

17 décembre 2025

ÉTUDE

Les questions concurrentielles relatives
à l'impact énergétique et environnemental
de l'Intelligence Artificielle



Résumé¹

À la suite de son avis n° 24-A-05 sur l'Intelligence Artificielle (ci-après « IA ») générative, l'Autorité a souhaité prolonger sa réflexion en examinant, dans une étude, les questions concurrentielles relatives à l'impact énergétique et environnemental de l'IA. Le développement rapide des centres de données et de l'IA, prioritaire pour l'Europe et la France, s'accompagne en effet d'une forte hausse de la consommation d'électricité et de l'empreinte carbone, et exerce des pressions accrues sur d'autres ressources (eau, métaux rares, foncier). Cette pression pourrait être en partie compensée par l'amélioration permise par l'IA de l'efficacité énergétique et de la gestion des ressources, qui dépasse le champ de la présente étude.

Les centres de données représentent aujourd'hui environ 1,5 % de la consommation mondiale d'électricité, mais leur impact local est beaucoup plus significatif et leur consommation pourrait plus que doubler d'ici 2030 sous l'effet de l'IA. En France, selon Réseau de Transport d'Électricité (RTE), la consommation des centres de données, estimée à 10 TWh au début des années 2020, pourrait atteindre 12 à 20 TWh en 2030 puis 19 à 28 TWh en 2035, soit près de 4 % de la consommation nationale. Cette dynamique conduit certains grands acteurs, notamment américains, à sécuriser des partenariats d'approvisionnement en énergie décarbonée. Parallèlement, plusieurs acteurs du numérique ont annoncé une forte augmentation de leurs émissions de gaz à effet de serre résultant notamment de l'augmentation de la consommation énergétique des centres de données et de leur consommation d'eau dans un contexte de stress hydrique croissant.

Dans un premier temps, à partir de ces constats, l'Autorité identifie trois types d'enjeux concurrentiels dans le cadre de la présente étude.

Tout d'abord, les acteurs du secteur sont confrontés à des difficultés d'accès au réseau électrique et à des incertitudes relatives au prix de l'énergie, ceci pouvant affecter la dynamique concurrentielle du secteur. Les pouvoirs publics ont mis en place plusieurs mesures destinées, notamment, à limiter les risques de saturation du réseau, accélérer le raccordement de consommateurs industriels électro-intensifs au réseau électrique et traiter plus efficacement ces demandes. Par ailleurs, l'accès à une énergie à un prix compétitif et prévisible est un enjeu important dans un contexte où l'électricité représenterait 30 à 50 % des charges d'exploitation d'un centre de données et où, de surcroît, le contexte énergétique est marqué par de fortes incertitudes. Dans ce contexte, l'Autorité a analysé plusieurs comportements susceptibles de soulever des préoccupations au regard des règles de concurrence et veillera à ce que la dynamique concurrentielle repose sur les mérites de chaque acteur.

Ensuite, la montée en puissance de la frugalité des services d'IA est susceptible de favoriser le développement de nouveaux modèles d'affaires permettant d'offrir à certains acteurs, et notamment aux entreprises de taille plus modeste, l'opportunité de rivaliser avec les plus grands acteurs du secteur. Cependant, pour pouvoir jouer pleinement son rôle de paramètre de concurrence, la frugalité ne doit pas être entravée par les comportements des acteurs. L'Autorité esquisse quels sont ceux qui, dans ce contexte, pourraient être problématiques au regard des règles de concurrence.

¹ Ce résumé a un caractère strictement informatif.

Enfin, la standardisation en cours relative à l’empreinte environnementale apparaît comme un axe fondamental pour garantir une concurrence entre acteurs. L’Autorité identifie également plusieurs problématiques concurrentielles susceptibles d’émerger dans ce cadre.

Dans un second temps, l’Autorité souligne deux points de vigilance. D’une part, pour apprécier correctement les effets concurrentiels liés à l’empreinte énergétique et environnementale de l’IA, il convient de disposer de **données fiables et transparentes** afin d’éviter qu’une poignée d’acteurs bénéficient d’un avantage décisif relatif à ces informations. Une telle transparence, y compris obtenue par le biais de la mise en place de standards, permettrait en outre que la frugalité puisse pleinement jouer son rôle de paramètres de concurrence. D’autre part, il importe de s’assurer que **l’ensemble des acteurs puissent accéder aux zones adaptées à l’implantation de centres de données et à l’énergie, en particulier à l’électricité d’origine nucléaire, à des conditions permettant l’exercice d’une concurrence par les mérites.**

L’Autorité invite l’ensemble des parties prenantes à se saisir de cette première étude sur les enjeux concurrentiels liés à l’impact énergétique et environnemental de l’IA, à se rapprocher d’elle si des comportements potentiellement anticoncurrentiels sont observés sur les différents marchés concernés, mais également à prendre contact avec le Rapporteur général pour obtenir des orientations informelles sur la compatibilité au regard des règles de concurrence des projets poursuivant des objectifs de développement durable qui pourraient être déployés.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
I. L'IMPACT ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL DE L'IA	6
A. L'IMPACT ÉNERGÉTIQUE DE L'IA	6
1. LES BESOINS CROISSANTS EN ÉLECTRICITÉ DES CENTRES DE DONNÉES ET LES RÉPONSES DES ACTEURS DE L'ÉNERGIE	7
a) Des besoins importants en électricité, amplifiés par l'essor de l'IA	7
b) La conclusion d'accords entre grands acteurs du numérique et fournisseurs d'énergie décarbonée	10
2. UN CADRE EUROPÉEN ENCOURAGEANT L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LE RECOURS AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES	11
B. L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'IA	12
1. UNE PRESSION SUR PLUSIEURS RESSOURCES	12
2. UN IMPACT CARBONE NON NÉGLIGEABLE	14
II. ENJEUX CONCURRENTIELS	16
A. LES ENJEUX LIÉS À L'ACCÈS À L'ÉNERGIE.....	17
1. LES DIFFICULTÉS LIÉES À L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET LA MAÎTRISE DE SON COÛT	17
a) L'accès au réseau électrique.....	17
b) L'accès à une énergie à un prix compétitif et prévisible	20
2. LES CONSÉQUENCES EN TERMES CONCURRENTIELS.....	22
B. LES ENJEUX LIÉS À L'ÉMERGENCE DE LA FRUGALITÉ COMME PARAMÈTRE DE CONCURRENCE	23
1. LA FRUGALITÉ COMME RÉPONSE À LA CONTRAINTE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE	23
2. LES CONSÉQUENCES EN TERMES CONCURRENTIELS.....	26
C. LES ENJEUX DE LA STANDARDISATION EN COURS RELATIVE À L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE	28
1. L'ÉMERGENCE DE NORMES EN MATIÈRE D'IA	28
2. LES CONSÉQUENCES EN TERMES CONCURRENTIELS.....	30
CONCLUSION.....	32

INTRODUCTION

1. L'intelligence artificielle (ci-après « IA ») désigne, selon le Parlement européen, tout outil utilisé par une machine « *afin de reproduire des comportements liés aux humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité* »². L'IA générative désigne des modèles capables de créer de nouveaux contenus comme du texte, des images, du son ou des vidéos. L'IA générative recouvre une réalité hétérogène dans la mesure où elle englobe à la fois les infrastructures numériques, constituées pour l'essentiel de centres de données³, et des agents conversationnels reposant sur des modèles de fondation, tel que Le Chat de Mistral AI. Pour une description de la chaîne de valeur de l'IA générative, il est renvoyé à l'avis n° 24-A-05 de l'Autorité de la concurrence (ci-après « l'Autorité ») relatif au fonctionnement concurrentiel du secteur (« l'avis de 2024 »)⁴.
2. Compte tenu du rôle central des centres de données et des modèles d'IA générative, leur essor constitue désormais un enjeu stratégique majeur. Le développement des centres de données et de l'IA constitue ainsi une priorité pour l'Europe mais aussi pour le Gouvernement français.
3. Si le nombre d'emplois liés à la filière des centres de données en France est actuellement relativement modeste, de l'ordre de 48 400 au total (dont 30 000 directs)⁵, la valeur ajoutée directe des centres de données s'élèverait, selon une organisation professionnelle du secteur, à 3,4 milliards d'euros en 2023 à laquelle s'ajouteraient 1,6 milliard d'euros de retombées indirectes et induites (par exemple, dans le secteur de la construction), bénéficiant à tous les secteurs de l'économie française⁶, sans compter la visibilité nationale et internationale des territoires concernés.
4. Cette priorité se traduit par plusieurs annonces et mesures publiques emblématiques, parmi lesquelles :
 - le lancement, en 2018, d'une stratégie nationale pour l'IA visant à renforcer les capacités de recherche et à favoriser la diffusion de ces technologies au sein de l'économie. Une deuxième phase (2022-2025), dotée de 1 milliard d'euros dans le cadre de France 2030, cible en particulier le soutien au développement de l'innovation sur certains domaines prioritaires tels que l'IA frugale (voir ci-après paragraphe 83 et suivants)⁷. Par ailleurs, depuis les annonces d'investissements en France de 109 milliards d'euros lors du Sommet pour l'Action pour l'IA au mois de

² <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20200827STO85804/intelligence-artificielle-definition-et-utilisation> (consulté le 2 décembre 2025).

³ Aux termes de l'article 15 du projet de loi de simplification de la vie économique déposé le 18 juin 2025, un centre de données se définit comme « *une installation ou un groupe d'installations servant à héberger, connecter et exploiter des systèmes et des serveurs informatiques et du matériel connexe pour le stockage, le traitement de données, la distribution des données, ainsi que pour les activités qui y sont directement liées* ».

⁴ Avis de l'Autorité de la concurrence n° 24-A-05 du 28 juin 2024 relatif au fonctionnement concurrentiel du secteur de l'intelligence artificielle générative.

⁵ *Étude France Datacenter & EY*, 2024, p. 7.

⁶ *Ibidem*, p. 8 et 11.

⁷ <https://www.economie.gouv.fr/actualites/strategie-nationale-intelligence-artificielle> (consulté le 2 décembre 2025).

février 2025, 28 nouveaux sites susceptibles d'accueillir des centres de données ont été identifiés, en plus des 35 sites annoncés ;

- le projet de loi de simplification de la vie économique, en cours d'examen au Parlement, vise également à accélérer les démarches administratives pour les centres de données en les classant comme projets d'intérêt national majeur. Cette qualification permet notamment de faciliter les raccordements aux réseaux de transport d'électricité des centres de données de grande envergure ;
- des dispositifs fiscaux incitatifs, comme le taux réduit d'accise sur l'électricité dont bénéficient les centres de données depuis 2019⁸.

5. Grâce à ces initiatives, à son excédent d'électricité décarbonée reposant sur des technologies de production telles que le nucléaire et les énergies renouvelables (hydroélectricité, éolien, photovoltaïque, etc.), à la qualité de son réseau et de ses infrastructures numériques⁹ ainsi qu'à des prix de l'électricité potentiellement plus faibles pour les acteurs électro-intensifs que sont les acteurs de l'IA¹⁰, la France se positionne comme un pays attractif pour l'accueil des centres de données liés à l'IA.
6. Les perspectives de croissance des centres de données en France sont importantes. Paris est la troisième ville européenne en termes de capacité installée, derrière Francfort [environ 2 900 mégawatts¹¹ (ci-après « MW »)] et Londres (environ 1 000 MW)¹², avec 683 MW à la fin de l'année 2024. Elle connaît la deuxième plus forte croissance annuelle en 2023 et en 2024. Le pays comprendrait aujourd'hui 322 centres de données, en troisième position en Europe derrière l'Allemagne (529) et le Royaume-Uni (523)¹³.
7. Toutefois, le développement de l'IA en France a un coût : il s'accompagne notamment de conséquences sur le plan énergétique et environnemental.
8. L'impact net de l'IA en termes énergétiques et en termes environnementaux est ambivalent : d'un côté, le développement de l'IA, notamment de l'IA générative, a un impact important sur le secteur énergétique mais également sur la société en général compte tenu de son empreinte environnementale. D'un autre côté, l'IA offre des opportunités d'optimisation de la consommation énergétique et d'innovation dans de nombreux secteurs comme les transports, l'énergie, le traitement des eaux, l'agriculture ou la modélisation climatique, par exemple. La présente contribution se concentre sur le premier aspect et, au sein de celui-ci,

⁸ Article 266 quinquies C du code des douanes.

⁹ Baromètre 2025 EY - France Data Center, Étude d'impact économique, social et environnemental de la filière des datacenters en France, 11 juin 2025, p. 15 et suivantes.

¹⁰ Dans son bilan semestriel du mois de juillet 2025, RTE fait état de ce que les prix français, y compris les prix sur les marchés à terme, sont les plus faibles d'Europe (sauf l'Espagne) et que les prix sur les marchés à terme suivent une tendance baissière (voir RTE, bilan du premier semestre 2025 et perspectives sur la sécurité d'approvisionnement en électricité pour l'été, 23 juillet 2025, p. 3, 16 et suivantes).

¹¹ Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, Status and development of the German data centre landscape - Executive Summary, mars 2025, p. 4.

¹² House of Commons Library, Data centres: planning policy, sustainability, and resilience, 3 novembre 2025, p. 16.

¹³ D'après le site cloudscene consulté le 1^{er} octobre 2025. Il convient de noter que le site ne donne pas de définition de « centre de données ». Toutefois, cet ordre de grandeur est confirmé par d'autres acteurs du secteur.

sur les enjeux concurrentiels liés à l'impact énergétique et environnemental de l'IA générative¹⁴ et n'a pas pour ambition de porter un jugement sur son impact net.

