



N° 61

Septembre  
2026

DÉCRYPTAGE

# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À L'ÉPREUVE DU VIVANT : LES DÉFIS D'UNE GOUVERNANCE ENVIRONNEMENTALE

**Ilona Geniaux** - *Chargée de mission à La Fabrique Ecologique*

## Messages clés

La consommation électrique des centres de données a augmenté de 12 % par an en moyenne depuis 2017. En 2024, elle représente environ 415 TWh au niveau mondial, soit 1,5 % de la consommation électrique mondiale. L'IA générative en est un facteur croissant, bien que les projections pour 2030 divergent considérablement selon les études : les estimations de haute qualité s'échelonnent de 500 à 945 TWh.

L'empreinte hydrique des centres de données mérite d'être mise en perspective : le plus grand data center du monde consomme l'équivalent de l'eau nécessaire à 2,5 restaurants de burgers (SemiAnalysis, 2026). Toutefois, la localisation en zones de stress hydrique et l'absence de transparence sur les volumes réels constituent de vrais enjeux.

Le cadre juridique reste lacunaire : l'AI Act européen (2024) n'accorde qu'une place marginale à l'environnement, la loi française REEN ((Réduction de l'Empreinte Environnementale du Numérique) (2021) manque de mécanismes de sanction effectifs, aucun cadre international contraignant n'existe. La transparence sur l'empreinte environnementale des modèles d'IA est la priorité.

La réponse réglementaire doit tenir compte des spécificités du secteur. Plutôt que d'interdire, il s'agit d'orienter : favoriser un développement de l'IA sur sol européen, où le mix électrique décarboné réduit significativement les émissions, tout en imposant des obligations de transparence et de sobriété..

## SOMMAIRE

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UNE CONSOMMATION CROISSANTE À METTRE EN PERSPECTIVE</b>                        | <b>5</b>  |
| 1.1. <i>La consommation énergétique : croissance réelle, projections incertaines</i> | 5         |
| 1.2. <i>L'empreinte hydrique : réelle mais à contextualiser</i>                      | 6         |
| 1.3. <i>L'opacité persistante du secteur : le vrai problème</i>                      | 7         |
| <b>2. L'IA COMME OUTIL ÉCOLOGIQUE : ENTRE RÉALITÉ ET EFFET REBOND</b>                | <b>8</b>  |
| 2.1. <i>Des cas d'usage légitimes mais difficiles à quantifier</i>                   | 8         |
| 2.2. <i>L'effet rebond : le cœur du problème</i>                                     | 8         |
| 2.3. <i>La question du contrôle démocratique</i>                                     | 9         |
| <b>3. UN CADRE JURIDIQUE LACUNAIRE, ENTRE AVANCÉES TIMIDES ET ANGLES MORTS</b>       | <b>10</b> |
| 3.1. <i>Les avancées françaises : des principes sans sanctions</i>                   | 10        |
| 3.2. <i>Les angles morts du droit européen</i>                                       | 10        |
| 3.3. <i>Le vide du droit international</i>                                           | 11        |
| <b>4. LES ACTEURS, LES BLOCAGES, LES RAPPORTS DE FORCE</b>                           | <b>12</b> |
| 4.1. <i>Les Big Tech : une stratégie d'auto-régulation sans contrainte</i>           | 12        |
| 4.2. <i>Les États : souveraineté numérique contre engagement climatique</i>          | 12        |
| 4.3. <i>La société civile et la recherche : des alertes peu audibles</i>             | 13        |
| <b>5. PROPOSITIONS POUR UNE GOUVERNANCE ENVIRONNEMENTALE DE L'IA</b>                 | <b>14</b> |
| <b>CONCLUSION</b>                                                                    | <b>15</b> |
| <b>RÉFÉRENCES</b>                                                                    | <b>16</b> |

Depuis 2022, l'intelligence artificielle générative s'est imposée comme l'horizon du débat technologique mondial. En France comme en Europe, gouvernements, industriels et médias rivalisent d'enthousiasme : l'IA va révolutionner la médecine, décarboner l'industrie, sauver le climat. Dans le même temps, les centres de données consomment chaque année davantage d'électricité, d'eau et de métaux rares. En 2024, ils ont absorbé l'équivalent de la consommation électrique annuelle de la France. D'ici 2030, cette consommation pourrait plus que doubler selon les scénarios de développement retenus.

