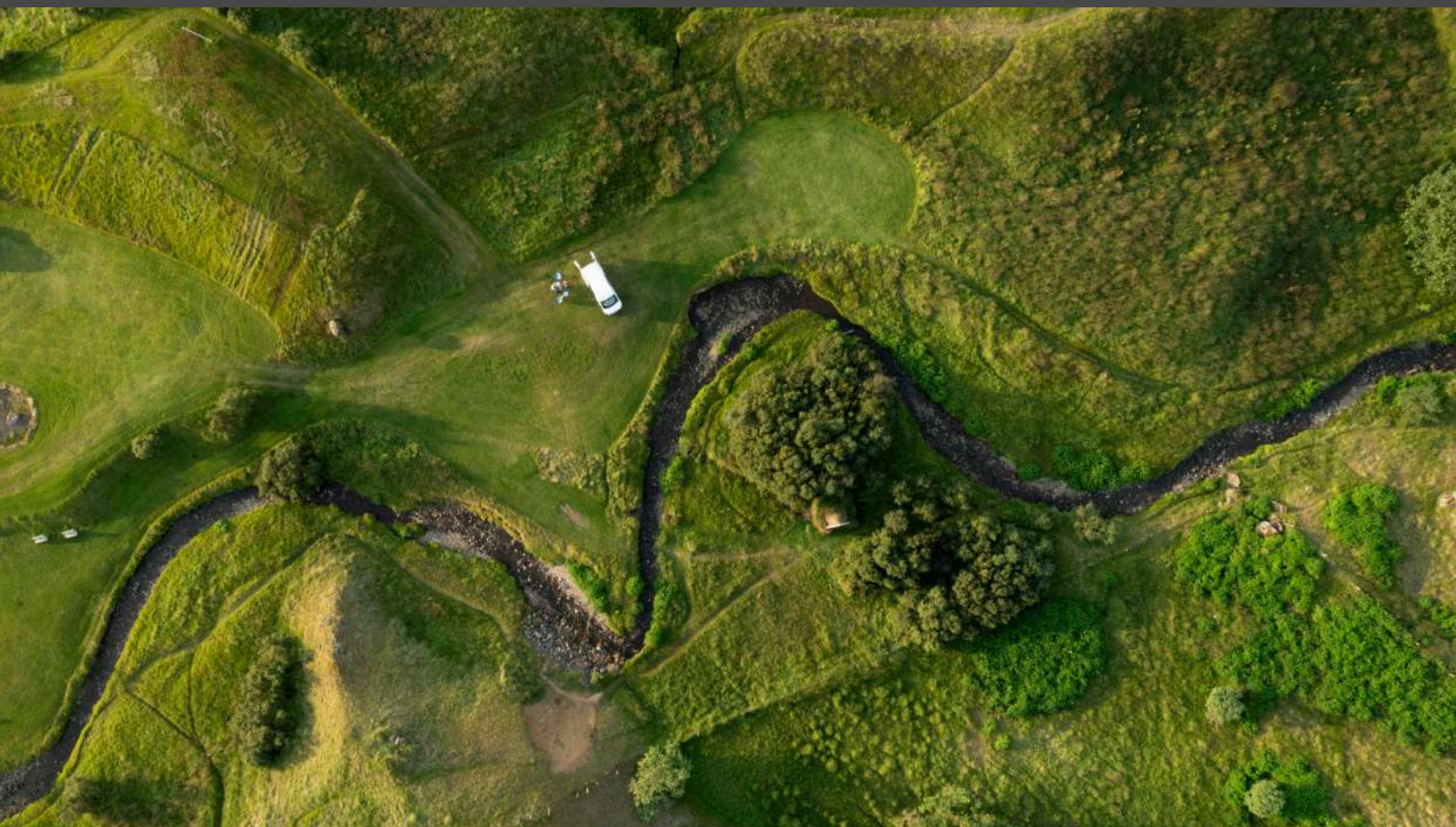


L'Impact Environnemental du Data Center

Énergie, eau, équipements et chaleur fatale :
comprendre les enjeux pour viser les
meilleures pratiques

*Ce qu'il convient d'identifier — et les solutions concrètes pour
une approche optimale.*



Introduction

Ce document est la Partie 2 sur 5 du Guide du Data Center Durable et Acceptable. Il approfondit les impacts environnementaux des data centers et les solutions mobilisables. La Partie 1 (Fondamentaux) est le prérequis recommandé. Les Parties 3, 4 et 5 traitent de l'urbanisme, des retombées socio-économiques et des outils de décision.

Un data center de grande taille peut consommer autant d'électricité qu'une ville de 100 000 habitants.

Sa consommation d'eau peut rivaliser avec celle d'un hôpital. Ses équipements impliquent l'extraction de métaux rares aux quatre coins du monde. Et pourtant, la chaleur qu'il rejette en permanence pourrait chauffer des milliers de logements — si elle était correctement récupérée.

Ces impacts ne sont ni une fatalité, ni une raison d'opposer numérique et écologie. Ce fascicule documente ce que la réalité des données dit — sans angélisme ni catastrophisme — et identifie les leviers concrets à la disposition des territoires et des opérateurs pour inscrire ces infrastructures dans une logique de sobriété et de circularité.

Ce que vous allez apprendre dans ce fascicule :

- **Décoder les chiffres de consommation énergétique** : comprendre ce que signifient le PUE, la surréservation de puissance et les effets cumulés sur un même bassin électrique, pour instruire les projets avec les bons indicateurs.
- **Évaluer la pression hydrique réelle** : distinguer les modes de refroidissement, mesurer la pression sur les ressources locales et identifier les solutions low-water exigibles dès la phase de négociation.
- **Transformer la chaleur fatale en ressource** : comprendre pourquoi une chaleur rejetée à 30°C est un déchet et non une ressource, et quelles conditions techniques et économiques permettent de valoriser réellement cette chaleur au bénéfice des réseaux de chaleur urbains.



Ce guide est le fruit d'une démarche pluridisciplinaire inédite.

Les contenus de ce fascicule ont été élaborés à partir de dizaines d'entretiens approfondis avec des élus locaux, des directeurs de services techniques, des opérateurs de data centers, des investisseurs, des aménageurs et des experts indépendants. Cette méthode garantit que chaque recommandation est ancrée dans la réalité opérationnelle des projets, et non dans une vision théorique des enjeux.

À propos des partenaires :



Accélérateur de projets à impact, Ville de Demain accompagne les startups, les entreprises et les territoires dans la construction de la ville durable, inclusive et résiliente. Basée à Station F, au cœur de l'écosystème de l'innovation, l'association fédère un réseau d'acteurs publics et privés engagés pour transformer les territoires. ville-demain.com



France urbaine est l'association transpartisane des grandes villes, grandes agglomérations, communautés urbaines et métropoles françaises. Elle fédère aujourd'hui 106 membres, représentant plus de 30 millions d'habitants sur l'ensemble du territoire national. Elle représente les territoires urbains auprès des pouvoirs publics, agit pour la prise en compte des enjeux urbains et métropolitains, met en réseau ses adhérents et les accompagne en mobilisant à leur bénéfice son expertise technique et son analyse stratégique des politiques publiques. franceurbaine.org



Paris-Île de France Capitale Économique (PCE) est le lab' de l'attractivité du Grand Paris. PCE analyse les facteurs d'attractivité des métropoles d'aujourd'hui et de demain. Son ambition est de faire du Grand Paris le pionnier et le leader des transitions en portant les propositions des acteurs économiques et des territoires au plus haut niveau. pce-idf.org

Mécène de l'Initiative



Twenty First Capital, société de gestion indépendante multi-assets et multi-expertises qui finance notamment des projets d'infrastructure IA durables. twentyfirstcapital.com

Sarah Saldana malt.fr/profile/sarahsaldana

Conception graphique de ce guide

Graphiste & directrice artistique indépendante, je crée des identités visuelles et des supports éditoriaux pensés pour être à la fois justes, lisibles et durables.

Sommaire

PARTIE 2 — L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (ÉNERGIE, EAU, ÉQUIPEMENTS)

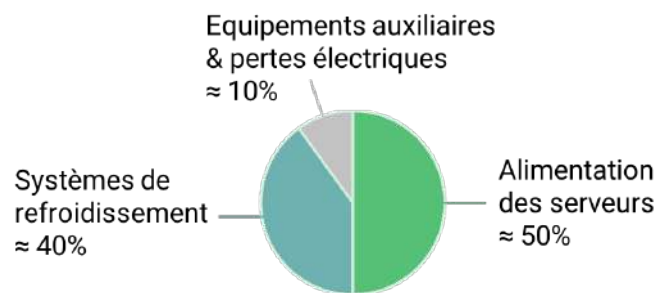
CONSOMMATION ÉLECTRIQUE DES DATA CENTERS : IMPACTS ET SOLUTIONS	Analyser les volumes, le risque de surréservation (<i>Use it or lose it</i>) et l'effet de saturation du réseau	1
	Leviers d'action : efficacité énergétique, flexibilité du système électrique et raccordement mutualisé	9
EMPREINTE HYDRIQUE : CONSOMMATION D'EAU ET STRESS HYDRIQUE	Évaluer l'empreinte de l'amont à l'aval : prélèvements pour le refroidissement (tours aéroréfrigérantes) et conflits d'usage locaux	17
	Exiger des solutions <i>low-water</i> (dry coolers, liquid cooling) et l'intégration d'eaux alternatives (usées, industrielles)	23
MÉTAUX ET ÉQUIPEMENTS IT : L'EMPREINTE GRISE ET LE CYCLE DE VIE	Comprendre l'impact de l'extraction, de la fabrication et la gestion complexe des déchets électroniques (DEEE)	35
	Stratégies durables : éco-conception, infrastructures évolutives, réemploi et allongement de la durée de vie	37
ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES) ET BILAN CARBONE	Décryptage des Scopes : Scope 1 (groupes électrogènes, fuites de fluides frigorigènes), Scope 2 (électricité) et Scope 3 (fabrication IT)	42
	Outils de décarbonation : achats d'énergies renouvelables (PPA, garanties d'origine) et réduction des émissions directes	45
POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE LOCALE ET QUALITÉ DE L'AIR	Les risques sanitaires liés aux groupes électrogènes diesel de secours (particules fines, oxydes d'azote)	50
	Encadrer les nuisances : études d'impact cumulatif, suivi post-mise en service et alternatives techniques	51
VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE : DE LA NUISANCE À LA RESSOURCE	Les freins à la récupération : asynchronie, besoin de pompes à chaleur (réhausse de température) et viabilité économique	54
	Modèles de réussite : conception " <i>heat-ready</i> ", réseaux de chaleur urbains (5e génération) et sécurisation contractuelle	56

1. Consommation d'électricité

1.1. Impact

La consommation d'électricité des data centers provient principalement de deux postes : pour près de la moitié de l'alimentation des serveurs, et pour 40 % de la ventilation et du refroidissement des centres (figure 15).

Figure 15 : Répartition moyenne de la consommation d'électricité d'un data center.



Source des données : ADEME Magazine, 2025¹ ; Le Lab' des Énergies, 2025²

Un enjeu de volume consommé

“

À elle seule, la consommation de l'ensemble des projets de data centers en cours viendrait doubler la consommation énergétique du territoire. Dans ces conditions, le Plan climat-air-énergie territorial perd sa crédibilité et les politiques publiques locales n'ont plus de raison d'être.

”

Une collectivité du sud francilien

À l'échelle d'un territoire, l'enjeu est d'abord celui du **volume d'électricité consommé** et, lorsque le réseau est contraint, de ses **effets carbone**. Dans certains contextes, la saturation des capacités de raccordement peut conduire des projets à recourir temporairement à des solutions d'appoint sur site (générateurs au gaz ou au fioul)

¹ ADEME Magazine, 2025. « [Data centers : la face pas si cachée du numérique.](#) » ADEME Magazine, janvier 2025.

² Grandperrin, L. 2025. « [Consommation d'énergie des data-centers : chiffres, enjeux et solutions.](#) » Le Lab' des Énergies.

pour sécuriser l'alimentation, ce qui **augmente les émissions** et peut créer des tensions d'acceptabilité. L'Irlande illustre cette dynamique : la montée en puissance des data centers y pèse désormais lourdement dans la consommation nationale.

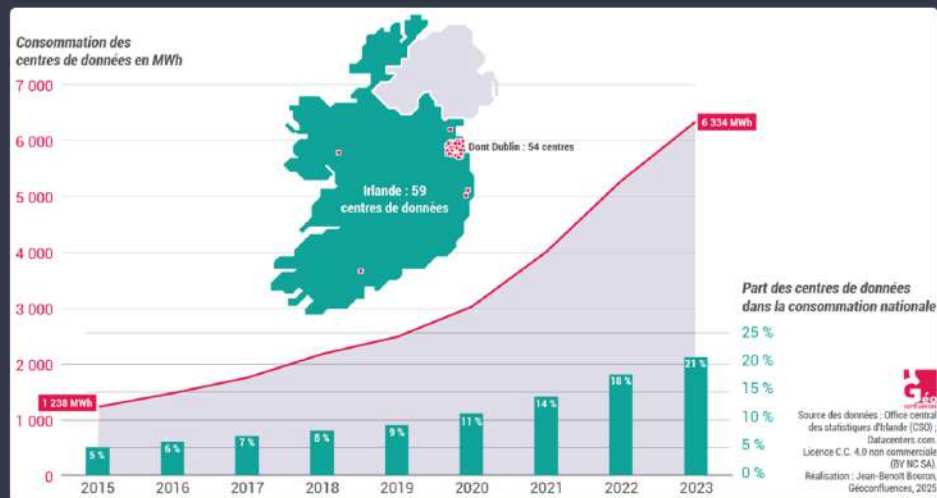
Le cas irlandais : tension entre essor numérique et contraintes énergétiques

L'Irlande, devenue un hub européen majeur pour les data centers grâce à une politique fiscale et numérique attractive, fait face à une pression croissante sur son système électrique.

Entre 2012 et 2022, la consommation d'électricité a augmenté de 24,7 %, presque exclusivement à cause des data centers. Ceux-ci représentent déjà plus de 20 % de la consommation nationale, soit un niveau supérieur à celui du résidentiel urbain et comparable à l'industrie. D'ici à 2028, les data centers pourraient atteindre 30 % de la demande totale d'électricité, devenant le premier secteur consommateur du pays.

En 2021, l'opérateur de réseau EirGrid a instauré un moratoire sur les nouvelles implantations dans le Grand Dublin (jusqu'en 2028). Pour le contourner, plusieurs data centers ont recours à des générateurs au gaz ou au fioul. Faut d'électricité disponible, des acteurs comme Microsoft réorientent désormais leurs investissements vers les pays nordiques, perçus comme plus favorables énergétiquement, mais même ces pays (notamment l'Islande) commencent à arriver à saturation.³

Figure 16 : Irlande : l'explosion de la consommation électrique des data centers.



Source : Caroué, 2025.⁴

³ The Shift Project, 2025. « [Intelligence artificielle, données, calculs : quelles infrastructures dans un monde décarboné ?](#) » 1^{er} octobre 2025.

⁴ Caroué, L. 2025. « [L'essor des centres de données : intelligence artificielle, cyberspace, pouvoir et territoire.](#) » Géoconfluences, juillet 2025.

Arbitrages d'usage et priorisation des projets

“

Il faut se préoccuper dès maintenant de nos capacités de raccordement et des besoins réels de consommation électrique, alors que la France est en train de doubler son parc de data centers. La question énergétique est aujourd'hui centrale et appelle beaucoup plus de lucidité.

Si l'on cumule l'ensemble des demandes de raccordement liées aux projets de data centers en Île-de-France, on atteint l'équivalent de deux fois le pic de consommation hivernale de la Métropole du Grand Paris. Cela montre bien que toutes les demandes ne pourront pas être satisfaites dans un calendrier court / moyen terme. Nous ne sommes plus dans une logique d'abondance, mais dans une logique d'arbitrage et de priorisation des projets les plus faisables et sécurisés.

”

Jean-Baptiste Rey, Directeur général adjoint de
EpaMarne – EpaFrance.

Lorsque les capacités réseau sont contraintes, l'arrivée de projets continus et très consommateurs peut conduire à des **arbitrages explicites** entre usages : industrie, logements, services publics, nouvelles implantations. Le cas norvégien illustre une concurrence directe entre besoins industriels stratégiques et nouveaux besoins numériques, dans un contexte de capacité limitée (cf. encadré « Nammo-TikTok »).

Conflit entre usages industriels et consommation énergétique des data centers : le cas TikTok–Nammo en Norvège⁵

En 2023, un conflit d'usage énergétique a éclaté en Norvège entre Nammo, l'un des plus grands fabricants européens de munitions (co-détenu par l'État norvégien), et TikTok, dont un nouveau data center est en construction dans la même région (Hamar, centre du pays).

Nammo prévoyait d'agrandir son usine principale afin d'augmenter la production de munitions, face à une demande multipliée par 15 depuis le début de la guerre en Ukraine. Mais cette expansion s'est heurtée à un manque de capacité électrique disponible : le réseau local a attribué la totalité du surplus d'électricité au data center de TikTok.