9. En effet, si les risques concurrentiels de l'IA sont d'ores et déjà identifiés, comme le montre l'avis de 2024, les enjeux concurrentiels liés aux besoins énergétiques de l'IA et à son impact environnemental, en particulier, ont été jusqu'à présent peu étudiés alors même qu'ils deviennent des sujets majeurs pour le secteur. Cela s'explique notamment par une certaine opacité à cet égard, les données disponibles étant parcellaires, peu comparables, voire contradictoires¹⁵.
10. Après un état général des connaissances actuelles sur l'impact énergétique et environnemental de l'IA **(I)**, la présente étude propose un examen des principaux enjeux concurrentiels qui y sont associés **(II)**.

I. L'impact énergétique et environnemental de l'IA

11. Le déploiement de l'IA repose sur une puissance de calcul rendue possible par l'utilisation de processeurs graphiques sophistiqués. Ces équipements sont le plus souvent hébergés au sein de centres de données qui constituent l'infrastructure physique indispensable au fonctionnement de l'IA. La présente étude se concentre donc sur l'impact énergétique et environnemental de ces centres de données, même s'ils ne sont pas uniquement utilisés pour l'IA et si l'impact global de l'IA ne se résume pas uniquement à l'impact de ces centres.
12. Dans les développements qui suivent, sont successivement présentés l'impact énergétique **(A)** et l'impact environnemental de l'IA **(B)**.

A. L'IMPACT ÉNERGÉTIQUE DE L'IA

13. L'essor de l'IA s'accompagne d'une consommation énergétique particulièrement élevée, en raison de ses besoins importants en électricité, notamment pour alimenter les centres de données et les infrastructures de calcul intensif, qui conduit certains acteurs de l'IA à nouer des partenariats nouveaux avec les acteurs du secteur énergétique **(1)**. En parallèle, se développe un cadre réglementaire visant à encourager l'efficacité énergétique **(2)**.

¹⁴ Parmi les considérations de durabilité, seules les considérations environnementales sont abordées. L'analyse des enjeux concurrentiels qui est proposée s'applique toutefois, *mutatis mutandis*, à l'ensemble des considérations de durabilité.

¹⁵ Sur le « brouillard informationnel » de l'IA, voir notamment le rapport de Sopra Steria, « IA & Environnement : Sortir du brouillard informationnel », Juin 2025.

1. LES BESOINS CROISSANTS EN ÉLECTRICITÉ DES CENTRES DE DONNÉES ET LES RÉPONSES DES ACTEURS DE L'ÉNERGIE

a) Des besoins importants en électricité, amplifiés par l'essor de l'IA

14. La croissance rapide de l'IA générative entraîne une vague sans précédent de construction de centres de données : doublement de la capacité en production en Amérique du nord entre 2023 et 2024 [soit 6,4 gigawatts (ci-après « GW ») en construction en 2024]¹⁶ et augmentation de 21 % de la capacité opérationnelle en Europe avec 2,6 GW actuellement en construction et 11,5 GW en cours de planification¹⁷.
15. Ces centres nécessitent la mise en place d'aménagements spécifiques.
16. Tout d'abord, leur construction nécessite d'identifier des terrains susceptibles de réunir toutes les garanties nécessaires à leur sécurité et à leur connectivité (analyse de la sismicité du lieu, de la qualité des infrastructures routières et optiques), d'obtenir les autorisations administratives requises pour leur implantation (permis de construire, évaluations de nature environnementale notamment) et de s'assurer de trouver une main-d'œuvre locale qualifiée. Ensuite, l'accès au nœud fibre, permettant de bénéficier de liaisons à haut débit, constitue un élément essentiel. Cette proximité réduit la latence (c'est-à-dire le temps de réponse aux requêtes adressées aux modèles d'IA) et diminue le coût de raccordement mais entraîne également une concentration des centres de données autour des mêmes boucles locales. Enfin, une fois construits, les centres de données doivent être équipés de serveurs, de systèmes de stockage et de connectivité aux réseaux.
17. La consommation énergétique des centres de données est également un facteur essentiel.
18. Celle-ci provient, à titre principal, de la consommation électrique des équipements informatiques, et notamment des serveurs (dont le fonctionnement continu est nécessaire pour assurer leur disponibilité permanente) et des systèmes de refroidissement (qui sont indispensables au maintien des températures de fonctionnement des serveurs optimales). Au-delà, la consommation électrique provient de l'alimentation qui correspond aux pertes des équipements électriques, au maintien de l'alimentation de secours en condition optimale (groupe électrogène, batteries, etc.) et de la consommation électrique des bureaux (chauffage, éclairage, systèmes de sécurité, etc.)¹⁸.
19. Cette consommation est particulièrement importante dans le cas du développement de modèles d'IA, qui sont hébergés dans ces centres de données. Il ressort d'un rapport de l'Agence internationale de l'énergie (ci-après « l'AIE ») publié au mois d'avril 2025 (ci-après « le rapport de l'AIE ») que, si un centre de données classique peut avoir une puissance de 10 à 25 MW, un centre de données axé sur l'IA peut – quant à lui – avoir une capacité de 100 MW ou plus¹⁹ (consommant ainsi autant d'électricité par an que 100 000 foyers selon l'AIE). Cela s'explique par le fait que ces centres de données comprennent une architecture optimisée reposant notamment sur des processeurs graphiques

¹⁶ À titre de comparaison, 1 GW équivaut à la puissance d'un grand réacteur nucléaire. Par exemple, l'EPR de Flamanville a un réacteur de 1,6 GW (voir par exemple : <https://reglementation-contrôle.asnr.fr/espace-professionnels/installations-nucleaires/centrales-nucleaires>).

¹⁷ Allianz, Big beautiful data centers: How AI and infrastructure are giving a second wind to an ailing construction sector, 7 octobre 2025, p. 9.

¹⁸ Arcep, Enquête annuelle « pour un numérique soutenable », 17 avril 2025, p. 23.

¹⁹ Agence internationale de l'énergie, Energy and AI, avril 2025, p. 38.

spécialisés, comme les GPU²⁰ ou autres accélérateurs d'IA. Chaque étape du développement d'un modèle d'IA²¹ nécessite des ressources de calcul distinctes mais très consommatrices d'électricité, en particulier pour l'inférence lorsque les modèles sont publiquement accessibles (comme ChatGPT ou Le Chat). En effet, certaines études estiment que l'inférence représente entre 80 et 90 % de la puissance de calcul utilisée par l'IA²².

20. Selon le rapport de l'AIE, les centres de données, tous usages confondus, représentent aujourd'hui une faible part de la consommation mondiale d'électricité [environ 1,5 %, soit 415 térawattheures (ci-après « TWh »), en 2024]. D'après l'Observatoire de l'énergie et de l'IA de l'AIE²³, la consommation électrique des centres de données représentait 4,4 % de la demande totale d'électricité aux États-Unis en 2024, 2,3 % dans l'Union européenne, 1,5 % au Japon et 1,1 % en Chine. Cependant, leur impact local est beaucoup plus significatif²⁴. Près de la moitié de la capacité des centres de données aux États-Unis est concentrée dans cinq pôles (« *clusters* ») régionaux²⁵. Plus encore, il est estimé que leur consommation électrique devrait, a minima, plus que doubler d'ici à 2030 (pour atteindre 945 TWh) compte tenu notamment de la demande liée à l'IA.
21. L'évaluation de la consommation électrique des centres de données liée à l'IA peut s'avérer complexe. En effet, les opérateurs de ces centres n'ont pas toujours une visibilité sur la part d'électricité attribuable aux différentes charges de travail et il n'est pas toujours aisé d'identifier les critères de mesure adéquats. Par exemple, le rapport de l'AIE²⁶ propose de se fonder sur la consommation énergétique des serveurs d'IA (« *accelerated servers* »), représentant 24 % de la demande d'électricité au sein des centres de données, tout en reconnaissant les limites d'un tel critère dans la mesure où, notamment, certaines étapes de l'inférence des modèles peuvent être conduites sur des serveurs traditionnels et, inversement, certaines charges de travail non liées à l'IA peuvent être conduites sur des serveurs d'IA.

²⁰ Un GPU (Graphics Processing Unit) est un processeur composé de nombreux cœurs spécialisés, permettant d'assurer les fonctions de calcul d'images de manière parallélisée. On le trouve généralement sur les cartes graphiques (définition issue de l'avis de l'Autorité n° 23-A-08 du 29 juin 2023 portant sur le fonctionnement concurrentiel de l'informatique en nuage (« *cloud* »)).

²¹ Selon l'avis n° 23-A-08 précité, le développement des modèles de fondation repose sur deux étapes principales. La phase d'entraînement du modèle vise à lui apprendre des capacités générales permettant au modèle de produire le contenu (texte, images ou autres) qui constitue la réponse la plus probable à une question posée. Cette étape peut être complétée par une spécialisation sur des tâches spécifiques, appelée réglage fin (en anglais '*fine tuning*'). Enfin, la production de contenu à partir de ce modèle, aussi appelée inférence, nécessite la mise à disposition du modèle aux utilisateurs finaux.

²² MIT Technology Review, We did the math on AI's energy footprint. Here's the story you haven't heard, 20 mai 2025.

²³ AIE, Energy and AI Observatory, 16 juin 2025 (consulté le 2 décembre 2025).

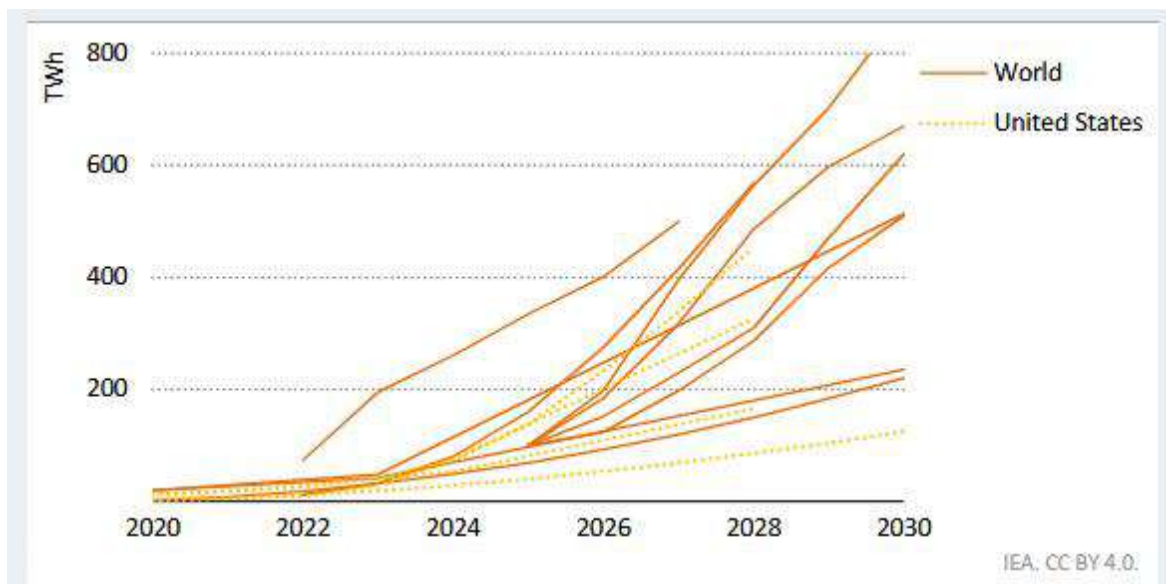
²⁴ Voir T. Spencer et S. Singh, "What the data centre and AI boom could mean for the energy sector", commentaire publié sur le site de l'AIE, 18 octobre 2024 : « [s]i l'on considère la croissance de la consommation totale d'électricité à l'échelle mondiale, la contribution des centres de données est modeste. La demande mondiale agrégée d'électricité augmenterait de 6 750 térawattheures (TWh) d'ici 2030 selon notre scénario de politiques publiques, soit plus que la demande combinée actuelle des États-Unis et de l'Union européenne. Si la numérisation croissante, notamment l'essor de l'IA, est un facteur à prendre en compte, la croissance économique continue, les véhicules électriques, les climatiseurs et l'importance croissante de l'industrie manufacturière à forte intensité électrique constituent des moteurs plus importants. Dans les grandes économies comme les États-Unis, la Chine et l'Union européenne, les centres de données représentent aujourd'hui environ 2 à 4 % de la consommation totale d'électricité. Cependant, en raison de leur concentration géographique, leur impact local peut être important » (traduction libre).

²⁵ Rapport de l'AIE précité, p. 14.

²⁶ Rapport de l'AIE précité, p. 56 et 57.

22. Le graphique ci-dessous, présenté dans ce rapport, montre que les différentes estimations de la part de l'IA dans la consommation totale d'électricité des centres de données varient considérablement selon les études. Selon l'AIE, ces estimations reposent au mieux sur des approximations imparfaites.

Graphique : Différentes estimations de la demande estimée en électricité des centres de données liée à l'IA, 2020-2030



Source : Rapport de l'AIE, figure 2.5, p. 57

[Ces chiffres sont fondés sur des données de plusieurs rapports externes : Deloitte (2024), Gartner (2024), Goldman Sachs (2024), Schneider Electric (2024), SemiAnalysis (2024), et Shehabi, et al., (2024)]

23. Selon Réseau de Transport d'Électricité (ci-après « RTE »)²⁷, une augmentation de la consommation électrique en France associée aux centres de données est très probable. Elle peut s'expliquer par plusieurs facteurs : l'augmentation des usages liés notamment à l'IA, un possible report de construction de centres de données vers la France, certains pays (comme les Pays-Bas ou l'Irlande) ayant fait le choix de limiter leur développement ou encore le fait qu'en encadrant le transfert de données personnelles en dehors de l'Union européenne, la réglementation sur la localisation des données, comme le règlement général sur la protection des données²⁸ notamment, encouragent l'implantation des centres de données au sein du territoire européen.
24. La consommation des centres de données en France, estimée autour de 10 TWh au début de la décennie 2020, pourrait ainsi atteindre, selon les scénarios²⁹, entre 12 et 20 TWh en 2030,

²⁷ RTE, Bilan prévisionnel 2023-2025 – La consommation, p. 43.

²⁸ Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données), JOUE L 119, 4 mai 2016, p. 1.