Ce paradoxe illustre une lacune des politiques publiques qui ont privilégié l'accompagnement de l'innovation sans encadrement environnemental spécifique. Ni l'AI Act européen, ni la loi française REEN, ni aucun cadre international ne contraignent aujourd'hui les opérateurs d'IA à mesurer, déclarer ou réduire leur empreinte. Alors même que le secteur automobile doit respecter des normes d'émission, que l'industrie lourde paie des quotas carbone et que les grandes entreprises publient des bilans de soutenabilité, le secteur de l'IA demeure aujourd'hui principalement encadré par des mécanismes volontaires et des obligations indirectes, sans dispositif environnemental spécifique comparable à celui applicable à d'autres industries fortement consommatrices de ressources.

Ce décryptage part d'un constat simple : on ne peut pas prétendre lutter contre la crise climatique tout en laissant prospérer, sans règle ni contrainte, un secteur dont la consommation de ressources et l'empreinte énergétique progressent rapidement. Ce n'est pas une position hostile à l'innovation, c'est une exigence de cohérence. L'IA a des usages réels et précieux pour la transition écologique. Mais ceux-ci ne justifient pas une exemption environnementale permanente, pas plus que les bénéfices de l'automobile n'ont justifié de dispenser les constructeurs des normes d'émission.

La France dispose des outils juridiques, de la recherche et du savoir-faire institutionnel pour porter une régulation ambitieuse. La Charte de l'environnement, intégrée à la Constitution en 2005, proclame le droit de vivre dans un environnement équilibré et le principe de précaution. Les jurisprudences récentes du Conseil constitutionnel, notamment ses décisions de 2025 sur les lois agricoles, témoignent de la portée contraignante de ces principes — une jurisprudence qui pourrait servir d'ancrage pour le secteur numérique, même si le lien reste à construire juridiquement. Le secteur numérique présente des spécificités liées à la nature dématérialisée de ses services et à la mobilité des infrastructures. Ces caractéristiques compliquent l'évaluation fine de son empreinte environnementale, mais elles ne dispensent pas d'améliorer progressivement les dispositifs de transparence et de suivi à l'échelle pertinente.

Ce texte propose d'abord un état des lieux de l'empreinte environnementale réelle de l'IA : données chiffrées, sources vérifiées, comparaisons sectorielles. Il analyse ensuite les lacunes du cadre juridique existant et les rapports de force qui les expliquent. Il formule enfin quatre propositions concrètes, articulées du niveau national au niveau international, pour sortir de l'impasse actuelle.

## SYNTHÈSE

En 2024, les centres de données mondiaux ont consommé environ 415 TWh d'électricité, soit 1,5 % de la consommation électrique mondiale<sup>1</sup>. Cette consommation a augmenté de 12 % par an en moyenne depuis 2017 — un rythme quatre fois supérieur à la croissance de la consommation électrique mondiale totale. L'IA générative en est un facteur croissant, mais aujourd'hui encore minoritaire dans la consommation totale des centres de données, dont la majorité héberge d'autres usages : cloud, streaming, services d'entreprises.

Les projections pour 2030 divergent considérablement. L'IEA projette un doublement vers 945 TWh dans son scénario de base<sup>2</sup>. Mais une revue critique de plus de 100 études publiée en mars 2025 par l'IEA-4E, co-rédigée par Vlad Coroamă (Roegen Centre for Sustainability) et Gavin Kamiya<sup>3</sup>, montre que les estimations divergent d'un facteur 40 selon les méthodes retenues, et que les projections les plus élevées corrélaient fortement avec des méthodes de faible qualité. L'agrégation des données de 60 grands opérateurs donne une consommation de 300 à 380 TWh pour 2023. Pour la part spécifiquement liée à l'IA, la fourchette des estimations crédibles pour 2030 s'étend de 200 à 900 TWh. Il convient de rappeler que le numérique a déjà connu des projections très élevées qui ne se sont pas réalisées : en 1999, Forbes prédisait que la moitié du réseau électrique alimenterait Internet en 2010. L'humilité prospective s'impose.

