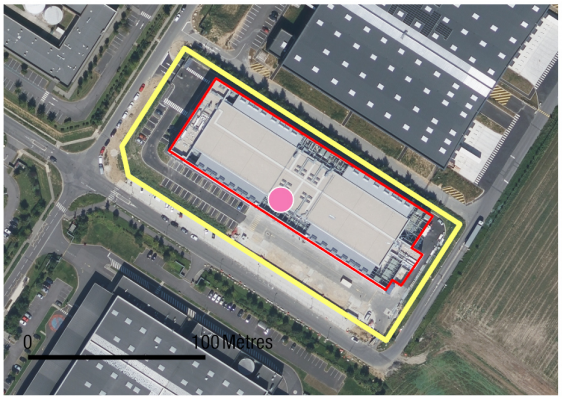
Ce data center récent (2021) est l'un de ceux qui sont les plus éloignés du centre de la métropole. A terme, Thésée prevoit cinq autres bâtiments. Le premier réalisé a une surface IT d'environ 1 100 m², repartis en deux salles.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.

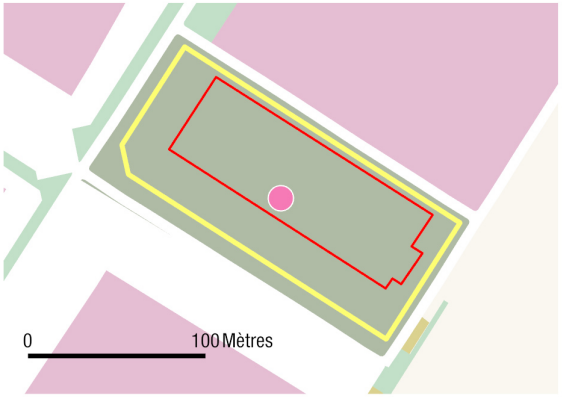




SITE B Digital Realty PAR12 à Ferrières-en-Brie (77)





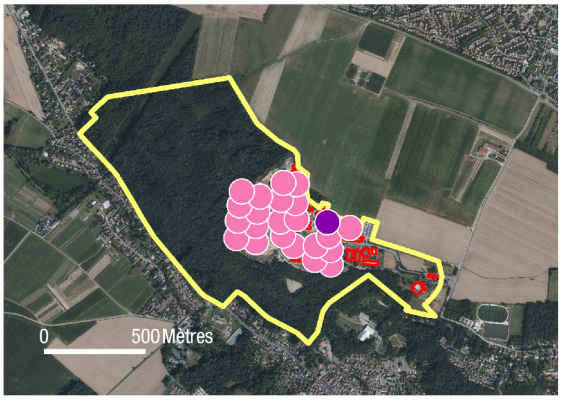


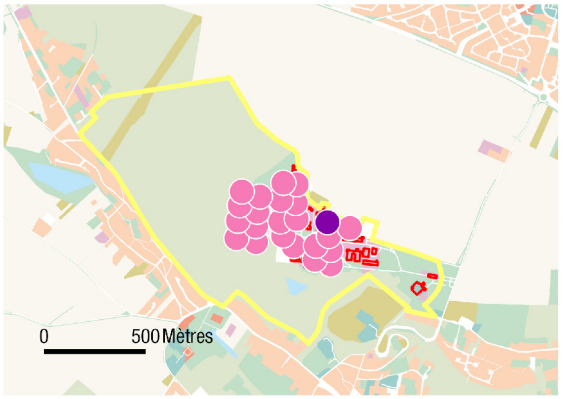
Construit en 2021/2022, ce data center de Digital Realty se situe dans la ZAE du Bel Air, tout prêt de l'autoroute A4. Cette ancienne parcelle agricole (MOS 2003), était en attente de commercialisation jusqu'en 2020.

Source : L'Institut Paris Region, 2023.

SITE C DATA4 à Marcoussis (91)







Le campus de DATA4 est sans doute l'un des sites de data centers les plus connus de l'Île-de-France. Sur cet ancien site d'Alcatel ont été accueillis treize bâtiments entre 2007 et 2020 (dont une transformation). Avec des réserves foncières importantes (notamment en forêt), l'opérateur prévoit la construction de dix bâtiments supplémentaires*.

Source : L'Institut Paris Region, 2023.

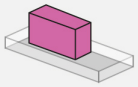
* En 2023, DATA4 annonce un autre projet à proximité : un nouveau campus sur l'ancien site de Nokia à Nozay (n'apparaît pas sur la carte).

Un type de data centers de plus en plus fréquent...



30 % des data centers franciliens (51 sur 168)

Des sites très peu denses...



18 % coefficient emprise au sol en moyenne (densité de la parcelle)

Des bâtiments exclusivement réservés à l'usage de data center...

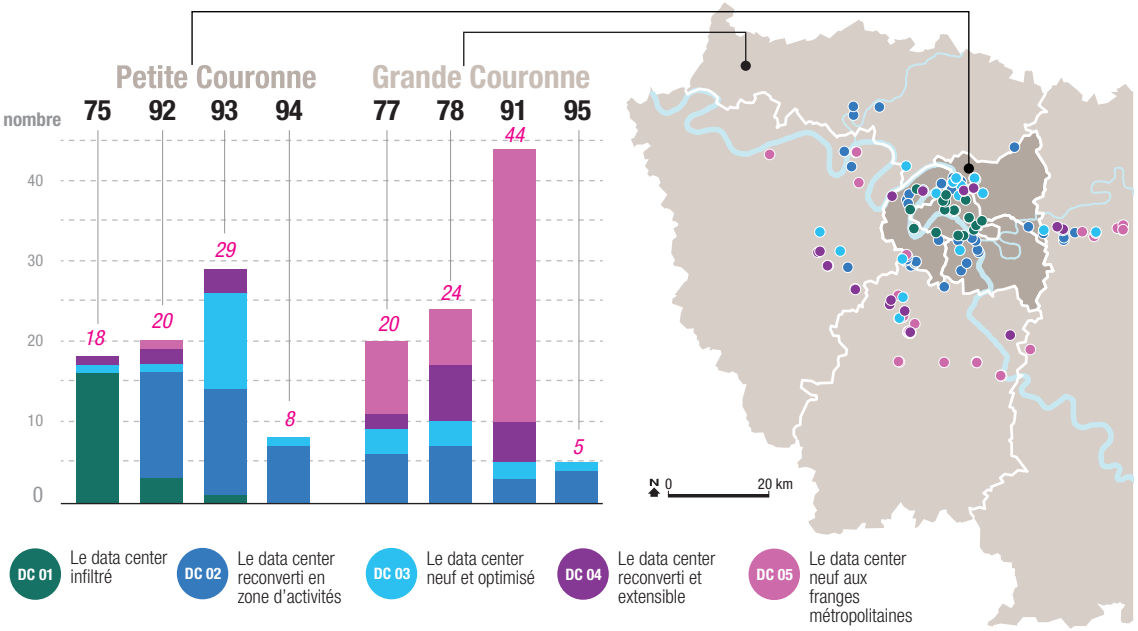


10 sur 10 bâtiments de ce type réservés à l'usage de data center

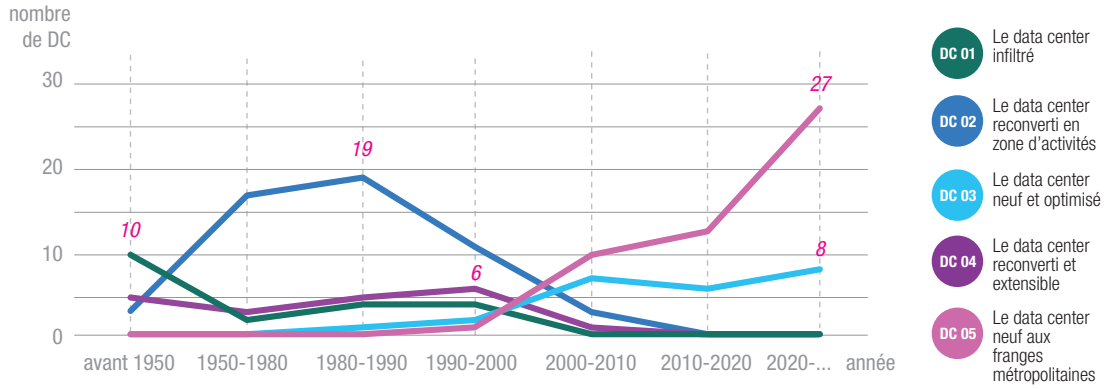
2.3 OBSERVATIONS, CRITÈRES D'IMPLANTATION ET TENDANCES DE DÉVELOPPEMENT

L'analyse des types de data center permet de mieux comprendre leur organisation spatiale dans la région et d'observer certaines tendances.
En ce qui concerne les types DC03 « le data center neuf et optimisé », DC 04 « le data center reconverti et extensible », DC05 « le data center neuf aux franges métropolitaines », il s'agit presque exclusivement des bâtiments dédiés à l'usage de data centers. Ce sont le type DC01 « le data center infiltré », et dans une moindre mesure une partie des bâtiments du type DC02 « le data center reconverti en zone d'activité », qui regroupent la plupart des bâtiments à programmation mixte.
La surface réservée pour les data centers a tendance à augmenter entre les cinq types. Certains data centers de grande taille qui sont intégrés dans des bâtiments existants font exception. A contrario, l'âge du bâtiment diminue entre le Type DC01 au DC05. Les projets récents sont pour la plupart du type DC03 « le data center neuf et optimisé » et DC05 « le data center neuf aux franges métropolitaines » et plus précisément dans de bâtiments spécialisés et réservés à l'usage du data center et souvent en extension.

RÉPARTITION DES DATA CENTERS DANS LES DÉPARTEMENTS FRANCILIENS



TYPES DE DATA CENTERS SELON L'ÉPOQUE DE CONSTRUCTIONS DE LEURS BÂTIMENTS D'ACCUEIL



En croisant cette typologie avec les types de data centers (voir chapitre « Les data centers, des bâtiments et des sites spécifiques »), certaines observations méritent d'être mentionnées ici :

- les acteurs de la colocation occupent des grands bâtiments dédiés à l'usage du data centers (bâtiments spécialisés ou transformés) ;
- les opérateurs internationaux (Digital Realty, Equinix...) occupent rarement des bâtiments du type DC05 « le data center neuf aux franges métropolitaines », ni le type DC01 « le data center infiltré » ;
- certains acteurs français de data centers (Data4, mais aussi Thésée) et des infrastructures spécialisées à un grand client (grandes entreprises, banques, laboratoires, acteurs publics) concernent souvent le type DC05 et occupent des terrains en extension et/ou sur des unités foncières vastes ;
- un processus de renouvellement du parc sur lui-même peut être constaté (reprise du data center par un autre opérateur).

Comme nous avons vu dans cette partie, il s'agit d'un secteur qui évolue particulièrement vite en raison des avancées technologiques, ainsi que des évolutions des attentes en termes de sécurité, d'efficacité énergétique... Une installation peut déjà être obsolète techniquement après à peine une décennie. Quel devenir auront donc les data centers existants ? Quel seront leurs possibilités de transformation ? Et pour de nouveaux projets de data center, quelle sera demain la dynamique de développement ?

Compte tenu des **principaux critères d'implantation territoriale** des data centers pour les acteurs privés (opérateurs de DC, acteurs fonciers (CBRE)...) qui sont...

- une disponibilité électrique et cela dans les meilleurs délais (le critère d'accès à une énergie décarbonée se fait de plus en plus entendre, garantie en France par le nucléaire),
- une disponibilité de foncier,
- un climat de politiques locales accueillantes pour les entreprises du numérique,
- une rapidité des démarches administratives, règlementaires et de transaction,
- une proximité avec d'autres data centers (pour certains opérateurs seulement),
- une proximité avec les dorsales d'internet,
- un accès à l'eau pour les systèmes de refroidissement,

... et des dynamiques des types de territoires d'implantation et logiques d'insertion cités ci-dessus, des hypothèses peuvent être faites sur le développement des data centers de demain qui se déroulerait sans stratégie supra-locale voire régionale :

Tendances de développement :

La croissance devrait se poursuivre ...

- là où il existe un contexte politique local favorable (enjeu de transformation numérique, relance du tissu économique par la tech...),
- dans des secteurs de projets (périmètres d'opérations d'intérêt régional, zones d'activités économiques ...) et sur les lots disponibles dans de nouveaux sites d'activités économiques,
- là où le potentiel d'urbanisation n'est pas encore atteint,
- dans les parcs d'entreprises vieillissants et/ ou bâtiments et terrains en friche,
- là où le document local de l'urbanisme ne s'oppose pas à une telle installation (selon la destination),
- là où il n'existe pas de freins particuliers en termes de la disponibilité électrique ou de réseau d'internet.

Et elle devrait se ralentir...

- là où les territoires denses et en pleine transformation urbaine (ex. Plaine Commune) font face à une pression urbaine de plus en plus grande et où il y a besoin de réduire les nuisances et/ou coupures urbaines pour la population en même temps que d'y améliorer le cadre de vie (en créant des espaces verts, des équipements publics, etc.),
- là où il y a une réticence et/ou une mobilisation locale contre l'artificialisation des sols ou en faveur d'un projet alternatif en milieu plus dense,
- dans les secteurs de tension locale sur les réseaux de distribution et de transmission d'électricité.

3 • ENJEUX

3.1 UNE APPROCHE RÉSOLUMENT SPATIALE, RÉGIONALE ET TERRITORIALE

L'immédiateté du rapport aux objets connectés, comme la légèreté voire l'immatérialité suggérées par le vocabulaire du numérique (« cloud », « virtuel », « dématérialisé », « sans fil », ...) laissent imaginer que le système numérique est neutre, transparent, que son développement comme son fonctionnement n'ont pas d'impact sur l'environnement, la société, l'économie ou l'espace. Pourtant, antennes de téléphonie mobile, réseaux de fibre optique, câbles sous-marins ou data centers sont des réalités tangibles, qui consomment des ressources naturelles pour leur fabrication et leur utilisation et, par les services numériques qu'ils rendent ensemble, modifient les modes et les espaces de vie et de travail. Il s'agit donc de mieux comprendre le développement et le fonctionnement du système numérique, et ici plus particulièrement des data centers, pour chercher à en minimiser les impacts négatifs et à en maximiser les impacts positifs.

Un cadre d'analyse inspirant : l'approche globale

Dans les années 1980, les premières promesses du numérique ont largement concerné l'environnement : on allait réduire la consommation de matières premières, notamment en passant au « zéro papier », et celle d'énergie, en évitant les déplacements inutiles. Mais les déplacements ont continué à augmenter (la facilité de communication à distance faisant croître les besoins de se rencontrer physiquement), tout comme la consommation de papier (la facilité d'échange et de manipulation des documents faisant croître le nombre d'impressions papier) et désormais de carton (l'explosion du commerce en ligne accroissant le volume d'emballages à produire). De solution certaine, le numérique est alors devenu pour l'environnement un problème possible.

À partir des années 2000, les pressions exercées par le système numérique sur les ressources et les milieux ont fait l'objet d'une prise de conscience progressive de la part d'acteurs divers, aux préoccupations variées : responsables de services informatiques de grands groupes soucieux d'améliorer leur *reporting* environnemental ou simplement de réduire leur facture énergétique, organisations non gouvernementales inquiètes des conséquences de l'extraction des matériaux rares ou de l'exportation des déchets électroniques vers les pays en développement, riverains soumis aux ondes des antennes-relais ou au bruit des data centers... Cette prise de conscience s'est structurée au cours des années 2000, en France notamment à l'initiative de réseaux d'acteurs publics et privés tels que le groupement Eco-Info du CNRS ou la galaxie GreenIT.fr, qui ont appliqué aux produits et services numériques l'approche globale proposée en 2002 par la norme internationale ISO14062 relative à l'écoconception des produits et services.

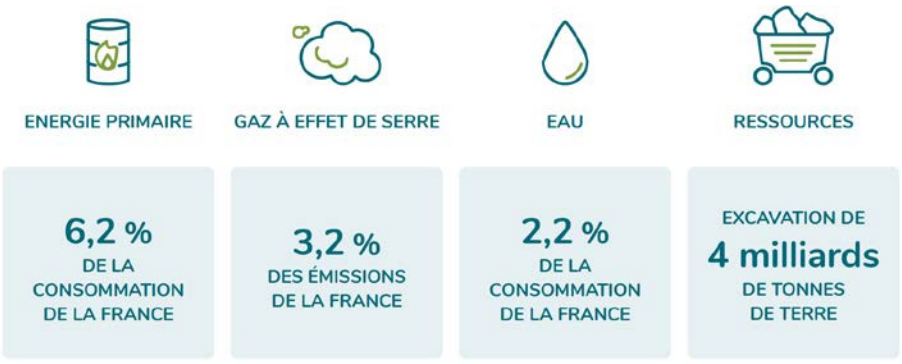
Pour évaluer l'effet sur l'environnement d'un service donné (commander un billet de train, gérer son système de chauffage...), l'approche globale considère à la fois l'ensemble des équipements mobilisés (data center, terminal fixe ou mobile, capteurs...) pour rendre ce service, mais aussi l'ensemble du « cycle de vie » de chacun de ces

équipements (conception, fabrication, distribution, utilisation, fin de vie…) et enfin l'ensemble des impacts environnementaux potentiels (changement climatique dû aux émissions de gaz à effet de serre, épuisement des ressources fossiles, surconsommation d'eau…).

En 2021, le rapport iNum publié par GreenIT a proposé une première synthèse, à l'échelle nationale, des impacts environnementaux des différentes composantes du système numérique[49]. Cette synthèse souligne le poids prépondérant des usages et surtout de la fabrication des terminaux (regroupés ici dans une même catégorie « utilisateurs ») et le poids relativement limité des data centers (appelés dans le graphique ci-après « centres informatiques »), sauf en termes de consommation d'énergie primaire en phase utilisation et en termes de mobilisation de ressources matérielles en phase fabrication.

Des publications plus récentes, notamment l'étude Ademe-Arcep « Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France »[50] publiée en plusieurs volets entre 2022 et 2023, confirment les poids relatifs des différents impacts environnementaux, notamment ceux de la phase de fabrication, qui demeurent particulièrement fort quel que soit le scénario, plus ou moins sobre, retenu en termes de développement global des services numériques : « La phase de fabrication concentre la majorité des impacts pour l'empreinte carbone et les ressources abiotiques naturelles (métaux et minéraux) (…) pour (…) les centres de données. »[51]

%	Energie		GES		Eau		Ressources	
	FAB	USE	FAB	USE	FAB	USE	FAB	USE
Utilisateurs	37 %	27 %	76 %	8 %	86 %	5 %	79 %	0 %
Réseau	2 %	19 %	5 %	5 %	1 %	4 %	15 %	0 %
Centres informatiques	2 %	13 %	2 %	4 %	1 %	3 %	6 %	0 %
	41 %	59 %	83 %	17 %	88 %	12 %	100 %	0 %



49. Principale source pour les impacts environnementaux au niveau national : https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2021/02/2021-01-iNum-etude-impacts-numerique-France-rapport-0.8.pdf
50. Ademe et Arcep, « Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France », 2022-2023.
51. Arcep, « Note de synthèse [de l'étude Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France] au gouvernement », mars 2023.

Des limites persistantes

Comme de nombreuses autres publications, le rapport iNum suggère aussi, en creux, quatre difficultés persistantes de l'évaluation des impacts du système numérique en général et des data centers en particulier, qu'il importe d'avoir en tête au moment d'aborder les enjeux du développement des data centers en Île-de-France :

- Une difficulté à mettre en regard les impacts (plutôt négatifs mais pas seulement) du système numérique et les impacts (plutôt positifs mais pas seulement) des services numériques rendus, notamment par rapport aux services non numériques équivalents : si l'on reprend l'exemple de la commande en ligne d'un billet de train (comparé à son achat en gare), on peut relativement facilement estimer la quantité d'énergie primaire, d'eau ou d'autres ressources consommée par les équipements mobilisés (ordinateur personnel, réseau filaire, data center…), mais plus difficilement les impacts économiques, sociaux, environnementaux et urbain du service rendu (impact économique et environnemental du déplacement en gare évité, impact social et urbain, notamment en termes d'animation et de surveillance des lieux accueillant du public, de la disparition d'un poste de vente de billets en gare…) ;
- Une absence d'appréciation des impacts du système numérique aux niveaux régional et territorial : l'estimation nationale des impacts est complétée, au niveau local, par des études d'impact menées ponctuellement dans le cadre de l'évaluation environnementale des projets de data centers[52], qui s'intéressent également à certaines composantes particulières de l'environnement (bruit, chaleur, risques, biodiversité…) ; mais, entre le niveau national et le niveau local, aucune évaluation n'a encore été faite des impacts aux niveaux régional et territorial, notamment sur la résilience des réseaux de distribution électrique, sur l'intégrité des grands paysages, sur la spécialisation fonctionnelle des espaces…
- Une absence de prise en compte, au-delà des impacts environnementaux « au sens strict » (consommation d'énergie, d'eau et de matériaux, émissions de gaz à effet de serre…) du système numérique, ses impacts urbains, paysagers et plus largement spatiaux (coupures urbaines, consommation et fragmentation d'espaces agricoles…) ;
- Enfin, une difficulté à prendre en compte certaines spécificités, évoquées précédemment (partie 1.1.), des data centers au sein du système numérique : forte « sensibilité à la charge », virtualité croissante et très grande diversité.

Ces limites méritent d'être mieux partagées afin d'être mieux dépassées collectivement.