²⁹ Dans le bilan prévisionnel de RTE précité, trois familles de scénarios sont présentées en fonction de trajectoires de consommation, des plus ambitieuses (scénario A) aux moins ambitieuses (scénario C, élaboré dans un contexte global plus « adverse ») en passant par le scénario B (atteinte partielle des objectifs).

et entre 19 et 28 TWh en 2035, soit environ 4 % de la consommation électrique française à cet horizon³⁰.

b) La conclusion d'accords entre grands acteurs du numérique et fournisseurs d'énergie décarbonée

25. Les acteurs du secteur de l'IA, notamment américains, recourent largement à l'énergie fossile pour leurs besoins énergétiques (centrales à gaz ou au charbon)³¹, mais ils se tournent également vers des sources d'énergie décarbonées telles que les énergies renouvelables ou le nucléaire afin de stabiliser leurs coûts énergétiques et sécuriser l'approvisionnement de leurs centres de données, notamment dans des zones à forte tension sur le réseau électrique³².
26. Plusieurs grandes entreprises du numérique ont ainsi annoncé s'engager dans des projets d'énergie renouvelable, notamment éolienne et solaire. Microsoft, par exemple, a signé un accord avec la société Brookfield en 2024 portant sur la fourniture d'une capacité de 10,5 GW d'énergie verte aux États-Unis et en Europe, soit un volume huit fois supérieur au plus important contrat d'achat d'électricité jamais conclu par une entreprise³³.
27. En complément des énergies renouvelables, d'autres sources d'énergie bas carbone, et le nucléaire en particulier, font également l'objet d'un intérêt croissant. En effet, tout d'abord, Microsoft a signé, en 2023, un accord avec la société Helion pour alimenter ses installations aux États-Unis à partir d'un réacteur à fusion nucléaire d'ici 2028³⁴ et a indiqué remettre en route un réacteur d'une centrale nucléaire permettant de lui assurer une puissance proche des 850 MW³⁵. Ensuite, en 2024, Amazon³⁶, Google³⁷ et Oracle³⁸ ont déclaré soutenir le développement des petits réacteurs nucléaires modulaires, moins puissants que les réacteurs

³⁰ Transitions, le magazine de RTE, n°11, décembre 2024 (p. 5).

³¹ Les Échos, Les États-Unis deviennent accros au charbon pour alimenter les centres de données, 30 septembre 2025.

³² Dans le cadre de cette étude, le nucléaire et les énergies renouvelables ne sont pas distingués. Il convient toutefois de rappeler que ces différentes sources présentent chacune des atouts et des limites pour l'alimentation des centres de données. Par exemple, le caractère intermittent de la production d'énergie renouvelable peut poser des difficultés à des infrastructures qui nécessitent un accès continu à l'électricité. Des initiatives auraient également été lancées afin de concevoir des centres de données fonctionnant exclusivement grâce aux énergies renouvelables. Celles-ci représentent d'ailleurs une part importante de l'énergie décarbonée aux États-Unis, dans un contexte où le nucléaire est en développement.

³³ Brookfield, Brookfield and Microsoft collaborating to deliver over 10.5 GW of New Renewable Power Capacity Globally, 1^{er} mai 2024.

³⁴ Helion, Helion announces world's first fusion energy purchase agreement with Microsoft, 10 mai 2023.

³⁵ Constellation, Constellation to Launch Crane Clean Energy Center, Restoring Jobs and Carbon-Free Power to The Grid, 20 septembre 2024.

³⁶ Amazon, Amazon signs agreements for innovative nuclear energy projects to address growing energy demands, 16 octobre 2024.

³⁷ Blog de Google, New nuclear clean energy agreement with Kairos Power, 14 octobre 2024.

³⁸ <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/oracle-to-build-nuclear-smr-powered-gigawatt-data-center/> (consulté le 9 décembre 2025).

nucléaires classiques³⁹. Meta⁴⁰ a annoncé le lancement d'un appel d'offres pour identifier des développeurs d'énergie nucléaire susceptibles d'accompagner l'innovation en IA et signé en 2025 un contrat d'achat d'électricité nucléaire pour une durée de vingt ans⁴¹. En parallèle, Amazon, Google et Meta se sont engagés en 2025 à soutenir un triplement des capacités nucléaires mondiales d'ici 2050⁴². Enfin, l'entreprise Nvidia, active notamment dans la vente de puces dédiées à l'IA, a récemment officialisé un investissement significatif dans la *start-up* américaine Commonwealth Fusion Systems, spécialisée dans la fusion nucléaire⁴³.

28. Si ces accords sont majoritairement localisés aux États-Unis, une stratégie similaire se développe en France, en Europe (voir *infra*) et dans le reste du monde⁴⁴.

2. UN CADRE EUROPÉEN ENCOURAGEANT L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LE RECOURS AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES

29. L'Union européenne (ci-après « l'Union ») met progressivement en place un cadre réglementaire destiné à promouvoir l'efficacité énergétique et le recours aux énergies renouvelables. Sans prétendre à l'exhaustivité, il est possible de citer plusieurs initiatives susceptibles d'avoir un impact sur les centres de données.
30. Tout d'abord, la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique⁴⁵ a été une nouvelle fois révisée en 2023 afin d'être adaptée au rehaussement des objectifs environnementaux et climatiques de l'Union. La directive 2023/1791⁴⁶ fixe désormais des objectifs plus ambitieux

³⁹ Selon l'Autorité de sûreté nucléaire, ces petits réacteurs modulaires (PRM) visent en particulier le marché de la fourniture directe d'énergie à des clients industriels et sont beaucoup moins puissants que les réacteurs historiques (10 à 400 fois moins que le réacteur EPR de Flamanville). Cette réduction significative de puissance implique notamment un nouveau modèle industriel d'une production de série avec une large part de préfabrication en usine, d'où ce qualificatif de petits réacteurs « modulaires ».

⁴⁰ Meta, Accelerating the Next Wave of Nuclear to Power AI Innovation, 3 décembre 2024.

⁴¹ Meta, Meta and Constellation Partner on Clean Energy Project, 3 juin 2025.

⁴² <https://world-nuclear.org/news-and-media/press-statements/major-global-companies-pledge-historic-support-to-triple-nuclear-energy> (consulté le 2 décembre 2025).

⁴³ Les Échos, Avec Nvidia, l'espoir américain de la fusion nucléaire engrange un nouveau soutien de poids, 31 août 2025.

⁴⁴ Au Japon, Google, Microsoft et Amazon ont ainsi passé plusieurs accords avec des producteurs d'énergies renouvelables pour alimenter leurs centres de données. Dès 2021 par exemple, Amazon a conclu un accord avec Mitsubishi Corporation afin de lui fournir de l'énergie solaire destinée notamment à alimenter ses centres de données (voir <https://www.mitsubishicorp.com/jp/en/news/release/2021/0000047708.html>). Par ailleurs, certaines entreprises, comme l'entreprise Ubitus KK, spécialiste de « cloud gaming », ont annoncé en 2024 construire leurs centres de données à proximité de centrales nucléaires au Japon (<https://www.world-nuclear-news.org/articles/japanese-data-centre-seeks-nuclear-electricity-supplies>). En Chine, Tencent a annoncé en 2024, le lancement d'un projet visant à utiliser l'énergie éolienne, l'énergie solaire photovoltaïque et le stockage d'énergie par batterie sur site dans le cadre d'une solution de micro-réseau pour alimenter un centre de données (<https://www.tencent.com/en-us/articles/2202029.html>). En 2025, la société chinoise Hailanyun Technology expérimente un centre de données sous-marin au large de Shanghai alimenté à 97 % de sources d'énergies renouvelables et, en particulier, de parcs éoliens offshore (<https://www.solutions-numeriques.com/la-chine-mise-sur-des-centres-de-donnees-sous-marins-pour-refroidir-lia/>).

⁴⁵ Directive 2012/27/UE du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique, JOUE L 315, du 14 novembre 2012, p. 1.

⁴⁶ Directive (UE) 2023/1791 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 relative à l'efficacité énergétique et modifiant le règlement (UE) 2023/955 (refonte) (JO L 231 du 20 septembre 2023, p. 1 à 111).

en matière de réduction de la consommation d'énergie, avec notamment une obligation de transparence des informations relatives à la performance énergétique et environnementale, et une obligation de valorisation de la chaleur fatale des centres de données dont la puissance totale nominale est supérieure à 1 MW. Le règlement 2024/1364 du 14 mars 2024 détaille les obligations de transparence⁴⁷.

31. Ensuite, le règlement 2024/1689 sur l'IA⁴⁸ favorise la mise en place de codes de conduite destinés notamment à évaluer et réduire au minimum l'incidence des systèmes d'IA sur l'environnement. La Commission européenne (ci-après « la Commission ») devra également présenter à intervalles réguliers l'état d'avancement des travaux de normalisation concernant le développement économe en énergie de modèles d'IA à usage général ainsi que l'impact et l'efficacité des codes de conduite.
32. Enfin, la Commission vient de publier une feuille de route stratégique pour la transition numérique et l'IA dans le secteur de l'énergie, dans l'objectif notamment « [d']améliorer l'efficacité des centres de données en instaurant un système de notation (et éventuellement des normes de performance minimales); et réduire la pression sur les réseaux électriques (en recourant, par exemple, à la flexibilité du côté de la demande) tout en réduisant au minimum les incidences sur les communautés locales »⁴⁹.

B. L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'IA

33. Comme indiqué en introduction, les données relatives à l'impact environnemental de l'IA sont partielles et parfois même contradictoires. Elles dépendent également très largement des territoires sur lesquels sont produits les intrants nécessaires à son fonctionnement, comme les puces par exemple, et implantés les centres de données. Dans les développements qui suivent, sont successivement présentés l'impact sur les ressources naturelles **(1)** et l'impact carbone de l'IA **(2)**.

1. UNE PRESSION SUR PLUSIEURS RESSOURCES

34. Au-delà de la consommation énergétique, l'IA mobilise également, tout au long de la chaîne de valeur, d'autres ressources dont la consommation n'est pas neutre d'un point de vue environnemental.

⁴⁷ Règlement délégué (UE) 2024/1364 de la Commission du 14 mars 2024 sur la première phase de la mise en place d'un système commun de notation des centres de données à l'échelle de l'Union (JO L 1364 du 17 mai 2024, p. 1).

⁴⁸ Règlement (UE) 2024/1689 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 établissant des règles harmonisées concernant l'intelligence artificielle et modifiant les règlements (CE) no 300/2008, (UE) no 167/2013, (UE) no 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 et (UE) 2019/2144 et les directives 2014/90/UE, (UE) 2016/797 et (UE) 2020/1828 (règlement sur l'intelligence artificielle) (JO L 2024/1689 du 12 juillet 2024, p. 1).

⁴⁹ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14742-Artificial-intelligence-and-digitalisation-for-energy-a-roadmap_en (consulté le 9 décembre 2025).

35. C'est en particulier le cas de l'eau. Or, compte tenu d'un stress hydrique important et croissant sur de nombreux territoires⁵⁰, des questions autour de la consommation d'eau par l'IA, mais également des prélèvements d'eau, commencent à émerger⁵¹.
36. L'eau est un intrant incontournable pour toute la chaîne de valeur de l'IA, notamment au stade de la fabrication des puces et des matériaux de construction des centres de données, car ceux-ci nécessitent des quantités importantes d'eau. Cependant, les études disponibles les plus récentes se concentrent sur les prélèvements directs d'eau pour le fonctionnement des centres de données. Les développements suivants qui, reprenant ces études, se concentrent sur les centres de données, ne sont donc qu'un reflet imparfait des prélèvements et de la consommation d'eau liés à l'IA.
37. Les centres de données prélèvent et consomment de l'eau, notamment pour le refroidissement des serveurs, l'humidification de l'air, le rechargement des circuits fermés ou le nettoyage et l'arrosage des équipements techniques. Les évolutions technologiques actuelles ont un double effet sur les prélèvements et consommations d'eau : d'une part, l'amélioration de la performance des puces et des accélérateurs d'IA implique des dégagements plus importants de chaleur et, en conséquence, des consommations plus importantes d'eau pour leur refroidissement. En contrepartie, les systèmes de refroidissement gagnent en efficacité et limitent les prélèvements d'eau.
38. Selon l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (ci-après « Arcep »), le volume d'eau, pour l'essentiel de l'eau potable, prélevé par les centres de données aurait atteint 0,6 million de m³ en 2023. Par ailleurs, la croissance annuelle du volume d'eau prélevé reste très soutenue, s'établissant à + 17 % en 2022 et + 19 % en 2023⁵². Sans considération pour les gains d'efficacité qui pourraient survenir, l'augmentation des volumes d'eau prélevés est appelée à se poursuivre compte tenu du réchauffement climatique.
39. À cette consommation directe d'eau, il faut ajouter les prélèvements et la consommation indirects, en particulier ceux liés à la production d'électricité nécessaire à l'activité des centres de données, qui sont estimés par l'Arcep à plus de 5,2 millions de m³ par an⁵³. Si le volume d'eau prélevé directement par les centres de données est très nettement inférieur au volume d'eau prélevé indirectement, il demeure un enjeu pour les centres de données.
40. Les acteurs économiques commencent à prendre la mesure des conséquences de l'IA sur l'eau. L'entreprise Mistral AI a ainsi récemment publié une étude sur l'impact du développement et de l'utilisation de grands modèles de fondation sur la consommation d'eau, qui montre que les phases d'entraînement et d'inférence représentent 91 % de cette

⁵⁰ Voir par exemple, Haut-Commissariat à la stratégie et au plan, « L'eau en 2050 : graves tensions sur les écosystèmes et les usages », juin 2025.

⁵¹ L'eau prélevée se distingue de l'eau consommée dans la mesure où cette dernière n'est pas restituée après consommation aux milieux aquatiques. Sur cette distinction, voir par exemple, <https://www.notre-environnement.gouv.fr/actualites/breves/article/prelevee-ou-consommee-comment-compter-sur-l-eau>.