Un point crucial souvent méconnu : aujourd'hui, c'est l'inférence — c'est-à-dire le déploiement des modèles pour répondre aux requêtes des utilisateurs — qui représente la majorité de la consommation énergétique liée à l'IA, et non l'entraînement<sup>4</sup>. Une synthèse de plusieurs études récentes (Wu et al. 2022 ; EPRI 2024 ; Mistral AI 2025) présentée par Coroamă (slide 67) confirme que pour les modèles fondationnels, l'inférence représente entre 47 % et 65 % de la consommation énergétique totale, contre 30 à 35 % pour l'entraînement. C'est donc la croissance exponentielle des usages — des milliards de requêtes quotidiennes vers ChatGPT, Gemini, Claude, Copilot — qui constitue le défi énergétique principal. Par ailleurs, la phase opérationnelle domine non seulement la consommation énergétique mais aussi les émissions de GES — contrairement aux smartphones, où la fabrication prime (slide 18).

Sur l'eau, les estimations disponibles situent la consommation mondiale des centres de données à plusieurs centaines de milliards de litres par an<sup>5</sup>. Ces chiffres méritent d'être mis en perspective : une analyse détaillée de SemiAnalysis (2026)<sup>6</sup> montre que le plus grand data center du monde (xAI Colossus 2 400 MW) consomme environ 346 millions de gallons d'eau par an, soit l'équivalent de 2,5 restaurants de burgers In-N-Out — une fois prise en compte l'eau embarquée dans la production de viande bovine. L'agriculture représente 70 % de la consommation mondiale d'eau douce. Ces comparaisons n'absolvent pas le secteur numérique de ses responsabilités, mais elles invitent à la précision.

<sup>1</sup> IEA. (2025, avril). Energy and AI. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai> — les chiffres cités sont issus de l'executive summary, section 1.

<sup>2</sup> IEA, Energy and AI, avril 2025, op. cit.

<sup>3</sup> Kamiya, G. & Coroamă, V.C. (2025). Data Centre Energy Use: Critical Review of Models and Results. EDNA – IEA 4E TCP. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2025/05/Data-Centre-Energy-Use-Critical-Review-of-Models-and-Results.pdf> — Résultats clés présentés par Vlad Coroamă à l'école d'été ACACES (Fiuggi, juillet 2026) : facteur 40 d'écart entre études selon les méthodes ; 300-380 TWh/an comme plage crédible pour 2023 sur la base de 60 opérateurs ; fourchette 200-900 TWh pour la part IA en 2030. L'étude note que les projections pour 2030 varient d'un facteur 40 selon les méthodes retenues, et que seules les études de haute qualité (bottom-up ou agrégats mesurés) convergent vers une fourchette crédible.

<sup>4</sup> Coroamă, V.C. (2026). Will AI boil the planet or help saving it? ACACES summer school, slide 67. Synthèse de : Wu, C. et al. (2022). Sustainable AI: Environmental implications, Meta AI (inférence 65 %) ; EPRI (2024) (inférence 47-60 %) ; Mistral AI (2025) (inférence ~85 % pour modèles déployés). Pour les modèles fondationnels : inférence > entraînement dans tous les cas documentés.

<sup>5</sup> Lawrence Berkeley National Laboratory. (2024). 2024 United States Data Center Energy Usage Report. Les données mondiales restent des estimations, les grands opérateurs publiant leurs chiffres de manière non standardisée.

<sup>6</sup> SemiAnalysis. (2026, janvier). From Tokens to Burgers: A Water Footprint Face-Off. <https://newsletter.semianalysis.com/p/from-tokens-to-burgers-a-water-footprint>

En revanche, la localisation de certains centres de données dans des zones déjà soumises à un stress hydrique constitue un enjeu réel et documenté. Et surtout, l'absence d'obligations de mesure et de publication standardisée de l'empreinte environnementale des modèles d'IA constitue un écart significatif par rapport aux exigences imposées à d'autres secteurs. Les entreprises publient des ratios d'efficacité (PUE — Power Usage Effectiveness) sans déclarer leurs volumes absolus de consommation, rendant impossible toute évaluation externe rigoureuse<sup>7</sup>.