Des options claires

Le présent rapport ne prétend pas lever l'ensemble de ces difficultés, mais entend bien s'intéresser particulièrement :

- aux impacts des data centers aux échelles régionale et territoriale (et pas seulement nationale et locale),

Thèmes \ Échelles	1. Mondiale et nationale	2. Régionale	3. Territoriale	4. Locale (projet)
consommation d'esp.		*	*	*
urbanité			*	*
paysages			*	*
biodiversité			*	*
risques technologiques				*
risques naturels				*
pollutions				*
ondes				*
bruit				*
îlot de chaleur			*	*
GES	*	*	*	*
énergie	*	*	*	*
eau	*	*	*	*
matériaux	*	*	*	*

Les étoiles dans le tableau indiquent les composantes de l'environnement sur lesquelles il semble pertinent de s'intéresser à l'impact des data centers. En première intention, on n'a indiqué qu'une seule étoile par case, mais on pourra aussi indiquer de 1 à 3 étoiles, selon la pertinence, en distinguant par des couleurs différentes ce qui est habituellement évalué aujourd'hui (en noir) de ce qui devrait être évalué demain (en rouge).

52. Voir MRAe d'Île-de-France « Éclairages 2022 : Les centres de stockage de données », 2022.

- **aux impacts urbains, paysagers et plus largement spatiaux des data centers** (et pas seulement environnementaux « au sens strict ») du développement des data centers en Île-de-France

Toutefois, le présent rapport n'a pas pour objet de remettre en question le rythme de développement des data centers à l'échelle mondiale, ni même nationale ou régionale, c'est-à-dire le rythme d'accroissement de l'offre et de la demande de services numériques. Cette limite du rapport mérite d'être soulignée :

- d'une part, parce que dans un contexte général d'affirmation politique croissante des enjeux de sobriété (sobriété foncière *ZAN*, sobriété énergétique *ZEN*...), l'idée d'une remise en question de l'accroissement exponentiel des services numériques semble aujourd'hui étonnamment peu présente dans le débat public (voir ci-après l'encadré sur la sobriété numérique) ; or, imaginerait-on par exemple une politique climatique qui se contenterait du volet adaptation, sans contribuer « en amont » à l'atténuation de l'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ?
- d'autre part, parce que les services numériques sont susceptibles d'avoir en eux-mêmes (indépendamment du système numérique qui les rend possible) des impacts spatiaux, notamment urbains, très concrets, sans doute au moins aussi forts que ceux du développement des data centers : développement des véhicules autonomes, multiplication des *dark stores* et des *dark kitchens* (aussi appelées *cloud kitchens* !), disparitions de commerces de proximité, de restaurants, de cinémas...

3.2 UNE MULTIPLICITÉ D'ENJEUX THÉMATIQUES

Les enjeux qui suivent sont pour certains liés à la localisation des data centers (et donc à la question « où ? ») et pour d'autres liés à leurs autres caractéristiques (et donc plutôt à la question « comment ? »). Si l'autorité environnementale s'intéresse de façon très exhaustive à toutes ces caractéristiques, allant jusqu'à prendre en compte par exemple « la durée de vie des équipements informatiques, leur cycle de vie de la fabrication à l'éventuel recyclage... », on accorde ici une attention particulière aux caractéristiques susceptibles d'avoir des impacts spatiaux (urbains, paysagers...) positifs ou négatifs.

On s'intéresse à ces caractéristiques des data centers non seulement dans leur phase

L'enjeu de la sobriété numérique

Le terme de « sobriété numérique » a été introduit en France en 2008 par Frédéric Bordage, fondateur et animateur de la communauté GreenIT (greenIT.fr) et désigne « la démarche qui consiste à concevoir des services numériques plus sobres et à modérer ses usages numériques quotidiens ».

Un article récent de la Revue de l'OFCE[53] rappelle les principaux impacts énergétiques, environnementaux, sanitaires et sociaux de la « pollution numérique », en rappelant qu'elle est considérée par un rapport du Sénat comme « un angle mort des politiques environnementales et climatiques »[54], mais identifie aussi les principaux freins actuels à la « sobriété numérique » qui seule permettrait de réduire ces impacts :

- « des externalités négatives non internalisées,
- des problèmes informationnels,
- une rationalité limitée de la part des utilisateurs ».

Pour lever ces freins, un rapport de l'association française The Shift Project insiste sur la nécessité de définir collectivement un « système d'usages construit et réfléchi » : « La démarche de sobriété numérique consiste à passer d'un numérique devenu instinctif à un numérique conscient et réfléchi. Il est nécessaire d'identifier les apports sociétaux du numérique à préserver et développer, afin de pouvoir leur allouer en priorité les ressources disponibles. La question de « l'utilité » d'un apport est bien entendu une question subjective, mais qu'il est nécessaire de poser collectivement si l'on veut assurer la résilience du système numérique »[55].

Une récente étude de l'Ademe et de l'Arcep[56], qui envisage quatre scénarios prospectifs d'évolution des émissions de gaz à effet de serre pour l'ensemble du cycle de vie du numérique aboutissant à des résultats très contrastés (de – 45 % pour le scénario « Génération frugale » à + 372 % pour le scénario « Pari réparateur ») conclut à la nécessité d'un véritable « choix de société ».

53. Nicolaï Jean-Philippe, Peragin Lise, « Les certificats de sobriété numérique comme instrument de régulation de la pollution numérique » in Revue de l'OFCE, n°176, 2022/1, pages 229 à 249.
54. Commission de l'aménagement du territoire et du développement durable du Sénat, « Rapport de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique », 2020.
55. The Shift Project, « Déployer la sobriété numérique », octobre 2020.
56. Ademe et Arcep, « Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France », 2022-2023.

AVANTAGES

Clusterisation

Une localisation idéale dans la région :
- identifier un site bien choisi, éloigné des habitants pour moins de nuisances et de risques pour la population
- limiter l'effet d'étalement urbain et de pression foncière
- limiter l'effet d'éviction d'activités

Possibilités pour la sobriété foncière, énergétique et de ressources :
- rationalisation du foncier : moins de besoins d'espace, grâce à une utilisation intensive du foncier existant (moins de volumes perdus, mutualisation des aires de stationnement, etc.)
- gestion efficace et responsable du foncier dans le temps grâce à l'existence d'un gestionnaire de cluster (sur le modèle des gestionnaires de parcs d'activités)
- mettre en place un système de récupération de chaleur fatale pensé à la bonne échelle, en lien avec lien avec les quartiers environnants
- exiger des niveaux d'efficacité énergétique
- étudier possibilités de coupler cluster à la production d'énergie renouvelable sur place ou à proximité ; de réduire la consommation d'eau (exemple boucle d'eau grise partagée) ; d'économie d'échelle : commandes groupées de matériaux géo- et biosourcés

Anticipation et coordination : Création des réseaux électrique et d'internet
- permet aux gestionnaires de réseau de mieux se projeter, d'éviter les tensions et de rationaliser les structures électriques à construire. La construction de l'infrastructure électrique est couteuse et un long processus
- rationalisation du réseau : moins d'adaptations du réseau à la marge, mais un investissement groupé pour le réseau électrique et pour le réseau d'internet.

Prise en main du sujet par les acteurs publics :
- proposer une organisation spatiale et une programmation urbaine réfléchie, s'appuyant sur une analyse complète des externalités
- connaissance partagée et suivi des projets de la part de tous les acteurs impliqués
- encadrement à travers un nombre limité de documents d'urbanisme : PLU, SCoT, SDRIF avec possibilité d'y inscrire des conditions de programmation, d'organisation spatiale, de qualité (architecture, matériaux, traitement des abords), et de préservation du paysage (continuités, cônes de vue).

Un meilleur dialogue avec la filière des DC :
- faciliter les démarches, plus de clarté sur les processus administratifs
- partager l'estimation des besoins-cibles
- faciliter la recherche d'un emplacement
- rendre la région attractive : accès à des emplacements équipés et plus de résilience
- possibilité de rassembler les besoins (secours, techniciens...) et rapprocher opportunités (clients, interconnexion...)

Dissémination

Une égalité économique des territoires franciliens :
- implantation des acteurs du numérique selon les opportunités foncières et marché

Une implantation souple et une programmation adaptée à chaque contexte :
- plus de facilité à intégrer des opérations individuelles dans des tissus urbains
- possibilité d'une plus grande mixité avec d'autres fonctions
- possibilité de réutiliser les bâtiments existants en les transformant

Un développement de réseaux électrique et d'internet plus dynamiques et plus proches des demandes :
- réduction des délais pour concrétisation des projets (comparé au cluster), qui dépend néanmoins de la situation électrique initiale et de la taille des projets à raccorder.
- moindre concentration des charges sur le réseau électrique, qui peut toutefois engendrer une multiplication des contraintes locales et une saturation générale.

Une répartition des risques, pollutions et nuisances
- répartition et diminution des risques sur tout le territoire francilien

INCONVÉNIENTS

Clusterisation

Délai de développement d'un cluster relativement long, pour :
- le choix d'un ou plusieurs sites à l'échelle de la région
- la définition des porteurs de projets
- le dimensionnement de chaque cluster
- la consolidation des infrastructures électriques
- le zonage dans les documents d'urbanisme

Renforcement des inégalités territoriales :
- valorisation de certains sites choisis au détriment d'autres sites

Un grand besoin en surface pour la création d'une zone monofonctionnelle.
Une production de chaleur résiduelle concentrée, au lieu d'une répartition plus proche des usagers.
Une nouvelle opportunité d'investissement économique qui créera un appel d'air : quelle stratégie de data centers à adopter sur un cluster ?
Priorisation d'un certain type de data centers ?

Dissémination

Des besoins de foncier considérables, partout en Île-de-France
- affaiblissement du potentiel d'intensification des sites
- encourage le développement sur de grands sites en extension urbaine
- encourage la construction de grands volumes

Possibilités limitées de prise en main du sujet par les acteurs publics :
- difficulté de suivre les projets et de comprendre le phénomène et des dynamiques (opacité du secteur)
- moins de chances de faire émerger une région spécialisée (à l'image de la région d'Amsterdam spécialisé dans l'hyperconnectivité)

d'exploitation régulière, mais aussi dans les phases de construction (risques, pollutions et nuisances potentielles liés à la construction elle-même comme à l'acheminement des matériaux de construction ou de démolition…) et de démantèlement en fin de vie, mais aussi lors des éventuels incidents voire accidents.
Parmi les enjeux liés à la localisation des data centers (type de territoire, type de tissu urbain, type de site…), celui de la localisation relative des data centers les uns par rapport aux autres, c'est-à-dire de la « clusterisation » (voir tableau ci-contre qui esquisse les premiers éléments de discussion sur le choix d'une stratégie de clusterisation ou de dissémination des data centers en Île-de-France) au sein d'un même territoire, d'un même quartier voire d'un même site, méritera une attention particulière.

Enjeu 1 : sobriété foncière et préservation de la pleine terre

Enjeu de réutilisation des sites de data centers existants et des friches en milieu urbain,
au regard des tendances suivantes

- tendance à l'implantation des nouveaux data centers en extension urbaine plutôt qu'en renouvellement, à la fois du fait de l'accroissement global des besoins et de la difficulté à mobiliser les sites en renouvellement (sites de data centers existants ou démantelés, friches urbaines issues d'autres usages…) ; cette difficulté tient pour une part aux évolutions quantitatives (data centers de grande dimension) et qualitatives (sécurité, accessibilité) des data centers, et pour une autre part à la nécessité croissante de privilégier d'autres usages que les data centers pour le réemploi des friches urbaines (économie circulaire, production d'énergies renouvelables…) ;
- tendance au délaissement des sites existants les plus anciens, notamment dans le centre de l'agglomération parisienne mais, parallèlement, demande émergente pour un « cloud de proximité » (« cloud at the edge » ou « cloud de terrain ») susceptible d'encourager la réutilisation des sites abandonnés.

Enjeu d'utilisation optimale des sites de data centers, en extension comme en renouvellement
On note globalement une très faible emprise au sol des bâtiments au sein des sites de data centers en Île-de-France, y compris certains des plus récents.
Cependant, la densification (en m² de surface de data center par m² d'emprise au sol et/ou en m² d'emprise au sol par m² de surface de parcelle) peut accroître fortement l'appel global de puissance électrique d'un site, puisqu'on considère que l'appel unitaire de puissance (par m² de surface de data center) est relativement stable dans le temps. En outre, la densification (en m² de surface de data center par site) peut se faire au détriment de la mixité des fonctions au sein du site concerné et de la préservation de la pleine terre.
C'est pourquoi on parle ici d'utilisation optimale, c'est-à-dire raisonnée, plutôt que simplement de densification[57].

Enjeu 2 : intégration urbaine

Enjeu d'insertion dans un tissu d'activités mixte
Cet enjeu d'insertion mérite cependant d'être bien articulé avec l'enjeu potentiellement contradictoire de « clusterisation », qui implique une spécialisation fonctionnelle à l'échelle de certains territoires ou quartier.

Enjeu de mixité voire d'hybridation des usages à l'échelle des sites de data centers.

Enjeu de préservation et de requalification des paysages urbains, périurbains et ruraux, qui implique notamment de :

- profiter de l'implantation des data centers pour requalifier et revaloriser des paysages dégradés, et ainsi renouveler l'attractivité économique de certains secteurs aujourd'hui délaissés (couloirs de lignes électriques à très haute tension, zones de bruit des aéroports, secteurs fortement enclavés…) ;
- limiter l'emprise au sol des espaces de stationnement (voir aussi question des normes de stationnement dans les PLU).

Enjeu de limitation des coupures urbaines (physiques ou psychologiques), liées notamment à la taille, mais aussi à la configuration des sites et au niveau de sécurité nécessaire.

Enjeu d'insertion d'une meilleure acceptabilité.
Même si elle est conforme à la réglementation, une installation peut créer des conflits avec les riverains, notamment en raison de son aspect de boite noire ultra-sécurisé. Cet enjeu implique de s'appuyer sur « l'effet vitrine » en travaillant le rapport du site à l'espace public, la volumétrie, la programmation, afin de mieux s'intégrer dans le tissu urbain et d'améliorer l'acceptabilité locale.

57. Voir MRAe d'Île-de-France « Éclairages 2022 : Les centres de stockage de données », 2022 : cette note cite notamment la recommandation faite par la MRAe au PLU de Marcoussis de « justifier le choix de permettre l'extension du site DATA IV avec une faible densité des constructions » (p. 15).
Elle rappelle également que « Certains projets ont d'ores et déjà fait le choix de la densité, comme le centre de données Equinix situé à Argenteuil (95). Bien qu'il s'agisse d'un hyperscale, il s'installe sur un terrain de 17 116 m² pour une puissance électrique d'environ 232 MW. Il atteste ainsi du fait que l'objectif de densité peut être atteint. » (p. 34).

Enjeu 3 : prévention des risques, pollutions et nuisances

Enjeu de prévention de la pollution des sols, des eaux et de l'air, y compris lors de la phase de construction, qui nécessite notamment de :

- limiter la quantité de fioul stockée, par exemple en réduisant l'autonomie de 72 à 48 heures[58] ou en faisant appel à d'autres sources ou vecteurs énergétiques (on peut noter par exemple que la MRAe d'Île-de-France regrette que « les projets n'[aie]nt pas retenu d'autres formes d'énergie comme le gaz qui pourrait également être utilisé »[59]) ;
- garantir la surveillance régulière des fuites de fioul et d'autres fluides, comme les huiles isolantes (huiles diélectriques ou hexafluorure de soufre, SF6) utilisées dans les transformateurs électriques, susceptibles de contaminer les sols, les eaux ou l'air ; il est désormais possible de recourir à des huiles recyclées ou régénérées dans l'industrie pour limiter l'impact lié à la production de ces fluides mais surtout à des huiles végétales, biodégradables, pour diminuer également les risques de contamination des milieux en cas de fuite ;
- garantir la surveillance régulière (biodégradabilité, teneur en phosphore) des eaux rejetées par les data centers utilisant un système de refroidissement adiabatique (pulvérisation périodique d'eau dans les circuits, puis rejet de cette eau dans le réseau d'assainissement public), susceptible d'indiquer la nécessité de construire une micro-station de traitement sur site ;
- s'assurer que les terrassements réalisés à l'occasion du chantier n'altèrent pas la qualité des nappes d'eau souterraines par l'apport de remblais chargés de polluants ;
- veiller à limiter le ruissellement des eaux pluviales, notamment par la limitation de l'imperméabilisation des sols et l'infiltration de eaux pluviales au sein du site ;
- limiter la pollution de l'air par la réduction de la durée et l'optimisation du déroulement des tests réguliers de fonctionnement des groupes électrogènes de secours.

Enjeu de prévention du risque incendie (le fioul des groupes électrogènes de secours est inflammable dès 55°C), notamment en s'appuyant sur le retour d'expérience des accidents déjà survenus en France (Strasbourg, 2021 et Clichy, 2023) et dans le monde, qui nécessite notamment de vérifier la disponibilité effective en eau au niveau des poteaux d'incendie.

Enjeu de limitation du bruit du data center lors de son fonctionnement, et y compris lors de la phase de chantier. « Les installations des centres de données génèrent de forts niveaux de nuisances sonores, conduisant parfois à des émergences supérieures aux niveaux réglementaires. Celles-ci sont réglementées par l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les ICPE. »[60]. Cet enjeu semble insuffisamment pris en compte dans les études d'impact et pourtant : « À Paris, par exemple, dans le quartier du Sentier, un collectif de riverains se plaint du bruit causé par le système de refroidissement du centre de données situé à proximité. Une procédure judiciaire a été engagée pour faire cesser cette activité qui semble incompatible avec des logements à proximité. »

Enjeu de limitation de l'effet d'îlot de chaleur urbain, à la fois par la limitation de l'artificialisation des sols et par la limitation des déperditions de chaleur des data centers ;

Enjeu de limitation des émissions de gaz à effet de serre, liés moins à la consommation électrique (largement décarbonée en France) qu'à la consommation de fioul lors des tests réguliers de fonctionnement des groupes électrogènes (voir ci-dessus, enjeu de prévention de la pollution des sols, des eaux et de l'air), et surtout à l'utilisation de gaz fluorés, principalement les hydrofluorocarbones (HFC), entrant dans la composition des fluides frigorigènes et générant un pouvoir de réchauffement climatique jusqu'à 14 000 fois supérieur à celui du CO_2 ; privilégier les solutions alternatives (*free-cooling*, géothermie à basse température).

Enjeu 4 : gestion durable de l'énergie

La gestion durable de l'énergie aux échelles mondiale, continentale et nationale est souvent placée en tête des enjeux liés au développement des data centers, bien avant les enjeux de sobriété foncière et d'intégration urbaine aux échelles régionale, territoriale et locale privilégiés dans le présent rapport. En effet, même si les estimations disponibles sont encore largement perfectibles[61], le système numérique représenterait en 2020, en France comme dans le monde, de l'ordre de 5 à

58. Sous réserve que les réseaux électriques soient suffisamment résilients dans les secteurs géographiques concernés.
59. Voir MRAe d'Île-de-France « Éclairages 2022 : Les centres de stockage de données », 2022 , p. 27.
60. Voir MRAe d'Île-de-France « Éclairages 2022 : Les centres de stockage de données », 2022, p. 32.
61. Voir notamment Masanet Eric *et al.*, « Recalibrating global data center energy-use estimates », *in* Science, vol. 367, février 2020.

6% de la consommation totale d'énergie primaire, et les seuls data centers de l'ordre de 15 à 20% de cette consommation du système numérique, soit environ 1% de la consommation totale d'énergie primaire. Malgré des innovations technologiques et organisationnelles permettant une plus grande efficacité énergétique, la consommation d'énergie des data centers a continué à croître au cours des dernières années, tant en volume qu'en part de la consommation totale d'énergie primaire, car les volumes de données stockées, computées et échangées ont très fortement crû[62].

Les impacts énergétiques du numérique en général et des data centers en particulier aux échelles suprarégionales relevant de choix de société voire de civilisation (voir encadré sobriété numérique de la partie 3.1.), ils sont abordés ici principalement aux niveaux régional, territorial voire local.

Par ailleurs, l'approvisionnement en énergie constituant le principal poste de dépenses d'exploitation des data centers[63], il faut noter que plusieurs des enjeux identifiés ci-après (sobriété, efficacité, sécurité...) relèvent autant de l'intérêt particulier des opérateurs de data centers que de l'intérêt général dont les acteurs publics sont garants. Cela pourrait laisser croire que les acteurs publics peuvent s'en remettre aux opérateurs privés de data centers pour répondre à tous les enjeux de gestion durable de l'énergie. Or, certains de ces enjeux relèvent exclusivement de l'intérêt général, et sont soulignés en tant que tels dans ce qui suit.

Enjeu de résilience du système électrique, qui implique de :

- éviter le développement des data centers dans les secteurs géographiques de pression sur le réseau électrique, ce qui nécessite aussi l'amélioration et le partage, par les opérateurs de réseaux (RTE pour le transport et Enedis pour la distribution), de la connaissance de ces secteurs de pression ; attention, il faut distinguer ici :
  - les « secteurs de pression », sur lesquels les opérateurs de data centers peuvent choisir de s'implanter au risque d'en évincer d'autres usages également très demandeurs d'énergie (industrie, services urbains...), ce qui constitue un enjeu d'intérêt général ;
  - les « secteurs de fragilité » du réseau électrique, notamment au regard du risque inondation, qui sont un peu mieux connus par les acteurs publics mais dont les opérateurs de data centers se détournent d'eux-mêmes afin de sécuriser leur approvisionnement en électricité.
- encadrer réglementairement les surréservations de puissance électrique, susceptibles de créer de nouveaux secteurs de pression sur le réseau électrique et/ou de limiter l'accès à l'électricité pour d'autres usages, mais aussi de faire peser sur la collectivité le coût des renforcements des réseaux en amont des nouveaux postes et lignes électriques créés, ce qui constitue là encore un enjeu d'intérêt général ; ces surréservations sont liées à deux phénomènes :
  - d'une part de la « suranticipation » [64], tendance des opérateurs à anticiper trop fortement le remplissage effectif de leur bâtiment ou de leur site. L'effet de cette suranticipation pourrait être atténué en demandant aux opérateurs de présenter une courbe de montée en charge de leur projet jusqu'à l'atteinte de la puissance cible. Cela pourrait s'accompagner des clauses négociées de restitution à la collectivité des puissances non-mobilisées après un certain délai[65] ;
  - d'autre part du « double raccordement », tendance des opérateurs à solliciter les deux gestionnaires de réseau (Enedis dont le réseau de distribution plus agile peut plus rapidement répondre à la demande de raccordement, et RTE au réseau duquel l'opérateur souhaite in fine être raccordé), indépendamment des éventuels besoins de redondance destinés à sécuriser l'alimentation électrique en cas de problème sur les réseaux électriques.