⁵² Voir l'enquête de l'Arcep précitée, p. 28.

⁵³ Voir l'enquête de l'Arcep précitée, p. 29.

consommation⁵⁴. Des entreprises comme Microsoft et Google rapportent de leur côté une hausse significative (autour de 30 %) de leur consommation d'eau ces dernières années⁵⁵.

41. L'impact du développement de l'IA sur les prélèvements et la consommation d'eau commence également à faire l'objet d'une attention soutenue de la part des pouvoirs publics. À titre illustratif, les apports d'eau doivent dorénavant être transmis à l'Arcep et alimenter la base de données européenne sur l'efficacité des centres de données, conformément au règlement 2024/1364 du 14 mars 2024⁵⁶. En outre, une proposition de loi visant à favoriser une implantation vertueuse des centres de données sur le territoire français, y compris par la mise en place d'une redevance incitative sur l'eau, a été déposée au mois de février 2025⁵⁷.
42. Au-delà de la consommation d'eau, l'IA requiert de mobiliser d'autres ressources rares dont l'impact environnemental peut être problématique. Ainsi, les serveurs informatiques nécessitent d'importantes quantités de métaux rares⁵⁸, dont l'extraction, souvent intensive, s'appuie sur des méthodes d'exploitation ayant un fort impact environnemental mais également, plus largement, en termes de développement durable. Selon une étude du Conseil économique, social et environnemental⁵⁹, pour répondre aux projections de demandes, la quantité de métaux requis pourrait être multipliée par un facteur de trois à dix d'ici à 2050. Dans ce contexte, les enjeux de recyclabilité et de réemploi de ces ressources deviennent très importants⁶⁰.
43. Enfin, il convient de relever, même si ce point ne fait pas l'objet de la présente étude, que l'expansion rapide des centres de données représente également un risque important du point de vue foncier dont peuvent découler, notamment, des enjeux en termes de biodiversité.

2. UN IMPACT CARBONE NON NÉGLIGEABLE

44. L'IA est susceptible d'améliorer l'efficacité énergétique dans plusieurs secteurs. Dans le domaine des transports par exemple, le rapport de l'AIE précité⁶¹ montre que l'IA pourrait améliorer le fonctionnement et la gestion des véhicules, ce qui pourrait réduire la consommation d'énergie jusqu'à 20 %. Elle pourrait également être utilisée pour réduire les

⁵⁴ <https://mistral.ai/fr/news/our-contribution-to-a-global-environmental-standard-for-ai> (consulté le 9 décembre 2025).

⁵⁵ Selon le rapport environnemental de Google daté de 2025, sa consommation d'eau aurait augmenté de 28 % entre 2023 et 2024 (p. 41). Le rapport environnemental de Microsoft de 2024 montre une augmentation de sa consommation d'eau d'environ 34 % entre 2021 et 2022 et 28 % entre 2022 et 2023 (p. 26).

⁵⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/AUTO/?uri=celex:32024R1364>. Voir également Arcep, décision n° 2024-2545 du 21 novembre 2024 relative à la mise en place d'une collecte annuelle de données environnementales auprès des opérateurs de communications électroniques, de centres de données, des fabricants de terminaux et des équipementiers de réseaux.

⁵⁷ <https://www.senat.fr/dossier-legislatif/ppl24-348.html>.

⁵⁸ Selon le Conseil économique, social et environnemental (CESE), cinq matières premières peuvent ainsi être qualifiées de critiques pour le numérique et donc aussi pour l'IA : l'indium, le gallium, le tantale, le néodyme et le germanium (CESE, Impacts de l'intelligence artificielle : risques et opportunités pour l'environnement, 24 septembre 2024, p. 22).

⁵⁹ *Ibid.*, p. 22.

⁶⁰ Voir, par exemple, Ministère de la transition écologique, de la biodiversité, de la forêt, de la mer et de la pêche et Inria, document de synthèse sur les principaux défis à relever pour favoriser la performance environnementale de l'IA, février 2025.

⁶¹ Rapport de l'AIE précité, p. 109 et suivantes.

traînées de condensation et améliorer l'autonomie des véhicules électriques. D'autres études montrent que le recours à l'IA permettrait d'améliorer la gestion de l'aération des eaux usées, en permettant des économies de l'ordre de 10 % ainsi qu'une baisse de la consommation électrique de plus de 5 % et, corolairement, une réduction des émissions de CO₂ des stations d'épuration de 6 %⁶².

45. Néanmoins, plusieurs études suggèrent qu'en dépit de sa contribution à l'efficacité énergétique, l'IA aurait une empreinte carbone nette non négligeable⁶³. En effet, les gains évoqués ci-dessus ont tendance à se diffuser lentement et peuvent de surcroît être contrebalancés par un impact carbone grandissant de l'IA elle-même, causé notamment par la forte augmentation de la demande en électricité qu'elle implique. Ainsi, en l'absence d'une décarbonation rapide de la production d'électricité, la diffusion de l'IA serait susceptible d'accentuer l'empreinte carbone globale.
46. Les déclarations récentes de plusieurs grands acteurs du numérique semblent aller en ce sens. En effet, s'ils se sont engagés il y a plusieurs années à atteindre au moins la neutralité carbone d'ici l'année 2030, ces objectifs semblent désormais difficilement atteignables compte tenu du développement de l'IA⁶⁴. En outre, la neutralité carbone ne constitue plus une priorité du gouvernement fédéral. Dès lors, une partie des mêmes acteurs présente désormais des objectifs moins ambitieux⁶⁵.
47. Google a ainsi annoncé une augmentation de 48 % de ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à la base de référence de 2019 et explique ce résultat principalement par l'augmentation de la consommation énergétique des centres de données et des émissions liées à la chaîne d'approvisionnement. Elle reconnaît également l'impact de l'IA sur ses émissions futures : « [à] mesure que nous intégrons davantage l'IA dans nos produits, la réduction des émissions pourrait s'avérer difficile en raison de l'augmentation des besoins énergétiques liés à l'intensité croissante des calculs IA et des émissions associées à l'augmentation prévue de nos investissements dans les infrastructures techniques »⁶⁶. Microsoft a également annoncé une augmentation d'environ 30 % de ses émissions carbone pour des raisons similaires⁶⁷.
48. L'empreinte carbone de l'IA dépend en grande partie de l'empreinte carbone de l'électricité nécessaire à son fonctionnement et, en particulier, à celui des centres de données.

⁶² Les Echos, Philippe Aghion, Mathias Abitbol, L'IA au service de la transition énergétique, 20 novembre 2025.

⁶³ Voir notamment, CEPR, Data, power and emissions: the environmental cost of AI, 23 septembre 2025.

⁶⁴ Le Monde, Après Microsoft, Google voit ses émissions de CO₂ bondir à cause de l'IA, 2 juillet 2024. Au-delà de Google, dont l'article précise son objectif d'atteindre « *zéro émissions nettes en 2030* » (un résultat prévoyant 50 % de réduction des émissions de 2019 et 50 % d'investissement dans des solutions de « *séquestration* » du carbone), Microsoft s'était également engagé en 2020 à atteindre une « empreinte carbone négative » d'ici 2030 (voir Microsoft, Objectif empreinte carbone négative d'ici 2030 : Microsoft dévoile de nouvelles étapes, dont son engagement dans l'initiative 'Transform to Net Zero', 21 juillet 2020).

⁶⁵ Voir, par exemple, l'article de Fortune, Google unceremoniously dropped its promise of carbon neutrality, with emissions rising nearly 50% over the last five years, 10 juillet 2024.

⁶⁶ Rapport environnemental de Google de 2024, p. 31 (traduction par nos soins).

⁶⁷ Selon Microsoft (2024 Environmental Sustainability Report, p. 5) : « [l']augmentation de nos émissions de scope 3 provient principalement de la construction d'un plus grand nombre de centres de données et des émissions associées aux matériaux de construction, ainsi qu'aux composants matériels tels que les semi-conducteurs, les serveurs et les racks » (traduction par nos soins).

49. Les travaux récents de plusieurs autorités publiques offrent un aperçu chiffré de l'empreinte carbone du numérique et des centres de données en particulier.
50. En France, l'étude conjointe de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ci-après « ADEME ») et de l'Arcep du mois de janvier 2025 permet, malgré plusieurs limites importantes admises par ses auteurs⁶⁸, de documenter l'évolution de l'empreinte carbone du numérique. Ces travaux estiment la part du numérique à 4,4 % de l'empreinte carbone nationale en 2022, 50 % de cette empreinte provenant des terminaux, 46 % des centres de données [cette catégorie comprenant les équipements liés à l'hébergement et au traitement des données (serveurs, disques, etc.)], et 4 % des réseaux.
51. En ce qui concerne plus spécifiquement les centres de données, une récente enquête de l'Arcep⁶⁹ montre qu'entre 2022 et 2023, les émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble des centres de données interrogés ont augmenté de 11 %, soit un total de 137 000 tonnes de gaz à effet de serre.
52. En conclusion, si la connaissance et l'analyse de l'empreinte énergétique et environnementale de l'IA demeurent complexes, il apparaît que l'essor de l'IA s'accompagne d'une consommation énergétique importante et soulève des enjeux environnementaux conséquents, qui sont amenés à évoluer compte tenu du déploiement considérable de l'IA, de son caractère très récent mais également des évolutions propres aux secteurs énergétiques et environnementaux, y compris celles résultant de l'IA elle-même.
53. Ces constats effectués, une première analyse des enjeux concurrentiels, y compris de ceux liés au caractère limité de la connaissance de l'impact énergétique et environnemental de l'IA peut être conduite. C'est l'objet de la seconde partie de la présente étude.

II. Enjeux concurrentiels

54. L'impact énergétique et environnemental de l'IA est susceptible de soulever trois enjeux concurrentiels principaux. Tout d'abord, les acteurs du secteur sont confrontés à des difficultés de raccordement au réseau électrique et à des incertitudes relatives au prix de l'énergie, ceci pouvant affecter la dynamique concurrentielle du secteur **(A)**. Ensuite, la montée en puissance de la frugalité est susceptible de favoriser le développement de nouveaux modèles d'affaires permettant d'offrir à certains acteurs, et notamment aux entreprises de taille plus modeste, l'opportunité de rivaliser avec les plus grands acteurs du secteur **(B)**. Enfin, la standardisation en cours des méthodes de détermination de l'empreinte environnementale apparaît comme un axe fondamental pour garantir une concurrence entre acteurs **(C)**.

⁶⁸ Mise à jour de l'étude Ademe-Arcep, Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France, janvier 2025. Il convient de noter cependant que, comme le relèvent les auteurs, « *les résultats sont conservateurs, l'évaluation présentant également des limites : pas de prise en compte des réseaux télécom hors de France, pas d'actualisation détaillée des data centers en France, pas de prise en compte du développement de l'IA générative* » (p. 3). Par ailleurs, l'étude reconnaît se fonder sur des données datées et appliquer des hypothèses fortes pour estimer la part des usages hébergés à l'étranger, estimée à 53 %.

⁶⁹ Voir l'enquête de l'Arcep précitée, p. 19.

A. LES ENJEUX LIÉS À L'ACCÈS À L'ÉNERGIE

55. Compte tenu de l'importance des besoins énergétiques des acteurs de l'IA, deux types d'enjeux ayant trait à l'énergie peuvent venir affecter le jeu concurrentiel dans ce secteur : ceux liés à l'accès au réseau électrique, d'une part, et ceux liés à l'accès à une énergie à un prix compétitif et prévisible, d'autre part (1). Si les pouvoirs publics ont mis en place plusieurs mesures visant à faciliter l'accès à l'énergie pour les acteurs de l'IA, plusieurs risques en termes concurrentiels peuvent néanmoins être identifiés (2).

1. LES DIFFICULTÉS LIÉES À L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET LA MAÎTRISE DE SON COÛT

a) L'accès au réseau électrique

56. Selon RTE, interrogé dans le cadre de la présente étude, les demandes de raccordement connaissent une forte hausse qui résulte de la convergence de plusieurs dynamiques : la décarbonation de l'industrie, le déploiement de projets liés à l'hydrogène, l'essor des centres de données dédiés notamment aux services d'informatique en nuage (« *cloud* ») en colocation, et, plus récemment, la montée en puissance des centres de données spécialisés dans l'IA, dont certains projets se distinguent par leur ampleur exceptionnelle. En ce qui concerne les centres de données, RTE indique que les demandes concernent désormais des besoins de plus en plus importants.
57. Les pouvoirs publics ont identifié plusieurs difficultés liées à l'augmentation de ces besoins :
- un risque de saturation du réseau, surtout en Ile-de-France ou à Marseille⁷⁰, où la concentration des besoins, y compris pour des besoins de connectivité en ce qui concerne les centres de données, et donc les risques de concurrence des usages avec l'industrie ou les ménages et assimilés, sont très forts. C'est d'autant plus le cas que les opérateurs de centres de données les organisent souvent en grappes (« *clusters* ») afin d'assurer la redondance⁷¹ et d'éviter la perte de données en cas de défaillance. À court et moyen terme, la gestion des capacités énergétiques dans certains de ces territoires, déjà sous tension, peut devenir un enjeu critique même si RTE le relativise dans son dernier bilan⁷²;
 - un risque d'allongement des procédures administratives de raccordement qui sont déjà longues et complexes et peuvent retarder la mise en service des projets de plusieurs années. Le délai de raccordement serait ainsi de cinq à sept ans en moyenne, ce qui peut entraver la compétitivité des acteurs, et incidemment, l'attractivité du territoire français ;

⁷⁰ RTE, Schéma décennal du développement du réseau, édition 2025, p. 67.

⁷¹ La redondance fait référence à la « mise en place de plusieurs moyens techniques indépendants, identiques ou non, qui assurent la même fonction et sont destinés à se substituer les uns aux autres en cas de besoin » (définition issue de ce site <https://www.culture.fr/franceterme/terme/NUCL621>).