Nammo estime que cette saturation du réseau freine la contribution européenne à l'effort de défense ukrainien, alors que l'UE investit près de 2 milliards d'euros pour accroître la production d'obus d'artillerie.

De son côté, TikTok construit des data centers pour héberger les données européennes localement, en réponse aux pressions réglementaires croissantes sur la protection des données (notamment après les interdictions de l'application sur les appareils gouvernementaux au Royaume-Uni, à Bruxelles et dans d'autres pays).

Le fournisseur d'énergie Elvia a confirmé que toute la capacité électrique disponible avait été allouée au data center, et qu'une extension du réseau prendrait du temps.

⁵ Yerushalmy, J. 2023. « [Norwegian company says TikTok data centre is limiting energy for manufacturing Ukraine ammunition.](#) » The Guardian, 28 mars 2023.

“

On observe un conflit d'usage entre les besoins d'électrification de la Métropole (nécessaires pour la transition écologique et la décarbonation) et les besoins énergétiques des data centers.

- L'ouest de la métropole, une grande zone industrialo-portuaire avec des activités pétrochimiques et métallurgiques, est l'un des territoires les plus émetteurs de CO₂. L'un des principaux leviers de décarbonation est l'électrification des procédés industriels.
- Il y a un enjeu de décarbonation des transports publics autour de Marseille et dans les quartiers nord : automatisation de certaines lignes de métro, extension de lignes de tramway.
- Sur le port, les ferries et les navires de croisière qui accostent émettent beaucoup de polluants. L'objectif est donc d'installer des bornes électriques pour leur permettre de se brancher à quai, afin d'éviter qu'ils continuent à polluer directement à proximité de la ville.

”

Grégory Varagnol, Chef de Service Filière et Dynamiques Territoriales de la Métropole Aix-Marseille-Provence.

Surréservation et saturation contractuelle

Au-delà de la consommation « réelle », un enjeu majeur est celui de la **puissance demandée et réservée** lors du raccordement. RTE estime qu'en moyenne, seul 15 % de la puissance électrique réservée aux data centers est effectivement consommée en permanence⁶. Les opérateurs surévaluent souvent leurs besoins, demandant parfois jusqu'à deux fois la puissance réellement utilisée en pleine charge ; certains sites n'atteignant jamais le niveau maximal initialement réservé⁷. Cette marge vise à anticiper la montée en charge, les besoins de redondance et les pointes, mais bloque des capacités inutilisées : lorsqu'un data center signe un contrat avec RTE, la puissance réservée lui reste exclusivement allouée.

Ce mécanisme peut produire une saturation contractuelle du réseau : des capacités apparaissent indisponibles pour d'autres projets, alors même que la consommation effective n'a pas encore atteint le niveau réservé.

Depuis 2025, ce risque est toutefois partiellement encadré : le dispositif « Use it or lose it » et l'option de montée en charge (jusqu'à 10 ans ; cf. encadré « Use it or lose it

⁶ Chiffre donné par RTE à l'occasion de la [1^{re} matinée des assises du Grand Paris](#), 29 avril 2025

⁷ Ibid.

») visent précisément à limiter ces surréservations et à libérer des capacités lorsque la consommation réelle reste durablement inférieure à la puissance réservée.

À l'inverse, lorsque les sites montent en charge, l'enjeu devient physique : la demande supplémentaire sollicite postes, lignes et transformateurs et peut nécessiter des **renforcements** pour garantir l'alimentation continue.

Le dispositif de « Use it or lose it » (UIOLI)

Depuis août 2025, le dispositif « **Use it or lose it** » (UIOLI, Code de l'Énergie) permet à RTE d'ajuster à la baisse la puissance de raccordement réservée lorsqu'elle est durablement surdimensionnée : si la **puissance maximale soutirée** reste nettement inférieure à la puissance contractualisée, une partie de la capacité peut être réaffectée.

Ce mécanisme vise à limiter la **saturation contractuelle** du réseau liée aux surréservations et s'applique aux centres de données au même titre que les autres installations concernées, malgré les demandes du secteur d'en être exempté en raison de sa contribution aux objectifs de souveraineté de la France⁸. La CRE a toutefois prévu une option de **courbe de montée en charge jusqu'à 10 ans**, explicitement pertinente pour les **datacenters**, tout en écartant un traitement « au cas par cas » susceptible d'être discriminatoire.

La délibération n°2024-229 prévoit au choix :

- **Un raccordement avec montée en charge** : une trajectoire **progressive** pouvant aller **jusqu'à 10 ans**.
- **Un raccordement directement à la puissance cible** : une **réévaluation au bout de 5 ans** après la mise à disposition du raccordement.

Pendant la phase de montée en charge, l'utilisateur peut ajuster certaines étapes intermédiaires, et **à 10 ans** la puissance finale doit être atteinte.

Un impact « mix » : rigidification locale et besoin de puissance garantie

À plus grande échelle, les data centers se distinguent par des besoins continus et peu flexibles, qui requièrent une alimentation sécurisée, mobilisant en priorité des sources pilotables (nucléaire, gaz). Cela limite localement la part d'énergies renouvelables injectée dans le réseau et rigidifie le mix électrique.

⁸ Seconde consultation publique du 12 juillet 2024 relative aux conditions de modification par les gestionnaires de réseaux publics de la puissance de raccordement électrique des utilisateurs en application de l'article L. 342-24 du code de l'énergie.

Un point d'alerte : effet possible sur le prix de l'électricité

Dans certains systèmes électriques, l'essor rapide des data centers peut contribuer à une hausse des coûts (renforcements réseau, capacité de pointe), avec un risque de répercussion sur les factures des ménages et des entreprises. Aux États-Unis, des enquêtes de presse et des analyses sectorielles documentent des hausses très fortes dans certaines zones à forte concentration de data centers (cf. encadré « États-Unis »).

En France, aucun effet comparable n'est établi à ce stade : les prix payés par les ménages sont plus régulés, une partie des coûts réseau est mutualisée via les tarifs d'acheminement, et la tarification est moins « localisée » qu'aux États-Unis, où des marchés régionaux répercutent plus directement les tensions de capacité, mais cela reste un signal à surveiller.

États-Unis : les data centers font bondir le coût de l'électricité pour les habitants

La présence de data center sur un territoire peut avoir un impact direct sur la facture d'électricité des habitants à proximité. Aux États-Unis, Bloomberg rapporte des hausses très fortes des **prix de gros** dans certaines zones très concentrées en data centers, jusqu'à **+ 267 %** en cinq ans, selon Bloomberg⁹.

Les $\frac{2}{3}$ de l'énergie consommée aux États-Unis proviennent d'un réseau étatique ou régional, où l'opérateur gère le commerce de l'énergie. Ces coûts sont répercutés sur les ménages et les entreprises, ainsi que sur leurs factures de services publics. Cela peut également affecter les clients qui ne sont pas à proximité d'un data center, mais qui dépendent pour leur énergie du même réseau.

Les collectivités appellent à une vigilance particulière sur l'**effet cumulé** : ce n'est pas seulement un projet qui compte, mais l'addition de plusieurs sites sur un même territoire, au regard des capacités de raccordement et des trajectoires énergétiques locales.

⁹ Saul, J., Nicoletti, L., Pogkas, D., Bass, D., Malik., N. 2025. « [AI Data Centers Are Sending Power Bills Soaring.](#) » Bloomberg, 30 septembre 2025.

Chiffres :

À l'échelle mondiale, une demande électrique mondiale en forte accélération

- **≈2 %** : part actuelle des data centers dans **l'électricité mondiale**.¹⁰
- **<3 % en 2030** : projection AIE pour la part des data centers dans l'électricité mondiale.¹¹
- **États-Unis** : l'AIE anticipe une croissance telle que la demande des data centers pourrait dépasser celle de certains ensembles industriels électro-intensifs (sidérurgie, chimie, ciment...)¹².

En France, les data centers, près de la moitié de l'empreinte du numérique

- **4,4 %** : part du numérique dans l'empreinte carbone française (**29,5 MtCO₂e**) (ordre de grandeur : comparable aux poids lourds).¹³
- **46 %** : part **des centres de données** dans l'empreinte carbone du numérique (le reste étant majoritairement lié aux terminaux).¹⁴
- **≈100 W** : ordre de grandeur de la consommation d'un serveur **même à faible charge / veille**, car il doit rester disponible.¹⁵

France : ce que nos usages numériques consomment vraiment (2024 → trajectoires)

- **23,71 TWh (2024)** : électricité mobilisée pour les **usages français**, dont **9,91 TWh** consommés dans des data centers situés en France et **13,79 TWh** "importés" via des data centers situés à l'étranger.¹⁶
- **×3,7 d'ici 2035** (France) ; **×4,4** en incluant l'"import" : trajectoires possibles si rien n'est fait.¹⁷
- **Jusqu'à 6 % en 2050** : ordre de grandeur ADEME de la part des data centers dans l'électricité consommée en France à long terme.¹⁸

Île-de-France : l'effet cumul sur un même bassin électrique

- **8 TWh (2023)** : consommation des data centers en Île-de-France (sur **≈62 TWh** consommés).¹⁹
- **38 TWh (2040)** puis **45 TWh (2050)** : projection de consommation en Île-de-France (scénario).²⁰

Prineville, Oregon (figure 17) : l'effet cluster en chiffres

- **10 MW → 500 MW (2008–2017)** : hausse de la puissance appelée après l'arrivée de grands data centers²¹ (données avant boom IA).
- **≈1,6 TWh (2024)** : consommation électrique annuelle des data centers du cluster (Meta + Apple).
- **Meta : 1,4 TWh (2023)** pour 11 data centers²²
- **Apple : 0,2 TWh (2024)** pour 4 data centers²³

¹⁰ ADEME, 2025. « [Data centers : la face pas si cachée du numérique.](#) »

¹¹ International Energy Agency, 2025. « Energy and AI. »

¹² Ibid.

¹³ ADEME & ARCEP, 2025. « [Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France.](#) » 13 janvier 2025.

¹⁴ Ibid.

¹⁵ ADEME, 2025. « [Data centers : la face pas si cachée du numérique.](#) »

¹⁶ ADEME, 2026. « [Prospective d'évolution des consommations des data centers à court, moyen et long terme de 2024 à 2060.](#) » 6 janvier 2026.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ ADEME, 2025. « [Data centers : la face pas si cachée du numérique.](#) »

¹⁹ ROSE, 2024. [Tableau de bord 2024.](#)

²⁰ Ibid.

²¹ Diguët & Lopez, 2019. « L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires. » Rapport ADEME, février 2019.

²² [Meta Sustainability Report, 2024.](#)

²³ [Apple Environmental Progress Report, 2024](#)

Figure 17 : Prineville, Oregon.



Source : © Google Maps

1.2. Solutions

Accroître la performance énergétique

Économiquement, les opérateurs de data centers ont intérêt à investir dans l'optimisation de la consommation d'énergie puisque **l'énergie est le premier poste de dépenses d'un data center (49 %)**, selon l'ATEE, Association Technique Energie Environnement (2020)²⁴.

« L'électricité est de loin le premier poste de dépense d'un opérateur de data center. Les opérateurs ont donc tout intérêt à optimiser leur consommation d'électricité. Ce n'est pas seulement une question d'image environnementale, c'est une question économique. Leur priorité quotidienne, c'est justement de réduire la facture énergétique. Je travaille désormais sur des projets de plus de 1 000 mégawatts, soit l'équivalent d'une centrale nucléaire. Alors imaginez : une simple variation de 0,5 % sur une année se traduit par des millions d'euros de différence. Les opérateurs traquent donc la moindre fuite énergétique, le moindre gaspillage. »

Cyril Akpama, expert data centers à Choose Paris Region²⁵.

Cette recherche d'efficacité repose sur des leviers bien identifiés : optimisation des équipements IT, amélioration du refroidissement / ventilation (confinement allées

²⁴ The Agility Effect, 2020. « [Les data centers dans la transition énergétique](#). » 19 novembre 2020.

²⁵ Choose Paris Region a produit un guide pour les élus en 2022 : « [Data centers. Guide pratique à destination des élus franciliens](#). »

chaudes / froides, *free cooling* quand le climat le permet, réglages de consignes), et pilotage plus fin en exploitation.

Le pilotage par données et automatisation progresse également : certains acteurs utilisent des approches de type IA pour optimiser en temps réel les systèmes de refroidissement. Google / DeepMind a communiqué sur une réduction importante de l'énergie dédiée au refroidissement tandis que le Français DataGreen. Les gains annoncés doivent toutefois être objectivés par des indicateurs vérifiables. ISO 50001 peut structurer la démarche.

La certification ISO 50001 fournit un cadre reconnu de **management de l'énergie** : l'exploitant met en place un système organisé pour mesurer ses consommations, définir une ligne de base et des indicateurs (EnPI), fixer des objectifs chiffrés, déployer un plan d'actions (exploitation, maintenance, réglages, investissements) et vérifier les résultats dans une logique d'amélioration continue (revues périodiques, audits, corrections). L'intérêt, pour une collectivité, est double : disposer d'une méthode structurée (plutôt qu'une promesse ponctuelle) et d'un dispositif qui facilite le suivi dans le temps.

Exemple d'innovation : DataGreen (Nice)

À Nice, DataGreen met en avant une technologie de refroidissement (« Internocool ») et des outils de pilotage (dont IA et *machine learning*) pour optimiser l'exploitation énergétique de ses data centers (refroidissement, réglages, maintenance prédictive).

DataGreen communique sur des gains importants²⁶ (-82 % d'émissions, 98 %⁹ de la chaleur résiduelle récupérée pour des usages industriels ou domestiques, 75 % d'économies d'énergie, refroidissement « sans climatisation »).

L'initiative a été distinguée au **CES Innovation Awards 2025** (catégorie Sustainability & Energy Transition / Energy / Power selon les sources).

Apporter de la flexibilité au système électrique

Ce levier ne vise pas à « annuler » la consommation des data centers, mais à réduire leur impact système. Il répond aux impacts identifiés de rigidification du mix, d'arbitrage d'usages et tensions lors des phases de montée en charge de trois manières.

²⁶ Invest in Côte d'Azur, 2025. « [DataGreen lauréat du CES Innovation Awards® 2025 Honoree Sustainability & Energy/Power.](#) »

- **Pilotage de la demande (effacement / modulation)**

Le data center accepte de **moduler ponctuellement** sa consommation (à la baisse) selon des signaux réseau ou un contrat. Cela agit sur les pics et les périodes de tension, sans changer nécessairement la consommation annuelle.

En France, un data center peut contribuer à la flexibilité du système électrique via des dispositifs d'effacement (NEBEF, remplacé par **NEBCO** depuis le 1er septembre 2025), des appels d'offres RTE, ou, plus rarement, via des contrats d'interruptibilité, afin de réduire sa consommation aux périodes de tension et participer à l'équilibrage.

- **Stockage et continuité instantanée (UPS / batteries)**

Les systèmes existants de continuité (batteries / UPS) peuvent, dans certains montages, absorber des appels de puissance très courts et améliorer la tenue aux incidents. Cela peut réduire certaines contraintes locales lors des périodes sensibles.

RTE a lancé le démonstrateur DCflex avec Data4 (Marcoussis) et Schneider pour tester concrètement l'interaction entre data centers et système électrique (pilotage, comportement face aux contraintes réseau).

- **Organisation électrique locale (micro-réseau / architecture interne)**

Il s'agit d'une architecture permettant de mieux orchestrer les charges, le stockage et, le cas échéant, une ou plusieurs ressources énergétiques locales, afin de gérer des situations de tension réseau et de sécuriser l'exploitation (notamment en phase de montée en charge). L'objectif n'est pas de « produire plus », mais de rendre l'alimentation plus pilotable et/ou plus résiliente.

Le New York Times utilise une installation de cogénération au gaz (deux unités totalisant **1,4 MW**) en fonctionnement continu, afin de sécuriser l'alimentation de charges critiques et de réduire son exposition aux contraintes du réseau et au prix de l'électricité, avec un arbitrage émissions locales / CO₂ vs fiabilité / coût.

Vertiv a mis en service à Delaware (Ohio) un démonstrateur de *microgrid* pour data center, combinant 1 MW de solaire, une pile à combustible hydrogène de 400 kW, un stockage batteries (1,5 MWh), un UPS et un contrôleur *microgrid* / EMS. L'objectif est de tester une architecture capable d'orchestrer réseau, stockage et ressources locales pour améliorer la résilience, gérer des situations de tension réseau et réduire le recours aux groupes diesel.

Pour une collectivité, ce levier est surtout pertinent dans les territoires où le réseau est déjà contraint ou où plusieurs projets se cumulent : **il permet de négocier non seulement une puissance, mais un comportement** (flexibilité, gestion des pointes, continuité).