62. *Ibid.* Selon cet article, la consommation énergétique mondiale des datacenters n'a augmenté que de 6% alors que le nombre d'instances de calcul ont augmenté de 550% entre 2010 et 2018, signifiant une baisse annuelle de l'intensité énergétique de 20%, et ce grâce aux innovations technologiques.
63. La crise énergétique actuelle a encore accru la prégnance de ce poste de dépenses - voir notamment l'article de L'Usine Nouvelle du 29 septembre 2022 (« La crise énergétique met les opérateurs de datacenters sous pression »).
64. En visant une cible haute en termes de puissance de raccordement lors de la demande de raccordement aux gestionnaires du réseau électrique (RTE, Enedis), les opérateurs de data center s'assurent d'obtenir une infrastructure permettant une montée en charge progressive. Le seuil est parfois largement surestimé et jamais atteint. L'un des effets de cette pratique est un surdimensionnement des infrastructures électriques, plus couteuses et lourdes de celles qui seraient nécessaire en réalité. À cela se rajoute le blocage de connexion d'autres clients publics ou privés à venir, ce qui est notamment problématique dans des zones de tension.
65. Enedis mène actuellement une concertation avec ses clients afin que la surréservation de puissance soit restituée à la collectivité deux ans après la mise en service du site, et après négociation commerciale avec les clients. Naturellement, le client est informé de cette démarche dès sa demande de raccordement afin qu'il ajuste au mieux sa puissance de raccordement, pour limiter la durée de réalisation des ouvrages de raccordement et les coûts afférents pris en charge par le client.

- sous réserve d'une approbation de la commission de régulation de l'énergie, inciter les gestionnaires de réseau à officialiser leur utilisation du différentiel de puissance (entre la puissance souscrite et la puissance réellement utilisée par le data center) pour d'autres usages ;
- inciter les opérateurs de centres de données à contribuer à l'équilibre du système électrique à l'échelle territoriale et locale en mobilisant leurs équipements infrastructurels de secours (générateurs et batteries), à l'exemple du dispositif Stockholm Flex déjà mis en œuvre dans la capitale suédoise :
  - d'une part en se déconnectant du réseau et en utilisant leur alimentation de secours pour soulager le système offre-demande électrique en cas de tension sur le parc de production (à condition que les systèmes de secours ne soient pas polluants !)[66] ;
  - d'autre part en utilisant leurs batteries pour produire et stocker de l'électricité pour compléter le réseau.
- quand un data center existant est démantelé, anticiper la réutilisation de son site et de la puissance électrique ainsi libérée, par des usages très demandeurs (industrie, services urbains…) plutôt que par des usages peu demandeurs (exemples récents de data centers remplacés par des opérations de logements), surtout quand l'implantation de ce data center a nécessité un renforcement des réseaux en amont dont le coût a été supporté par la collectivité.

Enjeu de sobriété et d'efficacité énergétique permettant de limiter la consommation d'énergie, ce qui nécessite notamment de :

- encourager la conception d'organisations plus sobres, notamment en réinterrogeant les besoins, à l'instar de Pôle Emploi[67], hébergeur de ses propres données et donc directement intéressé financièrement au retour sur investissement des améliorations entreprises :
  - diminution des besoins de climatisation par le passage de 26 à 28°C de la température maximale des locaux techniques ;
  - optimisation du système de refroidissement par la séparation des flux d'air froid et chaud avec des confinements en allées froides et chaudes ;
  - modularité des installations techniques afin d'adapter la puissance appelée à la demande informatique.
- encourager la mobilisation d'équipements (équipements IT et infrastructure) plus efficaces énergétiquement ; il s'agit non seulement d'améliorer l'indicateur d'efficacité énergétique (*power usage effectiveness* ou PUE) de l'infrastructure (rapport entre la consommation énergétique totale du data center et la consommation énergétique des équipements IT), mais aussi d'améliorer l'efficacité énergétique des équipements IT eux-mêmes ;
- rendre plus sobres les tests réguliers des groupes électrogènes, et limiter le bruit et la pollution de l'air engendrés par ces tests ;
- privilégier une localisation dans un secteur bien desservi par les transports collectifs, ce qui constitue là encore un enjeu d'intérêt général.

Enjeu de mobilisation des énergies renouvelables et de récupération, qui implique notamment de :

- privilégier une localisation dans un secteur propice au développement des énergies renouvelables (potentiel solaire, éolien, géothermique…) et de récupération (présence actuelle ou future d'utilisateurs potentiels de chaleur récupérée, en vue du raccordement à des réseaux de chaleur existants ou de la création de boucles locales[68]) ;
- anticiper l'installation sur le site de dispositifs de production d'énergies renouvelables (panneaux solaires…) ;
- anticiper l'installation sur le site d'un système de récupération de chaleur fatale, pratique qui est susceptible d'évoluer depuis que l'article 28 de la loi « Reen » (« réduire l'empreinte environnementale du numérique ») du 15 novembre 2021 prévoit (mais dont on attend encore les décrets d'application sur le PUE visé) :
  - comme condition pour bénéficier du taux réduit de la taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité, que « le centre de stockage de données numériques valorise la chaleur fatale, notamment à travers un réseau de chaleur ou de froid, ou respecte un indicateur chiffré déterminé

66. La conversion des groupes électrogènes aux biocarburants est engagée pour la filière.
67. Voir retour d'expérience dans Cigref, « Sobriété numérique : Piloter l'empreinte environnementale du numérique par la mesure », décembre 2021, p. 24.
68. On peut citer ici, pour mémoire, les premiers exemples de récupération de chaleur fatale en Île-de-France :
- le tout dernier bâtiment d'Equinix, développé en densification de parcelle à Saint-Denis (93), et qui chauffera la future piscine olympique de la plaine Saulnier dès 2024,
- un data center à Bailly-Romainvilliers (77), qui chauffe également un stade nautique,
- le data center Ville de Paris/AP-HP à Chapelle Internationale (Paris 18ème) qui injecte la chaleur dans une boucle locale,
- le data center d'Interxion à La Courneuve (93) sur l'ancienne usine Eurocopter, qui s'est engagé à livrer de la chaleur au réseau opéré par le SMIREC.

par décret sur un horizon pluriannuel en matière d'efficacité dans l'utilisation de la puissance[69].
- que le programme d'actions défini par les plans climat air énergie territoriaux s'attache notamment à « valoriser le potentiel en énergie de récupération, y compris le potentiel de récupération de chaleur à partir des centres de données et à « réduire l'empreinte environnementale du numérique »[70].

Enjeu 5 : gestion durable des autres ressources

Enjeu de résilience du système d'approvisionnement en eau, qui nécessite d'éviter le développement des data centers dans des secteurs de pression sur la ressource en eau.

Enjeu de limitation de la consommation d'eau par les datas centers, qui nécessite de trouver un bon équilibre entre efficacité dans l'utilisation de l'énergie (indicateur PUE, *power usage effectiveness*) et WUE (indicateurs WUE, *water usage effectiveness*) et qui passent par de nouvelles solutions comme l'utilisation des eaux grises (Google à Douglas County aux Etats-Unis).

Enjeu de réduction de l'utilisation de matériaux lors de la construction des data centers et de facilitation du démantèlement futur, total ou partiel, des data centers, qui nécessite un effort d'éco-conception des data centers. Il s'agit principalement de limiter la consommation de béton à base de granulats naturels et d'acier qui pèse dans les bilans carbone des data centers. Il s'agit également de concevoir les data centers de façon à garantir leur mutabilité et leur reconversion future. Enfin, l'usage de matériaux issus de l'économie circulaire (du réemploi, du recyclage…) doit être encouragé notamment pour les éléments de second œuvre et de finition des data centers.

Cet effort de sobriété en matériaux dans la construction et l'évolution du bâtiment du data center doit s'accompagner d'un effort similaire pour les équipements informatiques (serveurs…) et les équipements d'infrastructure (systèmes de sécurité, de refroidissement et de ventilation, groupes électrogènes), pour lesquels tout projet de renouvellement doit faire l'objet d'une évaluation globale fondée sur l'analyse du cycle de vie, qui seule permet de mettre en regard les gains d'efficacité permis par les nouveaux équipements, avec l'impact environnemental de la fabrication de ces nouveaux équipements et du démantèlement des anciens équipements.

69. Modification de l'article 266 du code des Douanes, dont on peut noter au passage qu'il donne une définition légale d'un data center : *« Un centre de stockage de données numériques s'entend d'une infrastructure immobilière consacrée au stockage physique, au traitement, au transport et à la diffusion de données numériques, dont l'accès est sécurisé, et comprenant des dispositifs spécifiques et dédiés de contrôle de son environnement thermique, de la qualité de son air, d'alimentation en énergie et de prévention des incendies ».*
70. Modification de l'article L229-26 du code de l'Environnement.

4 • PROPOSITIONS

Comme maillon indispensable de l'infrastructure numérique, les data centers jouent un rôle important dans les territoires, au regard des problèmes que pose le numérique sur la planète. Les moyens financiers des acteurs des data centers et leur appétit pour l'innovation peuvent devenir un levier pour concevoir des projets phares en termes de sobriété et efficacité énergétiques et en eau et matériaux, mais aussi en ce qui concerne la qualité architecturale et l'intégration urbaine et paysagère. Le secteur des data centers évolue en permanence, mais les innovations et avancées technologiques concernent plutôt la partie intérieure du bâtiment que son enveloppe bâtimentaire et ses abords. Aujourd'hui, sites et bâtiments restent souvent fonctionnels, opaques et sans respect de l'environnement urbain. Des énormes efforts peuvent être faits sur l'architecture et sur l'intégration urbaine et paysagères, tout comme sur la performance énergétique.

Les propositions rassemblées ici visent à accompagner le développement des data centers en Île-de-France, en veillant à en maximiser les retombées positives et à en minimiser les impacts négatifs. Cela concerne de nouvelles installations et le parc existant, où beaucoup d'améliorations sur l'intégration paysagère et urbaine et sur la qualité architecturale peuvent encore être faites ultérieurement.

Ces propositions ont vocation à être discutées en premier lieu avec les acteurs publics et parapublics identifiés pour constituer le premier noyau du « collectif des acteurs publics et parapublics des data centers en Île-de-France », qui est proposé en fin de cette partie.



À ce jour, les data centers franciliens s'inscrivent souvent dans une rupture avec l'environnement urbain.
Source : L'Institut Paris Region, 2023.



4.1 ÉLABORER UNE STRATÉGIE RÉGIONALE DE DÉVELOPPEMENT DES DATA CENTERS

Pour mieux organiser le développement des data centers en Île-de-France, l'élaboration d'une stratégie régionale au regard des grands enjeux environnementaux, urbains et économiques d'intérêt général nous semble incontournable.
Cette stratégie régionale devra notamment se prononcer sur les questions suivantes :

- **« quoi ? » :** quels sont les types de data centers dont le développement doit être privilégié ? (voir les multiples critères de différenciation présentés sur les pages 11 et 12 de ce rapport : selon la taille, la fonction core/edge/hyperscale, l'aire de chalandise, le niveau de sécurité électrique, le niveau de sécurité informatique, le degré de souveraineté…)
- **« combien ? » :** pour chaque type de data center dont le développement doit être privilégié, quelle est la quantité souhaitable (quantité exprimée en surface au sol, surface de plancher, nombre d'unités de baies – « rack units » - ou puissance électrique) ? Est-il souhaitable et possible de fixer des plafonds de constructibilité pour le secteur à l'échelle régionale ?
- **« où ? » :** est-il souhaitable et possible d'orienter l'implantation de data centers vers certains secteurs géographiques particuliers au sein de la région (« clusters » de data centers actuels, autres secteurs…) ?
- **« comment ? » :** est-il souhaitable et possible d'inciter/d'obliger les projets d'implantation de data centers en Île-de-France au respect de certaines modalités concrètes d'implantation (processus d'installation à privilégier, économie d'énergie, récupération de chaleur, intégration paysagère…) complémentaires de celles déjà imposées par les normes internationales ou européennes, la législation nationale, les documents d'urbanisme (Sdrif, Scot, …) ? Si oui, dans quel cadre ces modalités pourraient-elles être exprimées (planification régionale, « fiche repère sur les orientations pour l'instruction des demandes d'agrément pour les centres de données », label ou certification régionale…) ?
- **« qui ? » :** quels sont les acteurs existants qu'il faudrait de mieux associer à l'élaboration et/ou à la mise en œuvre d'une telle stratégie ? Quels sont les acteurs qui n'existent pas encore mais qu'il faudrait faire émerger, par exemple pour agir comme tiers de confiance entre les opérateurs de data centers et les opérateurs de réseaux de chaleur ?

Cette stratégie peut s'appuyer sur des travaux préparatoires :

- **une étude stratégique identifiant les zones les plus pertinentes d'implantation** (en clusters ou dissémination) au regard des disponibilités électrique et foncière, des possibilités de récupération de chaleur (réseau de distribution) et de la présence des autres infrastructures urbaines adéquates (dorsales internet ; transports ; sources d'énergie renouvelable ; eau…), et bien sûr autres usages envisageables dans les zones concernées. Cette étude pourrait également analyser la pertinence de la création de clusters de data centers et des « enveloppes » plafonnées de surface et de puissance électrique maximales à l'échelle de la région.

Nous livrons ci-après des premières pistes de réflexion pour cette étude, dont le cahier des charges reste à discuter collectivement.

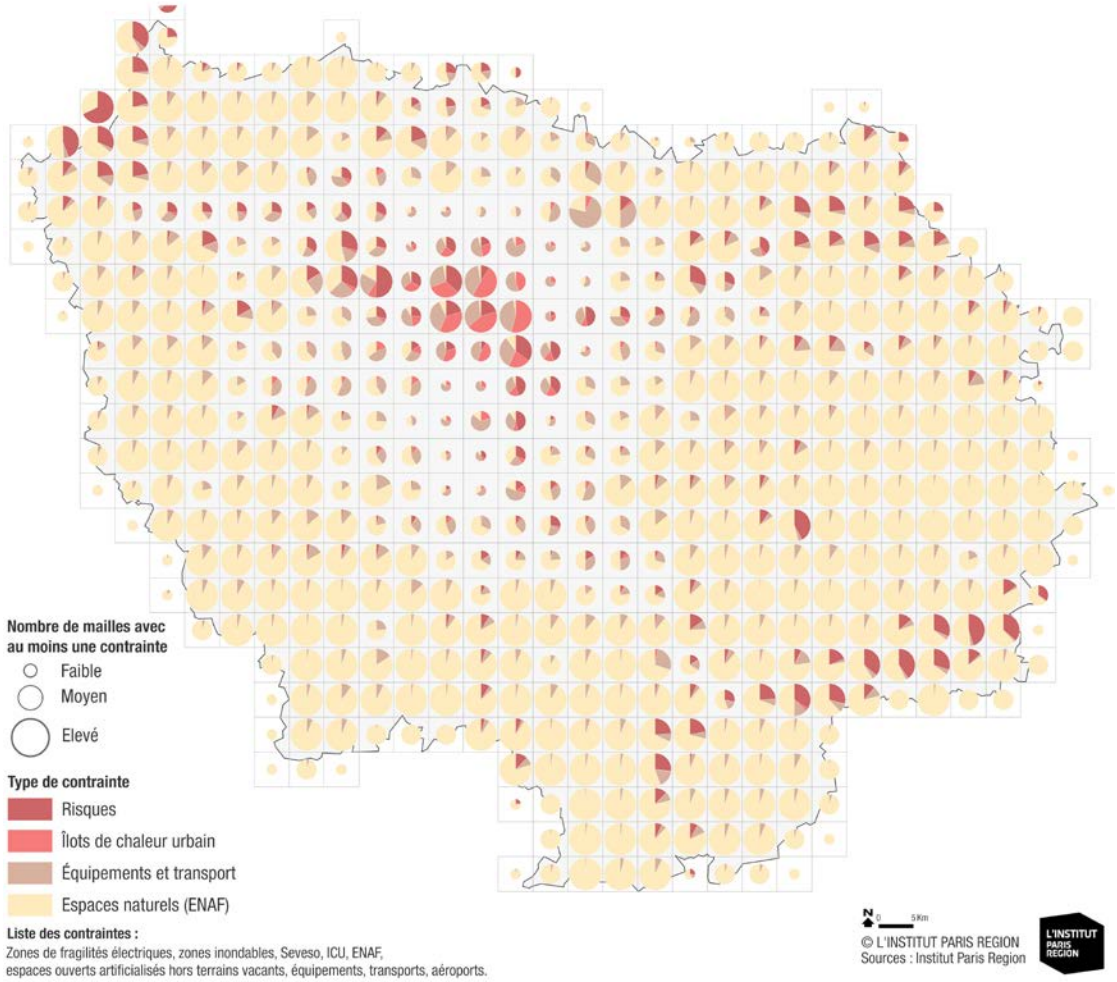
La carte ci-dessous a vocation à afficher les zones de contraintes pour l'installation des data centers d'au moins 2 000 m² de surface de plancher.
La construction de la carte se fonde sur le croisement de mailles carrées de 125 m de côté et des contraintes identifiées.
Les résultats sont exprimés dans des mailles carrées de 5 kilomètres de côté.
Les couleurs des secteurs de disques représentent la part de chaque famille de contraintes :

- risques (zones de fragilité électrique liée au risque d'inondation, zones inondables, Seveso) ;
- ICU (Fort et moyen) ;
- équipements et transports : espaces ouverts artificialisés hors terrains vacants (poste 5 du mode d'occupation du sol en 11 postes), équipements (poste 9), transports (poste 10), aéroports et espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF - postes 1,2,3 et 4).

La taille des disques représente le nombre de mailles carrées de 125 m de côté comptant au moins une contrainte à l'intérieur de la maille carrée de 5 kilomètres côté concernée.
Dans la continuité de la carte ci-dessous, qui affiche exclusivement les contraintes identifiées pour l'implantation des data centers, la carte ci-contre propose d'inclure également les opportunités. Elle a donc vocation à proposer des zones plutôt favorables, et plus particulièrement des sites préférentiels, pour l'implantation des data centers d'au moins 2 000 m² de surface de plancher.
La méthode de construction de cette seconde carte est similaire à celle de la première carte.
Les contraintes prises en compte sont les suivantes :

- risques (zones de fragilité électrique liée au risque d'inondation, zones inondables, Seveso),
- ICU (fort et moyen),
- équipements et transports (espaces ouverts

ZONES DE CONTRAINTES POUR L'IMPLANTATION DES DATA CENTERS D'AU MOINS 2 000 M² DE SDP



artificialisés hors terrains vacants (poste 5 du MOS en 11 postes), équipements (poste 9), transports (poste 10), transports (poste 10), aéroports, espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF - postes 1,2,3 et 4)
- zones d'activité économiques à préserver.

Les opportunités :
- zones situées à moins d'un kilomètre d'un réseau de chaleur urbain (RCU),
- friches urbaines
- activités dans le diffus
- zones d'activités économiques hors zones à préserver
- ICPE
- zone de proximité d'un data center existant,
- unité foncière d'un data center existant
- zones situées à moins de 10 kilomètres de la couronne électrique structurante francilienne.

Les données d'entrée utilisées pour la construction de cette carte correspondent globalement aux critères évoqués dans la partie 4.2.

Les résultats sont exprimés à la maille de 5 kilomètres. Les couleurs des disques représentent les parts des quatre types suivants, résultant du croisement des mailles carrées de 125 m de côté avec les contraintes d'une part, avec les opportunités d'autre part :
- mailles 125 avec des contraintes et sans opportunités, en rouge,
- mailles 125 avec des contraintes et des opportunités, en jaune,
- mailles 125 sans contraintes et avec des opportunités, en vert,
- mailles 125 sans opportunités et sans contraintes, en gris.

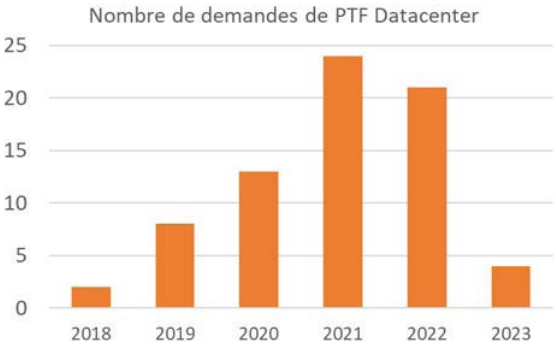
Ces deux cartes doivent permettre d'apporter la visibilité de plus en plus demandée par les acteurs publics, parapublics et privés (collectivités locales, mais aussi gestionnaires de réseaux et opérateurs de data centers...) et, très concrètement, de constituer un support partagé pour la politique d'agrément par l'État des futurs projets de data centers.