⁷² RTE, Résumé exécutif du bilan prévisionnel pour la période 2025-2035, 9 décembre 2025, pages 8 et 9.

- un risque que certains acteurs préemptent du foncier attractif en termes de puissance⁷³ ou de capacité de raccordement ou réservent des capacités qu'ils n'utilisent pas immédiatement compte tenu des tensions du réseau, au détriment d'autres projets, y compris en dehors du secteur de l'IA.
58. Face à ces défis, les pouvoirs publics ont mis en place plusieurs réformes, globalement cohérentes avec les recommandations internationales⁷⁴.
 59. Tout d'abord, depuis 2023, les articles L. 342-2 et L. 342-18 du code de l'énergie⁷⁵ permettent à RTE d'anticiper les raccordements futurs au réseau public de transport d'électricité en dimensionnant les travaux de raccordement au-delà de ceux strictement nécessaires à une installation donnée et en permettant à RTE de proposer la mutualisation des coûts du raccordement, dans les conditions telles que validées par la Commission de régulation de l'énergie (ci-après « CRE »)⁷⁶.
 60. Ensuite, le Gouvernement a développé en 2025 une procédure accélérée *ad hoc* permettant d'accueillir, sur des sites propices, des consommateurs industriels électro-intensifs (0,4 à 1 GW) dans des délais réduits (3 à 4 ans) avec une garantie d'accès à la capacité avant la fin des travaux de renforcement nécessaires. L'État peut ainsi réserver une capacité sur un site propice à l'accueil d'une installation de consommation en haute tension (400 kV) en se fondant sur trois caractéristiques : (1) une surface foncière de plusieurs dizaines d'hectares, compatible avec l'implantation de projets de ce type, (2) la proximité physique d'infrastructures de transport d'électricité en 400 kV et (3) la capacité, au regard des contraintes du réseau amont, à offrir rapidement une forte puissance en soutirage à plein temps moyennant le cas échéant, des mesures d'exploitation dédiées dans l'attente des renforcements.
 61. Depuis le mois de mai 2025, RTE a ainsi pré-réservé pour neuf mois, à la demande de l'État, 3,1 GW répartis sur quatre sites situés dans les régions Hauts-de-France et Ile-de-France. Six sites supplémentaires ont été annoncés depuis comme pouvant être propices à l'application de la procédure accélérée dans les régions Centre-Val de Loire, Ile-de-France et Normandie.
 62. En outre, afin de limiter les risques de saturation du réseau, l'État et les collectivités commencent à favoriser l'installation de centres de données dans des zones moins sollicitées, comme Plan de Campagne, au nord de Marseille, où un nouveau poste électrique à haute

⁷³ Le raccordement implique en effet l'existence à proximité du terrain d'un poste électrique et de lignes haute tension (HTB pour des puissances supérieures à 40 MW, HTA sinon) (DGE, guide d'accompagnement - implantation de centre de données, p. 11, novembre 2025).

⁷⁴ L'AIE recommande notamment de privilégier les implantations dans des lieux où l'accès au réseau est plus aisé et le réseau moins surchargé, d'une part, et d'encourager la flexibilité, d'autre part, les centres de données dédiés à l'IA ayant souvent des capacités dédiées non utilisées et pouvant optimiser leur usage.

⁷⁵ Ces dispositions ont été introduites par l'article 32 de la loi du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables, JORF n° 0060 du 11 mars 2023 (« loi APER ») et l'ordonnance n° 2023-816 du 23 août 2023 relative au raccordement et à l'accès aux réseaux publics d'électricité, JORF n° 0195 du 24 août 2023.

⁷⁶ Voir notamment CRE, délibération du 7 novembre 2024 portant décision sur les conditions d'approbation, le contenu et l'élaboration des demandes de mutualisation des raccordements des consommateurs et des gestionnaires de réseaux de distribution au réseau public de transport. Sur ce point, voir également RTE, Schéma décennal de développement du réseau, précité, p. 50 et suivantes.

tension a été déployé⁷⁷. C'est également le cas de la région Hauts-de-France, qui regroupe 16 des 65 sites identifiés par l'État comme susceptibles d'accueillir des centres de données en France⁷⁸.

63. Comme vu précédemment, l'expansion géographique des centres de données, si elle est mal planifiée, peut aggraver la pression foncière et les atteintes à la biodiversité. En revanche, lorsqu'elle est encadrée par des politiques d'aménagement du territoire, elle peut contribuer à réduire la concentration des infrastructures et renforcer la résilience du réseau tout en limitant les atteintes à l'environnement.
64. L'IA tend également à atténuer, dans une certaine mesure, la nécessité de concentrer les centres de données dans les mêmes zones géographiques, comme en témoignent par exemple les projets de centres de données de Google à Châteauroux et de Microsoft en Alsace. En effet, si la phase d'inférence demeure sensible à la latence et requiert donc une proximité avec des centres urbains dotés d'une connectivité fiable, la phase d'entraînement offre une plus grande flexibilité en matière d'implantation géographique⁷⁹.
65. Enfin, le décalage important entre les besoins exprimés, les chiffres de réservation de capacités et la réalité des capacités utilisées tient notamment à l'abandon de projets, aux retards qui les affectent, à la montée en charge progressive des consommations ainsi qu'à l'existence potentielle de stratégie de prédation de certains acteurs. Compte tenu de ce constat, la France a fait évoluer ses règles de raccordement.
66. En premier lieu, depuis 2023, tout consommateur souhaitant réserver de la capacité doit faire la preuve de la maîtrise du foncier concerné. En deuxième lieu, l'introduction dans le code de l'énergie de l'article L. 342-24⁸⁰ permet aux gestionnaires de réseaux de modifier, dans les conditions définies par la CRE⁸¹, la puissance de raccordement prévue au contrat d'accès au réseau lorsque la puissance maximale effectivement soutirée par le consommateur est inférieure. Dans cette perspective, en cas de besoin progressif, la communication du projet de montée en charge du client est exigée et son non-respect peut donner lieu à une récupération de capacité. En troisième lieu, il est exigé la communication du planning de réalisation afin de pouvoir mieux organiser leurs propres plannings de raccordement. En quatrième et dernier lieu, un projet d'allocation dynamique des capacités permettant de

⁷⁷ RTE explique que, face à l'augmentation des demandes d'installation de centres de données à Marseille, un nouveau poste électrique a été construit en périphérie de Marseille : « *Marseille est dans le top 10 mondial des hubs de connectivité télécom, grâce à sa place privilégiée comme point d'arrivée européen de nombreux câbles sous-marins internationaux. (...) Mais les conditions de raccordement dans la ville ne permettaient pas à la filière de concrétiser ses projets : les data centers commençaient à entrer en concurrence avec d'autres projets locaux comme l'alimentation électrique des navires à quai dans le port, l'aménagement du quartier Euroméditerranée, etc. Sous le pilotage de la préfecture de région, RTE a travaillé avec Enedis et les opérateurs de data centers pour identifier une zone plus favorable à leur raccordement, et conçu une infrastructure mutualisée pour répondre aux demandes en optimisant les évolutions du réseau. La zone de Plan de Campagne, au nord de la ville, va ainsi accueillir, autour d'un nouveau poste électrique à très haute tension, plus de 300 MW de projets, avec une extension envisagée jusqu'à près de 500 MW de puissance électrique demandée* » (<https://assets.rte-france.com/prod/public/2025-01/2025-01-09-transition-numero-11.pdf>, p. 5).

⁷⁸ Le Monde, Data centers : les Hauts-de-France rêvent de devenir la vallée européenne de l'intelligence artificielle, 31 mai 2025.

⁷⁹ Voir le baromètre 2025 EY – France Data Center précité, p. 13.

⁸⁰ Cette disposition est issue de l'ordonnance n° 2023-816 du 23 août 2023 précitée.

⁸¹ Voir CRE, délibération n° 2024-229 du 18 décembre 2024 portant décision sur les modalités d'évolution de la puissance de raccordement électrique en soutirage des installations et les modalités d'indemnisation.

réallouer les capacités réservées aux projets finalisés les premiers en lieu et place d'une allocation selon la règle premier demandeur – premier servi, est en cours de discussion⁸².

b) L'accès à une énergie à un prix compétitif et prévisible

67. Le second défi lié à l'énergie auquel doivent faire face l'ensemble des parties prenantes, y compris les acteurs de l'IA, a trait à la disponibilité d'une offre énergétique à un prix compétitif et prévisible, enjeu d'autant plus crucial pour des entreprises grandes consommatrices d'énergie. L'activité des centres de données, particulièrement énergivore, fait en effet de l'électricité un poste de coût important. Selon une étude réalisée par les acteurs du secteur en France, l'électricité représenterait 30 à 50 % des charges d'exploitation d'un centre de données⁸³.
68. Or, le contexte énergétique européen reste marqué par de fortes incertitudes. Les marchés énergétiques européens ont subi d'importantes fluctuations tarifaires, notamment à la suite du déclenchement de l'invasion de l'Ukraine par la Russie. En France, la fin du dispositif d'accès régulé à l'électricité nucléaire historique⁸⁴ (ci-après « ARENH »), applicable du 1^{er} juillet 2011 au 31 décembre 2025, se traduit par la mise en place d'un système dual :
- la mise en place d'une redistribution aux consommateurs finals des bénéfices d'EDF *via* un versement nucléaire universel (ci-après « VNU »), mécanisme de réduction du prix de l'électricité du fournisseur à son client final, particulier ou professionnel, assorti d'une compensation de la perte de recettes pour les fournisseurs, financée par une taxe sur l'utilisation de combustible nucléaire pour la production d'électricité (ci-après « TUCN »), prélevée sur les revenus tirés de l'exploitation du parc électronucléaire d'EDF lorsque ceux-ci excéderont un certain seuil ; et,
 - le développement par EDF de contrats d'allocation de long terme adossés à la production nucléaire (ci-après « CAPN »).
69. Le premier volet a fait l'objet d'une traduction législative à l'article 17 de la loi de finances pour 2025⁸⁵. À la différence de l'ARENH qui constituait un dispositif hors marché assurant aux fournisseurs concurrents d'EDF l'accès à une partie de la production nucléaire historique d'EDF à un prix régulé, le nouveau mécanisme intervient *ex post*, et concerne l'ensemble de la production d'électricité d'origine nucléaire issue des centrales nucléaires d'EDF. Il fait l'objet d'un avis de l'Autorité auquel il est renvoyé ici.
70. En ce qui concerne le second volet, le producteur historique de l'électricité en France, commence à conclure avec des grands clients industriels des CAPN. Ces contrats consistent en l'allocation d'une quote-part de la production effective du parc nucléaire historique moyennant un partage des coûts et des risques associés. Au début du mois de septembre 2025, l'opérateur de centres de données Data4 a ainsi signé le premier CAPN pour un acteur du secteur, pour l'approvisionnement en électricité bas carbone de ses centres

⁸² Voir notamment RTE, Schéma décennal de développement du réseau, précité, p. 53 ; RTE, Schéma décennal de développement du réseau, Consultation publique 2024, document C, p. 27-28.

⁸³ France Datacenter, Quels atouts pour la France, quels axes d'amélioration ?, 22 octobre 2024, p. 36.

⁸⁴ L'ARENH a été mis en place par la loi n° 2010-1488 du 7 décembre 2010 portant nouvelle organisation du marché de l'électricité, JORF n° 0284 du 8 décembre 2010 (dite « loi NOME »).

⁸⁵ Loi n° 2025-127 du 14 février 2025 de finances pour 2025, JORF n° 0039 du 15 février 2025.

de données en France⁸⁶. Le contrat consiste à allouer à Data4 une quote-part de la puissance du parc nucléaire en exploitation d'EDF de 40 MW, pour une durée de douze ans, moyennant un partage des coûts et des risques sur les volumes effectivement produits. Les premières livraisons seraient prévues à compter de 2026 pour un volume annuel prévisionnel de l'ordre de 230 GWh⁸⁷.

71. La fin de l'ARENH et, plus généralement, le besoin de prévisibilité du coût de l'énergie, poussent aussi les centres de données à chercher d'autres contrats directs d'achat d'électricité (ci-après « Power Purchase Agreement » ou « PPA »)⁸⁸ auprès de producteurs d'énergie de source éolienne ou solaire en particulier. En 2024, Equinix, un opérateur de centres de données, et wpd, producteur d'énergies renouvelables, ont ainsi signé sept PPA concernant notamment sept projets de parcs éoliens en France pour une production annuelle de 300 GWh⁸⁹. L'entreprise concurrente Data4 a également signé deux PPA, auprès d'Eurowatt, d'une part, pour des volumes d'électricité produite par trois parcs éoliens déployés sur le territoire national, pour un volume annuel de 80 GWh d'électricité, et auprès de Photosol, d'autre part, pour des volumes d'électricité produite à partir de trois parcs photovoltaïques en France pour une production annuelle d'environ 70 GWh⁹⁰.
72. Toutefois les volumes restent encore limités par rapport à d'autres pays européens. Selon le rapport de la CRE, plusieurs facteurs peuvent expliquer le développement relativement lent des PPA en France. Du point de vue des acheteurs, il est possible de citer le niveau modéré des prix de gros de l'électricité, inférieur aux coûts de production des énergies renouvelables ou le mix électrique français majoritairement décarboné. Par ailleurs, un grand nombre d'installations sont éligibles aux dispositifs de soutien public aux énergies renouvelables, ce qui rend les PPA moins attractifs pour les fournisseurs⁹¹.

⁸⁶ EDF, Data4 signe un accord avec EDF pour l'approvisionnement en électricité bas carbone de ses datacenters en France, 4 septembre 2025.