Un signal faible : « Behind the curtain » et « off-grid »

Aux États-Unis, certains projets cherchent à contourner les délais de raccordement au réseau de deux façons distinctes :

- **« Behind-the-meter » (colocation derrière le compteur)**

Le data center se branche au plus près d'un moyen de production (souvent une centrale existante), en utilisant une interconnexion déjà en place et en consommant l'électricité « sur site » avant qu'elle ne transite par le réseau. L'objectif est d'obtenir rapidement une puissance importante, mais cela pose des questions d'équité (qui paie les coûts réseau et la capacité ?), de fiabilité (gestion des incidents et des flux) et de transparence.

Amazon Web Services a cherché à alimenter un campus de data centers directement depuis la centrale nucléaire de Susquehanna (Talen), via un montage de colocation « derrière le compteur ». Ce type de montage a déclenché un débat réglementaire : le régulateur fédéral américain de l'électricité (FERC) a demandé au principal gestionnaire de réseau régional de la côte Est (PJM) de clarifier et encadrer ces pratiques.

- **« Off-grid » (production dédiée)**

Le data center développe (ou fait développer) une production propre sur site ou dédiée, souvent gaz, parfois couplée à stockage et/ou ENR, en utilisant le réseau seulement comme appoint, voire pas du tout. De nombreux projets sont en cours au Texas. Cela améliore la faisabilité à court terme, mais peut déplacer le sujet vers les émissions locales et l'acceptabilité.

Microsoft a mené au Wyoming (Cheyenne) un projet pilote de « data plant » modulaire installé à proximité d'une station d'épuration, alimenté par une pile à combustible utilisant le biogaz produit sur place. L'objectif était de démontrer qu'un petit data center pouvait fonctionner sans raccordement au réseau, avec une puissance de l'ordre de 200 kW.

Figure 18 : Data plant de Microsoft dans le Wyoming (Cheyenne).



Source : Ferris, 2016²⁷.

Enfin, certaines entreprises explorent aussi une voie plus longue mais structurante : sécuriser une puissance bas-carbone garantie via du nucléaire, y compris des SMR. **Amazon** a ainsi annoncé des accords de partenariats autour des SMR en 2024, illustrant l'intérêt du secteur pour des sources pilotables et décarbonées, avec toutefois des calendriers, des risques industriels et des questions de régulation spécifiques.

Aux États-Unis, plusieurs États incitent les opérateurs à adopter cette approche via des leviers réglementaires. Dans l'Illinois, où les data centers pourraient représenter 64 à 72 % de la croissance de la demande électrique d'ici à 2030, le projet de loi **POWER Act** (*Protecting Our Water, Energy, and Ratepayers Act*) exige des data centers qu'ils financent eux-mêmes de nouvelles capacités d'énergie propre pour couvrir leur consommation. Le mécanisme repose sur des incitations : si le data center prouve qu'il couvre 80 % de sa consommation avec de l'énergie propre d'ici à 2030 (100 % d'ici 2045), il obtient un accès prioritaire au réseau (*fast-track*) et une alimentation électrique garantie²⁸. En Georgie, une loi demande aux projets de data centers qui dépassent les 100 MW de prendre en charge l'intégralité des coûts de production, de transmission et de distribution engendrés par le projet²⁹.

²⁷ Ferris, D. 2016. « [Data center or power plant? In Wyo., it's both.](#) » E&ENews, 16 septembre 2016.

²⁸ Lydersen, K. 2026. « [Illinois to data centers: Bring your own renewables and skip the line.](#) » Canary Media, 12 mars 2026.

²⁹ Georgia Public Service Commission, 2025. « [PSC Approves Rule to Allow New Power Usage Terms for Data Centers.](#) » Communiqué de presse, 23 janvier 2025.

Opter pour le raccordement mutualisé

Dans le cadre de son plan stratégique d'investissements à l'horizon 2040 (Schéma décennal du développement du réseau dit SDDR), RTE met en œuvre un principe de raccordement mutualisé ou principe de la « multiprise » : plutôt que de dimensionner le réseau projet par projet, RTE anticipe des ouvrages de forte capacité sur une zone géographique afin de pouvoir raccorder plusieurs sites (industrie bas-carbone et data centers), en maîtrisant coûts, délais et impacts de chantier. Ce dispositif, d'abord déployé sur les zones de décarbonation (Dunkerque, Le Havre, etc.), a été étendu à l'Île-de-France, notamment dans le sud francilien.

Ces zones se déclinent en trois catégories, selon leur importance stratégique, l'état d'avancement des infrastructures ainsi que le niveau d'engagement attendu des projets :

- **Les zones P1 : des zones stratégiques et prioritaires à l'échelle nationale.** Elles correspondent aux trois principales zones industrialo-portuaires (Dunkerque, Le Havre et Fos-sur-Mer), où les besoins de consommation sont massifs et structurants, même à l'échelle nationale. RTE y engage une trajectoire d'investissement prioritaire pour rendre possibles les raccordements dans des horizons compatibles avec la stratégie industrielle
- **Les zones P2 : des zones préparées.** Elles correspondent à un ensemble plus large de territoires où RTE a déjà identifié les infrastructures nécessaires et a engagé des démarches (études, procédures administratives) pour accélérer l'accueil de projets. RTE n'engage toutefois les travaux lourds qu'en fonction de la concrétisation des projets.
- **Les zones P3 : des zones conditionnelles.** Une accélération similaire y est possible, mais elle est conditionnée à la maturité et aux engagements des porteurs de projets (portefeuille réel, calendrier, engagements, quote-part), afin d'éviter d'investir sur du déclaratif.

Ces zones de raccordement mutualisé transforment **le raccordement électrique en ressource planifiable** : plutôt que de subir des demandes "au cas par cas", un territoire peut annoncer (et donc négocier) une capacité d'accueil, un calendrier de mise à disposition et une logique de mutualisation (« multiprise ») entre plusieurs projets.

Le principe économique est celui d'une **quote-part** : les ouvrages sont dimensionnés pour accueillir plusieurs raccordements, et leurs coûts sont répartis entre les bénéficiaires, au prorata de la puissance demandée (dans un cadre régulé).

Pour le territoire, les bénéfices sont très concrets : **ouvrages mieux optimisés, travaux regroupés** (moins de chantiers successifs), et **visibilité accrue** sur les

capacités disponibles et les délais, ce qui sécurise l'instruction des projets, réduit l'incertitude et renforce l'attractivité.

La coopération territoriale

Selon le dernier rapport de l'ADEME (2026)³⁰ établissant 5 scénarios d'évolution de la consommation énergétique des data centers entre 2024 et 2035, seuls 2 scénarios permettent de répondre aux enjeux environnementaux, climatiques et énergétiques et de réduire la consommation électrique des data centers : Génération Frugale et Coopérations Territoriales.

Le scénario Coopérations Territoriales repose sur l'idée que le numérique (et en particulier les data centers) ne se développe pas « hors-sol », mais devient un objet de politique territoriale à part entière, construit en concertation et encadré par des règles, sans aller jusqu'au moratoire. Il prévoit notamment :

- **une implantation conditionnée par les capacités locales** (électricité, eau, foncier), la prise en compte des autres usages concurrents (logement, industrie, agriculture) et l'insertion dans les documents de planification ;
- **une hiérarchisation des usages numériques**, en concertation avec les parties prenantes. Les data centers servent en priorité les usages d'intérêt général (santé, services publics, transition écologique, recherche, etc.) quand d'autres usages très consommateurs (blockchain spéculative par exemple) sont moins favorisés, voire directement freinés ;
- la recherche de synergies locales (réutilisation de la chaleur fatale, articulation avec la stratégie énergétique du territoire, limitation des tensions sur l'eau et le foncier).

Ce scénario n'agit pas seulement sur le data center pour en augmenter l'efficacité, mais sur **les conditions de développement, pour remettre la trajectoire de croissance dans un cadre négocié et piloté.**

Les collectivités locales deviennent alors médiatrices entre État, opérateurs et citoyens. Mais cela suppose aussi une montée en compétence technique des territoires, une capacité à dialoguer avec des acteurs économiques puissants et de nouvelles formes de gouvernance locale du numérique.

³⁰ ADEME, 2026. « [Prospective d'évolution des consommations des data centers à court, moyen et long terme de 2024 à 2060.](#) » 6 janvier 2026.

À retenir

- L'enjeu n'est pas seulement la consommation annuelle : la consommation énergétique des data centers est caractérisée par des besoins continus, peu flexibles et souvent sur-réservés contractuellement, ce qui crée des tensions croissantes sur les réseaux électriques, notamment par effet cumulatif des projets. L'essor des data centers peut entrer en concurrence directe avec d'autres usages industriels et résidentiels.
- **En moyenne, seuls 15 % de la puissance électrique réservée sont consommés en permanence.**
- **Leviers mobilisables :**

 - 1. Réduire la demande à service constant (efficacité énergétique)**
Diminue la consommation pour un même niveau de service : moins de pression sur le réseau, moins d'émissions associées et des coûts d'exploitation plus maîtrisés.
 - 2. Réduire l'impact lors des pics et des aléas (flexibilité)**
Agit sur les moments qui posent problème (pics, congestion, incidents, montée en charge) via effacement / modulation, stockage / UPS et architectures internes, sans nécessairement réduire la consommation annuelle.
 - 3. Contournements émergents du réseau (« behind-the-meter » / « off-grid ») : un point d'alerte**
Réduit les délais de raccordement pour certains projets, mais déplace les enjeux vers régulation, émissions locales, acceptabilité et transparence : à suivre car cela change les règles du jeu.
 - 4. Rendre la capacité électrique planifiable (raccordement mutualisé / « multiprise »)**
Transforme le raccordement en ressource lisible (capacité + calendrier) plutôt qu'en décisions au cas par cas et limite les effets de saturation liés à l'empilement des projets.
 - 5. Traiter l'effet cumulatif à l'échelle du territoire (coordination & gouvernance locale)**
Répond au fait que le risque principal est souvent l'addition des projets : mise en cohérence avec la planification (électricité / eau / foncier), dialogue entre acteurs, engagements vérifiables, synergies (chaleur).

2. Consommation d'eau

2.1. Impact

Chiffres :

- ↘ **2 millions de L/jour** : consommation moyenne en eau estimée d'un data center hyperscale, l'équivalent d'une ville de **12 000 habitants** (ordre de grandeur).
- ↘ **68 000 L/jour** : consommation moyenne en eau estimée d'un data center petit à moyen (ordre de grandeur).

L'empreinte en eau d'un data center ne se limite pas à l'eau consommée sur site : elle se joue tout au long de la chaîne, de l'amont industriel (fabrication des équipements) à l'électricité qui l'alimente, jusqu'à l'aval (rejets et effluents), avec des impacts très variables selon les technologies et les territoires.

D'où vient la consommation des data centers ?

- **[En amont et hors site]** : la fabrication des puces / serveurs requiert de l'eau ultra-pure (UPW) : $\approx 1,5$ L d'eau pour 1 L d'UPW ; une usine de grande capacité consomme jusqu'à 38 millions de litres/jour.
- **[Hors site]** : l'empreinte d'eau indirecte d'un datacenter varie selon le mix énergétique l'alimentant : à consommation électrique égale, l'empreinte eau de l'électricité varie fortement selon la filière et surtout le refroidissement : les productions thermiques (charbon / gaz / nucléaire) peuvent impliquer soit de très forts prélèvements (circuit ouvert), soit une forte consommation (tours). L'éolien et le solaire PV ont des prélèvements et une consommation très faible en exploitation (figure 19).

Il faut donc raisonner en cycle complet : selon les cas, l'eau indirecte associée à la production d'électricité peut représenter une part majeure, d'où l'intérêt de distinguer systématiquement eau prélevée vs eau consommée.

Figure 19 : Quantité d'eau prélevée et consommée selon le mode de refroidissement utilisé

Production électrique	Refroidissement	Prélèvement*	Consommation*
Thermique (charbon, gaz, nucléaire)	Circuit ouvert	Très fort	Faible
	Tours (<i>recirculating</i>)	Faible-Moyen	Forte
	<i>Dry cooling</i>	Très faible	Très faible
Éolien / Solaire PV	-	Très faible	Très faible

*prélèvements = eau pompée puis en grande partie restituée ; consommation = eau non restituée (souvent évaporée).

- **[Sur site]** : le fonctionnement des serveurs exige des conditions de températures (souvent 25°C) et d'humidité (40 à 60 %, plage typique) optimales et stables. D'importants systèmes de refroidissement (tours de refroidissement, groupes froids, pompes, échangeurs thermiques, condenseurs, unités de traitement d'air, etc.) et d'humidification sont nécessaires. Ils peuvent être, selon la technologie et le climat, énergivores et fortement consommateurs d'eau (figure 20).

Figure 20 : Valeurs moyennes de consommation en eau (sans distinction de localisation ni de technologies utilisées)

Consommation d'eau (en moyenne, en litre L)	<i>Hyperscale</i>	Petit et moyen data center
<i>Par jour</i>	2 millions L	68 000 L
<i>Par an</i>	760 millions L	25 millions L
Équivaut à une ville française de...	12 000 habitants	500 habitants

Source des données : Zhang, 2024³¹

³¹ Zhang, M. 2024. « [Data Center Water Usage: A Comprehensive Guide](#). » 17 janvier 2024.

Northern Virginia (« Data Center Alley »)

Avec plus de 300 data centers concentrés autour des comtés de Loudoun, Fairfax, Prince William et Fauquier, Northern Virginia constitue la plus grande grappe mondiale : en 2023, ces sites ont consommé plusieurs milliards de litres (ordre de grandeur ~3–7 Md L selon le périmètre retenu). À Loudoun County, la consommation liée aux data centers a augmenté de 250 % depuis 2019 ; faute de volumes suffisants en eaux usées régénérées, les data centers ont dû être alimentés à l'eau potable. Il s'agit là d'un cas d'école de tension capacitaire et d'arbitrage entre usages.³²

Le saviez-vous ?

Les estimations de consommation d'eau par prompt d'IA générative divergent : certains calculs aboutissent à ~500 mL pour 20–50 questions (Li et al, 2025³³), d'autres à quelques gouttes par prompt (Google, Open IA). Ce grand écart vient surtout de ce qu'on compte (eau directe du refroidissement vs eau indirecte de l'électricité) et où on le compte.

Des prélèvements principalement sur le réseau public d'eau potable

En France, beaucoup de data centers utilisent des architectures de refroidissement en boucle fermée (ce qui peut réduire les volumes). Mais, en pratique, l'eau mobilisée (appoints, adiabatique, tours quand elles existent) provient encore fréquemment du réseau d'eau potable, faute d'alternatives non potables disponibles ou contractées ; le recours à eaux usées traitées / eaux brutes reste minoritaire.

À l'échelle internationale, l'eau potable reste fréquemment utilisée pour le refroidissement, mais de plus en plus de sites basculent vers des eaux non potables (eaux usées traitées, eaux industrielles, eau de mer) quand les infrastructures et la réglementation le permettent.

³² Carroué, L. 2025. « [États-Unis - Virginie. La Data Center Alley : le 1^{er} pôle mondial de centres de données au cœur du cyberspace et de l'hégémon étatsunien.](#) » CNES.

³³ Li, P., Yiang, J., Islam, M. A., Ren, S. 2025. « [Making AI Less "Thirsty" : Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models.](#) » Communications of the ACM, 26 mars 2025.

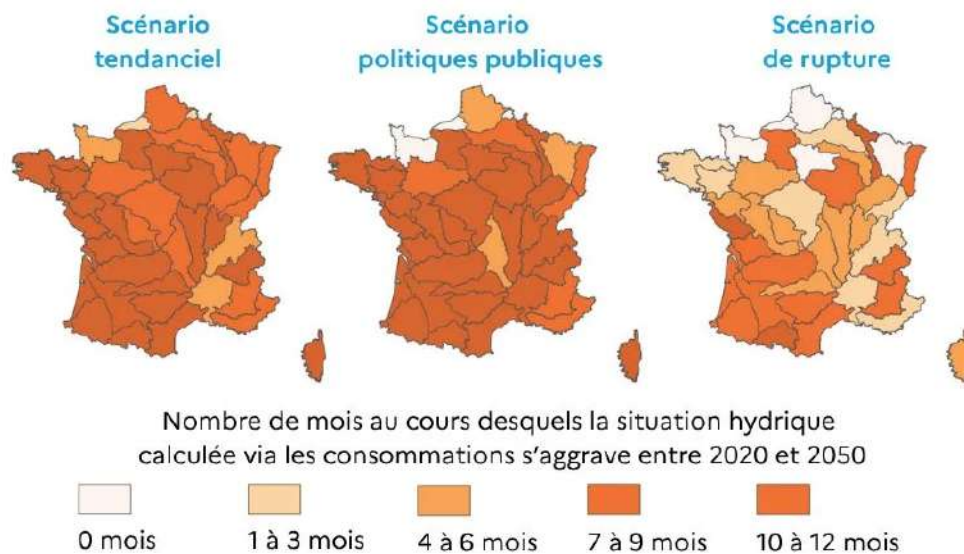
Un enjeu qui s'inscrit dans une tension mondiale sur la ressource

À l'échelle mondiale, les prélèvements liés au numérique s'ajoutent à un contexte de stress hydrique : près de 4 milliards de personnes connaissent déjà des pénuries sévères au moins une partie de l'année. 45 % des data centers mondiaux sont situés dans des bassins à risque élevé de disponibilité en eau ³⁴.