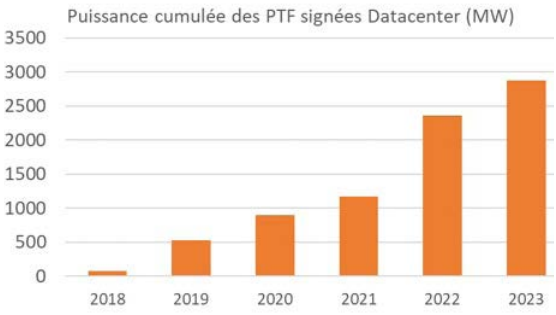
CARTE DE LA GÉOGRAPHIE PRIORITAIRE POUR L'IMPLANTATION DES DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE



- **une étude de planification électrique régionale** pour 2025-2030, fondée sur une estimation partagée des besoins globaux (en services numériques, mais aussi mobilité électrique…) définissant des scénarios avec plans spatialisés pour les infrastructures électriques et numériques aux différentes échelles et permettant d'avoir une meilleure visibilité sur les besoins fonciers des gestionnaires de réseau, afin de de rationaliser l'occupation du territoire et minimiser la création de nouvelles infrastructures et donc le coût pour la collectivité. RTE constate aujourd'hui une dynamique forte de raccordements en Île-de-France (en études et contrats signés), portée par les data centers. Les recherches internes conduites par RTE en 2022 démontrent que cette croissance nécessite des évolutions et renforcements du réseau électrique, avec d'éventuels effets de désoptimisation sans vision consolidée. Des contraintes d'injection, de transit et de foncier peuvent notamment se manifester, engendrant des raccordements de plus en plus complexes et couteux.

DYNAMIQUE DES DEMANDES ET RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE DISTRIBUTION (RTE)





PTF : Proposition Technique et Financière (offre commerciale)

Ainsi, RTE préconise un positionnement de grands data centers et d'autres gros consommateurs d'électricité à proximité relative à la ceinture de 400 kV plutôt qu'en milieu dense. Une analyse des grandes poches électriques sur le réseau de RTE montre cependant une situation proche de la saturation pour trois (Villejust-Cirolliers, Plessis-Sausset, Morbras) des dix poches. Moins contraintes, les autres poches ont des capacités disponibles pour le développement futur des data centers.

- **un travail fin de connaissance des fonciers ou bâtiments disponibles** au sein des secteurs favorables pour l'implantation des data centers, en collaboration étroite avec les EPCI et/ou les communes[71].

L'Institut Paris Region pourra contribuer à ce travail en mobilisant notamment la base de données des friches franciliennes qu'il a constituée depuis plusieurs années, en collaboration avec la Région Île-de-France. Les friches sont souvent perçues comme des réservoirs d'urbanisation mais au regard de leurs caractéristiques, de leur localisation, du contexte et des dynamiques dans lesquels elles s'inscrivent, il peut aussi bien être préférable de privilégier des opérations de renouvellement urbain (habitat, industrie, data center, bureaux…), ou au contraire de les désimperméabiliser et de les renaturer afin de répondre à des enjeux environnementaux (carence en espaces verts, inondations, îlots de chaleur urbains…), de préserver celles qui se sont réensauvagées et constituent désormais des réservoirs de biodiversité, ou encore de remettre en état des espaces agricoles. La base de données pourra être utilisée pour évaluer le potentiel de mobilisation de certaines friches pour l'implantation des data centers.

71. Comme l'a fait la Métropole d'Amsterdam pour l'élaboration de sa stratégie : cf. « Eindrapport MRA-brede strategie datacenters » (Rapport final sur la stratégie de la MRA sur les centres de données), *en néerlandais,* Metropoolregio Amsterdam, CE Delft et Buck Consultants International, janvier 2020.



Data center « Marilyn » de Céleste, situé dans la Cité Descartes à Champs-sur-Marne. Source : L'Institut Paris Region, 2021.

4.2 VERS UNE GRILLE D'ANALYSE PARTAGÉE DES PROJETS ET UNE STRATÉGIE COMMUNE

On propose ici une première contribution à l'élaboration d'une grille partagée d'analyse des projets de data centers entre les acteurs publics et parapublics en Île-de-France, pouvant orienter une stratégie régionale d'implantation des data centers. Elle aborde successivement 11 critères détaillés en une vingtaine de sous-critères et pouvant être regroupés et ordonnés selon les cinq enjeux thématiques identifiés ci-avant (voir 3.2. « Une multiplicité d'enjeux thématiques ») - voir tableau page suivante.

La plupart des critères sont détaillés en deux types de sous-critères :

- **un premier sous-critère relatif à la question « où ? »,** indiquant si le projet répond, par sa localisation, à l'enjeu considéré (par exemple, « Par sa localisation, le projet de data center contribue-t-il à limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain » ?) ; chaque sous-critère « où ? » est ici accompagné par une première esquisse de carte régionale permettant d'apprécier les projets au regard du sous-critère (par exemple, « Carte des secteurs où l'effet d'îlot de chaleur urbain nocturne est faible ou modéré ») ; cette carte régionale figure, à titre indicatif, les data centers déjà existants en Île-de-France recensés dans la *Base de données des datacenters ;*
- **un second sous-critère relatif à la question « comment ? »,** indiquant si le projet répond, par ses modalités concrètes d'implantation (spécifications techniques, volumétrie…), à l'enjeu considéré (par exemple : « Par l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation (système de refroidissement, récupération de chaleur), le projet de data center apporte-t-il la preuve crédible qu'il contribue à limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain » ?) ; chaque sous-critère « comment ? » est ici accompagné de la présentation succincte d'un exemple de « bonne pratique », tiré notamment de la *Base de données des data centers en Île-de-France* élaborée par L'Institut Paris Region.

Il sera ainsi possible, à partir de la grille d'analyse, d'affecter à chaque projet d'implantation un score de 0, ½ ou 1 point au titre de chacun des sous-critères et donc, au total, un score total.

Compte tenu de l'expertise de L'Institut Paris Region en matière d'aménagement et d'urbanisme, les critères d'intégration urbaine et paysagère et de qualité architecturale sont détaillés plus que les autres.

On présente le détail des 11 critères et de la vingtaine de sous-critères de l'esquisse de grille partagée d'analyse des projets de data centers, regroupés et ordonnés, comme dans le tableau ci-après, selon les cinq enjeux thématiques identifiés dans la partie 3.2. « Une multiplicité d'enjeux thématiques ».

Enjeu (voir partie 3.2.)	**Critère**	**Sous-critères**		
		Sous-critère « Où ? »		Sous-critère « Comment ? »
		Le projet de data center s'implante…	Carte de référence	**Le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il…**
Aménagement régional	1. Positionnement régional (au sein des marchés national et européen)	*Sous-critère « où ? » non pertinent*	-	…répond principalement à un besoin régional (« cloud souverain »…)
	2. Géographie régionale prioritaire	…dans un secteur de la géographie régionale prioritaire	carte « Géographie prioritaire pour l'implantation des data centers en Île-de-France »	*Sous-critère « comment ? » non pertinent*
Aménagement local : sobriété foncière (Enjeu 1)	3. Sobriété foncière	…au sein d'un site de data center existant ou sur une friche n'apparaissant pas particulièrement pertinente pour d'autres usages (industrie, espaces verts, biodiversité…)	carte « Potentiel de densification dans les unités foncières de data centers »	…présente une densité optimale à l'échelle du bâtiment et de l'unité foncière
Aménagement local : intégration urbaine (Enjeu 2)	4. Mixité fonctionnelle	…dans un tissu d'activités mixtes	carte « Tissus d'activité et data centers »	…accueille une mixité ou une hybridation d'usages à l'échelle de son site
	5. Qualité architecturale et insertion paysagère	…dans un environnement urbain contraint (couloirs de lignes THT, zones d e bruit des aéroports…), qu'il contribue à requalifier	carte « Environnement urbain contraint et data centers »	…contribue à requalifier et/ ou à préserver l'environnement urbain
Risques, pollutions et nuisances (Enjeu 3)	6. Résorption et prévention des pollutions	…sur un sol pollué qu'il contribue à dépolluer	carte « Sites et sols pollués »	…limite les risques de pollution des sols, des eaux et de l'air
	7. Résorption et prévention de l'effet d'Îlot de chaleur urbain	…dans un secteur d'effet d'îlot de chaleur urbain faible	carte « îlots de chaleur urbain et data centers »	…ne contribue pas à l'effet d'îlot de chaleur urbain
Énergie (Enjeu 4)	8. Résilience du système électrique régional	…dans un secteur ne présentant pas de pression sur le réseau électrique, ni de complexité particulière d'adaptation du réseau	carte « Complexité d'adaptation du réseau électrique »	…limite la surréservation de puissance électrique
	9. Sobriété et efficacité énergétiques	*Sous-critère « où ? » non pertinent (sauf à considérer l'éloignement routier ou la desserte TC)*	-	…limite sa consommation d'énergie (électricité, fioul…)
	10. Recours aux énergies renouvelables et de récupération	…dans un secteur propice au développement des énergies renouvelables et de récupération	carte « Réseau chaleur urbain et DC »	…comprend des dispositifs de production d'énergies renouvelables (panneaux solaires…) ou de récupération de chaleur fatale
Eau et matériaux (Enjeu 5)	11. Sobriété en eau et en matériaux	…dans un secteur ne connaissant pas de pression quantitative moyenne ou forte sur la ressource en eau	carte « Pression sur la ressource en eau »	…limite sa consommation d'eau et de matériaux et organise la récupération et la réutilisation de l'eau et des matériaux usagés

Aménagement régional

Critère 1 : positionnement régional (au sein du marché national et européen)

Le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il répond principalement à un besoin régional, c'est-à-dire qu'il héberge des données d'acteurs publics ou privés franciliens (collectivités, entreprises) et répond notamment aux enjeux de disposer d'un « cloud souverain » (environnement cloud qui se limite au territoire d'un pays et qui permet donc de respecter les lois en vigueur dans le pays).

Critère 2 : géographie régionale prioritaire

Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante dans un secteur de la géographie régionale prioritaire (« cluster », « zone cible » ...), et notamment au sein d'un écosystème d'acteurs franciliens du numérique. Cela permet aussi d'éviter les tensions sur le réseau électrique, de limiter la pression foncière et le phénomène d'éviction d'activités économiques et de poursuivre l'objectif ZAN. Ainsi le projet de data center est en phase avec les orientations régionales, notamment :

- dans des zones identifiées comme prioritaires, notamment dans des clusters de data centers existants et à proximité de la couronne 400kV de RTE et de postes sources capacitaires,
- en dehors des zones d'exclusion (voir liste des « contraintes prises en compte », page 60).

Cette géographie prioritaire identifie des secteurs présentant des conditions attractives et permettant un développement maitrisé et optimisé : une bonne connexion par fibre, une disponibilité électrique et un terrain préparé avec des outils d'urbanisme appropriés. Un modèle commercial permettant d'acheter la chaleur fatale du centre de données pour le chauffage urbain est également mis en place.

EXEMPLE
Critère 1

DC6 – IDF d'Euclyde Datacenters à Lognes en Seine-et-Marne

Le premier data center souverain en Île-de-France



Source : L'Institut Paris Region, 2022.

En 2019, le groupe Euclyde a transformé cet ancien data center de HSBC en son 6e data centers en France. Sur ce site sont hébergés des serveurs des acteurs privés et publics sur trois étages, dont un réservé pour la partie data center souverain.

C'est le département du Val-d'Oise qui avait lancé l'initiative d'un data center souverain, d'abord prévu sur son territoire. À cette occasion, un Groupement d'Intérêt Économique d'Infogérance Publique Communautaire (GIPC) a été fondé. Vite rejoint par d'autres acteurs publics et universitaires, le choix a été fait de finalement s'installer à Lognes. En 2020, c'est la Région Île-de-France qui est venue installer ses serveurs.

Chaque acteur dispose pour lui-même d'un ou plusieurs compartiments séparés, ou « pods », dans lesquels sont organisés les baies. Le froid est diffusé par le sol uniquement dans les pods et l'air chaude rejetée par les serveurs dans les salles, ce que fait que la température ambiante y est plus élevée. Entre 2022 et 2023, des travaux ont été effectués pour réutiliser la chaleur fatale au sein du bâtiment pour les bureaux.

Avec une demande grandissante de la part de nombreux acteurs publics d'externaliser les données dans un endroit sûr et souverain, le GIPC étudie la possibilité d'ouvrir un nouveau data center francilien.

EXEMPLES

À ce jour, aucune géographie régionale prioritaire n'a été définie en Île-de-France, c'est pour cela que nous citons ici des références européennes.

Définition d'une localisation prioritaire à Amsterdam et Stockholm[72]



Le secteur de Schiphol-Rijk dans la commune de Haarlemmermeer dispose d'un grand nombre de data centers comme celui-ci de Digital Realty (Interxion).



À Hollands Kroon, tout au nord de la province de Hollande-Septentrionale sont installés de data centers hyperscales, comme celui-ci de Google. Plusieurs autres de Microsoft sont situés à proximité.
Source : L'Institut Paris Region, 2020.

Au cours des dernières années, la croissance galopante des data centers dans la métropole d'Amsterdam a créé des situations de tensions inédites, qui s'expriment notamment spatialement (peu de fonciers disponibles, prix élevés) et énergétiquement (infrastructures électriques saturées dans certaines zones).

C'est pour ces raisons que les municipalités d'Amsterdam et d'Haarlemmermeer ont décidé en 2019 d'instaurer un moratoire sur les nouvelles constructions de data centers pour la durée d'un an. Depuis, Amsterdam a adopté un document cadre sur les data centers et Haarlemmermeer un document cadre et un plan de zonage.

À l'échelle supérieur, la province de Hollande-Septentrionale a élaboré une stratégie de data centers afin de réglementer les emplacements des centres de données. La politique de la Ville de Haarlemmermeer[73] autorisera une croissance limitée (plafonnement en surface et en capacité électrique) jusqu'en 2030. Après 2030, aucun espace supplémentaire ne sera utilisé pour les data centers. De toute manière, les data centers sont autorisés exclusivement dans certaines zones d'activités économiques et doivent remplir des conditions sur l'intégration paysagère, la consommation d'énergie et la durabilité.

Le document cadre de la Ville d'Amsterdam[74] définit également un plafonnement en termes de capacité électrique, mais est moins contraignant sur le zonage. Le document souligne la priorisation de localisation dans des clusters déjà existants et d'encourager l'intensification des parcelles investis par une construction dans la hauteur. Des nouvelles règles de durabilité doivent également être remplies.

À l'échelle supérieur, la priorisation de certaines zones est également prescrite dans la stratégie de la province de Hollande-Septentrionale[75] qui autorise le développement dans quatre communes (Amsterdam, Haarlemmermeer, Diemen et Hollands Kroon) et ici plus précisément dans des zones d'activités choisies. La stratégie exclut les nouvelles constructions en dehors de ces zones et communes.

Dans les plans et stratégies de la Hollande-Septentrionale et d'Amsterdam, ces règles ne s'appliquent uniquement pour les data centers qui dépassent les capacités de 5 MVA. Pour Haarlemmermeer les règles s'appliquent aux data centers de toute taille.

Une autre stratégie de localisation prioritaire sont les *Data Parks* à Stockholm en Suède[76]. Cette initiative, a permis de contrôler l'expansion des centres de données de colocation dans la métropole, en leur offrant des conditions attractives au sein de trois parcs dédiés de plusieurs centaines d'hectares : énergie renouvelable, connexion à la fibre, autorisations rapides et accompagnées, utilisation gratuite du réseau de refroidissement de la ville… En échange, les centres de données contribuent au système énergétique local via des équipements de récupération de chaleur qui ont été mis à leur disposition.

72. Lopez Fanny, Gawlik Maximilian (codir.) « Data centers : anticiper et planifier le stockage numérique », Note rapide, n° 893, L'Institut Paris Region, mai 2021.
73. https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR646404
74. https://amsterdam.raadsinformatie.nl/document/10115471/1/Raadsbesluit_375_1544A_3a_20_bijl1%20Vestigingsbeleid%20datacenters%20gemeente%20Amsterdam
75. https://www.noord-holland.nl/Onderwerpen/Economie_Werk/Projecten/Datacenters/Datacenterstrategie
76. https://www.institutparisregion.fr/nos-travaux/publications/data-centers-anticiper-et-planifier-le-stockage-numerique/

CARTE DE LA GÉOGRAPHIE PRIORITAIRE POUR L'IMPLANTATION DES DATA CENTERS EN ÎLE-DE-FRANCE



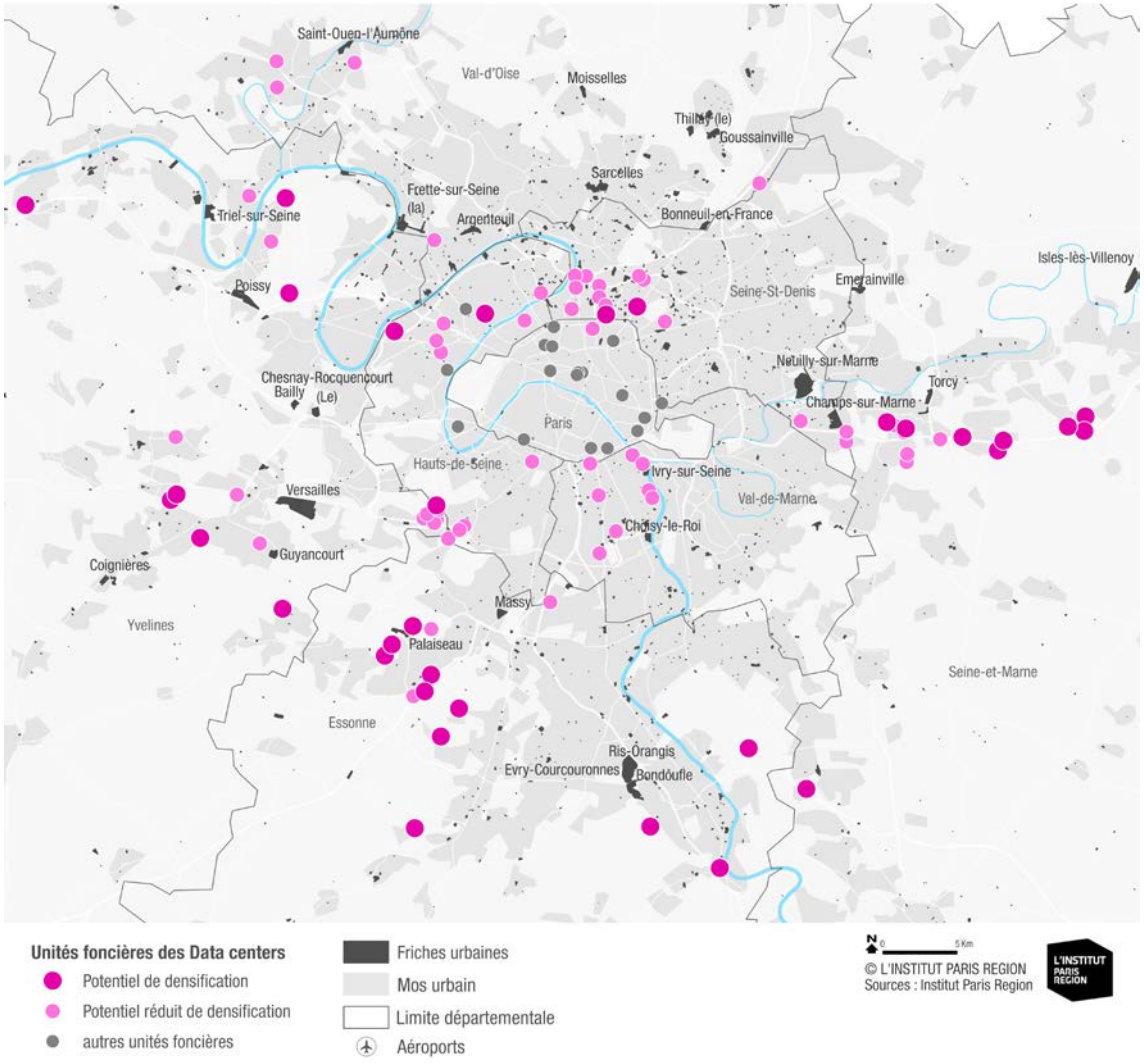
Aménagement local

Critère 3 : sobriété foncière et préservation de la pleine terre

À l'échelle du territoire :

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante au sein d'un site de data center existant ou sur une friche n'apparaissant pas particulièrement pertinente pour d'autres usages (industrie, espaces verts, biodiversité…) :
  - il s'installe dans des zones déjà urbanisées et pratique le renouvellement urbain ;
  - il saisit les opportunités de réutilisation de bâtiments industriels, logistiques et de bureaux, voire de data centers existants et vieillissants ;
  - selon la séquence éviter-réduire-compenser, il ne contribue à l'extension urbaine que dans certains cas exceptionnels, et dans ces cas :
    - il utilise de petites parcelles (pour construire en hauteur), en continuité de l'espace urbanisé (de préférence à proximité des lignes à haute tension ou le long des autoroutes ou voies ferrées) ;
    - il privilégie des zones à faible valeur écologique et agricole ;
    - il évite strictement tout secteur de protection moyenne ou forte au titre de biodiversité et/ou du paysage (réserve naturelle régionale, site classé…) ;
    - il évite les espaces ouverts urbains (terrains de sport, etc.) ;
    - il évite également des friches avec un taux de minéralisation faible ;
    - par ailleurs, des propositions pour une meilleure organisation spatiale, nécessitant le déménagement des sites, peuvent faciliter le dialogue entre les parties impliqués dans le projet. Il peut alors être convenu de fermer un site de data center, par exemple pour le transformer en autre usage, et de mieux organiser une autre zone.