⁸⁷ Selon les estimations du rapport de la CRE du mois d'octobre 2025 sur le fonctionnement des marchés de détail français de l'électricité et du gaz naturel en 2023 et 2024 (p. 18), la consommation moyenne par foyer était de 4,3 MWh par an en 2024 pour l'électricité. Sachant que la taille moyenne d'un foyer est de 2,2 personnes (source : Insee 2021), il peut être considéré que 100 GWh correspond à la consommation électrique d'environ 23 000 foyers soit 51 000 personnes (l'équivalent de Sevran en Seine-Saint-Denis), 200 GWh à la consommation électrique d'environ 47 000 foyers soit 102 000 personnes (l'équivalent de la communauté urbaine de la ville d'Arras) et 300 GWh à la consommation électrique d'environ 70 000 foyers soit 153 000 personnes (l'équivalent de la ville d'Angers).

⁸⁸ Selon la CRE, « les PPA sont des contrats d'approvisionnement d'électricité entre deux contreparties, un producteur et un acheteur, sur une période déterminée. Le terme désigne communément des contrats signés entre deux contreparties visant une production d'électricité renouvelable en dehors de tout soutien public, et se limite aux cas où l'acheteur est un consommateur ou un fournisseur » [Rapport 2025-02 de la CRE, Observatoire de la CRE relatif aux contrats d'achat d'électricité portant sur des actifs de production d'électricité renouvelable (« PPA ») situés en France métropolitaine continentale et recommandations en faveur de leur développement, mars 2025, p. 2].

⁸⁹ Equinix, 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, 31 janvier 2024.

⁹⁰ Data4, Data4 signe deux « Power Purchase Agreement » (PPA) avec des leaders français de l'énergie renouvelable, 21 mars 2024.

⁹¹ Rapport 2025-02 de la CRE, précité, p. 2.

2. LES CONSÉQUENCES EN TERMES CONCURRENTIELS

73. Sans prétendre à l'exhaustivité et en se focalisant essentiellement sur les acteurs de l'IA et du secteur énergétique, plusieurs comportements de ces derniers paraissent susceptibles de soulever des préoccupations au regard des règles de concurrence.
74. Les contraintes énergétiques précédemment examinées, c'est-à-dire une offre limitée face à une demande potentiellement très forte, peuvent tout d'abord s'analyser comme des barrières à l'entrée ou à l'expansion, notamment pour les acteurs de taille modeste. Si des mesures ont été prises par les pouvoirs publics ou sont en cours de discussion afin notamment de faciliter le raccordement au réseau, l'Autorité encourage l'ensemble des parties prenantes à faire l'examen de l'impact de ces mesures, afin de s'assurer qu'elles permettent en pratique un accès effectif et pro-concurrentiel des centres de données au réseau électrique français, et à réfléchir au développement de solutions complémentaires, le cas échéant.
75. Par ailleurs, il ne peut être exclu que certaines stratégies d'acteurs du numérique visant à sécuriser des approvisionnements d'énergie par le biais d'accords avec des fournisseurs d'énergie puissent également avoir un impact concurrentiel. Les principaux fournisseurs de services d'informatique en nuage – Amazon, Google et Microsoft, qui représenteraient aujourd'hui ensemble environ 58 % de la capacité mondiale des centres de données de grande ampleur (aussi appelés « hyperscale »)⁹², disposent en effet d'une puissance financière leur permettant de négocier des conditions avantageuses. Ils peuvent aussi investir dans leurs propres solutions de stockage afin de renforcer leur indépendance énergétique. De tels avantages pourraient être difficiles à égaler pour des acteurs de taille plus modeste et renforcer par ailleurs la position privilégiée des acteurs les plus importants dans ce secteur en pleine expansion.
76. Dans un contexte de tension du réseau électrique dans certaines zones et de pré-identification par les pouvoirs publics de sites propices à l'application d'une procédure accélérée *ad hoc* évoquée ci-dessus, plusieurs acteurs ont exprimé des craintes quant à une autre stratégie pouvant consister, pour les acteurs les plus importants, à réserver des capacités électriques allant au-delà de leurs besoins, ce qui priverait leurs concurrents de l'accès à l'énergie nécessaire et serait susceptible d'augmenter les prix. Si des mesures ont été prises par les pouvoirs publics pour limiter ce risque de verrouillage, l'Autorité appelle l'ensemble des parties prenantes à la vigilance.
77. Du côté des fournisseurs d'énergie, comme l'ont récemment rappelé l'Autorité et la CRE⁹³, il convient également que la conclusion de contrats CAPN par EDF ne donne pas lieu à l'adoption de comportements anticoncurrentiels tels que la discrimination, le refus d'approvisionnement ou le verrouillage du marché des consommateurs grands industriels au détriment des concurrents.
78. Les risques de saturation des capacités mais également de tensions sur les approvisionnements ne sont pas tout à fait nouveaux en Europe, comme le montre l'exemple de l'Irlande, contrainte de limiter le développement des centres de données dans un contexte où ceux-ci représentent désormais plus de 20 % de la consommation d'électricité du pays. Ces risques restent cependant hypothétiques à ce jour en France, compte tenu notamment des mesures mises en place pour limiter les risques de surréservation de capacités et les effets

⁹² Étude Allianz précitée, p. 10.

⁹³ Communiqué de presse, La CRE et l'Autorité de la concurrence publient leur courrier au Gouvernement contenant des propositions pour garantir une concurrence équitable dans la mise en œuvre de la réforme du marché de l'électricité, 16 janvier 2024.

négatifs sur le réseau électrique français. Outre des problèmes d’approvisionnement, cette situation entrainerait également mécaniquement une hausse des prix pour les autres usagers et les ménages en particulier.

79. Plusieurs facteurs suggèrent enfin que les grands acteurs du numérique pourraient entrer, même occasionnellement, sur les marchés de l’énergie en tant qu’offreurs, surtout à l’étranger. Au-delà des accords conclus aux États-Unis entre les géants du numérique et les fournisseurs d’énergie (voir *supra*), ces acteurs peuvent en effet disposer de capacités excédentaires.
80. Les centres de données sont ainsi généralement équipés de groupes électrogènes afin d’assurer la continuité du réseau en cas de panne en remplacement du fournisseur d’énergie local. Des systèmes de stockage d’énergie par batterie peuvent également permettre de réinjecter l’énergie nécessaire lorsque la production d’électricité diminue, comme le montre l’accord conclu au mois de septembre 2025 entre Shell et Google au Royaume-Uni⁹⁴. Dès lors qu’ils disposent de ces capacités, les opérateurs de centres de données pourraient se positionner sur le marché amont de la fourniture d’énergie⁹⁵.
81. En outre, le développement de stratégies d’optimisation de la consommation peut également permettre à ces acteurs de réduire temporairement leur consommation électrique afin de soulager le réseau contre rémunération (mécanisme dit d’effacement), les positionnant ainsi comme des acteurs à part entière du réseau électrique.
82. Par conséquent, l’accès à l’énergie et la maîtrise de son coût ne sont pas seulement des enjeux techniques pour les centres de données. Ils représentent des facteurs susceptibles d’affecter la concurrence, à la fois sur les marchés numériques mais également sur les marchés énergétiques, avec des répercussions potentielles sur les consommateurs. L’Autorité veillera à ce que la dynamique concurrentielle repose sur les mérites de chaque acteur et invite les entreprises du secteur à faire preuve de vigilance sur ces sujets.

B. LES ENJEUX LIÉS À L’ÉMERGENCE DE LA FRUGALITÉ COMME PARAMÈTRE DE CONCURRENCE

83. En réponse à l’impact énergétique et environnemental de l’IA, se développe le concept de frugalité de l’IA, qui est présenté dans les développements ci-dessous **(1)** dans la mesure où lui sont attachées des conséquences en termes concurrentiels **(2)**.

1. LA FRUGALITÉ COMME RÉPONSE À LA CONTRAINTE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

84. Compte tenu de l’importance de la consommation de ressources par l’IA, en particulier de ses besoins énergétiques, et de la concomitance de son développement avec la nécessité de limiter les impacts environnementaux de la consommation telle que matérialisée au sein de l’Union par le « Pacte vert » notamment, le concept d’IA frugale a émergé depuis plusieurs années.

⁹⁴ Shell, Google selects Shell as its renewable energy manager in the UK, 16 septembre 2025.

⁹⁵ The Shift Project, Intelligence artificielle, données, calcul : quelles infrastructures dans un monde décarboné, rapport intermédiaire, mars 2025, p. 50.

85. D'après le référentiel général de l'Association française de normalisation (ci-après « AFNOR »), la frugalité peut se définir comme suit : « [l]a frugalité d'un service d'IA vise à réduire globalement les besoins en ressources matérielles et énergétiques et les impacts environnementaux associés via une redéfinition des usages ou des exigences de performance (...), ou encore via une réorientation des besoins du producteur du système d'IA (amont) au fournisseur du service considéré. Un service frugal d'IA est donc un service pour lequel :
- la nécessité de recourir à un système d'IA plutôt qu'à une autre solution moins consommatrice pour répondre au même objectif a été démontrée ;
 - de bonnes pratiques (...) sont adoptées par le producteur, le fournisseur et le client d'IA pour diminuer les impacts environnementaux du service utilisant un algorithme d'IA ;
 - les usages et les besoins visent à rester dans les limites planétaires et ont été préalablement questionnés »⁹⁶.
86. S'il se rapproche donc du concept d'efficience en ce qu'il vise à une consommation optimisée des ressources, le concept de frugalité s'en distingue en considérant cette optimisation dans un objectif de minimisation de l'impact environnemental et va plus loin, invitant les acteurs à définir leurs besoins et leurs usages de l'IA en tenant compte de cet objectif⁹⁷.
87. En pratique, dans le cadre de l'élaboration de cette étude, des acteurs ont fait valoir que la question la plus fréquemment posée tient au point de savoir s'il convient de privilégier des modèles généralistes ou des modèles plus petits et mieux adaptés.
88. Bien que, dans un premier temps, les principaux modèles aient paru suivre une trajectoire similaire fondée sur l'idée que leurs performances s'accroissent avec le nombre de paramètres, la quantité de données et la puissance de calcul et, partant, la consommation de ressources, plusieurs exemples récents montrent qu'il serait possible de développer des modèles tout aussi efficaces mais moins consommateurs en ressources, notamment pour des tâches spécifiques.
89. Des études montrent ainsi que pour des applications liées à l'imagerie médicale ou à la vision par ordinateur (permettant à des machines d'analyser des données à partir d'images ou de vidéos), des petits modèles peuvent offrir des performances élevées tout en restant économes en ressources. Pour le traitement de texte, des modèles plus petits peuvent également suffire pour des tâches plus ciblées comme la vectorisation de mots (en anglais « *text embedding* »), technique utilisée pour transformer les mots en représentations numériques compréhensibles par un ordinateur, par opposition à la production de texte (« *text understanding* »), pour laquelle les plus grands modèles de langage ont de meilleures performances. L'approche ouverte (dite « *open source* ») permet également de réutiliser le modèle plus facilement et donc de mutualiser toute ou partie de la phase d'entraînement, particulièrement consommatrice en calcul⁹⁸.

⁹⁶ Référentiel général pour l'IA frugale, AFNOR SPEC 2414, juin 2024, p. 22.

⁹⁷ *Ibid.*, p. 21.

⁹⁸ Pour un aperçu théorique, voir par exemple, G. Varoquaux, A. S. Luccioni, M. Whittaker, « Hype, Sustainability, and the Price of the Bigger-is-Better Paradigm in AI », mars 2025, article cité dans le document de synthèse « les principaux défis à relever pour favoriser la performance environnementale de l'IA » du Ministère chargé de la transition écologique et de l'Inria en vue du Sommet pour l'action sur l'IA, février 2025 (p. 4).

90. C'est aussi le constat que fait Carbone 4, dans le cadre de ses travaux menés avec Mistral AI sur l'empreinte environnementale : les modèles les plus légers ont un impact réduit proportionnellement à leur taille, et d'un facteur 100 entre le plus gros et le plus petit modèle de Mistral, Ministral, qui reste efficace pour des requêtes simples⁹⁹.
91. D'autres acteurs soutiennent que l'innovation constante du secteur sur les logiciels et l'infrastructure permet même à l'IA générative d'avoir une meilleure performance environnementale. Selon Google par exemple, au cours des douze derniers mois, les empreintes énergétique et carbone totales de la requête textuelle médiane de Gemini Apps auraient été divisées par 33 et 44 respectivement, alors même que la qualité des réponses s'est améliorée¹⁰⁰.
92. Or, la frugalité d'une solution fondée sur l'IA semble désormais devoir être considérée comme un paramètre de concurrence¹⁰¹. En d'autres termes, il apparaît que la demande sur les marchés de solutions d'IA peut valoriser la frugalité d'une solution, comme l'offre peut chercher à se différencier sur cet aspect. Plusieurs exemples peuvent en témoigner.
93. En ce qui concerne la demande tout d'abord, l'introduction d'obligations réglementaires en matière environnementale et énergétique est susceptible de faire émerger la frugalité de l'IA comme un élément de qualité et, dans certains cas, pourrait même conduire à l'identification d'un segment pertinent, voire d'un marché à part entière. Ainsi, l'insertion de clauses environnementales dans les marchés publics portant sur des solutions d'IA semble être de nature à faire émerger la frugalité de l'IA en tant qu'élément de qualité permettant de différencier les offres.
94. Un autre exemple a trait à l'insertion, dans l'appel à projet France 2030 « Accélérer l'usage de l'intelligence artificielle générative dans l'économie »¹⁰², d'un critère relatif aux impacts environnementaux des solutions fondées sur l'IA. Ce critère exige notamment, le recours à Green Algorithms, un outil de mesure de l'empreinte carbone, et le respect du principe DNSH, « Do No Significant Harm » ou absence de préjudice important à l'environnement, au sens de l'article 17 du règlement sur la taxonomie¹⁰³. Un phénomène similaire peut être observé sur l'ensemble de la chaîne de valeur comme en témoigne, par exemple, une augmentation de l'importance du critère de l'empreinte environnementale dans les appels d'offres concernant des projets de centres de données.
95. En ce qui concerne la demande émanant des entreprises, l'attention de l'Autorité a été appelée sur le fait que les entreprises prêtaient un intérêt croissant à la frugalité. Orange, par

⁹⁹ Le Monde, « Mistral AI parie sur la transparence en rendant public son impact environnemental », 22 juillet 2025.