Les projections du Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan (2025)³⁵ indiquent qu'à horizon 2050, l'eau deviendra un facteur limitant pour de nombreux usages : aggravation marquée et quasi continue du stress hydrique dans de nombreux bassins du sud et du sud-est (jusqu'à 7-12 mois/an), alors que l'Île-de-France et plusieurs bassins du nord / nord-ouest resteraient nettement moins exposés dans les différents scénarios étudiés (figure 21). Dans ce contexte, toute implantation de data center vient se cumuler à une ressource déjà sous tension l'été, et de plus en plus aussi en hiver, d'où la nécessité d'exiger des solutions « *low-water* » et des sources non potables là où le risque est élevé.

Figure 21 : Trois scénarios de l'évolution de la situation hydrique en 2050

Aggravation potentielle de la situation hydrique entre 2020 et 2050



Source : Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan (2025)³⁶.

³⁴ Hajonides, J., McCarthy, J., Koulouri, K., Camargo, R. 2025. « [Navigating AI's Thirst In A Water Scarce World](#). » Nature Finance, Février 2025.

³⁵ Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan, 2025a. « [L'eau en 2050 : graves tensions sur les écosystèmes et les usages](#). » Note d'analyse n°156, juin 2024.

³⁶ Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan, 2025. « [Carte de la situation hydrique en 2050](#). » 25 mai 2025.

Impacts locaux : concurrence d'usages et coûts d'infrastructure

Les boucles d'eau fermées restent rares. À l'échelle locale, la consommation d'eau des data centers peut tendre la ressource et mettre en concurrence les usages (agriculture, industrie, ménages) et entraîner des conséquences directes pour les collectivités :

- des coûts de traitement en hausse,
- la nécessité d'adapter les infrastructures (adduction d'eau, assainissement, capacités de stockage / refroidissement),
- voire redimensionnement de certains équipements pour encaisser les pics.

Parce qu'elle touche à un bien vital et à des infrastructures publiques, la question de l'eau est l'un des premiers déclencheurs de controverses et de perte d'acceptabilité : en période de tension, elle cristallise les arbitrages entre habitants, agriculture, industrie et activités numériques. Les conflits locaux peuvent aller jusqu'à bloquer ou faire reculer des projets (cf. encadré « Des conflits sur la ressource en eau »).

Aux Pennes-Mirabeau, près de Marseille, le projet de data center porté par Telehouse a fait l'objet d'une consultation du public par voie électronique dans le cadre d'une autorisation environnementale (consultation du 22 septembre au 22 décembre 2025).

Même si l'opérateur met en avant un dispositif de refroidissement en boucle fermée et une consommation d'eau très limitée, le projet a malgré tout suscité des débats locaux. Les interrogations exprimées portent moins sur un « chiffre » unique que sur la crédibilité et la vérifiabilité des engagements (volumes d'appoint, saisonnalité estivale, suivi dans la durée) et sur l'effet cumulatif avec d'autres enjeux (énergie, nuisances, aménagement).

Ce cas illustre un point clé pour les collectivités : la sobriété annoncée ne suffit pas à lever les doutes si elle n'est pas traduite en indicateurs, en modalités de contrôle, et en clauses adaptées au contexte local.

Des conflits sur la ressource en eau

À **Culham** (première *AI growth zone* britannique), le site de data centers se situe tout près du futur réservoir d'Abingdon, construit pour sécuriser l'eau potable d'une région déjà en stress hydrique. Des experts et élus locaux dénoncent un risque de concurrence entre l'eau destinée aux habitants et celle utilisée pour le refroidissement des serveurs.³⁷

En **Aragon** (Espagne), Amazon Web Services a demandé une augmentation de 48 % de la disponibilité d'eau autorisée pour ses data centers, en lien avec des besoins de refroidissement accrus lors d'épisodes chauds. Le projet suscite l'opposition d'associations et de résidents dans un territoire souffrant d'une sécheresse récurrente. Les critiques portent sur la mise en concurrence entre usages agricoles, industriels et numériques.³⁸

Au **Texas**, des habitants de San Marcos ont protesté contre la construction d'un data center dans une région frappée par la sécheresse. Les riverains dénonçaient l'absurdité écologique de permettre une activité aussi consommatrice d'eau alors que les citoyens subissaient des restrictions. La mobilisation locale a conduit les élus à bloquer / rejeter, à ce stade, les évolutions de zonage nécessaires au projet.³⁹

En aval : rejets, assainissement et impacts sur le milieu

Au-delà des volumes prélevés, l'aval des data centers peut devenir un enjeu local structurant. Selon les schémas de refroidissement, une partie de l'eau est évacuée vers le réseau d'assainissement (ou rejetée au milieu), ce qui peut **tendre les capacités** des réseaux et des stations d'épuration, en particulier en cas de pics ou de raccordements dans des secteurs déjà contraints.

Par ailleurs, certains systèmes génèrent des **purges (« *blowdown* »)** : une fraction d'eau volontairement évacuée pour éviter l'accumulation de sels et d'impuretés dans les circuits. Ces rejets peuvent contenir des concentrations élevées en minéraux ainsi que des produits de traitement (anti-entartrage, anticorrosion, biocides), ce qui impose une vigilance sur la qualité des effluents et sur les conditions d'acceptation par l'exploitant du réseau (cf. encadré « Gravelines – OVHcloud »).

³⁷ Horton, H. 2025. « [Water shortage fears as Labour's first AI growth zone sited close to new reservoir.](#) » The Guardian, 13 janvier 2025.

³⁸ Ferguson, 2025. « [Data centres are popping up everywhere. Will they drink up all our water, too?](#) » Tech Monitor, 26 août 2025.

³⁹ Ibid.

Gravelines (OVHcloud)

Dans son avis délibéré n° 005469/AP, adopté en séance le 28 octobre 2025, la Mission régionale d'autorité environnementale (MRAe) Hauts-de-France relève, au sujet des eaux de purge du circuit de refroidissement et des paramètres suivis avant rejet du data center d'OVHcloud à Gravelines, que « des dépassements des valeurs sur le pH et la DCO ont été observées sur plusieurs années ».

Cette mention souligne l'importance, pour les collectivités et services instructeurs, de sécuriser les conventions de rejets, le suivi et les mesures correctives en cas de non-conformité.

Enfin, lorsqu'il y a restitution au milieu naturel ou à un réseau pluvial, la **température** de l'eau peut devenir un sujet à part entière : la **pollution thermique** (eau rejetée plus chaude) peut affecter les écosystèmes et déclencher des contraintes réglementaires.

Autrement dit, l'enjeu ne se limite pas à la consommation d'eau : il porte aussi sur **où l'eau repart, dans quel état (chimie) et à quelle température**.

2.2. Solutions

« La gestion de l'eau dans les centres de données relève d'une approche locale spécifique, car elle dépend de nombreux facteurs propres à chaque territoire. » (The Shift Project, 2025)⁴⁰.

Leviers techniques : choisir un refroidissement « low-water »

« Une conviction répandue est que les data centers consomment énormément d'eau. En réalité, tout dépend des technologies utilisées. Les premières générations de data centers utilisaient effectivement de grandes quantités d'eau pour le refroidissement, mais les solutions ont évolué : on privilégie désormais des circuits fermés, sans pompage permanent, on réduit le recours aux solutions évaporatives (comme l'adiabatique) et on développe le liquid cooling, qui capte la chaleur au plus près des composants. La consommation d'eau peut ainsi être très fortement réduite, voire quasi nulle en exploitation et selon les configurations. »

Cyril Akpama, Expert data center à Choose Paris Region.

⁴⁰ The Shift Project, 2025. « [Intelligence artificielle, données, calculs : quelles infrastructures dans un monde décarboné ?](#) » 1^{er} octobre 2025.

Les solutions sans évaporation (dry / waterless) minimisent les besoins d'eau (hors appoints). Les solutions avec évaporation (tours, adiabatique) sont souvent efficaces énergétiquement mais consomment de l'eau, surtout en période chaude ; elles doivent donc être encadrées (eau non potable, plafonds, saisonnalité, suivi WUE, gestion des purges / *blowdown*).

Plusieurs techniques de refroidissement existent actuellement, avec ou sans évaporation, s'appuyant sur de l'air ou des boucles liquides et plus ou moins énergivores (figure 22). Certaines agissent au niveau du rack / serveur (RDHx, D2C, immersion), d'autres au niveau du système de refroidissement du site (réfrigération mécanique, distribution d'air / froid), et d'autres enfin sur le rejet de chaleur côté extérieur (*dry coolers*, adiabatique / évaporatif, tours).

Elles peuvent ainsi s'assembler par briques : par exemple *free cooling* + *dry*, avec un appoint adiabatique ou des tours lors des pics de chaleur. **Ces combinaisons déterminent le niveau de consommation d'eau et peuvent optimiser à la fois énergie et continuité de service, mais elles demandent un pilotage fin.**

Figure 22 : Techniques de refroidissement et leur impact sur la consommation d'eau et d'énergie.

Évaporation	Technique	Air / Eau / Liquide	Où ça agit ?	Description	Consommation d'eau (exploitation)	Fréquence	Impact énergétique
Sans évaporation	Réfrigération mécanique (DX / <i>chillers air-cooled</i>)	Air	Système / salle (production de froid + distribution)	Climatisation : production de froid par compresseur, rejet de chaleur vers l'air	Très faible (hors appoints)	Très courant	Moyen à fort
	<i>Free cooling</i> (<i>air-side</i> / indirect)	Air	Extérieur / prise d'air	Utilise l'air extérieur ou un échangeur air / air quand les conditions le permettent	Très faible	Courant (selon climat)	Très faible à faible
	<i>Dry coolers</i>	Eau / Liquide	Extérieur (rejet)	Rejet de chaleur d'une boucle d'eau / fluide vers l'air via radiateurs	Très faible	En essor	Faible à moyen (quand il fait chaud)
	<i>Rear-Door Heat Exchanger</i> (RDHx)	Liquide	IT / rack (captation)	Échangeur à l'arrière du rack : capte la chaleur de l'air expulsé	Très faible (<i>dépend du rejet : idéalement dry</i>)	Assez courant / en essor	
	<i>Direct-to-Chip</i> (D2C) / <i>Direct Liquid Cooling</i>	Liquide	IT / composant (captation)	Liquide au plus près des puces via plaques froides	Très faible (<i>dépend du rejet : idéalement dry</i>)	En développement (IA / HPC)	Faible à moyen
	<i>Immersion cooling</i>	Liquide	IT / composant (captation)	Serveurs immergés dans un fluide (mono- ou bi-phase)	Très faible (<i>si rejet dry ; sinon variable</i>)	En développement (haute densité)	Faible à moyen
Avec évaporation	Tours aéroréfrigérantes (<i>cooling towers</i>)	Eau	Extérieur (rejet)	Refroidissement par évaporation partielle ; purges (« <i>blowdown</i> »)	Forte	Très courant / maîtrisé	Faible
	Adiabatique / évaporatif	Air	Extérieur (rejet / appoint)	Humidification de l'air pour améliorer l'échange (souvent en appoint l'été)	Forte (surtout en chaleur)	En essor (souvent hybride)	Faible à moyen
	<i>Chillers water-cooled</i> (souvent + tours)	Eau	Système / salle + Extérieur (rejet)	Réfrigération mécanique mais rejet de chaleur via eau (souvent vers tours)	Forte (si tours)	Courant dans certains sites	

Solutions sans évaporation (prioritaires en zones sous tension)

- **Réfrigération mécanique (DX / chillers air-cooled) – Air**

La production de froid se fait par compresseur (circuit frigorifique - cf. section 1.4. sur les émissions de gaz à effets de serre), avec rejet de chaleur vers l'air.

Avec une consommation d'eau très faible (hors appoints), la réfrigération mécanique représente une solution robuste mais son impact énergétique peut être moyen à fort selon le climat et les consignes.

- **Free cooling (air-side / indirect) – Air**

Le free cooling utilise l'air extérieur (ou un échangeur air/air) lorsque les conditions climatiques le permettent (en général, température inférieure à 25°C ; cf. encadré « Yandex / Nebius »). Il est souvent combiné avec un refroidissement par évaporation. Si cette méthode est l'une des options les plus sobres en eau et en énergie, la chaleur fatale peut être plus difficile à récupérer.

Free cooling & data center de Yandex / Nebius à Mäntsälä (Finlande)

Le refroidissement s'appuie largement sur le **free cooling** : l'air extérieur est **capté et guidé** dans le système de ventilation (le bâtiment a même été conçu avec un profil « aile d'avion » pour faciliter les flux d'air), ce qui réduit fortement le recours à la climatisation mécanique.

- **Dry coolers – Eau / Liquide**

Les *dry coolers* refroidissent une boucle d'eau / fluide par échange avec l'air ambiant, sans évaporation. Très sobres en eau, ils sont plus efficaces en climat frais et peuvent nécessiter davantage d'énergie en période de forte chaleur. Cette technique est particulièrement intéressante pour les territoires contraints en eau.

- **Rear-Door Heat Exchanger (RDHx) – Liquide**

Il s'agit d'un échangeur installé à l'arrière du rack : l'air chaud expulsé par les serveurs traverse une « porte » refroidie par une boucle liquide, et ressort déjà refroidi dans la salle.

Cette solution localise l'échange air / liquide au niveau du rack, ce qui peut réduire les besoins de refroidissement de la salle ; elle est particulièrement sobre en eau lorsque la chaleur est ensuite rejetée sans évaporation (par exemple via des *dry coolers*).

- **Direct-to-Chip (D2C) / Direct Liquid Cooling – Liquide**

Le *Direct Liquid Cooling*, le plus souvent en *Direct-to-Chip* (D2C), consiste à faire circuler un liquide au plus près des composants (via des plaques froides) pour capter la chaleur directement à la source, sans immersion.

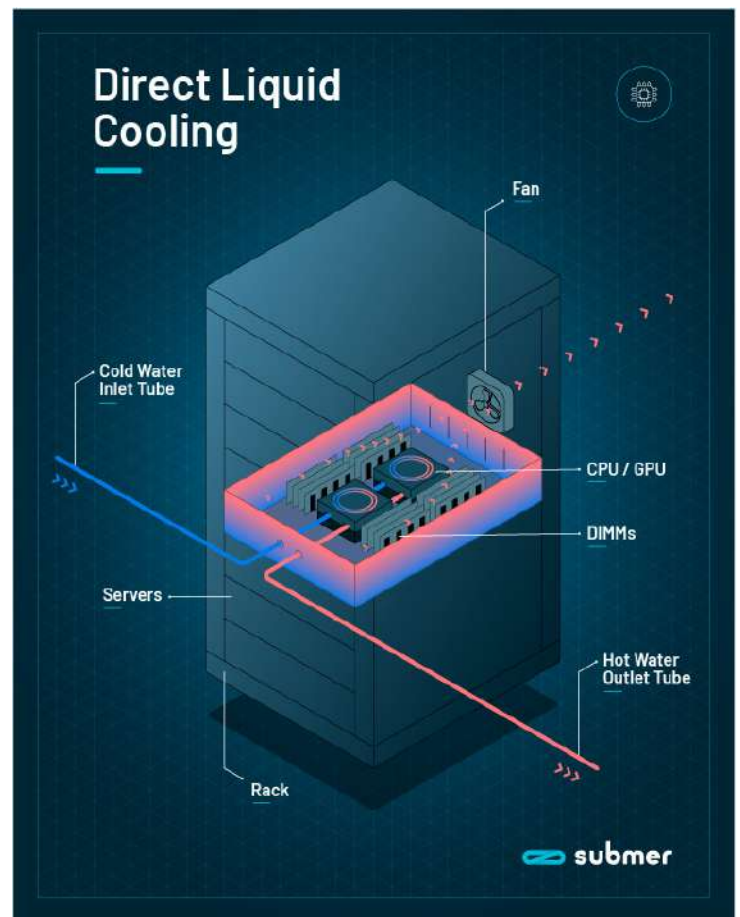
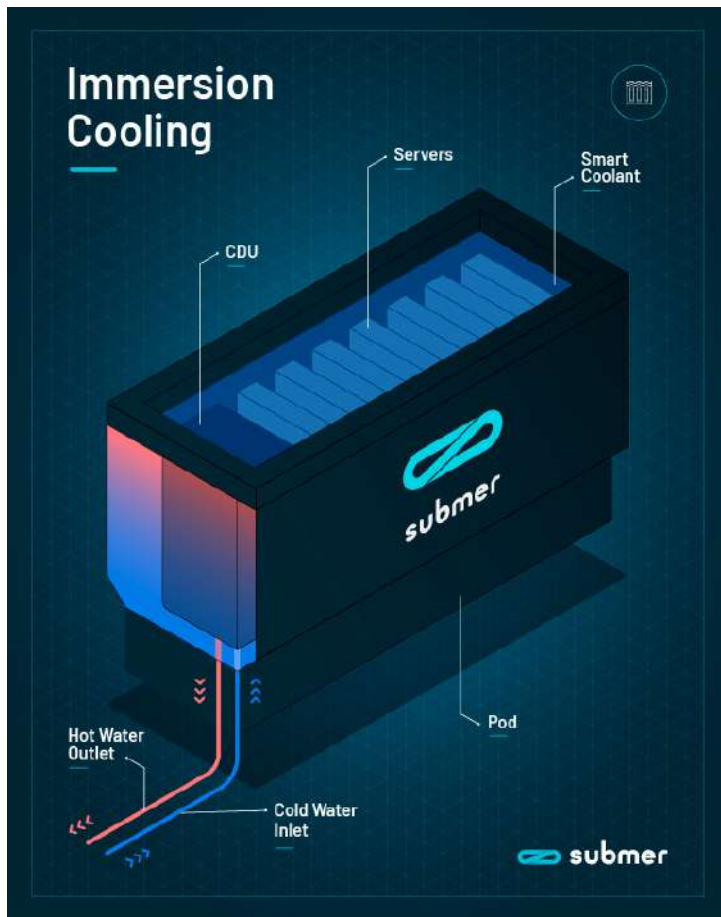
Cette technique est très efficace et particulièrement adaptée aux fortes densités (notamment IA / HPC), mais elle peut être plus complexe à déployer (contraintes d'intégration, gestion du risque de fuite) et reste encore en diffusion. La consommation d'eau peut rester très faible lorsque la chaleur est ensuite rejetée sans évaporation (par exemple via des *dry coolers*).