POTENTIEL DE DENSIFICATION DANS LES UNITÉS FONCIÈRES DES DATA CENTERS



À l'échelle du site et du bâtiment :

- Le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il présente une densité optimale à l'échelle du bâtiment et du site (unité foncière) et qu'il limite son taux d'artificialisation des sols :
  - dès la conception, tous les besoins de constructions, y compris pour les équipements annexes (poste source, bassins, stockage de fioul, etc.) doivent être clairement identifiés. Ils sont rassemblés et réduits à une surface minimale possible, afin de limiter la surface artificialisée ;
  - le projet est conçu d'une manière la plus compacte possible. Notamment dans les endroits urbains plus denses, l'intensification de l'opération est privilégiée, et le taux d'artificialisation du sol sur la parcelle est le plus faible possible. Une construction dans la hauteur est à privilégier, si elle permet de générer ou préserver ainsi de la surface ouverte et non artificialisée ;
  - si une partie du projet est souterraine, l'intensification du sous-sol peut également être encouragée ;
  - l'extension et la densification des sites est à anticiper en amont et le découpage d'extensions en plusieurs étapes est à éviter, afin de réduire le morcellement des espaces naturels présents sur les grands sites ;
  - à son échelle, il contribue à la déminéralisation des sites auparavant très minéraux, par exemple des friches industrielles. Le projet de data center contribue à améliorer l'infiltration des eaux pluviales, à augmenter la surface de pleine terre en ville et agit comme support pour la biodiversité.

EXEMPLES

Data centers IBX PA4 et IBX PA8x d'Equinix à Pantin

Implantation dans un secteur contraint, peu adapté à d'autres usages et densification d'un site déjà investi par un data center





Localisation à côté d'une plateforme logistique et entouré par un faisceau ferroviaire.
Source : L'Institut Paris Region, 2020.

L'emplacement au sein du faisceau ferroviaire en amont de la gare de l'Est est un exemple de sobriété foncière : le secteur serait peu adapté à d'autres usages, à part de la logistique. Éloigné des zones résidentielles, les éventuelles nuisances ne causent par de gêne pour la population. Aucune nouvelle artificialisation des sols n'a été nécessaire. Pour le premier data center (PA4), un bâtiment de parking des années 1970-1980 a été transformé. Pour le deuxième data center (PA8x), une nouvelle construction a été ajoutée en 2019, en densifiant l'unité foncière.

La chaudière numérique de Qalway

La distribution maximale des serveurs



Les chaudières numériques de Qalway (voici modèle QB 1) alimentent un réseau de chaleur dans la ville de Kankaanpää en Finlande (10 000 foyers). Source : Qalway

La chaudière numérique de Qalway (Qarnot Computing)[77] fonctionne grâce à une douzaine de processeurs informatiques, qui alimentent un système unique de récupération de chaleur. Relié à la fibre optique, chaque module QBx peut fournir jusqu'à 3,2 kW de puissance. Il est possible d'installer plusieurs modules en série ou en parallèle pour davantage de chaleur ou de débit. En circulant dans la chaudière, l'eau se charge des calories du calcul informatique. À plus de 65°C, l'eau peut être utilisée comme eau chaude sanitaire et pour le chauffage hydraulique. Grâce à son système modulaire, la chaudière peut intégrer dans de contextes différents, comme des bâtiments publics, des bureaux, des logements... Permettant de récupérer plus de 90% de l'énergie pour chauffer le circuit d'eau, ce modèle peut gagner de l'importance dans un enjeu de sobriété foncière et intéresser d'avantage d'entreprises.

77. https://qalway.com/fr/product/chaudiere-numerique

Critère 4 : intégration urbaine : mixité fonctionnelle

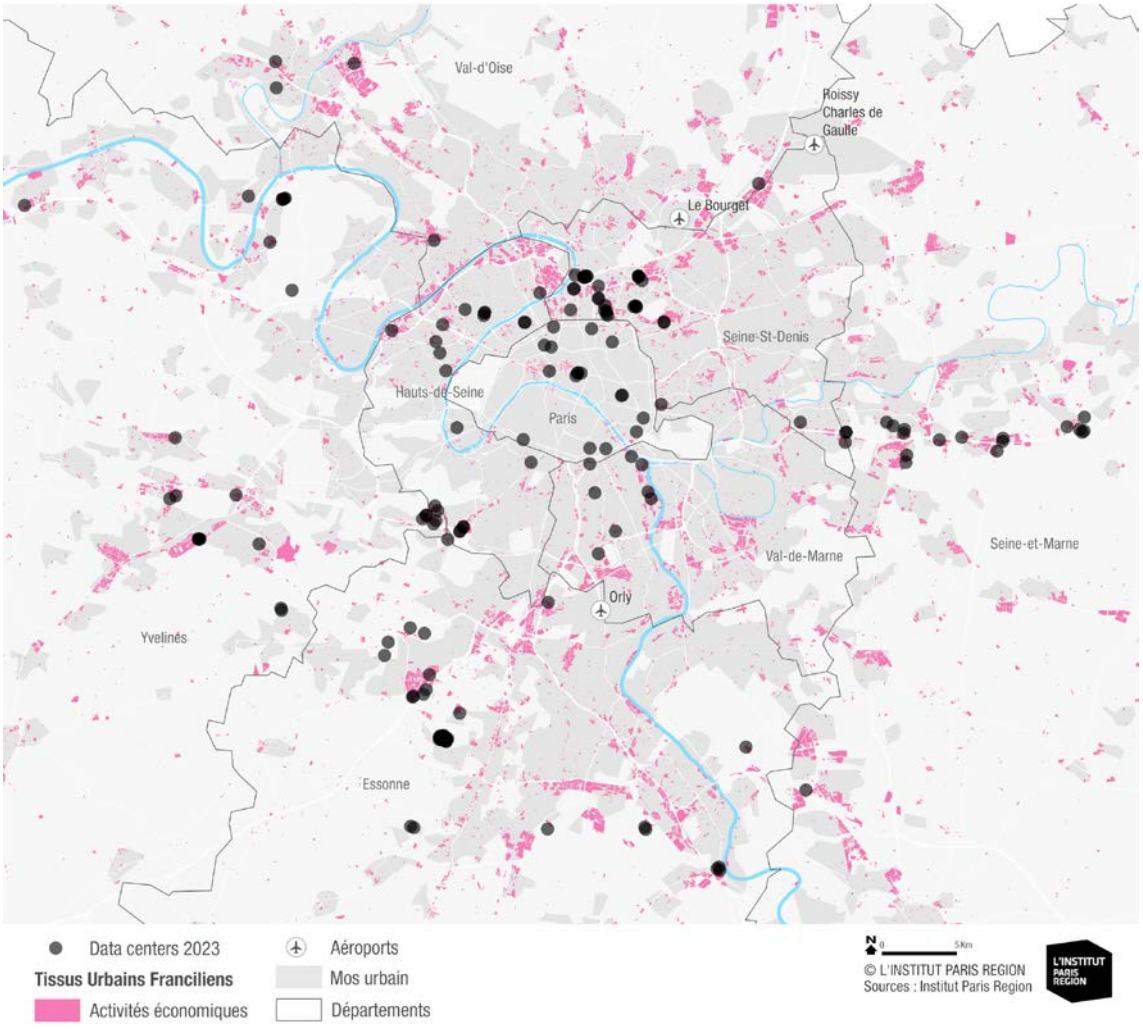
À l'échelle du territoire :

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante dans un tissu d'activités mixte.

À l'échelle du site et du bâtiment :

- Dans tous le cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il accueille une mixité ou une hybridation d'usages à l'échelle de son site (ce critère ne sera toutefois pas imposé aux data centers relevant du régime « OIV » ou opérateur d'importance vitale) ; dans la mesure du possible, il s'installe par exemple dans des campus universitaires ou partage des locaux avec des bureaux ; le bâtiment ou le site apparaît donc moins opaque et moins protégé :
  - en ce qui concerne la mixité programmatique, c'est le type DC01 « Le data center infiltré » qui confirme la possibilité de mélanger les fonctions au sein d'un seul bâtiment pour certains types des data centers et plus particulièrement pour les petites installations en milieu très dense. À Paris, ils sont intégrés dans des bâtiments de bureaux, voire de logements, en occupant un ou plusieurs étages ou des locaux techniques ;
  - la mixité programmatique au sein d'un bâtiment reste compliquée pour des raisons de sécurité et de confidentialité. Des alternatives peuvent être étudiées à l'échelle du site. Le projet peut, par exemple, inclure un petit bâtiment, donnant sur rue, qui agit comme un socle actif et qui accueille des commerces ou d'autres fonctionnalités[78]. Le data center lui-même peut être placé derrière ce bâtiment, plus éloigné de la rue.

TISSUS D'ACTIVITÉ ET DATA CENTERS



78. A titre d'exemple, c'est la politique d'Amsterdam qui impose ces conditions, pour le secteur Amstel III.

EXEMPLES

Digital Realty (Interxion), PAR2 à Aubervilliers et Foliateam Paris Nation

Mixité fonctionnelle et de partage de locaux au sein d'un même bâtiment





Bâtiments dans lequels sont localisés ces deux data centers de Digital Realty (Interxion) (gauche) et de Foliateam (droite). Source : L'Institut Paris Region, 2023

(Gauche) À Aubervilliers, ces anciens hangars transformés des années 1960 accueillent de nombreuses entreprises, commerces et depuis les années 2000 un data center de Digital Realty (Interxion).

(Droite) Ce data center se situe dans un bâtiment mixte qui accueille également de logements. Avec une surface informatique de 2 000m², le data center occupe des locaux sur trois niveaux de ce bâtiment de plusieurs étages, il n'est pas visible depuis l'espace public.

L'*Amsterdam Data Tower* de Digital Realty au Science Park, Pays-Bas

Intégration d'un data center dans un campus scientifique mixte



La tour de Digital Realty au fond. Source : L'Institut Paris Region, 2023

Cela fait plusieurs années que la Ville d'Amsterdam s'est engagée dans une meilleure insertion spatiale des data centers. Depuis 2013, les efforts portent sur l'intégration paysagère, la qualité architecturale, la performance énergétique et la diversité des programmes (commerciaux, culturels, etc.), à l'exemple des bâtiments d'Equinix et de Digital Realty (voir photo), intégrés au sein du Science Park. Sur ce campus universitaire et d'entreprises, s'élève la Data Tower de Digital Realty avec 11 étages et d'une surface totale d'environ 16 000 m². Il héberge des données de plus que 120 clients[79]. Des façades esthétiques, un accueil tourné vers l'espace public, aucune clôture… c'est notamment grâce aux prescriptions de la ville que ce data center s'intègre bien dans cet environnement urbain mixte et ne se distingue guère des autres bâtiments du Park.

79. https://www.digitalrealty.com/data-centers/amsterdam/amsterdam-data-tower-science-park-120-amsterdam

Critère 5 : intégration urbaine : insertion urbaine et paysagère et qualité architecturale

À l'échelle du territoire :

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante dans un environnement urbain contraint (couloirs de lignes THT, zones de bruit[80]...), qu'il contribue à requalifier.
- Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il veille à respecter le cadre naturel, paysager et urbain. Cela nécessite de comprendre le contexte paysager et urbain dans lequel il est situé et de connaître ses caractéristiques :
  - le paysage doit faire partie des critères de choix du site d'implantation. Si le projet conçu n'est pas compatible avec l'environnement et ne peut pas être modifié (hauteur du bâtiment, volumes techniquement nécessaires), un autre emplacement doit être trouvé ;
  - qu'il vise le moindre impact paysager possible : les vues sur le paysage sont préservées et la « pollution visuelle » évitée. Le choix global du site est primordial : une installation isolée, ou en rupture de pente ou au milieu de plateaux ou de coteau est à éviter.

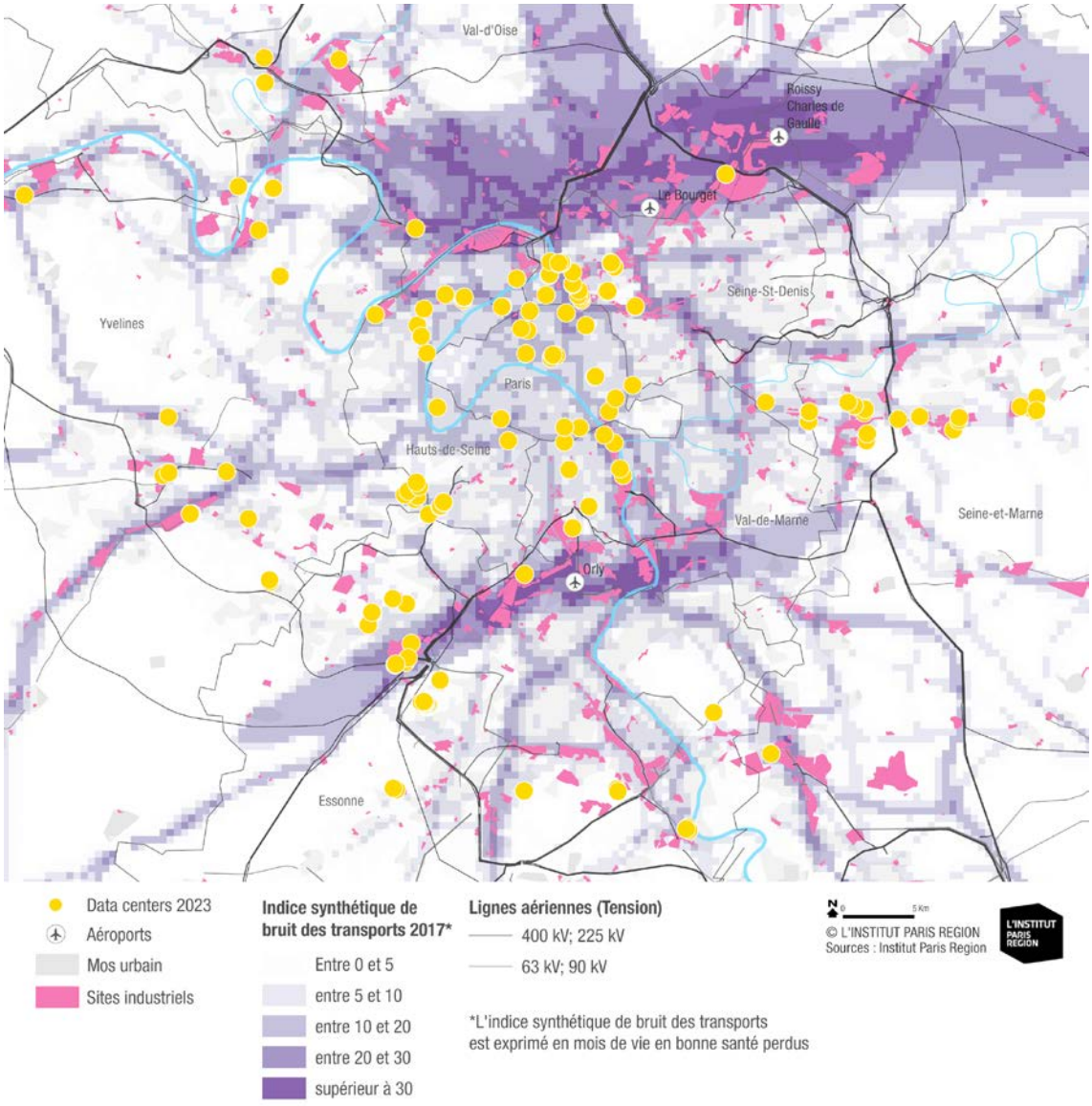
À l'échelle du site :

Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il contribue à requalifier et/ou à préserver l'environnement urbain et paysager par l'aménagement du site :

- par l'organisation spatiale des bâtiments, clôtures et voies d'accès, le projet ne perturbe aucune des continuités écologiques ou paysagères (espaces ouverts, boisements, mares, zones humides...), notamment celles identifiées par le SDRIF, le SRCE, le SCoT et/ou le PLU, ... Au contraire, il est à étudier s'il peut contribuer à restaurer de telles continuités et ainsi, par exemple, améliorer les conditions de migration des animaux (rongeurs, amphibiens, oiseaux, insectes...) ;
- il limite son impact visuel à l'échelle du site, en prenant appui sur les éléments de l'environnement, comme des arrière-plans visuels (boisements, reliefs). La limitation de la hauteur du bâti, le bon positionnement sur le site et l'accompagnement par éléments végétaux ou architecturaux peuvent atténuer l'impact négatif, notamment dans l'espace rural ou périurbain. Suivre les recommandations sur l'intégration des grands équipements du Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE) du Département ou, le cas échéant, du PNR, etc. ;
- l'aménagement paysager du projet correspond à son territoire, il s'inspire des motifs paysagers issus du vocabulaire local. Il ne s'agit pas d'un aménagement standard et hors sol ;
  - valorisation des sites par des plantations : au lieu de dissimuler le bâtiment par un rideau minéral ou végétal, ayant tendance à souligner davantage la présence du bâtiment, couper les longues perspectives par des plantations. S'inspirer des structures paysagères et filtres végétaux, comme des haies, de bosquets et d'arbres isolés caractéristiques au territoire ;
- il maintient des espaces de pleine terre et assure une meilleure infiltration et gestion des eaux pluviales ;
  - réduction du taux de minéralisation des sols par les revêtements, en évaluant le besoin réel en surfaces de parkings, de livraison, de cheminements et terrasses et le réduire au stricte minimum ;
  - utilisation des revêtements perméables (stabilisé, dalles alvéolaires...) quand cela est possible ;
  - gestion des eaux sur la parcelle avec un système de noues et bassins de rétention végétalisées.
- le projet de data center se sert d'une visibilité et représentabilité adaptée pour une meilleure acceptabilité :
  - réduction au minimum des clôtures et dispositifs visibles de protection et de surveillance, notamment l'exposition vers l'espace public (ce critère ne sera toutefois pas imposé aux data centers relevant du régime « opérateur d'importance vitale » ou OIV) ;
  - recours aux solutions alternatives de délimitation de la parcelle, comme des sauts de loup ou des

80. Les abords des grands aéroports sont particulièrement prégnants sur la carte « Environnement urbain contraint et data centers » en raison de leur niveau élevé d'exposition au bruit des transports. Il faut toutefois souligner qu'une partie, certes très limitée, de ces abords est grevée de servitudes aéronautiques qui limitent la hauteur des « obstacles » susceptibles d'être construits, notamment dans l'axe des pistes (voir DGAC/STAC « Les servitudes aéronautiques - note d'information générale », juillet 2010, 12 p.).
Ces servitudes aéronautiques sont consignées dans des « plans de servitudes aéronautiques de dégagement », de lecture relativement complexe malgré d'importants efforts de pédagogie, rassemblé dans une carte du Géoportail de l'IGN (https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/plan-de-servitudes-aeronautiques-psa).
Les lignes aériennes de haute (63-90 kV) et très haute (225-400 kV) tension s'accompagnent également de servitudes, inscrites dans des conventions particulières entre RTE et chaque propriétaire concerné (RTE n'est pas propriétaire des terrains situés au droit de ses lignes et pylônes, mais seulement de ses postes électriques) mais c'est surtout le PLU qui est susceptible de réglementer le plus fortement la destination, la volumétrie et l'implantation des constructions sur les terrains concernés (https://www.rte-france.com/riverains/servitudes-lignes-electriques).

ENVIRONNEMENT URBAIN CONTRAINT ET DATA CENTERS



douves à la place de clôtures. Si la clôture est indispensable pour des questions de sécurité et de confidentialité, viser des clôtures aérées, accompagnée par des plantations. Sinon, étudier la possibilité d'intégrer la clôture dans la façade, au rez-de-chaussée du bâtiment ;
- accompagnement végétal des zones de livraison et de stationnement, afin de réduire leur impact visuel ;
- orientation de la zone de l'accueil du bâtiment tournée vers l'espace public ;
- affichage du nom de l'opérateur sur l'entrée.

- le projet se repose sur un aménagement paysager qualitatif, diversifié et écologique, qui correspond également à des exigences en termes de préservation de la biodiversité ;
- pour le choix de plantations d'arbres, arbustes et plantes vivaces, le projet paysager s'appuie sur la palette végétale locale et sur les essences résistantes à la sécheresse ;
- priorisation de mélanges de plantes mellifères et aménagements accueillants pour insectes (cavités, plantes mortes, paille, etc.) ;
- plan de gestion écologique avec fauchage tardif ;
- faire appel à un paysagiste concepteur aux moments clés de la procédure.

À l'échelle du bâtiment :

Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il favorise une architecture respectueuse du contexte, esthétique et

innovante, dans le respect des contraintes techniques environnantes (raccordement électrique…) :

- le projet propose une implantation optimale et une volumétrie adaptée du bâtiment ;
  - volumétries du bâtiment fonctionnelles mais aussi adaptées à l'espace public. En orientant la partie la plus basse du bâtiment vers la rue et la plus volumineuse vers le fond de la parcelle, les espaces « de vie » du bâtiment (bureaux, accueil, salles de réunion) sont tournés l'espace public ;
  - au lieu d'un grand bâtiment spacieux avec des zones vides, plusieurs petits volumes qui correspondent aux besoins. Des bâtiments hautement modulaires, permettent de réduire la taille globale en se limitant aux volumes strictement nécessaires ;
  - garantir la circulation de l'air frais dans le quartier pour la réduction effet îlot chaleur urbaine : ne pas bloquer un couloir d'évacuation d'air (entre rue et cours d'eau ou espace vert).
- le projet présente une architecture de qualité et notamment pour toutes les parties visibles du bâtiment, comme les façades et ouvertures. Toutes les constructions (y compris les émergences techniques) doivent être prises en compte dans cette réflexion ;
  - respect de l'environnement construit. Il s'adapte aux tissus et formes urbaines avec les hauteurs et formes architecturales existantes, en suivant notamment l'alignement des façades. Il contribue à la valorisation de son environnement bâti ;
  - comme pour les types DC02 et DC 04 « Data centers reconvertis », la préservation du bâti ancien à prioriser, notamment quand le bâtiment présente un patrimoine intéressant (anciens hangars, bâtiments industriels), mais aussi dans un enjeu d'économie matériaux et de réduction des émissions CO2. La préservation des éléments de petit patrimoine (éléments de façade, de toiture, enseignes, verrières, etc.) doit au moins être considérée, même si la structure doit être échangée. Cela permet de garantir la continuité visuelle dans son tissu ;
  - un traitement en continuité avec l'environnement construit est nécessaire pour les façades. L'utilisation des matériaux et finitions de qualité est nécessaire, suivant les prescriptions locales sur les couleurs et matériaux.