Le cadre juridique demeure insuffisant à tous les niveaux. La loi française REEN de 2021<sup>8</sup> ne prévoit pas de mécanismes de sanction effectifs pour la plupart de ses dispositions. La directive européenne 2023/1791, transposée en droit français en avril 2025<sup>9</sup>, ne couvre que les infrastructures dépassant 500 kW — et non les modèles d'IA eux-mêmes. L'AI Act (2024)<sup>10</sup> n'accorde qu'une place marginale à l'environnement. Aucun cadre international contraignant n'existe.

---

<sup>7</sup> Arcep, enquête annuelle « Pour un numérique soutenable », 5e édition, 21 mai 2026. <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/impact-environnemental/enquete-annuelle-pour-un-numerique-soutenable-edition-2026.html>

<sup>8</sup> Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021.

<sup>9</sup> Directive (UE) 2023/1791, transposée par la loi n° 2025-391 du 30 avril 2025 (DADUE).

<sup>10</sup> Règlement (UE) 2024/1689 du 13 juin 2024 (AI Act).

## 1. UNE CONSOMMATION CROISSANTE À METTRE EN PERSPECTIVE

Le débat sur l'empreinte environnementale de l'IA souffre de trois biais symétriques. Le premier : des chiffres absolus présentés sans comparaison sectorielle. Le second : des projections catastrophistes issues de méthodes d'extrapolation de faible qualité. Le troisième : une opacité délibérée des acteurs qui empêche toute évaluation rigoureuse. Ce décryptage cherche à dépasser ces trois biais.

### 1.1. La consommation énergétique : croissance réelle, projections incertaines

La consommation électrique des centres de données a progressé de 12 % par an en moyenne depuis 2017. En 2024, elle représente environ 415 TWh — 1,5 % de la consommation électrique mondiale — contre 200 TWh en 2018.<sup>11</sup> Ce rythme est réel et significatif. Mais il convient de nuancer les projections qui en découlent.

Une revue critique de plus de 100 études publiée en mars 2025 par l'IEA-4E<sup>12</sup> établit que les projections pour 2030 varient considérablement selon les méthodes retenues — d'un facteur 40. Les études de haute qualité convergent vers des résultats bas ou moyens, tandis que les projections les plus élevées proviennent d'extrapolations temporelles de faible qualité. L'agrégation des données de 60 grands opérateurs situe la consommation mondiale des centres de données à 300-380 TWh pour 2023. Pour la part spécifiquement liée à l'IA, la fourchette crédible pour 2030 s'étend de 200 à 900 TWh. L'histoire du numérique invite à la prudence : en 1999, Forbes prédisait que la moitié du réseau électrique alimenterait Internet en 2010 — projection qui ne s'est pas réalisée malgré une croissance du trafic internet multipliée par 2 000 entre 2000 et 2019.

La France n'est pas épargnée. L'enquête de l'Arcep publiée le 21 mai 2026<sup>13</sup> indique que les centres de données français ont consommé 2,7 TWh en 2024, soit une hausse de 12 % en un an et de 38 % en trois ans. Île-de-France, Hauts-de-France et PACA concentrent 90 % de cette consommation. RTE, dans son bilan prévisionnel 2025<sup>14</sup>, projette que leur consommation pourrait être multipliée par quatre à huit d'ici 2035 selon les scénarios de déploiement de l'IA.

Une donnée illustre concrètement l'accélération en cours : la puissance des GPU progresse bien plus vite que celle des serveurs classiques (slide 26). Un rack traditionnel consommait jusqu'à 20 kW ; un rack NVL72 de 36 GPU Blackwell consomme aujourd'hui 120 kW, soit six fois plus (slide 27). La densité énergétique des centres de données dédiés à l'IA est ainsi des centaines de fois supérieure à celle d'un bâtiment commercial ordinaire (slide 33). Cette densité croissante explique à la fois le recours aux turbines à gaz — les réseaux électriques ne pouvant absorber des montées en charge aussi brusques — et les défis nouveaux posés aux systèmes de refroidissement.<sup>15</sup>

Un point souvent sous-estimé : c'est l'inférence — le déploiement des modèles au service des utilisateurs — qui constitue aujourd'hui le principal moteur de la consommation énergétique liée à l'IA, et non

<sup>11</sup> IEA, *Energy and AI*, 2025, op. cit.