- **Immersion cooling – Liquide**

L'*immersion cooling* consiste à immerger les serveurs dans un fluide diélectrique (non conducteur) qui absorbe directement la chaleur des composants. Le procédé peut être mono-phase (le fluide reste liquide) ou bi-phase (le fluide s'évapore en captant la chaleur puis se condense dans un échangeur).

Contrairement au *Direct Liquid Cooling* (D2C), où un liquide circule dans des plaques froides au plus près des puces, l'immersion place l'ensemble du serveur au contact du fluide (figure 23). La consommation d'eau peut rester très faible lorsque la chaleur est ensuite rejetée sans évaporation (par exemple via des *dry coolers*) ; sinon, elle dépend de l'architecture de rejet retenue.

Figure 23 : Immersion cooling & Direct Liquid Cooling



Source : MacDiarmid⁴¹

Zoom innovation Aphéros

Certaines innovations visent à améliorer l'échange thermique au plus près du composant, ce qui peut réduire les besoins de refroidissement global et limiter le recours à des solutions évaporatives : la start-up suisse **Aphéros** développe par exemple une mousse métallique : une éponge qui absorbe le liquide sur une surface plus ou moins grande. Améliore l'échange thermique au niveau de la puce.⁴²

⁴¹ MarcDiarmid, A. « [Single-Phase Immersion Cooling vs Direct to Chip Cooling: An Introduction.](#) » Submer.

⁴² Le Point, 2025. « [Comment refroidir les data centers de manière efficace et durable.](#) » 25 février 2025.

Solutions avec évaporation

- **Tours aéroréfrigérantes (*cooling towers*) – Eau**

Les tours aéroréfrigérantes refroidissent l'eau chaude par évaporation partielle : l'eau refroidie est ensuite recirculée dans le circuit. L'évaporation entraîne une consommation d'eau et nécessite un appoint (« *make-up water* ») ; des purges (« *blowdown* ») sont également réalisées pour évacuer les sels concentrés et une partie des produits de traitement.

C'est une technologie traditionnelle, très répandue et maîtrisée, mais qui doit être encadrée lorsque la ressource est sous tension (origine de l'eau, objectifs WUE, gestion des rejets, clauses en période de canicule).

Figure 24 : Tours aéroréfrigérantes (*cooling towers*)



Source : SPX Technologies⁴³

- **Adiabatique / évaporatif – Air**

Le refroidissement adiabatique consiste à humidifier l'air par évaporation d'eau afin d'améliorer l'échange thermique (souvent en appoint lors des épisodes de forte

⁴³ SPX Technologies. « [Cooling Towers Offer Water and Energy Savings as Part of Efficient Data Center Cooling Systems News - SPX Cooling Technologies.](#) »

chaleur). Cette solution peut limiter l'énergie de refroidissement en pointe, mais elle augmente la consommation d'eau, en particulier en période chaude ; c'est pourquoi l'ADEME conseille d'éviter cette technique autant que possible.

- **Chillers water-cooled (souvent avec tours) – Eau**

Les *chillers water-cooled* assurent une réfrigération mécanique, mais rejettent la chaleur via une boucle d'eau, souvent couplée à des tours aéroréfrigérantes. Cette configuration offre généralement de bonnes performances énergétiques, mais la consommation d'eau peut devenir élevée dès lors que le rejet final de chaleur repose sur l'évaporation (tours), d'où l'importance d'en encadrer les conditions (source d'eau, saisonnalité, objectifs WUE).

Utiliser des sources d'eau alternatives

Les systèmes peuvent être conçus en **boucle fermée** (eau / fluide recirculé, avec appoint limité) ou recourir à une **prise d'eau naturelle** (mer / fleuve / nappe) comme source froide, avec restitution au milieu selon des conditions strictes. La restitution (selon le débit et la température) peut affecter le milieu, notamment en période chaude.

Pour réduire la consommation d'eau, les data centers peuvent mettre en place une **boucle d'eau fermée** pour réutiliser l'eau en circuit et utiliser des eaux **usées traitées, eaux grises, eaux de pluie, eaux industrielles**, etc.

Face aux contraintes liées aux purges de tours de refroidissement (*cooling water blowdown*), la ville de Quincy (Washington) aux États-Unis a construit une station de traitement industrielle séparée afin de traiter ces effluents séparément des eaux usées municipales, puis de réutiliser l'eau traitée pour le refroidissement de certains data centers. Cet exemple illustre un point clé pour les collectivités : **le recours à des eaux alternatives repose souvent sur des infrastructures locales** (réseaux d'eau recyclée / REUT, conventions de prélèvement / rejet) **et des accords** (raccordement, traitement, réutilisation) **autant que sur la technologie de refroidissement elle-même**.

Exemples

En France, à Grenoble, **le Green data center d'Eolas** utilise l'eau de la nappe alluviale du Drac pour le refroidissement. Cela lui permet d'utiliser trois fois moins d'énergie pour le refroidissement.⁴⁴

Infomart à San Jose (Californie) et le data center de Google à Douglas (Géorgie) utilisent les eaux usées locales traitées pour leur refroidissement. Les collectivités les ont accompagnés.

En Finlande (Hamina), un data center de Google utilise de l'eau de mer pour le refroidissement.

Documenter, contractualiser, suivre : trois couches complémentaires

Dans un registre différent du seul choix technologique, la sobriété en eau se joue dans la capacité à anticiper et à documenter en amont, la négociation (au moment du projet) et enfin le suivi des indicateurs (en exploitation).

1/ Documenter en amont : études d'impact « eau » (ex ante)

Dans ses travaux (2025), The Shift Project⁴⁵ insiste sur la nécessité de renforcer, pour les futurs projets, la documentation ex ante des impacts sur la ressource en eau afin d'objectiver les arbitrages locaux.

Pour les futurs projets, The Shift Project recommande de rendre obligatoire des études d'impacts sur 3 axes : la disponibilité et la qualité de l'eau ainsi que l'identification des lieux de prélèvement et de restitution.

La grille ci-dessous en propose une déclinaison opérationnelle pour outiller l'instruction et la négociation.

⁴⁴ Perrier, M-C. 2021. « [Environnement : à Grenoble, un data center écologique qui utilise l'eau du Drac pour refroidir ses ordinateurs.](#) » France 3 Auvergne-Rhône-Alpes, 7 janvier 2021.

⁴⁵ The Shift Project, 2025. « [Intelligence artificielle, données, calculs : quelles infrastructures dans un monde décarboné ?](#) » 1^{er} octobre 2025.

Documenter ex ante les impacts sur la ressource en eau, The Shift Project (2025)

The Shift Project propose une grille de questions pour documenter ex ante les impacts des data centers sur la ressource en eau, selon 3 axes :

- **La disponibilité de l'eau**
 - Risque d'assèchement de la source ?
 - Risque de stress hydrique ?
 - Évolution de la disponibilité en eau ?
 - Concurrence avec d'autres usages ?
- **La qualité de l'eau**
 - Qualité moindre en sortie des circuits de refroidissement ?
 - Température acceptable pour les écosystèmes aquatiques ?
- **Les lieux de prélèvement et de restitution**
 - Identiques ?
 - Si non, risque d'assèchement de la zone de prélèvement ?

Aux États-Unis, la ville de Tucson (Arizona), demande aux opérateurs utilisant plus de 7,4 gallons d'eau par mois de soumettre un plan de gestion de l'eau détaillé, incluant une description des usages de l'eau et des besoins prévisionnels annuels, mensuels et quotidiens et les efforts envisagés pour réduire la consommation ⁴⁶.

⁴⁶ Kunichoff, Y. 2025. « [After Project Blue outcry, Tucson adopts rules for large water users.](#) » Arizona Luminaria, 20 août 2025.

Figure 25 : Data center de Meta à Mesa (Arizona). Un cluster distinct est en projet à Tucson.



Source : Davis, 2025⁴⁷

2/ Traduire en accords : négociations et solutions « low-water »

Au-delà des études d'impact, de nombreux retours d'expérience montrent que les engagements « low-water » se gagnent concrètement dans les accords entre collectivités, opérateurs d'eau et data centers (sources non potables, infrastructures, plafonds saisonniers, clauses canicule, etc.).

Certains exemples montrent des négociations réussies entre collectivités et data centers pour des solutions moins consommatrices :

- **En Oregon**, le Morrow County a négocié avec Amazon un accord sur 25 ans pour l'utilisation de l'eau du Columbia River. La négociation a permis de stocker 400 millions de gallons d'eau en excès pendant l'hiver et de les rendre disponibles en été pour tous les utilisateurs (agriculture et data centers), sans prélèvements supplémentaires. Cela a permis de réduire la pression sur l'eau pendant la saison chaude tout en autorisant l'expansion du data center.
- **En Arizona**, la ville de Mesa, affectée par une sécheresse extrême, a négocié avec Google pour réduire l'usage d'eau de son data center en remplaçant partiellement le refroidissement par eau (évaporatif) par un système de refroidissement par air. Pour cela, la ville a examiné les différentes technologies de refroidissement, a discuté des impacts sur la consommation électrique et sur la gestion locale de l'eau et a encadré le projet via un accord garantissant que le data center utiliserait moins d'eau que prévu initialement.

⁴⁷ Davis, T. 2025. « [Huge Tucson data center to use drinking water for 2-3 years.](#) » Tucson.com, 3 juillet 2025.

- **En Géorgie**, des controverses locales ont porté sur les impacts de chantiers et d'installations (dont la gestion des eaux et la qualité des rejets). Des associations locales ont exercé une forte pression obligeant des entreprises comme AWS à engager des initiatives compensatoires (réduction des fuites, réutilisation d'eaux usées, projets de restauration de bassins versants) et ont forcé les opérateurs à expérimenter des techniques de refroidissement plus sobres en eau (recours à des boucles fermées, à l'eau recyclée et/ou à des limitations d'usage en période de tension, selon les cas).
- **En Amérique du Sud**, qui abrite de nombreuses zones semi-arides, les data centers se trouvent confrontés à des pressions sociales et judiciaires. Au Chili, un tribunal environnemental a contraint Google à repenser ses systèmes de refroidissement, optant pour le refroidissement par l'air. À Colón (Mexique), Amazon a anticipé les protestations en adoptant directement le refroidissement par air.

3/ Suivre dans la durée : reporting et retours d'expérience (exploitation)

À l'échelle européenne, le cadre est désormais très concret : la directive « Efficacité énergétique » refondue (Directive (UE) 2023/1791) introduit une obligation de monitoring et de reporting pour les data centers au-delà d'un certain seuil, via une base de données européenne. La Commission déléguée (UE) 2024/1364 précise les informations et indicateurs à transmettre (dont la *Water Usage Effectiveness* – WUE), dans le cadre d'un schéma commun de notation ; la Commission a fixé un calendrier de remontée des KPI (première échéance 15 septembre 2024, puis 15 mai chaque année).

Ces données commencent déjà à être exploitées : The Green Web Foundation (2025)⁴⁸ a publié un premier retour montrant que ce reporting EED constitue probablement l'un des jeux de données publics les plus complets en Europe, tout en soulignant les lacunes et difficultés de qualité / complétude.

Enfin, l'enjeu de **retour d'expérience** ne repose pas uniquement sur le reporting européen : des retours d'expérience opérationnels existent déjà, notamment aux États-Unis, sur ce qui « fonctionne » (ou non) en matière d'eau. Ces retours d'expérience ont déjà montré leur utilité, comme dans le cas de Quincy (Washington ; cf. exemple traité p.50).

⁴⁸ Adams, C. 2025. « [What we've learned about the sustainability of data centres in Europe from the EED.](#) » Green Web Foundation, 31 juillet 2025.

Repère – La norme au service du management de l'eau

La norme ISO 46001 (management de l'utilisation de l'eau) fournit un cadre de pilotage interne (réduction / substitution / réutilisation). Elle ne remplace pas des objectifs chiffrés (WUE, part d'eau non potable, pics, rejets) ni les clauses de reporting utiles aux collectivités.

Ce « REX par la donnée » (UE) et par les projets ne remplace pas les études d'impact ex ante ni les accords locaux, mais il permet de vérifier dans la durée les engagements, de comparer des profils de sites, et d'alimenter la définition des indicateurs plus utiles aux collectivités (saisonnalité, type d'eau, pics, rejets) au-delà d'une WUE annuelle.

À retenir

- ▾ Dans un contexte mondial de stress hydrique croissant, la maîtrise de l'eau devient un facteur déterminant d'acceptabilité et de faisabilité des projets.
 - **L'empreinte eau d'un data center ne se résume pas au site** : elle se joue **en amont** (fabrication des équipements), **hors site** (eau associée à l'électricité), **sur site** (refroidissement), et **en aval** (purges / rejets, qualité, température).
 - L'impact dépend d'abord de **l'évaporation** : tours aéroréfrigérantes et adiabatique consomment de l'eau (surtout l'été), alors que les solutions sans évaporation (*free cooling, dry coolers, certaines architectures de liquid cooling*) peuvent être très sobres.
 - L'eau est un sujet d'**acceptabilité** : en période de tension, elle cristallise les arbitrages entre habitants, agriculture, industrie et activités numériques.
 - **Point clé** : distinguer **eau prélevée** (pompée puis souvent restituée) et **eau consommée** (non restituée, souvent évaporée).
- ▾ **Solutions**
 - **Sobriété** en eau par le design
 - Type d'eau : sortir du « **tout potable** » quand c'est possible
 - **Rejets** : **sécuriser l'aval** (qualité, conformité, température)
 - **Documenter, mesurer et suivre** l'impact des data centers sur la ressource.

3. Métaux & équipements

3.1. Impacts

L'empreinte environnementale des centres de données ne réside pas seulement dans leur consommation énergétique ou hydrique. Les équipements eux-mêmes (serveurs, processeurs, systèmes de refroidissement) représentent une part importante de l'impact écologique, en particulier via les impacts « amont » liés à l'extraction et à la fabrication.

Les impacts en amont : extraction et fabrication

À l'instar des appareils électroniques, les serveurs informatiques et les processeurs (GPU, CPU, RAM, disques, etc.) exigent de grandes quantités de ressources abiotiques (minéraux & métaux) : cuivre, lithium, cobalt, nickel, aluminium, terres rares, or, silicium, etc. Leur chaîne d'approvisionnement est mondialisée (ex. cobalt – RDC ; lithium – Andes / Australie ; nickel – Indonésie / Philippines ; cuivre – Chili / Pérou ; raffinage souvent concentré en Asie). Les procédés d'**extraction et de traitement**, variables selon les minerais, les gisements et les technologies mobilisées, souvent très énergivores au stade du traitement / raffinage, **peuvent générer** des pressions environnementales importantes : consommation et contamination de l'eau, pollution des sols, production de déchets et rejets chimiques, déforestation et perte de biodiversité liée à l'usage des terres, ainsi que des émissions de CO₂. Au-delà des métaux, la **fabrication** des composants (en particulier des **semi-conducteurs**) est elle aussi intensive : elle combine une forte consommation d'eau et d'énergie, l'usage de substances chimiques, et peut impliquer des **gaz fluorés** à très fort pouvoir réchauffant.

La durée de vie relativement courte d'une partie du matériel IT accroît la pression sur les ressources et sur l'empreinte « grise », qui s'aggrave dans les cas de **sur-dimensionnement** des infrastructures. À l'échelle de la France, la fabrication des équipements du numérique représente 60 % des émissions carbone du numérique (40 % pour l'utilisation), ce qui représente 17,8 MtCO₂ de GES émis en 2022, soit 1,7 tonnes par an et par habitants en France (Ademe-Arcep, 2025) ⁴⁹.