¹⁰⁰ Blog de Google Cloud, How much energy does Google's AI use? We did the math, 21 août 2025.

¹⁰¹ Sur les considérations environnementales comme paramètre de concurrence, voir par exemple, Communication de la Commission sur la définition du marché en cause aux fins du droit de la concurrence de l'Union, C(2023) 6789 final, 8 février 2024, paragraphe 50 ; avis de l'Autorité de la concurrence n° 25-A-01 du 9 janvier 2025 relatif aux systèmes de notation visant à informer les consommateurs sur les caractéristiques liées au développement durable des produits et des services de consommation, paragraphes 127-138. Voir, dans ce sens, les orientations informelles du Rapporteur général de l'Autorité de la concurrence n° 24-DD-01 du 14 juin 2024 relatives à une méthodologie harmonisée de mesure de l'empreinte environnementale dans le secteur de la nutrition animale, p. 3.

¹⁰² Appel à projet France 2030, « Accélérer l'usage de l'intelligence artificielle générative dans l'économie », Cahier des charges, avril 2024.

¹⁰³ Règlement (UE) 2020/852 sur l'établissement d'un cadre visant à favoriser les investissements durables, en mettant en place un système de classification (ou « taxonomie ») pour les activités économiques durables sur le plan environnemental, JO L 198 du 22 juin 2020, p. 13 à 43.

exemple, invite désormais ses clients à réfléchir et être conseillés sur la frugalité des outils d'IA¹⁰⁴.

96. Du côté de l'offre, on peut relever une tendance croissante, mais encore minoritaire, parmi les acteurs de l'IA à communiquer sur la frugalité de leurs modèles ou la recherche de frugalité. Ainsi, OpenLLM France¹⁰⁵ met désormais en avant la recherche d'efficacité et de sobriété comme axe stratégique majeur. De même, plusieurs acteurs internationaux proposent des modèles de plus petite taille, tels que les gammes Gemma de Google, Ministral de Mistral AI et Phi de Microsoft.
97. De son côté, Mistral AI a publié, le 22 juillet 2025, une étude concernant l'impact environnemental de son modèle principal, Mistral large 2, couvrant tant l'empreinte en termes de CO₂ que la consommation de ressources de l'entraînement mais aussi de l'usage¹⁰⁶. Elle justifie cette étude par le souci d'inclure la frugalité parmi les paramètres de concurrence¹⁰⁷.
98. Par ailleurs, sans que la recherche de frugalité soit mise en avant, plusieurs développeurs de grands modèles de langage cherchent à ajuster le dimensionnement de leur modèle à la requête de l'utilisateur. C'est le cas par exemple du modèle GPT-5, de la société OpenAI. Cette dernière explique que son modèle repose sur trois composantes : un modèle intelligent et efficace, capable de répondre à la plupart des questions, un modèle de raisonnement avancé (« *GPT-5 thinking* ») pour les problèmes complexes, et un routeur en temps réel qui détermine rapidement quel modèle utiliser selon le type de la conversation, les outils nécessaires et l'intention de l'utilisateur¹⁰⁸.
99. À l'amont, certains opérateurs de centres de données semblent également s'intéresser de plus en plus à la mesure et la minimisation de leur empreinte environnementale. Data4 indique par exemple procéder à des analyses de cycles de vie de ses installations, en tenir compte dans ses stratégies de déploiement et développer des solutions permettant d'améliorer l'empreinte environnementale de ses centres de données¹⁰⁹. De son côté, OVHCloud met à disposition de ses clients une calculatrice permettant de produire des rapports mensuels sur leurs émissions de carbone¹¹⁰.

2. LES CONSÉQUENCES EN TERMES CONCURRENTIELS

100. Puisque la frugalité et l'impact carbone en particulier peuvent être un paramètre de concurrence, les entreprises développant des outils d'IA frugaux ainsi que les centres de

¹⁰⁴ Orange, « L'IA frugale : maximiser l'intelligence, minimiser les coûts et les émissions », avril 2025.

¹⁰⁵ <https://www.openllm-france.fr/> (consulté le 9 décembre 2025).

¹⁰⁶ Mistral, « Notre contribution pour la création d'un standard environnemental mondial pour l'IA », 22 juillet 2025. Voir, également, Le Monde, « Mistral AI parie sur la transparence en rendant public son impact environnemental », précité.

¹⁰⁷ Mistral, « Notre contribution pour la création d'un standard environnemental mondial pour l'IA », précité.

¹⁰⁸ <https://openai.com/fr-FR/index/introducing-gpt-5/> (consulté le 9 décembre 2025).

¹⁰⁹ Data 4, Les opérateurs de data centers sont les architectes d'un numérique durable, 26 juin 2025. <https://www.data4group.com/rse/les-operateurs-de-data-centers-sont-les-architectes-dun-numerique-durable/> (consulté le 9 décembre 2025).

¹¹⁰ https://help.ovhcloud.com/csm/fr-carbon-footprint-calculator?id=kb_article_view&sysparm_article=KB0066741 (consulté le 9 décembre 2025).

données recherchant une minimisation de leur impact environnemental peuvent bénéficier d'un avantage concurrentiel¹¹¹. Cet avantage peut, par exemple, contribuer à l'animation du jeu concurrentiel, notamment par l'entrée ou l'expansion d'acteurs plus petits.

101. Il peut tout d'abord affecter le prix. En effet, une IA frugale est une IA avec une optimisation du coût en fonction du besoin, c'est-à-dire une recherche particulière d'efficacité, qui peut la rendre particulièrement compétitive en termes de prix. Dans cette perspective, la frugalité rejoint l'efficacité au sens classique du terme et une IA frugale peut par conséquent conférer un avantage concurrentiel à son développeur. Cette recherche d'optimisation énergétique et de diminution de l'empreinte environnementale peut également se retrouver à l'amont, notamment en ce qui concerne les centres de données.
102. Ensuite, la frugalité peut affecter le jeu concurrentiel par le prisme de la qualité. Une solution frugale peut en effet répondre à une demande de sobriété énergétique ou environnementale des clients, soit parce qu'elle est en tant que telle économe en ressources, soit par ce qu'elle est plus légère et peut donc s'adapter à des déploiements moins lourds, utilisant une infrastructure informatique déjà existante par exemple.
103. Enfin, la frugalité peut affecter le jeu concurrentiel en termes d'incitation et de capacité à innover. En effet, parce que la frugalité est un axe de développement du secteur, elle peut conduire à ce qu'une partie de l'innovation s'oriente dans cette direction et nourrisse alors une concurrence par la diversité de l'innovation. Dans le même temps, parce qu'elle peut être moins onéreuse et plus facile à déployer, une IA frugale peut stimuler l'innovation des acteurs et notamment d'acteurs nouveaux ou plus petits.
104. Cela étant, pour pouvoir jouer pleinement son rôle de paramètre de concurrence, la frugalité ne doit pas être entravée par les comportements des acteurs. À cet égard, et sans prétendre à l'exhaustivité, la présente contribution propose un aperçu de quelques comportements qui pourraient être problématiques au regard des règles de concurrence et appelle les acteurs du secteur à la vigilance.
105. En premier lieu, des acteurs peuvent être tentés d'adopter des comportements trompeurs en termes de frugalité. Une telle situation pourrait notamment se produire lorsque la frugalité ou l'empreinte environnementale mise en avant ne repose pas sur une méthodologie robuste en termes scientifiques¹¹².
106. Ainsi, un ou plusieurs acteurs pourraient, individuellement ou conjointement, mettre en avant la frugalité ou plus précisément encore l'impact environnemental faible ou mesuré de leurs solutions alors même que cette caractéristique serait erronée. Que le caractère trompeur de cette caractéristique soit volontaire ou non, elle pourrait s'apparenter à une forme de « green washing » (en français « verdissement »). Un tel comportement pourrait dès lors s'avérer problématique au regard du droit des pratiques anticoncurrentielles (abus de domination ou entente) soit parce qu'il peut porter directement préjudice aux clients, soit parce qu'il peut permettre de bénéficier d'avantages concurrentiels, comme l'octroi de conditions avantageuses pour opérer sur un marché par exemple.
107. À cet égard, l'Autorité appelle les pouvoirs publics à être particulièrement vigilants dans la fixation et la mise en œuvre des critères de sélection dans les appels d'offres comme dans l'octroi de soutiens financiers. La mise en œuvre des critères de l'écoconditionnalité qui

¹¹¹ Voir, par exemple, partageant cette analyse, l'intervention du président de l'ADEME dans Médiapart, « IA : un puits sans fond de dépenses en énergie, en eau et en CO2 », 10 février 2025.

¹¹² Voir, à titre illustratif, les orientations informelles n° 24-DD-01 du 14 juin 2024 précitées, (p. 6 et 7) ; ainsi que l'avis n° 25-A-01 du 9 janvier 2025 précité (paragraphe 150), où un risque comparable est mis en évidence.

permet à un centre de données de bénéficier du taux réduit de l'accise sur l'électricité devrait, à ce titre, constituer un point d'attention pour les pouvoirs publics.

108. En deuxième lieu, le fait de ne pas communiquer sur l'empreinte environnementale ou plus largement sur la frugalité d'un service ou modèle d'IA, alors même qu'il existe une demande souhaitant avoir accès à cet élément d'information pourrait être considéré comme problématique en termes concurrentiels si ce refus résultait d'une décision conjointe de plusieurs acteurs concurrents ou s'il était le fait d'un acteur dominant.
109. À cet égard, le fait qu'une large part des acteurs ne fournisse encore aucune mesure de l'empreinte environnementale de leurs modèles¹¹³ prête à interrogation, même si la sensibilité d'un point de vue commercial des données sous-jacentes peut expliquer en partie cette absence de communication. Une problématique similaire se poserait en termes concurrentiels, si le refus se situait plus à l'amont et émanait d'un fournisseur dominant ou de plusieurs fournisseurs qui adopteraient une position commune, entravant par là même la possibilité pour les centres de données ou, plus à l'aval, les développeurs de modèles, de travailler sur la frugalité et notamment sur l'impact environnemental de leurs services.
110. Enfin, il ne saurait être exclu que des comportements visant à limiter l'innovation en matière de frugalité puissent être adoptés par certains acteurs, y compris en amont de la chaîne de valeur. Il pourrait alors s'agir de comportements unilatéraux ou de comportements collusifs entravant le développement d'innovations répondant au besoin de frugalité. Il pourrait également s'agir de comportements consistant à prendre des participations, y compris minoritaires, dans le capital d'autres acteurs dans l'objectif ou avec l'effet de diminuer ou annihiler le jeu concurrentiel sur la frugalité, qui pourraient être appréhendés au titre du contrôle des concentrations ou du droit des pratiques anticoncurrentielles selon la nature de l'influence exercée¹¹⁴.

C. LES ENJEUX DE LA STANDARDISATION EN COURS RELATIVE À L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE

111. L'empreinte environnementale de l'IA donne actuellement lieu à l'élaboration de plusieurs types de standardisation qu'il convient de présenter **(1)** avant d'examiner les conséquences en termes concurrentiels qui peuvent en résulter **(2)**.

1. L'ÉMERGENCE DE NORMES EN MATIÈRE D'IA

112. Compte tenu de l'importance de l'impact environnemental de l'IA et de l'intérêt croissant pour une meilleure compréhension de cet enjeu, il devient important d'accroître la transparence à ce sujet afin de renforcer notamment la comparabilité.
113. Ce besoin résulte plus précisément de la conjonction de trois constats, comme indiqué par le Ministère chargé de la transition écologique (ci-après « MTE ») dans le cadre de

¹¹³ Voir par exemple sur cette affirmation, les données présentées dans un récent article, S. Luccioni, B. Gamazaychikov, T. Alves da Costa et E. Strubell, « Misinformation by Omission: The Need for More Environmental Transparency in AI », juin 2025. Voir également, par exemple, Les Echos, « Il y a une opacité organisée par les acteurs de la tech : comment l'impact environnemental de l'IA est passé sous silence », 26 juin 2025.

¹¹⁴ Voir, sur cet aspect, avis n° 24-A-05 du 28 juin 2024 précité.

l'élaboration de la présente étude : les entreprises qui modélisent ou utilisent des solutions fondées sur l'IA communiquent peu sur l'impact environnemental de ces dernières ; il n'existe pas de méthodologie partagée permettant aux acteurs de communiquer sur cet impact ; les mesures entreprises jusqu'à présent sont difficilement comparables, notamment compte tenu de la différence de périmètre qu'elles retiennent.

114. C'est pour répondre à ce besoin que se sont développés différents types d'outils et en particulier :
- la normalisation, qui comprend plusieurs volets allant de la conception à la communication, qui peut notamment prendre la forme de bonnes pratiques proposées par les pouvoirs publics ; et,
 - les outils de mesure de l'empreinte environnementale de l'IA proprement dits.
115. En ce qui concerne la normalisation tout d'abord, il convient de relever que plusieurs types d'outils ont été récemment développés ou sont en cours de développement. Ainsi, par exemple, l'Arcep et l'Autorité de régulation de la communication audiovisuelle et numérique (Arcom) ont co-publié un référentiel général d'écoconception des services numériques qui présente des développements pour accompagner l'écoconception de solutions fondées sur l'IA¹¹⁵.
116. Par ailleurs, un référentiel général pour l'IA frugale a été développé à l'initiative du MTE et porté par l'AFNOR¹¹⁶.
117. Il est présenté comme le premier référentiel à l'échelle internationale pour évaluer l'impact environnemental de l'IA et permettre aux entreprises de communiquer sur le caractère frugal de leurs systèmes d'IA¹¹⁷. Plus précisément, ce référentiel propose une définition de l'IA frugale, une méthodologie de calcul d'analyse en cycle de vie ainsi qu'un ensemble de bonnes pratiques de réduction de l'impact environnemental de l'IA et de communication du calcul d'impact et recommande enfin plusieurs outils d'estimation. Ces différents outils permettent d'accompagner les entreprises mais doivent aussi être vus comme la préfiguration d'une normalisation.
118. À cet égard, il convient de relever qu'actuellement plusieurs projets de normalisation sont développés en parallèle au plan européen et international¹¹⁸.
119. C'est le cas du projet de normalisation élaboré par le Comité européen de normalisation, auquel participe l'AFNOR, qui anticipe une demande éventuelle de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre du règlement européen sur l'IA, mais aussi des projets (projet P3710.00 en particulier) de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (ci-après « IEEE »), organisation professionnelle internationale, ou encore des travaux de l'Union internationale des télécommunications (ci-après « UIT »), qui est une agence spécialisée des Nations Unies.