<sup>12</sup> Kamiya & Coroamă, 2025, op. cit. L'étude couvre plus de 100 publications depuis 2014 et des données de 60 opérateurs majeurs.

<sup>13</sup> Arcep, *enquête annuelle 2026*, op. cit

<sup>14</sup> RTE, *Bilan prévisionnel 2025*. <https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel>

<sup>15</sup> Coroamă, V.C. (2026), op. cit., slides 26-27 et 33. Slide 26 : croissance de la TDP (Thermal Design Power) des GPU beaucoup plus rapide que celle des serveurs classiques — le chip Grace-Blackwell NVL72 atteint ~2700 W par GPU. Slide 27 : les racks traditionnels consomment jusqu'à 20 kW, les racks NVL72 (36 GPU) atteignent 120 kW. Slide 33 : la densité énergétique des centres de données dédiés à l'IA est des centaines de fois supérieure à celle d'un bâtiment commercial ordinaire.

l'entraînement. Plusieurs études récentes (Wu et al. 2022 ; EPRI 2024) situent la part de l'inférence entre 47 % et 65 % de la consommation totale des modèles fondationnels.<sup>16</sup>

Autre nuance essentielle : les grands centres de données dédiés à l'IA sont souvent alimentés par des turbines à gaz naturel, car les réseaux électriques actuels ne peuvent pas absorber à suffisamment court terme la puissance considérable demandée. Ce recours aux fossiles pour alimenter l'IA constitue un paradoxe environnemental particulièrement saillant aux États-Unis, où l'administration a créé en janvier 2025 un « Conseil national pour la domination énergétique » mobilisant toutes les sources disponibles, y compris le charbon, pour alimenter la course à l'IA.<sup>17</sup>

Le paradoxe français : La France bénéficie d'un mix électrique parmi les plus décarbonés au monde grâce au nucléaire. Un même calcul d'IA effectué en France émet significativement moins de CO<sub>2</sub> qu'aux États-Unis ou en Chine. C'est un argument fort en faveur du développement de l'IA sur sol européen, à condition d'assortir ce développement de conditions environnementales effectives.

## 1.2. L'empreinte hydrique : réelle mais à contextualiser

Les centres de données consomment de l'eau — principalement pour le refroidissement des serveurs — en quantités qui méritent attention. Les estimations disponibles, principalement issues du Lawrence Berkeley National Laboratory pour les États-Unis et des rapports volontaires des grands opérateurs, situent la consommation mondiale à plusieurs centaines de milliards de litres par an<sup>18</sup>. Ces chiffres doivent cependant être mis en perspective.

SemiAnalysis a publié en janvier 2026 une analyse détaillée<sup>19</sup> comparant l'empreinte hydrique totale de xAI Colossus 2 (400 MW, l'un des plus grands data centers du monde, à Memphis, Tennessee) avec celle d'un restaurant In-N-Out Burger moyen. Le résultat : le data center consomme environ 346 millions de gallons d'eau par an, contre 147 millions de gallons pour le restaurant de burgers — une fois prise en compte l'eau embarquée dans la production de viande bovine (95 % de l'empreinte hydrique d'un burger provient de l'irrigation des cultures fourragères). Autrement dit, le plus grand data center du monde consomme l'équivalent en eau de 2,5 restaurants de burgers. L'Atlas de l'eau, publié par la Fondation Heinrich Böll et La Fabrique Écologique<sup>20</sup>, souligne par ailleurs que la consommation d'eau liée aux systèmes d'intelligence artificielle est bien plus importante que les moteurs de recherche classiques. Alors que 20 recherches Google utilisent environ 10 millilitres d'eau, ChatGPT en consomme environ un demi-litre pour répondre à 20 à 50 questions. Les centres de données exercent donc plus que jamais une pression sur la ressource en eau.