Les engagements environnementaux des grands acteurs du numérique mettent souvent l'accent sur les émissions en phase d'exploitation (électricité, PUE, recours aux renouvelables). Or une part significative de l'empreinte se situe aussi en amont, dans l'extraction et la fabrication des équipements (Scope 3) : sans action sur la durée de vie, le réemploi et le dimensionnement, ces impacts peuvent rester élevés (voire augmenter) malgré des progrès sur l'énergie.

⁴⁹ ADEME-Arcep, 2025. « [Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France. Mise à jour de l'étude ADEME-Arcep.](#) » Janvier 2025.

La collectivité ne contrôle pas directement l'extraction ni la fabrication, mais doit connaître ces impacts pour **anticiper les risques réputationnels** liés aux acteurs accueillis sur son territoire, susceptibles de fragiliser l'acceptabilité locale du projet, voire la crédibilité des politiques de transition.

Les impacts en phase d'usage : maintenance et phasage

En phase d'exploitation, l'enjeu lié aux équipements tient d'abord à la **maintenance** et aux **remplacements** (pièces, serveurs, batteries / onduleurs – UPS, équipements électriques), qui génèrent des flux matériels et mobilisent des compétences spécialisées.

Dans de nombreux modèles (notamment en colocation), les opérateurs n'ont pas intérêt à surinvestir dans le matériel IT lui-même, souvent apporté par les clients ; la question porte plutôt sur le **phasage** des infrastructures et sur la capacité à monter en charge **par paliers**, afin d'éviter d'immobiliser trop tôt certains équipements tout en assurant la continuité de service et la sécurité (risques liés aux systèmes électriques, batteries et exigences de sécurité incendie).

Les impacts de fin de vie : traçabilité et recyclage

Une partie du matériel des centres de données contribue à des flux récurrents de déchets d'équipements électriques et électroniques (serveurs, cartes, disques, équipements réseau, batteries / onduleurs – UPS). La littérature récente sur la durabilité des data centers souligne que la performance énergétique (PUE) ne suffit pas : une part importante des impacts est liée au **cycle de vie des équipements** (impacts « *embodied* ») et à leur **fin de vie**. La durée d'usage relativement courte des composants critiques (serveurs, équipements réseau, batteries), de l'ordre de 3 à 8 ans selon les éléments, rend structurel le sujet « fin de vie » et *e-waste* dans la trajectoire du secteur.

Ces flux s'inscrivent dans une dynamique beaucoup plus large : en 2022, le monde a généré 62 milliards de kg d'e-déchets (7,8 kg/hab/an), dont seuls 22,3 % ont été documentés comme collectés et recyclés dans des filières formelles et maîtrisées. Le Global E-waste Monitor 2024⁵⁰ précise que le reste se répartit entre des flux gérés hors systèmes formels (y compris dans des pays à infrastructures développées) et des flux finissant dans les déchets résiduels, ce qui met en évidence un point clé : **l'existence d'obligations et de filières ne garantit pas, à elle seule, la captation effective et la traçabilité de l'ensemble des flux**. En Europe, toutes catégories d'équipements confondues, la performance est meilleure : le rapport indique un taux

⁵⁰ International Telecommunication Union, 2024. « [The Global E-waste Monitor 2024](#). » Novembre 2024.

de collecte / recyclage formel documenté de 42,8 % (avec 17,6 kg/hab générés et 7,53 kg/hab documentés comme collectés / recyclés).

En France, **il existe déjà un cadre structuré et des filières opérationnelles**, y compris pour les déchets professionnels : la filière DEEE (Déchets d'équipements électriques et électroniques) est en place depuis 2005 pour les DEEE professionnels, fondée sur la responsabilité élargie des producteurs (REP). L'enjeu se situe donc moins dans l'absence de solution que dans l'effectivité et la traçabilité de la prise en charge des flux professionnels (éviter les sorties de filière, sécuriser la dépollution et la destination finale).

“

Un data center construit dans les années 2000 peut être aujourd'hui largement dépassé, voire obsolète, car les normes ont évolué, les capacités nécessaires ont augmenté, et les besoins électriques et en refroidissement se sont accrus. Cependant, certains data centers conçus avec une modularité et une scalabilité suffisantes peuvent être modernisés pour répondre aux standards actuels. Sans cette adaptabilité, ces infrastructures atteignent rapidement des limites structurelles, car elles ne sont pas toujours pensées pour évoluer sur le long terme.

”

Arnaud Lodirot, Chef de projet aménagement numérique -
Chargé des relations opérateurs de la Métropole Grand Lyon

3.2. Solutions

Concevoir des sites évolutifs et phasés, compatibles avec une densification progressive

Une bonne pratique consiste à concevoir des data centers capables d'absorber une densification progressive et hétérogène des charges (des usages « classiques » à des zones plus denses), en organisant le site en zones / pods différenciés plutôt que de surdimensionner l'ensemble dès l'origine. Cette approche suppose une infrastructure évolutive et activable par étapes : distribution électrique modulaire, contraintes mécaniques anticipées, et stratégie thermique pensée pour plusieurs régimes. Les référentiels techniques rappellent que les densités élevées peuvent dépasser les limites du refroidissement par air et, le cas échéant, conduire, sur certaines zones, à recourir à des solutions hybrides ou à du refroidissement liquide (*rear-door heat*

exchangers, direct-to-chip), ce qui implique de prévoir en amont les boucles, points de raccordement et espaces techniques nécessaires afin d'éviter des rétrofits lourds.

Allonger la durée de vie... mais pas à tout prix

Sur un cycle de vie long, prolonger la durée d'usage réduit l'empreinte matière et carbone amont, mais peut entrer en tension avec l'efficacité énergétique et l'adaptation à des densités plus élevées. La bonne approche est donc un arbitrage explicite : **faire durer ce qui est modernisable** (bâtiment et infrastructures techniques conçus pour être upgradés par modules) et **remplacer ce qui pénalise fortement la performance** lorsque le gain d'exploitation est significatif.

Favoriser le recyclage et le réemploi des composants

Sur les équipements, une partie des solutions relève déjà de pratiques industrielles largement mises en œuvre (pour des raisons économiques et de fiabilité) : phasage, modularité, maintenance, gestion structurée des flux professionnels. Les marges de progression se situent surtout dans **la capacité à industrialiser ces pratiques, à les documenter, et à clarifier ce qui relève du périmètre de l'opérateur (notamment en colocation) versus celui des clients.**

Cela passe aussi par l'écoconception des équipements et systèmes techniques (IT, distribution électrique, refroidissement, UPS / batteries) : modularité, maintenabilité, démontabilité et compatibilité avec le réemploi / reconditionnement ; la norme IEC 62430 fournit un cadre de démarche pour intégrer ces enjeux dès la conception. L'enjeu est de traduire ces principes en exigences **vérifiables** dans les achats et contrats (spécifications, documentation, disponibilité de pièces, conditions de reprise).

OVH, la logistique inversée au service du réemploi

Dix ans après sa création en 1999, OVHcloud a fait le choix d'une chaîne logistique inversée. « *Nous avons déjà pris la décision de fabriquer nos propres serveurs pour garantir notre indépendance. Lorsque ceux-ci ont eu dix ans, on les a renvoyés dans nos usines de production pour les désosser, tester unitairement chaque élément, et voir dans quelle mesure on pouvait les réutiliser. Aujourd'hui, notre taux de réemploi de composants – grâce à un indicateur que nous avons créé – oscille entre 25 et 36 %. Cela évite chaque année l'émission de 17 000 tonnes de CO2* » (Grégory Lebourg, directeur de l'environnement chez OVHcloud)⁵¹

Cet exemple illustre une bonne pratique déjà à l'œuvre : quand l'opérateur maîtrise sa chaîne (fabrication, maintenance, retour atelier), le réemploi devient un **process industriel** (tri, test, requalification, mesure). La frontière à franchir, pour le secteur, est d'étendre ces logiques dans des chaînes plus fragmentées (notamment en colocation), où les leviers reposent davantage sur la contractualisation, la traçabilité et l'organisation des flux sortants.

Exiger des standards sur le cycle de vie des équipements

Les collectivités disposent de peu de leviers directs sur l'origine des métaux ou les chaînes d'extraction, largement mondialisées. En revanche, certaines villes et administrations publiques agissent efficacement en fixant des **exigences de méthode** : transparence et reporting, analyse en cycle de vie (ACV), obligations de valorisation / réutilisation, et structuration de filières.

⁵¹ ADEME, 2025. [Data centers : la face pas si cachée du numérique - ADEME Infos](#)

Exemples – Berlin et Amsterdam : Quand la méthode devient un levier

Berlin a intégré dans sa loi sur les marchés publics et les appels d'offres (BerI AVG, 2021) un règlement administratif pour les achats durables (VwVBU) : il exige que les achats publics liés à des équipements électriques ou à des data centers fassent l'objet d'une **analyse en cycle de vie** (*Life Cycle Assessment*). Ces critères intègrent la prise en compte de l'équipement et de sa durée de vie.⁵²

À Amsterdam, le projet **CEDaCI – Circular Economy for the Data Centre Industry** (2018) vise à établir une économie circulaire pour les data centers en rassemblant fabricants, opérateurs, recycleurs et collectivités. Il propose des cibles ambitieuses sur 5 et 10 ans :

- Augmenter la réutilisation de matériaux critiques : 19 % de réutilisation dans 5 ans et 24 % dans 10 ans ;
- Augmenter le taux de réemploi d'équipements à 65 % puis 75 %
- Développer des lignes de recyclage spécialisées pour réduire les déchets à 35 % puis 25 % dans 10 ans.

Pour répondre à la stratégie ambitieuse de la ville d'Amsterdam, Microsoft a choisi Amsterdam pour ouvrir son premier **Circular Centre** (2021) où le matériel de data center mis hors service est traité (réutilisation de composants, recyclage de matériaux, etc.). Résultat : 83 % de réutilisation des composants et 17 % de recyclage des pièces critiques en mars 2021.⁵³

Deux frontières à consolider : la mesure et la qualité d'exploitation

Au-delà des solutions techniques et de filière, deux conditions de réussite restent encore inégalement maîtrisées :

1/ Mesurer mieux : un socle de reporting au-delà du PUE

Le pilotage environnemental ne peut pas reposer uniquement sur la consommation électrique et le PUE. Les enquêtes sectorielles montrent que si ces indicateurs sont largement suivis, la collecte est beaucoup plus hétérogène sur d'autres métriques nécessaires pour piloter une trajectoire de soutenabilité (eau, part d'énergie renouvelable, émissions GES par scopes, cycle de vie des équipements, flux sortants / *e-waste*). L'enjeu est donc de définir un socle minimal de reporting, comparable entre projets et opérateurs, afin d'objectiver les engagements et de pouvoir exiger des standards vérifiables.

⁵² OCDE, 2024. « [The Circular Economy in Berlin, Germany](#). » OECD Programme on the Circular Economy in Cities and Regions, novembre 2024.

⁵³ World Bio Market Insights, 2022. « [Microsoft builds circular data centres of the future](#). » 27 juillet 2022.

2/ Investir dans l'exploitation : procédures, maintenance et compétences

Une famille de solutions souvent sous-estimée concerne la **discipline d'exploitation** : protocoles de test, maintenance préventive, qualité de configuration, procédures et management opérationnel. Les analyses d'incidents montrent qu'une part importante des arrêts est liée à des enjeux de process et d'exécution plutôt qu'à un simple manque d'équipements, et qu'une majorité d'incidents aurait pu être évitée par de meilleures pratiques opérationnelles.

Cette robustesse dépend aussi de la **disponibilité de compétences** dans la durée, notamment sur les métiers électriques, mécaniques et d'exploitation, où les tensions restent fortes. Il est donc essentiel d'intégrer dès l'amont un volet compétences (organisation, plan de maintenance, partenariats de formation), faute de quoi les standards annoncés peuvent rester fragiles.

À retenir

- **Les impacts « métaux & équipements » des data centers se situent surtout en amont** (extraction, raffinage, fabrication) dans des chaînes de valeur mondialisées : l'enjeu pour la décision publique est donc d'intégrer **une lecture cycle de vie** (Scope 3) et d'éviter un pilotage limité aux seuls indicateurs d'exploitation.
- La courte durée d'usage (3 à 8 ans) d'une partie des équipements (serveurs, réseau, batteries / UPS) rend structurels les enjeux de renouvellement et de fin de vie, y compris en présence de filières réglementées : **le point critique est l'effectivité et la traçabilité des flux sortants.**
- **Les leviers les plus robustes pour les collectivités relèvent de la méthode** : exiger un socle minimal de reporting (au-delà du PUE), un plan de gestion du cycle de vie des équipements (phasage, maintenance, fin de vie), et des preuves documentées (prise en charge, effacement des données, filières).
- Côté conception, **privilégier des sites évolutifs et phasés, compatibles avec une densification progressive** (zones / pods), afin de limiter les rétrofits lourds et l'immobilisation prématurée d'équipements.

4. Émissions de gaz à effet de serre

4.1. Impact

Scope 1

Un data center émet directement des gaz à effet de serre sur le site, notamment via **les groupes électrogènes de secours**, généralement alimentés au fioul (diesel), ainsi que par d'éventuelles **fuites de fluides frigorigènes**. Même s'ils ne fonctionnent qu'occasionnellement (tests, maintenance, secours), les groupes électrogènes constituent une source directe d'émissions de CO₂.

Certains systèmes de refroidissement utilisent des fluides frigorigènes qui peuvent être rejetés lors de l'exploitation (microfuites), des opérations de maintenance ou de la fin de vie, s'ils ne sont pas correctement récupérés. Les plus couramment utilisés sont **des HFC (hydrofluorocarbures), dont le pouvoir de réchauffement global (PRG) est très élevé** : par exemple, le R-134a \approx 1 430 fois le CO₂, le R-410A \approx 2 088 fois le CO₂. Cette source d'émissions est moins visible alors qu'elle peut avoir un impact climatique considérable : de faibles quantités de HFC relâchées peuvent à elles seules annuler une partie des gains obtenus sur l'efficacité énergétique.

Marseille : des fuites de gaz fluorés récurrentes

En mars 2026, la Préfecture des Bouches-du-Rhône a mis en demeure Digital Realty d'installer un système de détection des fuites de gaz fluorés sur son site MRS dans l'enceinte du port. Elle a exigé la réalisation des travaux sous 4 mois. L'entreprise avait déjà été mise en demeure pour des fuites récurrentes de gaz mais avait répondu qu'il y avait une « *impossibilité technique d'installer l'équipement spécifique* ». Les services de l'État ont relevé cinq fuites accidentelles avec 62,5 kilos de rejets de gaz fluorés en 2024.⁵⁴

⁵⁴ Lagache, M. 2026. « [Digital Realty de nouveau épinglée après des fuites de gaz fluorés dans un data center.](#) » Marsactu, 25 mars 2026.

Scope 2

Un data center produit des émissions indirectes liées à la consommation d'électricité nécessaire au fonctionnement des serveurs, des systèmes de refroidissement et des infrastructures auxiliaires. **The Shift Project⁵⁵ estime que la consommation d'électricité constitue la principale composante de l'empreinte carbone des data centers**, autour de 75 %.

Selon Data4⁵⁶, les data centers européens émettent environ **6 600 à 10 400 tCO₂e par MW d'IT opérationnelle sur une période de 20 ans**, soit l'équivalent des émissions associées à la consommation annuelle d'électricité de **1 700 à 2 800 ménages européens**.

Ces émissions dépendent fortement du contenu carbone du kWh électrique et du mix énergétique national : un data center alimenté par une électricité peu carbonée, comme en France, émet nettement moins qu'un équivalent fonctionnant avec un mix reposant davantage sur le charbon ou le gaz.

Le saviez-vous ?

« **100 % renouvelable** » ne veut pas toujours dire que le data center consomme physiquement une électricité 100 % renouvelable.

Le GHG Protocol distingue deux façons de calculer le scope 2 : « *location-based* » et « *market-based* » :

- **Location-based** : on comptabilise les émissions liées à l'électricité effectivement consommée sur le réseau auquel le data center est raccordé.
- **Market-based** : on comptabilise l'effet des achats contractuels d'électricité renouvelable, via des garanties d'origine (GO) ou des contrats d'achat de long terme (PPA).

Un opérateur peut donc revendiquer une électricité « 100 % renouvelable » au sens **market-based**, sans que le data center soit physiquement alimenté par une électricité 100 % renouvelable au point de soutirage.

Pour apprécier l'impact réel d'un data center, c'est le facteur **location-based** qui est pertinent, puisque sauf autoproduction et autoconsommation locale 24/7, l'électricité effectivement utilisée est celle du mix territorial. Les approches market-based servent à refléter une politique d'achat d'électricité renouvelable, non la réalité physique du courant consommé.