EXEMPLE

AM3 et AM4 d'Equinix et Data Tower de Digital Realty au Science Park d'Amsterdam, Pays-Bas

Qualité architecturale et insertion paysagère





Au Sciences Park d'Amsterdam, les Data centers d'Equinix (gauche) et de Digital Realty (droit) ont reçu des traitements spécifiques de la façade et de volumétrie. L'accueil est tourné vers l'espace public, les clôtures ont été réduites ou intégrées dans la façade. Source : L'Institut Paris Region, 2020.

Comme l'*Amsterdam Data Tower* (droit, projet décrit sur la p. 71) de Digital Realty et à quelques mètres de ce dernier, ce bâtiment d'Equinix (gauche)[81] est situé sur le même campus scientifique. Il traduit les mêmes exigences qu'a instauré la Ville d'Amsterdam et figure comme l'un des rares et principaux projets d'insertion paysagère et de qualité d'architecturale en Europe. Les centres de données AM3 et AM4 d'Equinix sont entourés par un fossé rempli d'eau, qui remplace la clôture. Le *Green Data center award* a récompensé en 2013 le premier bâtiment construit en 2012. Connecté par des ponts, le deuxième bâtiment a été inauguré en 2017. Avec 4 200 m² d'espace de colocation et une surface de plancher brute de 24 000 m² et une hauteur maximale de 72 mètres, les bâtiments sont visibles depuis l'autoroute A10. Découpé en 12 étages, il est enveloppé par une façade ajourée qui en souligne la verticalité.

81. https://www.equinix.fr/data-centers/europe-colocation/netherlands-colocation/amsterdam-data-centers/am3

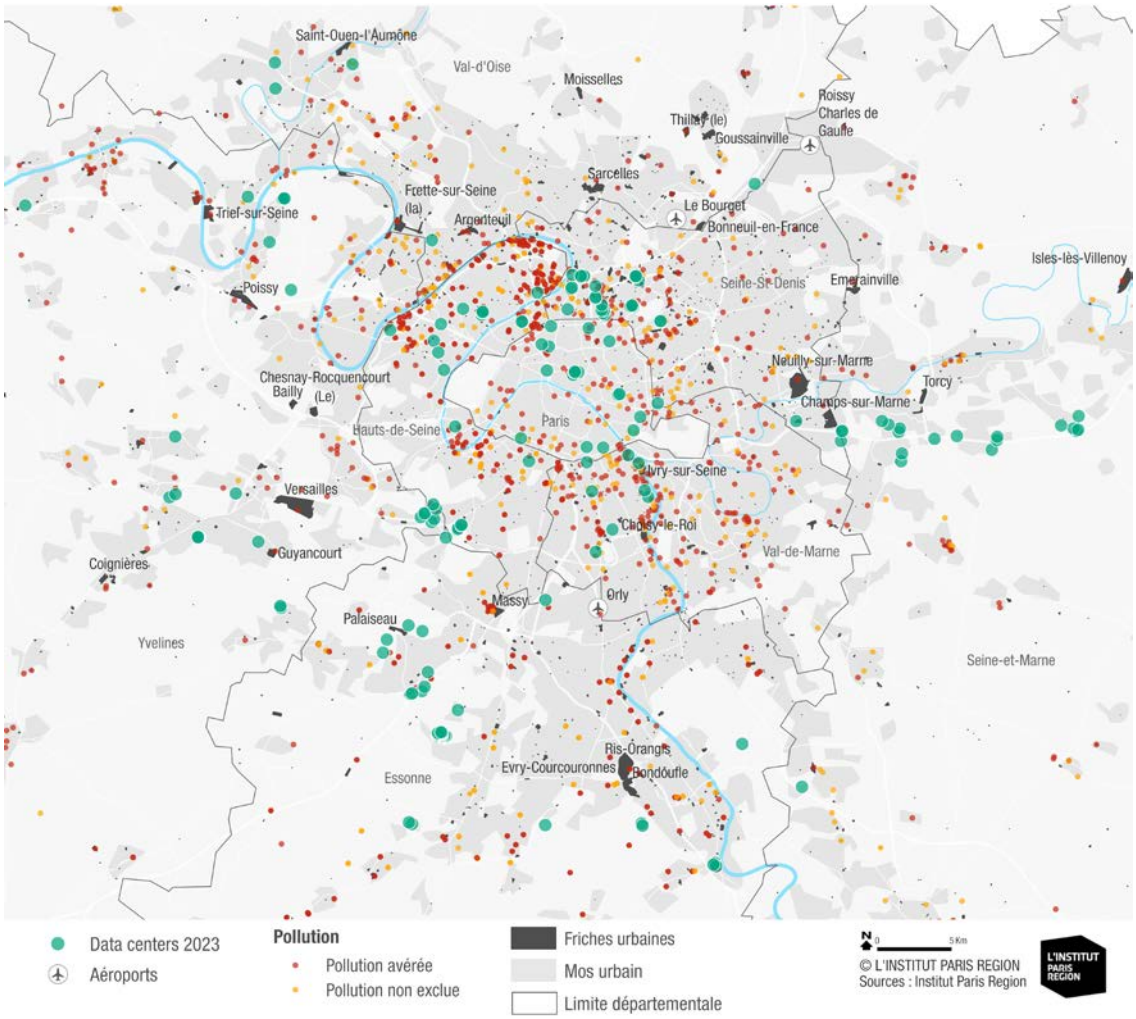
- dans la mesure du possible, l'architecture est aussi innovante en termes effort d'éco-conception (cf. aussi critère 11) et d'accueil de biodiversité ;
  - une plus grande porosité de la façade est proposée, au lieu des façades vitrées et lisses. Le bâtiment de data center peut accueillir des lieux de nidification pour oiseaux et insectes. Plus poreuse, elle permettra également à la végétation d'investir le bâtiment : mousses, lichen, plantes grimpantes peuvent plus facilement s'accrocher et contribuer, à échelle très locale, à la préservation de la biodiversité et au rafraichissement[82]. De plus, une façade avec des ouvertures peut apporter une ventilation naturelle ;
  - dans une même logique, des toitures végétalisées peuvent être une solution à certains endroits, permettant aussi, à échelle très limitée, de stocker l'eau pluviale et de réduire l'effet ICU.

Risques, pollutions et nuisances

Critère 6 : résorption et prévention des pollutions

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante sur un sol pollué qu'il contribue à dépolluer,
- Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il limite les risques de pollution des sols, des eaux et de l'air (notamment en lien avec les générateurs de secours).

SITES ET SOLS POLLUÉS (OU POTENTIELLEMENT POLLUÉS)



82. Pionniers dans l'inscription de ces conditions dans leurs documents cadres, ce sont les villes d'Amsterdam et de Haarlemmermeer qui ont mentionné ces règles pour favoriser la biodiversité sur les sites des data centers.

Projet LCP-Data Village (Maître d'ouvrage) à Corbeil-Essonnes *EXEMPLE*

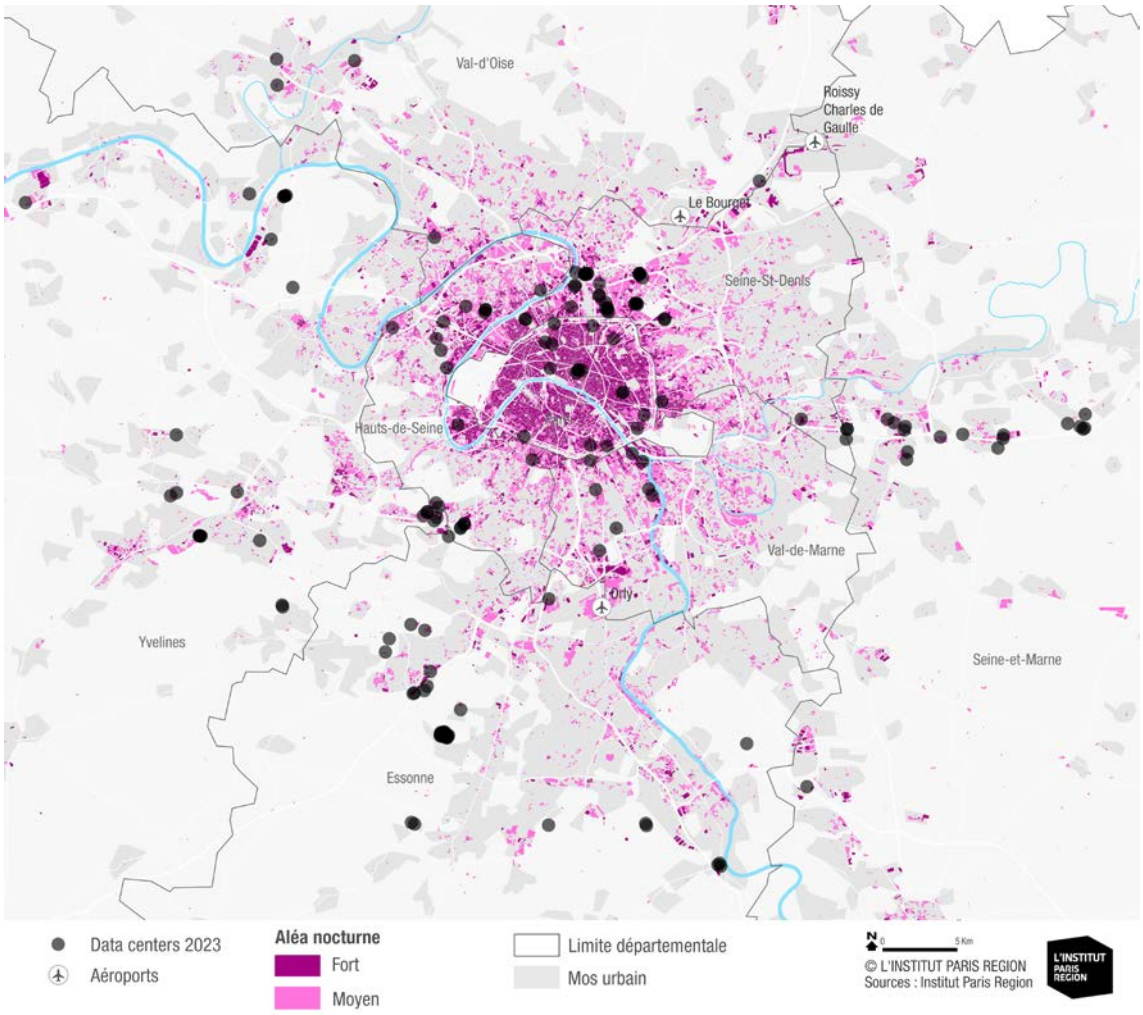
Résorption et prévention des pollutions

Ce projet concerne la construction d'un campus de trois centres de données (Data Village Paris-Essonne), d'une superficie totale d'environ de 14,6 hectares, sur le territoire des communes du Coudray-Montceaux et de Corbeil-Essonnes. Cet ancien site industriel a été exploité jusqu'en 2017 par la société Altis Semiconductor. Une période de dépollution de ce site a été conduite entre 2019 et 2021 dans le but de préparer le site pour le projet de data center. L'avis de la MRAe d'Île-de-France[83] cite que ces travaux ont permis « la démolition de 50 000 m² de bâti, le traitement et l'évacuation de 45 tonnes d'amiante et l'évaluation d'environ 25 000 tonnes de terres polluées vers les filières de traitement adaptée, dont 3 000 tonnes par la voie fluviale ». Il faut souligner que le data center peut à son tour également contribuer à la pollution des sols. Une station de pompage et de traitement des eaux de la Seine est par ailleurs prévue. Après avoir l'utilisée pour le système de refroidissement des serveurs, l'eau sera rejetée dans la Seine, ce qui peut potentiellement être une autre source de pollutions.

Critère 7 : résorption et prévention de l'effet d'Îlot de chaleur urbain

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante dans un secteur d'effet d'îlot de chaleur urbain faible.
- Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il ne contribue pas à l'effet d'îlot de chaleur urbain via le rejet de la chaleur fatale dans l'atmosphère du quartier.

ÎLOTS DE CHALEUR URBAIN ET DC



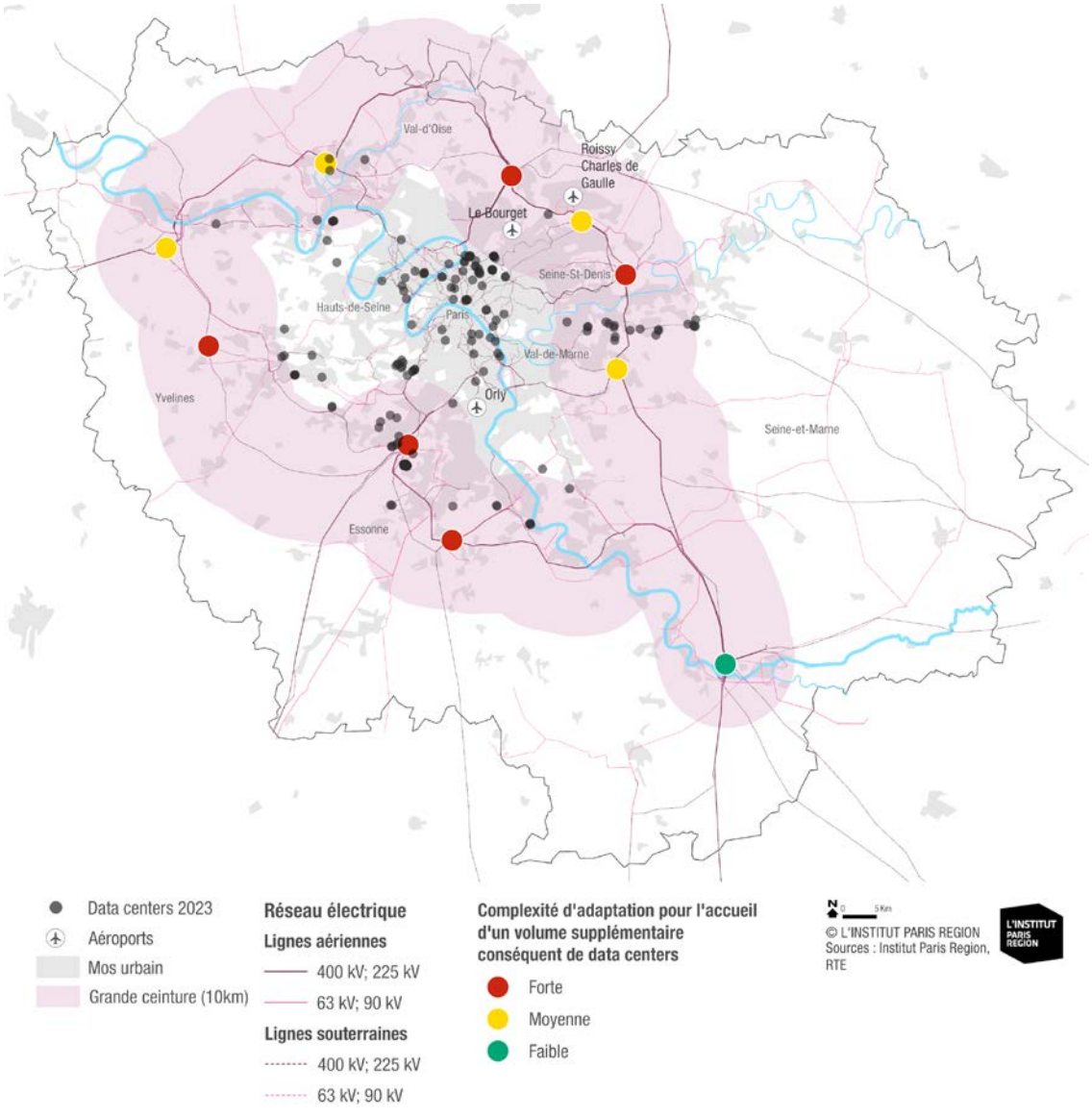
83. Avis N° MRAe APJIF-2022-022 en date du 30/03/2022 sur le projet de construction d'un centre d'hébergement de données informatiques au Coudray-Montceaux et à Corbeil-Essonnes

Énergie

Critère 8 : résilience du système électrique régional

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante en dehors des secteurs de pression sur le réseau électrique ou de complexité particulière d'adaptation de ce réseau et n'évince ou ne bloque pas d'autres projets (réindustrialisation, services urbains, projets urbains, hôpitaux...).
- Dans le cas d'une création d'une zone dédiée à l'accueil de plusieurs grands data centers, la complexité de l'adaptation du réseau électrique doit être particulièrement prise en compte.
- Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, notamment telles que discutées avec les gestionnaires de réseaux et la commission de régulation de l'énergie :
  - qu'à court terme, sa demande de puissance se fera dans les limites de la disponibilité électrique d'un poste source ;
  - qu'à moyen terme, pour les demandes de puissance additionnelle, il contribue au renforcement du réseau et à la libération d'une disponibilité électrique supérieure à ses besoins, qu'il anticipe ses extensions ultérieures et présente des scénarios de croissance aux gestionnaires de réseaux.

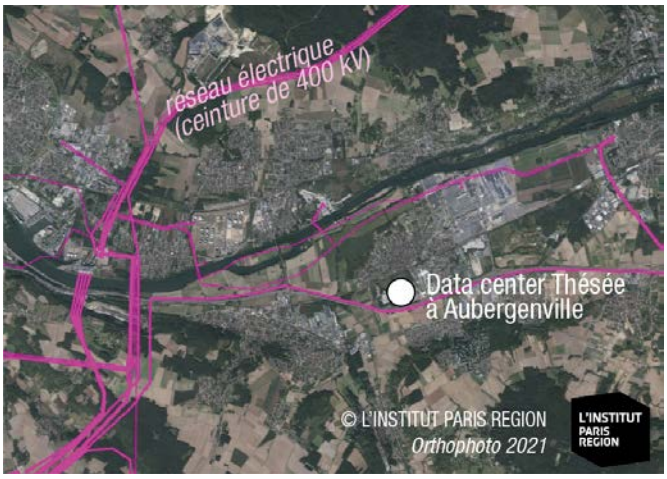
COMPLEXITÉ D'ADAPTATION DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE (COÛTS, DÉLAIS, AMPLEUR DE TRAVAUX SUR LES POSTES SOURCES)



EXEMPLE
Critère 8

Thésée à Aubergenville

Data center situé en dehors de la zone très contrainte de l'agglomération parisienne



Site situé à proximité de la couronne 400/225 kV du réseau électrique de l'Île-de-France qui achemine l'électricité dans la capitale.
C'est notamment autour de la ceinture 400 kV et les postes de transformation que RTE signale des potentiels de développement avec moins de contraintes que dans la zone dense.
Le data center de Thésée est situé à proximité du poste de transformation Mézerolles, sur lequel les capacités étaient alors encore mobilisables.



Source : L'Institut Paris Region, 2021.

Critère 9 : sobriété et efficacité énergétiques

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante dans un secteur bien desservi par les transports collectifs.
- Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il limite sa consommation d'énergie (électricité, fioul…) :
  - en présentant un indicateur d'efficacité énergétique (PUE) très performant,
  - en pratiquant le *freecooling*, au lieu d'une utilisation de groupes froids.

Pour aller plus loin que la seule efficacité énergétique jugée par le PUE, l'indicateur *Energy Reuse Factor* et *Energy Reuse Effectiveness*[84] inclut la réutilisation de chaleur :
Lorsque le datacenter est équipé pour réutiliser l'énergie issue de la salle machine, la mesure de l'énergie réutilisée E_{REUSE} permet de calculer deux rapports supplémentaires introduits par The Green Grid.