¹¹⁵ Arcep, Arcom, Référentiel général de l'écoconception des services numériques, mai 2024. Voir également Ecolab, Hub France IA et AFNOR, kit d'engagement pour une intelligence artificielle frugale au sein d'une organisation, juin 2025.

¹¹⁶ AFNOR SPEC 2314, Référentiel général pour l'IA frugale, précité.

¹¹⁷ <https://www.ecologie.gouv.fr/presse/publication-du-referentiel-general-lia-frugale-sattaquer-limpact-environnemental-lia> (consulté le 9 décembre 2025).

¹¹⁸ Pour un aperçu des différentes initiatives existantes, voir le travail de la Coalition pour une IA frugale, disponible sur <https://www.sustainableaicoalition.org/initiatives-hub/> (consulté le 9 décembre 2025).

120. De plus, lors du sommet pour l'action pour l'IA de Paris au mois de février 2025, une coalition pour l'IA durable, pilotée par l'Ecolab du MTE, a été lancée par la France, le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et l'UIT et une feuille de route sur la normalisation de l'impact environnemental de l'IA pour des lignes directrices mieux harmonisées en matière d'évaluation environnementale de l'IA entre les grandes organisations internationales de normalisation (Organisation internationale de normalisation (ISO)), UIT et IEEE, avec le soutien de l'UNESCO, a été adoptée¹¹⁹.
121. En ce qui concerne la mesure de l'empreinte environnementale, il existe de plus en plus d'outils. S'il n'est pas possible de tous les mentionner ici, on notera que :
- certains se focalisent sur la mesure de l'empreinte énergétique et de l'empreinte carbone (par exemple, Green Algorithms) ;
 - d'autres proposent une analyse du cycle de vie complète (exemple de l'outil déployé par Carbone 4 pour Mistral) ;
 - certains sont destinés à aider à la conception de solutions d'IA frugales (par exemple, CodeCarbon, CarbonTracker) ; et,
 - d'autres proposent une analyse de l'impact de solutions déployées (Ecologits ou Ecoindex par exemple).
122. Outre ces outils, certains acteurs proposent d'aller plus loin en promouvant la mise en place d'une notation environnementale, ou d'un score, qui permettrait de comparer les différents modèles sur la base de leur impact environnemental¹²⁰. C'est, sous certains aspects, ce que propose l'outil « AI Energy Score », développé notamment par la société Hugging Face, en ce qui concerne uniquement la consommation d'énergie des modèles d'IA.

2. LES CONSÉQUENCES EN TERMES CONCURRENTIELS

123. D'un point de vue concurrentiel, l'ensemble de ces initiatives peut être appréhendé comme une standardisation qui poursuit un objectif de durabilité.
124. En ce qu'elle contribue au développement durable en permettant l'élaboration de nouveaux produits ou services frugaux ou en augmentant la qualité frugale des produits ou services, en permettant aux clients de faire des choix sur la base d'informations sur la frugalité et en plaçant les concurrents sur un pied d'égalité quant à la frugalité, la standardisation aura par conséquent généralement un impact positif au regard du jeu concurrentiel¹²¹.

¹¹⁹ Voir notamment https://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/exl-php/cadcg.php?CMD=CHERCHE&MODELE=vues/mte_recherche_avancee/tpl-r.html&WHERE_IS_DOC_REF_LIT=MPDOUV00265663&&TABLE=PUB_DOC (consulté le 9 décembre 2025).

¹²⁰ Voir, par exemple, rapport du CESE précité, p. 34 et 35. Voir également, Mistral, « Notre contribution pour la création d'un standard environnemental mondial pour l'IA » précité.

¹²¹ Voir en ce sens, à titre général, Commission, Lignes directrices sur l'applicabilité de l'article 101 du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne aux accords de coopération horizontale, juillet 2023, paragraphe 545. Voir également avis de l'Autorité de la concurrence n° 15-A-16 du 16 novembre 2015 portant sur l'examen, au regard des règles de concurrence, des activités de normalisation et de certification, paragraphes 5 et 6 ; avis n° 25-A-01 du 9 janvier 2025, précité, paragraphes 77 et suivants.

125. Cependant, plusieurs problématiques concurrentielles peuvent émerger dans le cadre de ces standardisations¹²².
126. Pour s'en prémunir, les acteurs peuvent utilement se référer à la « zone de sécurité informelle » que la Commission a développée dans ses lignes directrices sur les accords horizontaux¹²³. Sans prétendre à l'exhaustivité, la présente contribution dresse une liste de quelques comportements qui pourraient être problématiques au regard des règles de concurrence s'ils étaient adoptés par les acteurs du secteur et appelle ces derniers à la vigilance quant à l'adoption de ce type de comportements.
127. En premier lieu, si la volonté de promouvoir la frugalité dans le secteur par la standardisation peut justifier, à titre transitoire, le recours à des méthodes ou données imparfaites – notamment des données secondaires, telles que les données sectorielles, qui tendent à neutraliser partiellement les avantages concurrentiels propres à chaque acteur –, la standardisation de l'empreinte environnementale, qu'elle prenne la forme d'une normalisation volontaire ou de calculs d'empreinte, doit néanmoins satisfaire à des exigences de qualité, en s'appuyant notamment sur des méthodes et des données scientifiquement robustes.
128. À défaut, la standardisation pourrait conduire, même de manière non intentionnelle, à tromper collectivement les clients sur l'impact environnemental réel des services et porterait un risque en termes concurrentiels dès lors que l'impact environnemental devient un paramètre de concurrence¹²⁴.
129. Cette exigence est d'autant plus forte dans le secteur de l'IA que ce dernier est en pleine évolution et que, partant, les méthodes et données doivent être actualisées fréquemment pour refléter la réalité des connaissances sur les impacts environnementaux. Pour les mêmes raisons, il convient, pour limiter les risques concurrentiels, de garantir la représentativité de l'ensemble des parties prenantes au processus d'élaboration des standards, en assurant notamment, le cas échéant, un équilibre entre représentants des intérêts privés et des pouvoirs publics¹²⁵. De même, la transparence vis-à-vis des utilisateurs sur le fonctionnement du standard (gouvernance, méthode de calcul, données utilisées, etc.) comme la tierce vérification sont des éléments pertinents¹²⁶.
130. En deuxième lieu, une standardisation réalisée à mauvais escient ou détournée de son objectif peut affecter le jeu concurrentiel. Cela peut notamment être le cas lorsque le standard est biaisé au profit de certains acteurs du marché, y compris à la suite d'actions de lobbying auprès des pouvoirs publics, lorsqu'il requiert des informations auxquelles seuls certains acteurs peuvent accéder ou lorsque le standard est construit de sorte à ce qu'une grande majorité des produits ou services des entreprises qui s'y soumettent puisse en revendiquer un bénéfice similaire sans que cela résulte de caractéristiques objectives ou d'un effort entrepris pour améliorer lesdits produits ou services¹²⁷.

¹²² Voir en ce sens, à titre général, Commission, Lignes directrices précitées, paragraphes 442 et suivants.

¹²³ *Ibid.*, paragraphe 549.

¹²⁴ Voir ci-dessus, paragraphe 105.

¹²⁵ Avis n° 25-A-01 du 9 janvier 2025, précité, paragraphes 168 à 182.

¹²⁶ *Ibid.*, paragraphes 152 et 153 ; orientations informelles n° 24-DD-01 du 14 juin 2024, précitées, p. 7.

¹²⁷ Voir notamment, avis n° 15-A-16 du 16 novembre 2015, précité, paragraphe 7 ; décision de l'Autorité de la concurrence n° 17-D-20 du 18 octobre 2017 relative à des pratiques mises en œuvre dans le secteur des revêtements de sols résilients, paragraphes 388 à 399 et 438 ; avis n° 25-A-01 du 9 janvier 2025, précité, paragraphes 157 et 208 à 212.

131. Une standardisation peut à l'inverse être empêchée par le comportement d'acteurs et notamment par des stratégies visant à ne pas communiquer les informations indispensables à l'élaboration et la mise en œuvre du standard ou encore par des stratégies visant à ralentir ou entraver le processus d'élaboration. Ces situations peuvent, dans certaines circonstances, être appréhendées par le droit des pratiques anticoncurrentielles lorsqu'elles résultent du comportement concerté d'entreprises ou d'une pratique unilatérale d'un opérateur dominant.
132. En troisième lieu, l'élaboration et la mise en œuvre d'une standardisation ne doivent pas donner lieu à des échanges entre concurrents portant sur des informations commercialement sensibles, y compris lorsqu'elles sont de nature environnementale, dès lors que ces échanges ne sont pas objectivement nécessaires et strictement proportionnés à la standardisation¹²⁸.
133. En quatrième lieu, l'existence d'une pluralité de standards, qui semble caractériser le secteur de l'IA, doit également appeler à une certaine vigilance. L'Autorité a déjà eu l'occasion de se prononcer sur la coexistence de plusieurs standards et a indiqué que la pluralité permet de répondre à différentes demandes, y compris non portées par les pouvoirs publics, qu'elle peut inciter les acteurs à l'innovation et notamment permettre d'inciter les standards à faire évoluer leurs méthodes afin d'améliorer l'information délivrée aux consommateurs¹²⁹.
134. Toutefois, les échanges d'informations entre concepteurs de standards, comme l'alignement de leurs stratégies et productions doivent être évités et, en tout état de cause, être objectivement nécessaires et strictement limités à l'objectif que pourraient poursuivre ces acteurs comme la volonté de disposer de standards comparables à l'échelle internationale.
135. Enfin, doivent être mentionnés plusieurs points de vigilance en ce qui concerne l'usage de tels standards, qu'il s'agisse des normes, des méthodes de calcul de l'empreinte carbone ou environnementale ou d'indices de notation. En particulier, et sans remettre en cause l'opportunité de commencer un travail sur l'empreinte environnementale par l'empreinte carbone, l'Autorité rappelle que la standardisation en la matière, quelle que soit sa forme, ne doit pas conduire à limiter les incitations des acteurs à aller plus loin que la seule empreinte carbone, ni induire en erreur les clients sur l'impact environnemental global des services d'IA proposés. La terminologie employée comme la possibilité pour les acteurs d'aller plus loin que ce que propose la standardisation doivent être sans ambiguïté¹³⁰.

Conclusion

136. L'émergence et le déploiement massif de l'IA sont récents et son impact peut être difficile à mesurer. Cependant, la connaissance et la transparence sur l'impact énergétique et environnemental de l'IA sont indispensables pour permettre aux consommateurs, aux acteurs économiques et aux pouvoirs publics d'évaluer les performances, les coûts et les externalités des différentes technologies déployées et des services proposés. Dans cette perspective, il est important que la simplification en cours des règles environnementales de

¹²⁸ Avis n° 25-A-01 du 9 janvier 2025, précité, paragraphes 162 à 166 ; orientations informelles n° 24-DD-01 du 14 juin 2024, précitées, p. 4.

¹²⁹ Avis n° 25-A-01 du 9 janvier 2025, précité, paragraphes 78 à 86.

¹³⁰ Voir notamment décision n° 17-D-20 du 18 octobre 2017, précitée, paragraphes 436 à 440. Voir également, par exemple, orientations informelles n° 24-DD-01 du 14 juin 2024, précitées, p. 4 à 6.

l'Union ne dégrade pas les obligations relatives à la connaissance et à la transparence de l'impact énergétique et environnemental de l'IA.

137. La présente étude souligne que les enjeux concurrentiels liés à l'impact énergétique et environnemental de l'IA sont, à titre principal, de trois ordres. Ils tiennent à l'accès à l'énergie, à l'émergence de la frugalité comme paramètre de concurrence et au développement d'outils dits de standardisation de la mesure de l'empreinte environnementale.
138. La présente étude vise à contribuer au débat sur ces enjeux en formulant plusieurs points de vigilance.
139. En premier lieu, pour apprécier correctement les effets concurrentiels liés à l'empreinte énergétique et environnementale de l'IA, il convient de disposer de données fiables qui semblent manquer aujourd'hui. Une meilleure transparence pourrait, d'une part, éviter qu'une poignée d'acteurs profite d'un avantage décisif relatif à ces informations et, d'autre part, bénéficier à la recherche publique sur le sujet. Une telle transparence, y compris obtenue par le biais de la mise en place de standards, permettrait, en outre, que la frugalité puisse pleinement jouer son rôle de paramètres de concurrence.
140. En second lieu, il importe de s'assurer que l'accès aux zones adaptées à l'implantation de centres de données et à l'énergie, en particulier à l'électricité d'origine nucléaire, ne soit pas de facto réservé aux seuls grands acteurs.
141. L'Autorité invite l'ensemble des parties prenantes à se saisir de la présente étude et leur rappelle la possibilité de se rapprocher de l'Autorité s'ils suspectent l'existence de pratiques anticoncurrentielles dans le secteur, via une saisine de l'Autorité ou en utilisant la plateforme de signalement dédiée, mais également de solliciter, le cas échéant, auprès du rapporteur général de l'Autorité des orientations informelles quant à la compatibilité de leurs projets avec les règles de concurrence.