⁵⁵ The Shift Project, 2025. « [Intelligence artificielle, données, calculs : quelles infrastructures dans un monde décarboné ?](#). » 1^{er} octobre 2025.

⁵⁶ Data4, 2024. « [L'analyse du cycle de vie permet de révéler l'impact environnemental du data center](#). » 22 août 2024.

Scope 3

Un data center génère des émissions indirectes liées à la construction du bâtiment, à la fabrication, au transport et à la fin de vie des équipements IT. Selon The Shift Project⁵⁷, le scope 3 représente environ un quart de l'empreinte carbone totale des data centers, **l'essentiel provenant des équipements IT**. À mesure que l'électricité se décarbone, le poids relatif de ce scope augmente, car les émissions liées à la fabrication et au cycle de vie des équipements prennent une place proportionnellement plus importante.

Or tous les opérateurs ne le comptabilisent pas de la même manière. Pour les collectivités, **l'enjeu est donc moins de comparer des chiffres bruts que de vérifier la qualité du reporting** : périmètre retenu, prise en compte de la fabrication des équipements IT, hypothèses de durée de vie, méthodes d'allocation et transparence des données.

Chiffres repères : l'empreinte carbone des data centers

À l'échelle mondiale, The Shift Project estime que les émissions liées aux data centers pourraient atteindre **600 MtCO₂e d'ici 2030** si le mix électrique suit les politiques actuelles (scénario IEA STEPS), et jusqu'à **900 MtCO₂e** si l'intensité carbone de l'électricité reste stable autour de **458 gCO₂e/kWh**. Cela représenterait environ **1,2 à 1,4 % des émissions mondiales de GES**, soit une multiplication par **2,5** par rapport à 2020.

En France, l'ADEME⁵⁸ estime à 0,38 MtCO₂e les émissions des data centers situés sur le territoire en 2024. Si l'on tient compte de l'ensemble des émissions des data centers mobilisés pour répondre aux usages numériques français, en France comme à l'étranger, ce chiffre s'élève à 7,31 MtCO₂e. Dans un scénario tendanciel, l'ADEME prévoit une hausse à 62,51 MtCO₂e en 2060, dont 2,13 MtCO₂e émis par des data centers situés en France et 60,38 MtCO₂e par ceux situés à l'étranger. Cet écart s'explique à la fois par le recours important à des data centers situés à l'étranger et par le fait que ces derniers sont souvent alimentés par des mix électriques plus carbonés que le mix français.

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ ADEME, 2026. ADEME, 2026. « [Prospective d'évolution des consommations des data centers à court, moyen et long terme de 2024 à 2060](#). » 6 janvier 2026.

4.2. Solutions

Réduire les émissions directes (Scope 1)

Concernant les groupes électrogènes, plusieurs leviers permettent de limiter les émissions de GES : réduction des heures de test, hybridation avec des batteries, recours à des carburants de substitution comme le HVO ou, à plus long terme, déploiement de solutions de secours moins carbonées telles que les piles à combustible à hydrogène.

Microsoft a lancé à Dublin en 2024 un pilote avec ESB, utilisant des piles à combustible à hydrogène vert pour alimenter un bâtiment de contrôle et d'administration de son campus de data centers, jusqu'à 250 kW pendant huit semaines. Microsoft avait déjà testé en 2022 une pile à combustible de 3 MW pour un usage de secours sur data center.

Figure 26 : Réservoirs à hydrogène placés à l'extérieur du data center Microsoft .



Source : Biget, 2020⁵⁹. © Microsoft

⁵⁹ Biget, S. 2020. « [Microsoft mise sur les piles à hydrogène pour alimenter ses datacenters.](#) » Futura, 28 juillet 2020.

Aucune de ces alternatives ne s'est encore imposée comme standard unique. Pour les collectivités, l'enjeu principal est moins de suivre le détail de ces technologies que d'exiger de l'opérateur **une trajectoire crédible de réduction des émissions directes et une documentation claire de la solution de secours retenue.**

Concernant les fluides frigorigènes, plusieurs solutions existent pour réduire l'impact climatique des fuites :

- certaines architectures de refroidissement liquide (directes, indirectes, immersion) réduisent la charge en HFC au niveau de la salle IT, même si des circuits frigorifiques subsistent souvent en amont, notamment au niveau des groupes froids ou des pompes à chaleur ;
- l'utilisation de fluides frigorigènes à bas PRG (NH₃, CO₂, HFO) réduit l'impact climatique d'éventuelles fuites ;
- les systèmes de *free cooling*, en limitant le recours au circuit frigorifique, réduisent la probabilité de fuite et, le cas échéant, leur volume.

Réduire les émissions liées à l'électricité (scope 2)

La réduction des émissions indirectes liées à l'électricité repose sur deux leviers complémentaires : **consommer moins d'électricité** et **consommer une électricité moins carbonée.**

L'**efficacité énergétique** constitue un premier levier majeur. Elle passe notamment par l'optimisation du refroidissement, l'amélioration du PUE, le pilotage fin des infrastructures techniques et, plus largement, la sobriété de la demande électrique à service rendu donné.

Le **Climate Neutral Data Centre Pact (CNDP)** constitue à cet égard un cadre de référence utile. Lancée en janvier 2021, cette initiative volontaire, portée par des data centers européens et soutenue par la Commission européenne, vise à mettre les data centers signataires sur une trajectoire de neutralité carbone à horizon 2030. Les signataires s'engagent sur cinq axes majeurs, avec des objectifs chiffrés à atteindre d'ici 2025 pour les nouveaux centres et 2030 pour les centres existants :

1. **Efficacité énergétique** : PUE $\leq 1,3$ dans les climats « froids », $\leq 1,4$ dans les climats « chauds » ;
2. **Énergie propre** : 75 % d'EnR d'ici 2025 et 100 % d'ici 2030 ;
3. **Eau** : cibles de *Water Usage Effectiveness* (WUE) ;
4. **Économie circulaire** : reprise, réparation ou recyclage de 100 % du matériel informatique usé ;
5. **Chaleur fatale** : exploration du raccordement à des réseaux de chaleur urbains ou à d'autres systèmes utilitaires, lorsqu'une telle valorisation est utile, viable et rentable.

La disponibilité d'une **électricité peu carbonée** constitue par ailleurs un atout important pour les collectivités françaises⁶⁰. La France produit des quantités record d'électricité dans l'Union européenne, avec un solde net d'exportation de +89 TWh en 2024⁶¹. Environ 95 % de l'électricité produite en France est décarbonée, en particulier grâce au nucléaire. La production d'électricité française émet ainsi **21,3 g CO₂-éq/kWh en 2024**, contre **292 g CO₂-éq/kWh en moyenne dans l'UE en 2023**⁶².

Un data center implanté en France bénéficie donc en général d'un mix électrique moins carboné que dans de nombreux autres pays. Toutefois, les dénominations « **100 % énergie renouvelable** » doivent être interprétées avec prudence. Elles peuvent reposer sur :

- des **garanties d'origine (GO)** : l'entreprise achète des certificats attestant qu'une quantité équivalente d'électricité renouvelable a été produite sur le réseau, sans que cela signifie que le data center consomme physiquement cette électricité ;
- des **contrats d'achat d'électricité à long terme (PPA)** : l'entreprise finance de nouvelles capacités renouvelables et en revendique la production, mais l'électricité consommée par le data center reste celle du réseau local.

⁶⁰ ADEME, 2025. « [Data centers : la face pas si cachée du numérique.](#) »

⁶¹ Comité interministériel de l'Intelligence artificielle, 2025. « [Faire de la France une puissance de l'IA.](#) » 6 février 2025

⁶² Mission interministérielle numérique écoresponsable, 2025. « [Actualisation des chiffres de l'impact du numérique en France.](#) » 9 janvier 2025.

Des opérateurs qui cherchent à couvrir leur consommation électrique par des énergies renouvelables

OVHcloud, qui compte 1,6 million de clients, exploite 450 000 serveurs et 37 data centers dans 9 pays en 2023, met en avant une stratégie de réduction de l'empreinte carbone de son électricité. Grégory Lebourg⁶³, directeur de l'environnement, indique qu'en 2023 le scope 2 représentait 44,7 % des émissions globales de l'entreprise et que la part des énergies renouvelables dans son mix énergétique atteignait 91 %. Présenté par OVHcloud comme son *Renewable Energy Factor* (REF), ce chiffre agrège l'effet des achats d'électricité renouvelable, des certificats et de la production sur site. OVHcloud est attaché à cette clarification méthodologique, en particulier la distinction entre approches market-based et location-based, qu'il voit comme un moyen de rendre les comparaisons entre opérateurs plus robustes et de faire valoir la crédibilité de sa propre performance environnementale.

En France, **Equinix** a signé avec wpd sept PPA de 20 ans portant sur de nouveaux parcs éoliens, représentant plus de 100 MW de capacité installée et plus de 300 GWh/an⁶⁴ répartis entre la Nouvelle-Aquitaine, les Hauts-de-France et les Pays de la Loire⁶⁵. Le premier parc concerné, à Château-Garnier⁶⁶, est entré en exploitation en juillet 2025 avec 3 éoliennes de 12,6 MW, produisant environ 34 000 MWh/an. Ces contrats permettent à l'opérateur de couvrir contractuellement un volume d'électricité équivalent à sa consommation tout en contribuant aussi au financement de nouvelles capacités éoliennes sur le réseau français.

Dans l'Oregon (États-Unis), plusieurs grands opérateurs ont adossé contractuellement la consommation électrique de leurs data centers de Prineville à des capacités renouvelables locales injectées sur le réseau.

Apple a ainsi combiné un contrat d'achat d'électricité renouvelable de 200 MW, deux projets micro-hydrauliques sur des canaux d'irrigation locaux et l'acquisition du projet hydroélectrique 45-Mile, situé à proximité du site.

De son côté, Facebook a conclu un accord portant sur 100 MW de solaire issus de deux projets situés dans le comté de Crook.

⁶³ Lebourg, G. 2024. « [Carbon impact of cloud services ? Don't get fooled !](#) » Blog OVHcloud ; 27 février 2024.

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ Equinix, 2024. « [Equinix et wpd concluent l'un des plus importants contrats d'achat d'électricité verte en France \(PPA\), finançant la création de sept nouveaux parcs éoliens et la décarbonation du réseau.](#) » Communiqué de presse d'Equinix, 31 janvier 2024.

⁶⁶ Global Security Mag, 2025. « [wpd et Equinix poursuivent leur collaboration et inaugurent le parc éolien de Château-Garnier.](#) » juillet 2025.

À retenir

- L'empreinte carbone d'un data center se lit à travers trois scopes :
 - le **scope 1** regroupe les émissions directes sur site (groupes électrogènes, fluides frigorigènes) ;
 - le **scope 2** correspond à l'électricité consommée ;
 - le **scope 3** couvre la construction du bâtiment et surtout la fabrication, le transport et la fin de vie des équipements IT.

- Le **scope 2** reste aujourd'hui dominant, ce qui place la France dans une position relativement favorable grâce à un mix électrique peu carboné.

Mais à mesure que l'électricité se décarbone, le **scope 3** devient de plus en plus déterminant.

- Les collectivités doivent donc être attentives à deux points :
 - une électricité affichée comme « **100 % renouvelable** » peut relever d'une logique **market-based**, sans décrire la réalité physique de l'électricité consommée ;
 - la comparaison entre opérateurs suppose de regarder non seulement les chiffres affichés, mais aussi la **qualité du reporting**, en particulier sur le **scope 3**.

5. Pollution atmosphérique et qualité de l'air

5.1. Impact

La pollution atmosphérique des data centers provient essentiellement des groupes électrogènes de secours, le plus souvent alimentés au diesel. Elle se distingue des émissions de gaz à effet de serre par la nature de ses impacts : il s'agit ici d'un enjeu de **qualité de l'air** et de **santé publique locale**. Les polluants les plus préoccupants sont les oxydes d'azote (NO_x), les particules fines (PM_{2.5}), le dioxyde de soufre (SO₂), le monoxyde de carbone (CO) et, plus largement, certains composés organiques et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). L'Organisation mondiale de la santé (2021)⁶⁷ rappelle que l'exposition à ces polluants est associée à des pathologies respiratoires et cardiovasculaires, à l'aggravation de l'asthme et à des cancers.

Même s'ils ne fonctionnent qu'occasionnellement (tests, maintenance, secours), les groupes électrogènes peuvent générer des impacts sanitaires non négligeables lorsque leur nombre est élevé, qu'ils sont concentrés dans un même secteur et qu'ils se trouvent à proximité de zones habitées. Les effets dépendent moins de la seule présence d'un site que de **l'effet cumulatif** des émissions, des durées de fonctionnement autorisées, de la proximité des riverains et des conditions locales de dispersion atmosphérique.

Selon une estimation réalisée à l'aide de l'outil COBRA (*Co-Benefits Risk Assessment Health Impacts Screening and Mapping Tool*) de l'US EPA, les polluants atmosphériques émis par les data centers aux États-Unis pourraient être à l'origine de près de 20 000 cas annuels de symptômes d'asthme et représenter un coût sanitaire d'environ 385 millions de dollars par an⁶⁸.

Des travaux menés dans la région de Quincy⁶⁹ (État de Washington), où plusieurs data centers sont regroupés, montrent précisément que **l'évaluation pertinente n'est pas celle d'un projet isolé, mais celle de l'ensemble des moteurs diesel présents sur un territoire**. L'autorité environnementale de l'État y a retenu une approche cumulative, en considérant les émissions des data centers, mais aussi celles d'autres sources diesel voisines. Elle souligne que, si les moteurs fonctionnaient au niveau permis par les autorisations, les émissions des grappes de data centers pourraient affecter certaines habitations à des niveaux comparables à ceux observés le long des principaux axes routiers locaux.

⁶⁷ OMS, 2021. « [WHO global air quality guidelines: particulate matter \(PM2.5 and PM10\), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide](#). » Directives de l'Organisation mondiale de la santé, 22 septembre 2021.

⁶⁸ Beckler, H., Ho, R., Paralkul, N., Campbell, D., Thomas, E. 2025. « [How Business Insider Investigated the True Cost of Data Centers](#). » Business Insider, 17 juin 2025.

⁶⁹ Département Écologie de l'État de Washington, 2020. « [Health Risks from Diesel Emissions in the Quincy Area](#). » Washington Department of Ecology Olympia, WA, août 2020.

Cette question est d'autant plus sensible que **les moteurs de secours sont souvent dimensionnés pour des scénarios extrêmes, puis testés régulièrement pour garantir la continuité de service**. Dans le cas de Quincy, l'administration relève d'ailleurs que les data centers avaient demandé davantage d'heures de fonctionnement autorisées que nécessaire au regard de la fiabilité réelle du réseau, ce qui peut conduire à surestimer les émissions potentielles ou à banaliser des marges de fonctionnement importantes.

“

La pollution atmosphérique est notre première crainte à Paris-Saclay. Les groupes électrogènes sont certes peu utilisés, mais qui évalue le risque en cas de défaillance du réseau RTE ? En cas de panne, que se passerait-il si tous ces groupes se mettaient à fonctionner en même temps ? Les riverains seraient-ils informés ? Quelles procédures ? Aujourd'hui, aucun chiffre n'est consolidé, la réglementation n'est pas satisfaisante et le risque n'est pas appréhendé de manière globale.

”

Axelle Champagne, Directrice générale adjointe attractivité économique, innovation et mobilités à la Communauté d'Agglomération de Paris-Saclay.

5.2. Solution

Plusieurs leviers existent pour réduire les impacts atmosphériques locaux des data centers.

Un premier levier consiste à mieux documenter les impacts sur la qualité de l'air dès l'instruction des projets. La MRAe Île-de-France demande déjà, dans plusieurs dossiers franciliens, que les effets des groupes électrogènes soient mieux évalués, y compris dans des situations dégradées de panne prolongée et que les effets cumulés avec d'autres data centers existants ou projetés soient pris en compte. Cette approche est essentielle dans les territoires de concentration, où l'enjeu ne porte pas seulement sur un bâtiment isolé, mais sur l'accumulation de moteurs diesel, de cuves et de cheminées à l'échelle d'un secteur.

Un second levier consiste à mieux documenter et suivre les conditions réelles d'exploitation des groupes électrogènes. Au-delà de la puissance installée, les collectivités ont intérêt à demander des informations sur le nombre de moteurs, les heures annuelles de test, les scénarios de fonctionnement simultané et les hypothèses

retenues en cas d'incident réseau. La mise en place de suivis post-mise en service peut également permettre d'objectiver les nuisances réelles et de mieux apprécier l'écart entre les hypothèses de projet et les conditions effectives d'exploitation. Cette exigence de suivi peut aussi nourrir une meilleure information du territoire sur les équipements installés, les technologies retenues, les heures de fonctionnement et les résultats des études de dispersion.