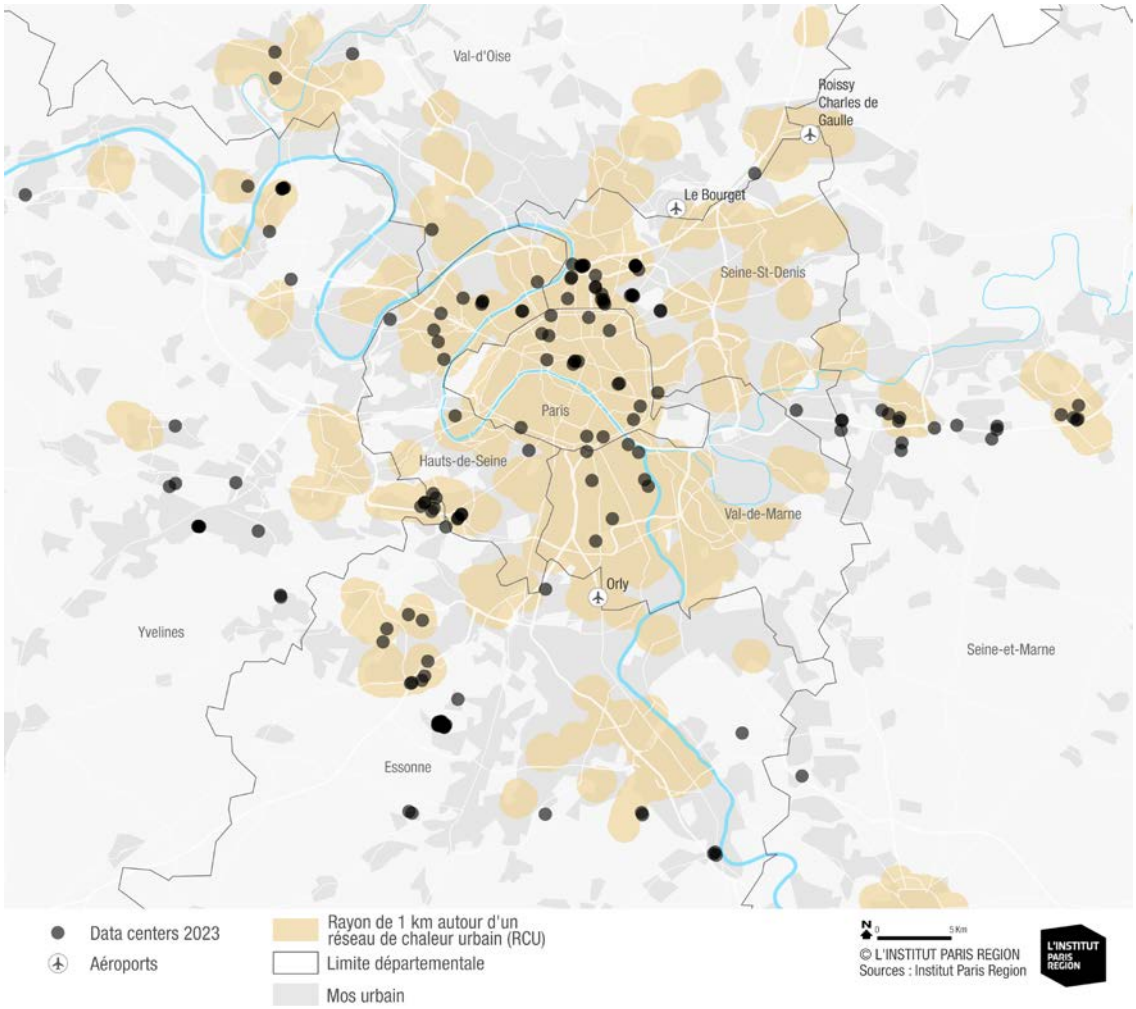
L'ERE, efficacité dans la réutilisation de l'énergie, est le ratio entre la différence de la quantité d'énergie consommée par le datacenter et l'énergie réutilisée, divisée par l'énergie consommée par l'informatique :
$ERE = ((E_DC - E_REUSE))/E_IT$
Si le datacenter n'est pas équipé pour récupérer l'énergie dégagée par ses équipements, l'ERE est égal au PUE. Sinon, il lui est inférieur. Il permet par exemple de prendre en compte la chaleur tirée de la salle serveurs qui n'est pas dissipée dans l'environnement, mais réinvestie pour chauffer le bâtiment.
L'ERF est le rapport entre l'énergie réutilisée E_{REUSE} et l'énergie totale consommée par le datacenter E_{DC}. C'est un Indicateur sans unité, sa valeur se trouve entre 0 et 1. La normalisation de cet indicateur est en projet par l'ISO/IEC.

84. La norme ISO : https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:30134:-6:ed-1:v1:en

Critère 10 : Recours aux énergies renouvelables et de récupération

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante dans un secteur propice au développement des énergies renouvelables et de récupération :
  - dans une zone autorisant la présence de panneaux solaires photovoltaïques en toiture,
  - à proximité d'un réseau de chaleur existant ou d'un projet urbain susceptible de développer son propre réseau de chaleur.
- Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation, qu'il comprend des dispositifs de production d'énergies renouvelables (panneaux solaires…) ou de récupération de chaleur fatale :
  - en étant fournisseur de sa propre énergie renouvelable, produite et consommée sur place (exemple : mise en place d'une autoproduction d'électricité renouvelable comme des panneaux photovoltaïques en toiture, des ombrières sur parkings) ;
  - en récupérant la chaleur produite par les serveurs (chaleur fatale), utilisée pour des usages hors data center (chauffage et/ou l'eau chaude dans immeubles résidentiels/bureaux/équipements publics ; pour de nouvelles technologies : création de l'eau froide, création d'énergie, chaleur pour industrie) grâce au raccordement à un réseau de chaleur urbain existant ou en projet. Afin que la récupération de la chaleur fatale puisse fonctionner, il conviendrait que le data center soit proche (distance inférieure ou égale à 1 kilomètre) d'un réseau de chaleur urbain, et que la collectivité locale concernée et le syndicat technique apportent leur soutien au projet. L'utilisation locale est privilégiée. Les très grands data centers peuvent apporter davantage de solutions et être situés plus loin.

RÉSEAU DE CHALEUR URBAIN ET DC

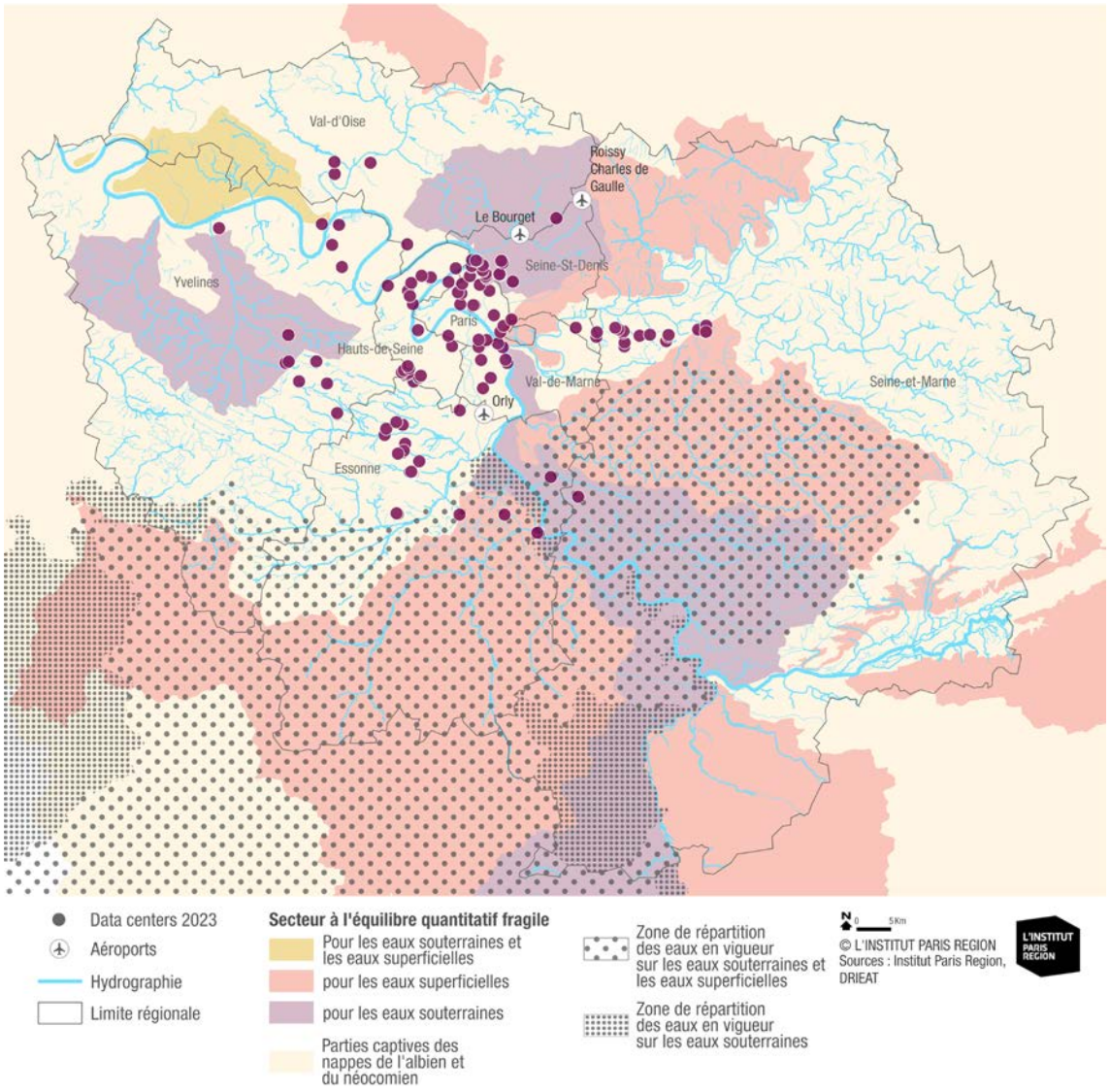


Eau et matériaux

Critère 11 : sobriété en eau et en matériaux

- Dans la mesure du possible, le projet de data center s'implante dans un secteur ne connaissant pas de pression quantitative moyenne ou forte sur la ressource en eau.
- Dans tous les cas, le projet de data center apporte la preuve crédible, dans l'exposé de ses modalités concrètes d'implantation :
  - qu'il présente un indicateur d'efficacité d'usage de l'eau (« *water usage effectiveness* » ou « WUE ») très performant ;
  - qu'il dispose d'un système de récupération et de réutilisation des eaux pluviales et/ou des eaux grises ;
  - qu'il n'a pas besoin de puiser l'eau profonde et n'a pas besoin de renouveler l'eau dans son circuit fermé pour le refroidissement ;
  - qu'il œuvre pour une gestion durable des matériaux de construction ;
    - en priorisant le réemploi et de recyclage des matériaux et soutenir la recherche dans la matière ;
    - en utilisant de matériaux géo-sourcés et biosourcés (briques de terre-cuite, bois etc.) ;
    - en priorisant une conception modulaire et réversible du bâtiment, ce qui permet d'être plus près des besoins réels, faire des économies d'échelle et facilite un démontage ultérieur du bâtiment.

PRESSION SUR LA RESSOURCE EN EAU



EXEMPLE

Google, Comté de Douglas, périphérie d'Atlanta, Géorgie, États-Unis

Refroidissement avec de l'eau grise

Ce data center de Google dans le comté de Douglas en Géorgie fonctionne depuis 2012 avec de l'eau grise. Les eaux ménagères ou eaux recyclées servent alors pour le refroidissement du data center, après un traitement de ces eaux usées, qui fonctionne grâce à un équipement dédié et externalisé. Ce qui n'est pas évaporé dans ces tours sera à nouveau traité avant d'être rejetée dans la rivière.

À ce jour, les exemples de changement du système de refroidissement restent marginaux, y compris chez Google. Depuis 2022, l'entreprise américaine déclare avoir rendu transparente sa consommation annuelle d'eau pour ses data centers. Elle s'élèverait à environ 4,3 milliards de gallons d'eau (16,3 millions de m^3 ce qui correspond à la consommation d'eau potable annuelle d'environ 255 000 français[85]), dont 971 millions de gallons (3,7 millions de m^3) en dehors des États-Unis[86] !

4.3 LES DOCUMENTS D'URBANISME LOCAUX AU SERVICE DE L'INTÉGRATION DES DATA CENTERS

Entre stratégie régionale et grille d'analyse des projets concrets d'implantation portés par les opérateurs, les documents d'urbanismes locaux – plans locaux d'urbanisme (PLU ou PLUI), schémas de cohérence territoriale (SCoT)... – ont un rôle à jouer dans l'anticipation des projets d'implantation de data centers, la maximisation de leurs impacts positifs et la minimisation de leurs impacts négatifs. Plus particulièrement, le PLU ou PLUI se situe, dans la « hiérarchie des normes », entre Sdrif ou SCoT et permis de construire, c'est-à-dire à l'articulation entre orientations générales et questions concrètes, mais aussi entre rapports de comptabilité (avec les lois, règlements et documents « au-dessus » du PLU) et rapport de conformité (« au-dessous » du PLU) : c'est avec le PLU qu'on atterrit vraiment « sur le terrain », que facilite plus ou moins l'implantation de data centers.

Par exemple, dans l'avis délibéré sur le projet de construction d'un centre d'hébergement de données informatiques à Villebon-sur-Yvette (91)[87], la mission régionale d'autorité environnementale (MRAe Île-de-France) relève « que le projet n'est pas compatible avec le PLU de Villebon-sur-Yvette, à cause de trois prescriptions concernant » :

- « le nombre de places de stationnement automobile, car pour être conforme au PLU, il faudrait 330 places de parking et que d'après le dossier *« cette prescription est incompatible avec les besoins du site »* ;
- la hauteur des clôtures, limitée à 1,5 m, ce qui est inférieur aux standards de sécurité des centres de données ;
- la hauteur maximale des bâtiments, qui ne peut excéder 18 m à l'acrotère, alors que le projet prévoit une hauteur de 30,85 m pour les cheminées. »

Ces trois points sont particulièrement emblématiques des freins qu'une collectivité, en l'occurrence pourtant favorable à l'implantation d'un data center, est susceptible d'imposer malgré elle aux porteurs de projets.

Les différentes pièces du PLU peuvent chacune contribuer à l'anticipation des projets d'implantation de data centers :

- **le diagnostic** peut mentionner les data centers existant déjà sur le territoire et, si cela est pertinent, évoquer les conséquences positives et/ou négatives de leur implantation ;
- **le PADD** peut exprimer, le cas échéant, la volonté d'améliorer l'intégration urbaine et paysagère des data centers existants, mais surtout la posture, plus ou moins favorable, de la collectivité à l'égard de l'implantation de nouveaux data centers ; par exemple, le PLUI de Plaine Commune (2020) suggère, dans un paragraphe « Améliorer l'intégration et l'impact environnemental des data centers », que l'établissement public territorial n'est pas opposé à l'accueil de nouveaux data centers : « L'impact des data centers sera limité pour les rendre plus sobres en énergie, dans le cadre de la transition énergétique du territoire. Il s'agit notamment de conditionner leur implantation à l'amélioration de leur insertion urbaine, de rendre leurs systèmes plus efficaces

85. Selon le ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, entre 2010 et 2018, le volume annuel d'eau consommée est estimé à 4,1 milliards de m^3 en France métropolitaine, ce qui représente 64 m^3/habitant.
86. https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/2022-us-data-center-water.pdf
87. Avis N° APJIF-2023-012 en date du 9 mars 2023. La MRAe poursuit : « L'étude d'impact indique que le PLU communal est en cours de modification, par référence à un courrier du maire de la commune faisant part du projet d'harmonisation des règles d'urbanisme à l'échelle des trois communes concernées par le parc d'activités. Elle ne précise cependant pas le calendrier estimatif de cette procédure et sa compatibilité avec celui du projet. (...) L'Autorité environnementale recommande au maire de la commune de Villebon-sur-Yvette de préciser le calendrier envisagé pour l'adoption de l'évolution du plan local d'urbanisme permettant la délivrance du permis de construire du projet du centre de données. »

et de réduire leur consommation en énergies fossiles en récupérant et en valorisant la chaleur qu'ils émettent »[88]. En revanche, le PLUI de Grand Paris Seine & Oise (2020), approuvé alors qu'un projet de « campus » de data centers était déjà connu à Aubergenville, n'a pas exprimé de posture particulière de la commune (les termes « centres de données » comme « data centers » sont absents du document).

- **l'évaluation environnementale,** censée porter autant sur les orientation générales (PADD, ...) que sur les dispositions opposables (règlement écrit, règlement graphique, OAP...). A propos des data centers, l'évaluation environnementale du PLUI de Plaine Commune se contente toutefois de mentionner : « Plaine Commune accueille de nombreux data centers. Le PADD ambitionne de les rendre plus sobres en énergie, notamment en récupérant leur chaleur fatale. → Effet positif à confirmer sur les thèmes maîtrise de l'énergie, et donc, émissions de GES, changement climatique, pollutions et santé »[89]. D'autres points de l'évaluation environnementale peuvent toutefois s'adresser aux nouveaux data centers :
  - « Le PADD cherche (...) à corriger la mauvaise insertion urbaine des pôles tertiaires implantés sur le territoire et constitués trop souvent de campus étanches et introvertis, qui créent des obstacles au déplacement des piétons dans des quartiers d'affaires qui tranchent avec le paysage urbain environnant. → Effet positif à confirmer sur les thèmes déplacement, et donc, maîtrise de l'énergie, émissions de GES, changement climatique, pollutions et santé »[90] ;
  - « (...) les zones d'activités économiques comportent des bâtiments industriels patrimoniaux. Le PLUi les protègera et incitera à leur reconversion. La densification des zones d'activités ne se fera pas au détriment de la valorisation du patrimoine bâti industriel. → Effet positif à confirmer sur le thème patrimoine »[91].
- **le règlement écrit,** qui permet notamment d'encadrer, dans les limites fixées par le Code de l'urbanisme, les éléments suivants :
  - destination des constructions, usages des sols et natures des activités : le règlement écrit permet d'autoriser – éventuellement exclusivement –, ou d'interdire certaines destinations ou sous-destinations (voir encadré sur la sous-destination « entrepôt » ci-après) ;
  - caractéristiques urbaines, architecturales, environnementales et paysagères :
    - volumétrie et implantation des constructions,
    - traitement environnemental et paysager des espaces non bâtis et des abords des constructions,
    - qualité urbaine, architecturale, environnementale et paysagère,
    - stationnement,
  - équipements et réseaux.

La sous-destination « entrepôt »

Les data centers ne constituent pas une destination ou sous-destination mais seulement une des modalités possibles de la sous-destination « entrepôt », qui recouvre « les constructions destinées à la logistique, au stockage ou à l'entreposage des biens sans surface de vente, les points permanents de livraison ou de livraison et de retrait d'achats au détail commandés par voie télématique, ainsi que les locaux hébergeant les centres de données ».

À première vue, autoriser les entrepôts signifierait donc autoriser aussi les data centers et interdire les data centers signifierait interdire tous les entrepôts. Ce n'est en fait pas tout à fait le cas :

- d'une part, bien pensées et bien rédigées, les règles relatives aux « caractéristiques urbaines, architecturales (...) » ainsi qu'aux « équipements et réseaux » sont susceptibles en elles-mêmes d'imposer un « tri » entre les différents types d'« entrepôts », facilitant certains et dissuadant d'autres ;
- d'autre part, ces mêmes règles sont susceptibles d'être accompagnées de « règles alternatives »[92] ne s'appliquant que sous certaines conditions, par exemple en cas de rejet important de chaleur fatale (pour inciter à sa récupération) ou de faible intensité en emplois permanents (pour limiter les besoins de stationnement) ; c'est là un point crucial qui mérite d'être approfondi car il ne semble pas encore exister en Île-de-France de PLU(I) utilisant des règles alternatives pour cibler précisément les data centers.

88. « PLUI Plaine Commune », Rapport de présentation, Projet d'aménagement et de développement durable, p. 25
89. « PLUI Plaine Commune », Rapport de présentation, Évaluation environnementale, p. 32
90. *Ibid.*, p.32
91. *Ibid.*, p.31
92. Voir notamment Gridauh, fiche n°6, « L'écriture des règles alternatives ou exceptions ».

- **le règlement graphique,** qui représente les zones fonctionnelles distinguées par le règlement écrit, ainsi que certains éléments graphiques spécifiques, comme les emplacements réservés (par exemple au profit de RTE pour la création ou l'extension d'un poste électrique) ou les espaces boisés classés (par exemple dans le but de contribuer à la limitation de l'effet d'îlot de chaleur urbain).
- **les orientations d'aménagement et de programmation (OAP),** qui permettent d'énoncer des principes d'aménagement pour encadrer l'implantation de data centers soit à l'échelle de la commune en général (OAP dite « thématique »), soit sur un secteur particulier de la commune (OAP dite « sectorielle »), par exemple un « campus » ou un « cluster » de data centers. À la différence des dispositions du règlement écrit et du règlement graphique, ces principes d'aménagement s'imposent aux décisions d'urbanisme (permis de construire, déclarations préalables de travaux…) dans un rapport de « compatibilité » et non de stricte « conformité ».

Ainsi, on peut esquisser une liste des principaux enjeux, parmi ceux identifiés dans la partie 3 du présent rapport, qu'un PLU(I) est susceptible de contribuer à prendre en compte :

- intégration de la végétation,
- limitation des rejets d'eaux pluviales à la parcelle,
- respect d'un coefficient de pleine terre et/ou de biotope,
- alignement des façades sur rue,
- limitation de la hauteur des bâtiments (avec problème spécifique de la prise en compte des éventuelles cheminées), notamment en fonction du bâti environnant (règles alternatives),
- préservation et réutilisation du bâti existant,
- encouragement à l'installation de panneaux solaires en toiture,
- encouragement à la récupération de la chaleur fatale,
- conception bioclimatique des constructions.

4.4 FAVORISER L'ÉMERGENCE D'UNE GOUVERNANCE PUBLIQUE RÉGIONALE EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT DES DATA CENTERS

Instituer et animer un collectif d'acteurs publics et parapublics des data centers

Au cours des dernières années, les échanges entre acteurs publics et parapublics visant à concilier développement des data centers et enjeux d'aménagement et d'environnement en Île-de-France se sont multipliés, dans des contextes et des configurations variables.

- Depuis 2015, diverses études et notes rapides sur le sujet ont été produites par l'Institut Paris Region[93] (à son propre compte ou pour l'ADEME, et pour RTE et Enedis) ;
- Des groupes de travail organisés entre 2020 et 2021 par Choose Paris Region, avec publication d'un guide pratique destiné aux élus franciliens[94] ;
- Des visites de data centers organisées par certains opérateurs (Digital Realty (Interxion), Data4…) pour des organismes publics et parapublics ;
- Des réunions de travail organisées par la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France (DRIEAT) sur les orientations pour l'instruction des demandes d'agrément avec une fiche repère comme résultat[95] ;
- La publication d'une note d'éclairage de la MRAe d'Île-de-France sur l'implantation des centres de données[96] qui se base sur ses nombreux avis donnés sur les projets.

Ces échanges ont permis d'esquisser les contours d'un collectif d'acteurs publics et parapublics des data centers en Île-de-France.

Il s'agira, d'une part, d'instituer ce collectif, autour d'un premier noyau de membres comprenant notamment les services concernés au sein de la DRIEAT, de l'Autorité environnementale, de l'Ademe, de la Région Île-de-France, de L'Institut Paris Region… et pouvant progressivement s'élargir à d'autres acteurs (Choose Paris Region, Efficacity, RTE, Enedis, Airparif…). Lorsqu'un même organisme comprend plusieurs services concernés, il pourra être utile de considérer explicitement chacun comme membre du collectif. Il s'agira notamment de donner un nom à ce collectif.

Il s'agira, d'autre part, d'animer ce collectif, notamment au travers de séances plénières régulières, convoquées au moins deux fois par an, par exemple en mai et en novembre, et de séances ponctuelles permettant d'ajuster progressivement,

93. Cf. « Ressources ».
94. « Les datacenters : alliés de la transition énergétique et du développement des territoires en Île-de-France. Guide pratique à destination des élus franciliens », Choose Paris Region, janvier 2022.
95. « Fiche repère Instruction des demandes d'agrément relatives aux centres de données », DRIEAT, mars 2022.
96. « Note d'éclairage. Les centres de stockage des données », MRAe d'Île-de-France, juin 2022.

par l'expérience, le périmètre des missions attribuées à ce collectif (voir ci-après) : zoom sur une évolution réglementaire particulière, revue des projets d'implantations de data centers en cours, échanges avec les acteurs publics locaux (communes, intercommunalités…) ou avec les acteurs privés (opérateurs…), présentations d'études réalisées par des membres du collectif ou par des tiers…

Créer un observatoire régional des data centers en Île-de-France

Une des missions essentielles du collectif pourra être la création d'un observatoire des data centers en Île-de-France, afin :

- d'actualiser régulièrement, de partager et de diffuser la connaissance de tous les « objets » data centers franciliens (mise à jour de la *Base de données des data centers en Île-de-France* élaborée par L'Institut Paris Region, affinement et diversification des typologies, suivi de la consommation énergétique des data centers dans le cadre du ROSE - Réseau d'observation statistique de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre de la région Île-de-France…) ;
- plus largement, d'améliorer, d'actualiser régulièrement, de partager et de diffuser la connaissance du « marché » francilien des data centers et de sa position au sein des marchés national, européen et mondial ;
- d'impulser, de coordonner et/ou de valoriser des études sur l' « écosystème » francilien des data centers (opérateurs, sous-traitants, clients, collectivités…).

Cet observatoire sera le tiers de confiance à même de dépasser les craintes des opérateurs des data centers dans la mise à disposition des données les concernant (électricité, eau, remplissage…), mais aussi pour mieux identifier les data centers d'entreprises. Un des obstacles majeurs à la compréhension exhaustive des conséquences de l'implantation des datacenters et de l'anticipation pour mieux opérer les transitions nécessaires et les adaptions est en effet l'opacité en termes de données quantitatives fiables et normalisées. Un lien pourra être effectué avec la plateforme ADEME (OPERAT) mise en place pour le décret « tertiaire ».

Proposer des référentiels pour accompagner l'implantation aux différentes échelles

- Élaborer une stratégie régionale, notamment à partir des éléments rassemblés ci-avant (voir partie 4.1.). Le phénomène de développement des data centers en Île-de-France, avec une forte croissance attendue dans les années à venir, devient un sujet régional qui nécessite sa propre stratégie. Cette dernière pourrait devenir un référentiel central, qui oriente les projets dans les territoires et qui donne des conditions pour l'intégration à l'échelle locale. Elle est fondée sur un certain nombre d'études préalables, notamment sur les disponibilités électriques et foncières.
- Assister les collectivités locales (voir partie 4.3) : le collectif d'acteurs publics et parapublics, accompagne les collectivités locales dans la prise en compte et le bon encadrement du sujet des data centers dans leurs documents d'urbanisme locaux.
- Consolider et partager la grille d'analyse partagée (voir partie 4.2) : la grille d'analyse de projets de data centers devient un outil commun entre les acteurs publics et parapublics pour orienter l'implantation des data centers à différentes échelles. Chaque projet d'implantation reçoit un score en fonction de sa performance vis-à-vis aux différents critères et sous-critères. Il peut s'avérer nécessaire que le collectif d'acteurs publics et parapublics adapte cette grille d'analyse au fil du temps. Partagé avec les porteurs de projets, la grille devient aussi un guide pour mieux concevoir les projets en amont.

Améliorer l'accompagnement des projets d'implantation

Une des missions essentielles du collectif pourra aussi être l'amélioration de l'accompagnement des projets d'implantation de data centers par les acteurs publics et parapublics, afin tout à la fois d'en accroître la qualité et d'en réduire les délais :

- en partageant la connaissance des projets d'implantation dès que leur existence est connue, puis dans le cadre de revues de projets d'implantations de data centers en cours ;
- en partageant la connaissance des procédures d'implantation des data centers (voir « frise des procédures » partie 1.1.) et en cherchant collectivement à mieux coordonner les différentes composantes de ces procédures, par exemple entre autorisation environnementale unique et composante environnementale de l'agrément ;
- en s'assurant que les collectivités territoriales ainsi que les acteurs du secteur des data centers (France Data center, opérateurs, groupes de conseil en immobilier d'entreprise spécialisé…) soient, dès l'amont, orientés vers les interlocuteurs régionaux les plus susceptibles de les accompagner dans leurs projets ;
- en établissant une grille partagée d'analyse des projets d'implantation de data centers en Île-de-

France (voir partie 4.2.), qui combine notamment les questions « où ? » et « comment ? » ;
- en identifiant des acteurs complémentaires qui peuvent aider à coconstruire des projets plus vertueux entre les collectivités territoriales et les acteurs privés (par exemple en identifiant un « tiers de confiance » pour les projets de récupération de chaleur fatale) ;
- en créant de conditions attractives (desserte internet, disponibilité électrique, terrain préparé règlementairement) pour des projets de data centers à proximité des réseaux de chauffage urbain avec la possibilité de développement d'un modèle commercial permettant d'acheter la chaleur fatale du data center pour le chauffage urbain[97].

Devenir force de proposition au niveau national, voire international

Enfin, au regard de la forte concentration des data centers et projets d'implantation de data centers en Île-de-France, le collectif sera légitime pour devenir une véritable force de proposition au niveau national :
- en contribuant à l'évolution de la législation et de la fiscalité : évolution des nomenclatures statistiques (code NAF dédié…), réglementaires (catégories d'ICPE, catégories d'agrément…), urbanistiques (destination au droit de l'urbanisme) et clarification par l'administration fiscale des modalités de classification des locaux de type data center pour les différentes taxes afin d'éviter des distorsions de concurrence entre établissements et identification des impacts sur les ressources des collectivités locales d'une éventuelle homogénéisation.
- en contribuant à la promotion de solutions techniques, notamment en matière d'aménagement et d'environnement, coconstruites avec les acteurs privés de l'écosystème francilien des data centers, relatives par exemple… :
  - à la recherche de certifications ou labels environnementaux, éventuellement avec un niveau-cible (LEED Gold, ou BREAM Outstanding) ;
  - à la réalisation d'études sur la mise à disposition de la chaleur fatale et leur diffusion publique obligatoires ;
  - à l'acceptation d'une température de fonctionnement plus élevée dans le data centers afin de réduire les besoins de refroidissement ;
  - à l'amélioration de la circulation de l'air frais dans les salles (confiner allée chaude / allée froide) ;
  - à l'optimisation de la production d'air frais par *free cooling/free-chilling* ;
  - au non-accroissement de la densité énergétique (la puissance consommée par m²) des plateaux ;
  - à une conception des data centers :
    - modulaire, pour graduer son fonctionnement selon les demandes en somme : ouverture de salles informatiques et techniques par tranches en fonction du taux de remplissage, permettant d'atténuer les effets de la surréservation de puissance, le blocage d'autres clients et le surdimensionnement des infrastructures électriques ;
    - réversible, afin que le bâtiment puisse changer de fonction ultérieurement ;
- en contribuant à l'émergence, à l'animation et à l'éclairage technique d'un débat national sur le développement des data centers en France et sur les questions qui lui sont liées (sobriété numérique, souveraineté numérique, sobriété énergétique, sobriété foncière…).

97. Comme cela a été fait en Suède avec les Stockholm Data Parks. Voir : « Data centers : anticiper et planifier le stockage numérique », L'Institut Paris Region, mai 2021.

CONCLUSION

Le développement des data centers en Île-de-France s'accélère et risque même de s'envoler dans les prochaines années, selon les projections actuelles de l'ADEME et de l'ARCEP[98]. La connaissance des projets en cours par les opérateurs électriques, ainsi que par la Mission régionale d'autorité environnementale (MRAe) d'Île-de-France, confirme les prévisions. Cette croissance pourrait avoir un impact considérable sur la consommation électrique et sur la robustesse du réseau électrique, dans un contexte d'augmentation des besoins, liée notamment à l'électrification des mobilités, et d'incertitude sur les capacités de production (voir scénarios de RTE à 2035). Sans une estimation partagée des besoins globaux et une répartition coordonnée des data centers, les gestionnaires du réseau pourront avoir du mal à satisfaire, dans des délais convenables, les demandes des plus gros consommateurs. La concurrence autour de l'accès à l'énergie risque de s'accentuer, notamment dans certaines zones denses où la consommation est déjà forte. La création de nouvelles infrastructures électriques sera nécessaire, au prix de coûts considérables pour la collectivité et d'une consommation importante d'espace.

Cette croissance aura aussi des répercussions sur le foncier francilien et les dynamiques d'extension urbaine et d'artificialisation des terres agricoles, voire forestières, et plus largement sur les ressources naturelles. La pression foncière sur des terres déjà urbanisées, comme dans des tissus d'activités en renouvellement ou sur des friches, deviendra plus importante, et l'effet d'éviction risque de concerner certaines activités économiques parmi les plus vulnérables. Cette concurrence pourrait même avoir lieu entre data centers et équipements, logements et espaces verts, comme nous l'enseigne l'observation des métropoles qui ont connues des dynamiques de croissance supérieures à celles jusqu'ici observées en Île-de-France.



À Saint-Denis, des logements en construction font face à deux data centers de Digital Realty (Interxion), implantés depuis la fin des années 2010. Source : L'Institut Paris Region, 2023.

Les pressions sur la ressource en eau et en matériaux sont comparables à celles que nous venons de citer. L'impact global des risques, pollutions et nuisances produites par les data centers sur la santé humaine reste à étudier (le bruit par exemple), mais certains aspects en sont déjà bien connus, comme le risque d'incendie[99] ou la contribution au surchauffement des villes (chaleur fatale libérée dans l'environnement et effet d'îlots de chaleur urbains). Dans une agglomération qui se transforme et se densifie, les enjeux de santé publique et de bien-être doivent rester primordiaux. Dans le secteur de la Plaine, à Saint-Denis et à Aubervilliers, les anciens tissus industriels connaissent une nouvelle phase de transformation. Aujourd'hui, de nouveaux logements sont construits juste en face des data centers implantés dans les années 2000 (photo ci-contre). La prise en compte de ces sujets n'est donc pas uniquement nécessaire pour les nouveaux projets, mais concerne également le parc existant des data centers.

Il faut également souligner la nécessité de tenir un débat sur le sujet « cluster vs dissémination » dont un tableau de la présente étude récapitule les avantages et inconvénients. Cluster ne signifie pas extension urbaine mais transformation, planifiée à long terme, de l'existant avec une gestion intelligente des opportunités foncières.

De plus en plus performante, la filière des data centers est à la pointe de la technologie, mais aussi juge et partie dans la mesure où, jusque-là, elle se régule elle-même, via par exemple le *Climate Neutral Data Center Pact* ou le Code de conduite européen.

Mais ces cadres sont souvent peu ambitieux en termes d'intégration urbaine, de qualité architecturale et paysagère, et surtout de sobriété foncière et énergétique. Les centres de données, peuvent être relativement souples et s'installer dans des tissus urbains différents, dans des bâtiments mixtes, et même en sous-sol (d'un ancien abri antiatomique, dans le 15ème arrondissement de Paris, aux anciennes carrières de tuffeaux de Saumur) … mais les dernières réalisations en Île-de-France vont plutôt vers de très grands projets en extension urbaine. Il s'agit donc de susciter et d'éclairer l'action coordonnée des acteurs publics franciliens pour permettre, non pas de freiner le développement des data centers, mais de l'organiser, en minimisant ses impacts négatifs et en maximisant ses effets positifs, à l'échelle de chaque projet d'implantation comme à celle du développement régional de la filière.

98. Ademe et Arcep, « Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France », 2022-2023.
99. Incendie d'OVH à Strasbourg considéré comme un « feu spécial » par les pompiers : https://datacenter-magazine.fr/le-sdis-du-bas-rhin-a-publie-un-pex-sur-lincendie-du-datacenter-dovh-a-strasbourg/

ANNEXE

Comment est construite la base de données des data centers de L'Institut Paris Region ?

Malgré les années de recherche, le marché des data centers reste relativement opaque. Peu d'opérateurs diffusent des informations sur leurs sites. Les données diffusées concernent notamment des data centers publics, de recherche ou de colocation pour les données comme notamment sur la surface, le nombre de clients et sur l'équipement technique et la performance technologique de leur data centers. Les acteurs de la colocation sont les plus susceptibles à partager les informations. Certaines données importantes manquent à ce jour dans une base de données complète, par exemple sur la surface ou sur la consommation électrique ou d'eau.

Notre Base de données (BDD) inclut des data centers très différents : de colocation et de cloud (Data4, CyrusOne, Telehouse, Scaleway, Equinix, Interxion, OVH…), de recherche (universités, laboratoires), de traitement de données publiques (Ministère de l'Economie), des banques et des grandes entreprises (Atos, EDF, IBM…) et de télécom (SFR, Bouygues, Orange…). La taille de ces installations varie en fonction de leurs typologies et types d'inscription. Un data center dans notre base de données peut par exemple signifier un bâtiment entier dédié ou une installation au RDC d'un bâtiment mixte. La BDD comprend des sites en exploitation et en projet, mais aussi ceux qui sont fermés et des projets abandonnés.

En avril 2023, la BDD de L'Institut Paris Region compte 175 data centers. Cependant, seulement 168 ont un niveau d'information suffisant pour les analyses présentées dans ce rapport. Parmi ces derniers, sont 117 des data centers en exploitation confirmée, 32 en projet ou en construction, 12 pour lesquels l'état d'exploitation reste à confirmer (pas de certitude si toujours en activité ou non), 7 fermés/fermeture prochaine/projets abandonnés. Ces 168 data centers correspondent à un nombre total de 115 sites, comme certains sites en comptent plusieurs.

Qu'est-ce qui est compté comme data center dans notre base de données ?

Un point de notre BDD correspond généralement à un data center, comme annoncé par l'opérateur. Parfois, un même opérateur annonce la présence de plusieurs data centers dans un même bâtiment, parfois ce sont plusieurs opérateurs qui le font. C'est donc par le comptage des sites qu'une meilleure impression de la quantité des data centers en Île-de-France est possible : c'est l'unité foncière qui emporte et qui attribue au site un identifiant. Il peut correspondre à plusieurs data centers quand une ou plusieurs entreprises sont situés au sein du même bâtiment ou quand plusieurs bâtiments sont présents sur une même unité foncière (exemple : Data 4 à Marcoussis avec 23 bâtiments). Tous les data centers sont alors comptés individuellement, mais ils portent le même identifiant de site. Pour un bâtiment qui comporte plusieurs « data halls » à l'intérieur, mais où l'opérateur n'annonce qu'un seul data center (exemple : projet CyrusOne à Wissous), nous l'avons compté qu'une seule fois.

La BDD est héritée d'un travail commencé par L'Institut Paris Region (IAU Île-de-France à l'époque) en 2014 sur les enjeux en zone inondable. En 2015, la base est utilisée et enrichie dans le cadre de l'étude « Chaleur Fatale » pilotée par l'ADEME pour traiter les questions de la récupération de la chaleur produite notamment par les data centers. En 2019, dans le cadre du travail du rapport « L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires » de L'Institut Paris Region pour l'ADEME, certains sites de la base initiale ont pu être retirés, d'autres ajoutés et des informations supplémentaires renseignées.

Les sources :

- Recherches par avis de l'autorité environnementale (par département), articles de presse, veille médiathèque.
- Sites et cartes qui recensent des data centers : colocation data centers dans le monde (Cloudscene), Resadia (Resacloud), cartes des data centers en France (Global Security Mag)...
- Prise de contact avec les opérateurs de data centers pour confirmer leur présence (par téléphone, mail).
- Visites de terrain (même une visite de terrain ne confirme ou infirme pas toujours la présence d'un DC).
- Partage d'information par des partenaires de l'Institut (notamment DRIEAT, ...)

L'origine de chiffres :

- La puissance en MW et la surface de plancher ont été renseignées selon les fiches diffusées par les opérateurs ou des articles de presse, quand cette donnée était disponible.
- L'Institut Paris Region a élaboré des formules d'extrapolation pour obtenir les chiffres manquants sur les puissances et la surface de plancher quand une de trois variables était disponible (surface IT, surface SDP ou puissance MW). Cette donnée est incomplète en raison d'un manque d'information (pour seulement 70% de notre base de données l'une de ces variables a été connue, permettant ces extrapolations).
  Les formules d'extrapolation utilisées sont les suivantes :
  - *Ratio m² IT / m² SDP = 0,5*
  - *Puissance en MW = (m²IT x 2,65) / 1 000 (2,65 correspond à la moyenne des ratios des cas pour lesquels kW et m²IT ont été connus)*

Les champs de la base de données :

- Donnée renseignée : nom, adresse, code insee, le gestionnaire du data center, l'état d'avancement, le secteur du gestionnaire et du client (public/privé), la destination initiale du bâtiment d'accueil, la programmation du bâtiment, l'usage actuel et l'usage initiale du bâtiment, le poste MOS (11 postes). Une estimation de l'époque de construction du bâtiment était faite à partir de photos aériennes.
- Donnée partiellement renseignée : la hauteur et l'emprise du bâtiment (à partir de la BD topo), le nombre d'étages, la puissance, la surface IT, la surface de plancher totale, la date de mise en service du data center, l'utilisation de la chaleur fatale, le régime ICPE, le site web de l'opérateur ou de la fiche d'information.
- Données extrapolées : la puissance, la surface IT, la surface de plancher totale. Ces données sont à utiliser avec précaution, en raison de la disponibilité de l'information.

Ressources

Publication de l'Institut Paris Region :
- Lopez Fanny, Gawlik Maximilian (codir.) « Data centers : anticiper et planifier le stockage numérique », Note rapide, n° 893, L'Institut Paris Region, mai 2021.
- Diguet Cécile, Lopez Fanny (codir.), « Les impacts énergétiques et spatiaux des data centers sur les territoires », Note rapide, n° 828, L'Institut Paris Region, décembre 2019.
- Diguet Cécile, Lopez Fanny (codir.), « L'impact énergétique et spatial des infrastructures numériques sur les territoires », Ademe APR 2017, Institut de recherche de la Caisse des dépôts, Fondation Tuck, 2017-2019.
- Thépin Daniel, « Les data centers franciliens : un essor sous contraintes », Note rapide, n° 680, L'Institut Paris Region, avril 2015.

Autres ressources :
- Lopez Fanny, Diguet Cécile (codir.) « Sous le feu numérique - Spatialités et énergies des data centers », avril 2023.
- « Les datacenters : alliés de la transition énergétique et du développement des territoires en Île-de-France. Guide pratique à destination des élus franciliens », Choose Paris Region, janvier 2022.
- « Fiche repère Instruction des demandes d'agrément relatives aux centres de données », DRIEAT, mars 2022.
- « Note d'éclairage. Les centres de stockage des données », MRAe d'Île-de-France, juin 2022.
- « Stratégie de data centers de la Province Noord-Holland 2022-2024 », janvier 2022.
- Lien web : https://www.noord-holland.nl/Onderwerpen/Economie_Werk/Projecten/Datacenters/Datacenterstrategie (disponible en néerlandais et en anglais).
- « Décision du conseil municipal de la municipalité de Haarlemmermeer contenant les règles relatives à la politique en matière de centres de données de la municipalité de Haarlemmermeer. » du 24 novembre 2020.
- Lien web : https ://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR646404 (en néerlandais)
- « Amsterdam Sustainable Digital. Politique d'établissement des centres de données municipalité d'Amsterdam 2020 – 2030. Version 1.0 » du 14 octobre 2020.
- Lien web : https ://amsterdam.raadsinformatie.nl/document/10115471/1/Raadsbesluit_375_1544A_3a_20_bijl1%20Vestigingsbeleid%20datacenters%20gemeente%20Amsterdam (en néerlandais).
- 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.

LES ÉTUDES
DE L'INSTITUT PARIS REGION

L'INSTITUT PARIS REGION
ASSOCIATION LOI 1901.

15, RUE FALGUIÈRE - 75740 PARIS CEDEX 15 - TÉL. : 01 77 49 77 49

ISBN 978 2 7371 2377 1