Ce que la MRAe Île-de-France demande déjà

Dans plusieurs dossiers récents, la MRAe Île-de-France demande explicitement :

- d'analyser la contribution des groupes électrogènes à la dégradation de la qualité de l'air ;
- de ne pas raisonner seulement en moyenne annuelle, mais aussi pendant les phases d'allumage ou de test ;
- d'anticiper une évaluation approfondie des effets cumulés avec les autres projets voisins, notamment d'autres data centers. Cela apparaît très clairement dans l'avis rendu sur le projet **SEGRO**⁷⁰ au Bourget en juin 2025.

La MRAe fait aussi émerger des demandes de **suivi post-mise en service**.

Sur le projet **DataHills à Aulnay-sous-Bois**⁷¹, des contrôles de qualité de l'air après les phases de test des groupes électrogènes sont prévus, six mois après la mise en service puis toutes les 500 heures d'exploitation.

Dans d'autres dossiers, elle souligne que le fonctionnement des groupes électrogènes constitue l'une des principales sources de dégradation de la qualité de l'air et demande un renforcement de l'analyse, voire des campagnes de mesure sur site. C'est notamment le cas à **Vélizy-Villacoublay**⁷² en 2025.

Enfin, dans son document de synthèse **Éclairages 2023 – Les data centers**⁷³, la MRAe insiste déjà sur les enjeux d'**effets cumulés** entre deux ou plusieurs data centers et sur la nécessité d'articuler ces projets avec les autres composantes du territoire.

⁷⁰ MRAe IDF, 2025. « [Avis délibéré sur le projet de centre de données au Bourget \(93\)](#). » Mission régionale d'autorité environnementale d'Île-de-France, n° APJIF-2025-056, 30 juin 2025.

⁷¹ MRAe IDF, 2025. « [Avis délibéré sur le projet de construction d'un centre de données à Aulnay-sous-Bois \(93\)](#). » Mission régionale d'autorité environnementale d'Île-de-France, n° APJIF-2025-004, 12 février 2025.

⁷² MRAe IDF, 2025. « [Avis délibéré sur le projet de construction d'un programme mixte et d'un centre de données à Vélizy-Villacoublay \(78\)](#). » Mission régionale d'autorité environnementale d'Île-de-France, n° APJIF-2025-004, 12 février 2025.

⁷³ MRAe IDF, 2023. « [Les data centers \(centres de stockage de données\) – Éclairages 2023](#). » Mission régionale d'autorité environnementale d'Île-de-France et Ministère de la transition écologique.

À l'étranger, certains cadres montrent toutefois qu'il est possible d'aller plus loin. Dans l'État de Washington, l'autorité environnementale raisonne à l'échelle de la zone de Quincy en modélisant non seulement les émissions de chaque data center, mais aussi les **émissions cumulées** de l'ensemble des sources diesel du secteur. Cette approche territoriale est particulièrement intéressante pour les collectivités confrontées à une concentration de projets.

D'autres juridictions imposent aussi des exigences techniques plus poussées sur les moteurs de secours. En Oregon⁷⁴, le permis simplifié dédié aux data centers prévoit, pour les moteurs critiques, des dispositifs renforcés de dépollution à la source, associant notamment réduction catalytique sélective (**SCR**), catalyseurs d'oxydation (**DOC**) et filtres à particules (**DPF/cDPF**). Le permis encadre également les conditions de fonctionnement des moteurs et les démonstrations nécessaires en matière d'émissions. Ces exemples montrent qu'au-delà du cadre français actuel, il est possible d'aller vers une régulation plus standardisée, plus cumulative et plus exigeante sur les performances réelles des équipements.

À retenir

- La pollution atmosphérique des data centers provient principalement des groupes électrogènes de secours, le plus souvent alimentés au diesel.
- Ces équipements émettent des polluants de l'air nocifs pour la santé, notamment des oxydes d'azote, des particules fines, du dioxyde de soufre et du monoxyde de carbone. Leur impact dépend :
 - du **nombre de groupes électrogènes**, leurs **heures annuelles de test** et les scénarios de **fonctionnement simultané** ;
 - des **effets cumulés** à l'échelle d'un secteur, surtout en cas de concentration de plusieurs data centers ;
 - de la **proximité des riverains** et les conditions locales de dispersion des polluants.
- L'enjeu premier est d'objectiver cette pollution pour la réduire grâce à :
 - une **évaluation de la qualité de l'air** intégrant les groupes électrogènes ;
 - des hypothèses explicites sur les **tests, la maintenance et les situations dégradées** ;
 - et, lorsque c'est pertinent, un **suivi post-mise en service** pour objectiver les nuisances réelles.

⁷⁴ Gouvernement d'Oregon, 2025. « [Tier 4 Streamlined Data Center Permit](#). » Permis de qualité de l'air de l'Oregon.

6. Chaleur fatale

6.1. Impact

À l'échelle du site, l'essentiel de l'électricité consommée finit en chaleur à évacuer et qui, si elle est rejetée localement, notamment en zone dense et dans l'air, peut contribuer à la surchauffe urbaine. Cette chaleur peut être valorisée pour chauffer des logements, bureaux, piscines ou autres infrastructures.

Selon qu'elle est rejetée ou récupérée, cette chaleur constitue soit une nuisance locale (rejets thermiques), soit un gisement de chaleur utile susceptible de se substituer à des énergies de chauffage plus carbonées.

Des ordres de grandeur théoriques

- Environ 8 TWh de chaleur fatale seraient valorisables⁷⁵.
- Le parc de data centers en Île-de-France pourrait, sur une base annuelle, chauffer au moins 1 million de logements⁷⁶.
- Les 35 nouveaux data centers en projet annoncés au sommet Choose France 2025, en régime de croisière, pourraient générer plus de 100 TWh de chaleur par an, soit 2,5 fois les besoins en chauffage de tous les logements du Grand Paris⁷⁷.

En pratique, une utilisation de la chaleur fatale encore faible

Il existe de multiples freins techniques et économiques à cette valorisation :

- **Localisation** : beaucoup de data centers (notamment les plus grands) sont localisés dans des zones industrielles ou excentrées, loin des réseaux de chaleur urbains ou des sites consommateurs (piscines, logements, hôpitaux).
- **Réhausse nécessaire** : la chaleur disponible est souvent à trop basse température (25–40 °C) pour une réutilisation directe - hors cas très spécifiques (piscines à 28–30 °C, boucles 5^e génération « température ambiante »). Pour la plupart des réseaux de chaleur actuels, il faut viser 55–60 °C (ECS - eau chaude sanitaire) et 65–75 °C (nombreux réseaux existants), voire 80–110 °C sur des réseaux hérités. Pour réaliser cette réhausse, on utilise généralement des pompes à chaleur dédiées, avec, si besoin, un appoint (chaudière gaz / biomasse ou chaudière électrique à électrodes). Cela augmente la consommation électrique (et peut déplacer une partie de

⁷⁵ CNER, 2025. « [Focus Territoires : les datacenters face à l'enjeu énergétique et territorial](#). » 20 mai 2025.

⁷⁶ Manac'h, E. 2025. « [Data centers, un immense gâchis de chaleur](#). » Reporterre, 5 mai 2025.

⁷⁷ Fremaux, B. 2025. « [Énergie : « Il faut récupérer la chaleur des data centers »](#). » Les Echos, 24 mars 2025.

l'empreinte vers le scope 2), tout en alourdissant l'investissement et les coûts d'exploitation.

- **Asynchronie** : un data center doit rester opérationnel en continu, quand la demande en chaleur des bâtiments est saisonnière. Il faut des usages continus (ECS, process industriels) et/ou du stockage pour lisser.
- **Durées de vie non alignées** : les data centers ont une durée de vie opérationnelle souvent incertaine en raison des évolutions de marché et de technologies, avec des cycles IT de 3–5 ans, des équipements CVC / énergie de 10–15 ans et un bâtiment / infrastructures de 20–25 ans. À l'inverse, un réseau de chaleur se conçoit sur le temps long : 30–50 ans pour les canalisations et sous-stations, avec des horizons d'amortissement et des concessions de 20–30 ans. La pérennité du gisement de chaleur n'est pas garantie sur l'horizon de rentabilité du réseau sans engagements contractuels de long terme.
- **Rentabilité incertaine** : le coût des infrastructures nécessaires (pompes à chaleur, réseaux, raccordements, exploitation) est souvent supérieur aux bénéfices de la vente de chaleur aux tarifs actuels. Or, la compétence en réseaux de chaleur relève des collectivités ; ce sont elles qui supportent généralement le coût, et non les opérateurs. La viabilité économique suppose une forte densité d'usages, la proximité, un prix plancher contractuel (*take-or-pay*) et, le plus souvent, des soutiens publics (fonds chaleur, CEE), ainsi qu'une électricité à un coût compatible avec la réhausse par pompe à chaleur.

Quand la valorisation de la chaleur fatale se heurte à des obstacles techniques et économiques

À l'ouest de Londres, dans la zone de reconversion urbaine « **Old Oak & Park Royal** », le Old Oak and Park Royal Development Corporation (OPDC) prévoit de valoriser la chaleur fatale des data centers en les injectant dans le réseau de chaleur, avec un déploiement en phases à partir de 2026/2028, avec une montée en puissance jusqu'en 2040.

Pour soutenir ce projet, une subvention de 36 millions £ a été accordée par le Green Heat Network Fund. Pourtant, plusieurs incertitudes techniques, contractuelles et économiques persistent. Par exemple :

- l'OPDC identifie le risque que les exploitants de data centers ne souhaitent pas s'engager à se raccorder⁷⁸ ;
- Un rapport de faisabilité indique que des canalisations de l'ordre de 1 à 2,5 km sont nécessaires pour raccorder certains sites à un réseau de chaleur⁷⁹ ;

6.2. Solutions

“

La doctrine nationale en matière de récupération de la chaleur fatale des data centers doit être appliquée avec discernement. Pour valoriser efficacement cette chaleur, il faut mobiliser des équipements comme des pompes à chaleur, ce qui n'est pas toujours rentable, ni adapté aux situations locales. Mon conseil : envisager d'autres usages de la chaleur fatale que l'alimentation d'un réseau de chauffage partagé.

À Marcoussis, un premier test a été mené autour de la production d'algues, mais d'autres pistes pourraient être explorées, comme l'installation de serres agricoles à proximité. Cela suppose toutefois l'implication des parties prenantes, en l'occurrence des agriculteurs.

”

Olivier Thomas, ancien Maire de Marcoussis.

La valorisation de la chaleur fatale n'est pas une solution automatique : elle dépend d'un triptyque **température – proximité – débouchés**. Les retours d'expérience montrent que les projets qui aboutissent combinent des choix de conception « *heat-ready* », une stratégie réseau à l'échelle du territoire, des usages capables d'absorber une chaleur continue, et des montages contractuels et économiques sécurisés.

Concevoir et équiper des data centers « heat-ready » (capture + réhausse)

- Concevoir pour récupérer : privilégier des architectures de refroidissement compatibles avec la récupération (eau tiède, boucles hydrauliques).
- Prévoir une interface chaleur dès l'amont : échangeurs, instrumentation, réservations de génie civil et cheminements de raccordement.
- Lorsque le réseau exige une température plus élevée, prévoir une réhausse par pompe à chaleur (et, si besoin, un appoint), en intégrant dès le départ l'équation CAPEX / OPEX et le coût électrique.

⁷⁸ OPDC, 2021. « Data Centre Waste Heat Network. » CEO Decision CD169, 15 septembre 2021.

⁷⁹ Sustainable Energy, 2025. « [Ealing Town Centre Heat Network Feasibility Report](#). » 14 mai 2025.

Concevoir pour récupérer

Le supercalculateur public **Jean Zay** alimente un réseau de chaleur à Paris-Saclay, chauffant environ 1 500 logements. Avec un refroidissement à eau tiède (arrive à 30°C, ressort à 36°C), l'eau réchauffée est réinjectée dans le réseau de chaleur.

À **Genève**, le réseau de chaleur est à 60°C quand la chaleur d'un data center est d'à peine 40°C. DC4, le data center d'Infomaniak à Genève, est l'un des rares data centers qui chauffe de l'eau pour l'injecter dans un réseau de chaleur. Il utilise une pompe à chaleur pour d'un côté, refroidir l'air issu des allées chaudes, et de l'autre côté réchauffer l'eau pour les réseaux de chaleur (de 40°C à 67°C). Il est souterrain et redistribue la chaleur pour chauffer les habitations juste au-dessus (immeubles en construction) : 6 000 logements au total. Une part très importante de l'énergie du data center est valorisée. Il fournit du chauffage à 6 000 logements en hiver, et fournit de l'eau chaude à une quantité plus large de logements en été. Ce cas montre que connecter le datacenter à un réseau très large permet d'adapter la portée selon les besoins de la collectivité.



Figure 27 : Tuyaux du système de refroidissement du supercalculateur Jean Zay
Source : CNRS, 2024⁸⁰. © Rafael MEDEIROS / IDRIS / CNRS Images

⁸⁰ CNRS, 2024. « [Le supercalculateur Jean-Zay recycle sa chaleur.](#) » CNRS, 26 février 2024.

Agir à l'échelle du réseau et du quartier

- **Boucles de chaleur / froid basse température (5^e génération)** : plus compatibles avec des sources à 25–40°C, particulièrement adaptées aux ZAC / quartiers en développement, car elles limitent le besoin de réhausse.
- **Hybridation / appoint** : combiner la chaleur des data centers avec d'autres sources (géothermie, UIOM, biomasse, etc.) pour assurer continuité, résilience et un meilleur facteur d'utilisation du réseau.

Un cadre d'implantation « gagnant-gagnant » : chaleur contre infrastructures

Le **Stockholm Data Parks** est un programme qui encadre l'implantation de data centers : les data centers récupèrent et réinjectent leur chaleur excédentaire dans le réseau de chauffage urbain qui alimente 80 % des bâtiments / chauffe 30 000 appartements chaque année.

En échange, les data centers bénéficient d'électricité renouvelable à prix avantageux et d'un accès rapide aux infrastructures (fibre, autorisations, réseau de froid). Quatre zones spécialisées ont été créées (Kista, Brista, Skarpnäck, Väsby).

Traiter l'asynchronie : chaleur continue vs demande saisonnière

- **Sécuriser des usages « socle »** (ECS, piscines, hôpitaux, process...) et/ou prévoir du **stockage thermique** pour lisser.
- **Cascade d'usages** : affecter la chaleur la plus "chaude" aux usages exigeants, puis utiliser les températures plus basses pour des usages tolérants (serres, séchage, aquaculture, etc.).

Multi-usages autour d'un data center

À **Saint-Denis**, la piscine olympique ainsi que 1 600 logements autour d'elle sont chauffés par un réseau de chaleur urbain alimenté en partie par la chaleur récupérée sur un data center Equinix. La ferme urbaine positionnée sur le toit du data center est chauffée de la même manière ; elle produit deux tonnes de tomates et quelques kilos d'aromates redistribués à une épicerie solidaire de la ville.

Sécuriser l'équation économique et contractuelle

- **Engagements long terme (10–20 ans)** : volumes, disponibilité, clauses de continuité, gouvernance en cas de changement d'exploitant, visibilité sur les évolutions d'exploitation.
- **Partage CAPEX/OPEX** : clarifier « qui paie quoi » (collectivité / opérateur de réseau / opérateur du data center), définir une rémunération stable (prix plancher, *take-or-pay*, indexations).
- **Incitations** : mobiliser les dispositifs publics (fonds chaleur, CEE) et, le cas échéant, des leviers fiscaux.

Rendre le raccordement rentable par la fiscalité

En Finlande, depuis 2022, les data centers qui revendent la chaleur résiduelle aux réseaux de chauffage urbain bénéficient d'un taux de taxation sur l'énergie réduit. Cette incitation fiscale facilite le raccordement des data centers aux réseaux de chaleur.

À retenir

- **Cadrer le sujet dès l'amont** : la chaleur fatale n'est pas automatiquement valorisable. La faisabilité dépend d'un triptyque simple : **température disponible – proximité des usages – débouchés**
- **Distinguer clairement le potentiel et la part effectivement valorisable**
- **Agir tôt plutôt que corriger après** : la marge de manœuvre est maximale au moment de l'aménagement et de l'instruction
- **Sécuriser des usages continus** : usages socle, stockage ou cascade d'usages
- **Viser des engagements de long terme**, un partage clair CAPEX / OPEX, et une répartition explicite des risques
- **Intégrer le coût électrique de la réhausse**
- **Mobiliser les leviers de politique publique pour accélérer la valorisation**

Ce guide appartient à ceux qui veulent décider, agir, ensemble et en connaissance de cause.

Les défis posés par les data centers ne se résolvent pas collectivement par collectivement, ni opérateur par opérateur. Ils appellent une réponse d'écosystème : des standards partagés, des retours d'expérience mutualisés et des indicateurs communs.

C'est le sens de l'Observatoire National du Data Center Durable.

Rejoignez la plateforme fédératrice ouverte à **tous les acteurs** — élus, opérateurs, aménageurs, experts — pour partager les bonnes pratiques, contribuer aux indicateurs de demain et construire un développement numérique territorialement responsable.



[Découvrir l'intégralité du guide](#)