Ces comparaisons n'absolvent pas le secteur. L'agriculture représente 70 % de la consommation mondiale d'eau douce, et ce n'est évidemment pas une raison d'ignorer la consommation des centres de données. Cette comparaison ne signifie pas que l'impact hydrique du numérique est négligeable : elle rappelle simplement que l'évaluation environnementale gagne à comparer des ordres de grandeur cohérents

<sup>16</sup> Wu et al. (2022) ; Patterson et al. (2022), op. cit. Voir aussi : Kamiya, G. & Coroamă, V.C. (2025), section 3.3.1

<sup>17</sup> Engadget, « Microsoft's AI drive saw its carbon emissions grow by 25 percent in 2025 », juillet 2026. L'administration Trump a créé le National Energy Dominance Council en janvier 2025.

<sup>18</sup> Lawrence Berkeley National Laboratory, 2024 US Data Center Energy Usage Report, décembre 2024. Sur la distinction prélèvement/consommation d'eau : Coroamă, V.C. & Schien, D. (2026). SAFE-AI: Sustainability Assessment Framework for the Environmental Impacts of AI. Étude pour le SFOE. Slide 51 : « Consumption/withdrawal & on-site/total (incl. upstream) water often thrown together → confusion ».

<sup>19</sup> SemiAnalysis. (2026, janvier). From Tokens to Burgers: A Water Footprint Face-Off. <https://newsletter.semianalysis.com/p/from-tokens-to-burgers-a-water-footprint>

<sup>20</sup> Fondation Heinrich Böll et La Fabrique Écologique. (2026). Atlas de l'eau. Article « Numérique — les données ont soif », p. 40. Les sources des graphiques sont disponibles en fin d'atlas.

plutôt qu'à présenter des chiffres absolus décontextualisés. Mais elles invitent à la précision. Coroamă souligne également une confusion fréquente dans le débat public entre deux métriques distinctes : le prélèvement d'eau (volume total extrait de la source) et la consommation d'eau (part non restituée au milieu naturel). Les chiffres des entreprises mélangent souvent les deux, ce qui rend les comparaisons trompeuses. Par ailleurs, les systèmes de refroidissement s'améliorent rapidement : certains nouveaux centres de données utilisent des systèmes adiabatiques ou à refroidissement libre (free cooling) qui consomment nettement moins d'eau que le refroidissement évaporatif traditionnel, au prix parfois d'une légère hausse de la consommation électrique.

En revanche, la localisation de certains projets dans des zones soumises à un stress hydrique constitue un enjeu réel et documenté. Google a vu sa consommation totale d'eau augmenter d'environ 33 % entre 2023 et 2024, atteignant 30,6 milliards de litres (8,1 milliards de gallons)<sup>21</sup>. Des conflits d'usage émergent déjà en Virginie, en Irlande et en Espagne. En Aragon, région frappée régulièrement par la sécheresse, Amazon prévoit la construction de plusieurs nouveaux centres de données, générant des tensions avec les usages agricoles locaux<sup>22</sup>. Les impacts locaux des centres de données méritent d'être systématiquement intégrés dans les procédures d'autorisation. Coroamă les recense ainsi : hausse de température dans les zones proches des centres de données de +2,1 °C en moyenne (valeur maximale observée : +9,1 °C) sur 20 ans, mesurée sur 6 000 sites à l'écart des zones urbaines denses pour isoler l'effet propre des data centers — slide 143 ; pollution sonore liée aux ventilateurs et aux turbines à gaz ; et tensions sur les ressources en eau, aggravées par les émissions de NOx, CO et formaldéhyde des groupes électrogènes.

### 1.3. L'opacité persistante du secteur : le vrai problème

Il convient également de noter que l'empreinte environnementale de l'IA est concentrée dans les centres de données : les réseaux de transmission sont négligeables et les appareils des utilisateurs finaux ne représentent qu'une faible contribution à un chiffre (slide 20). Cela simplifie l'enjeu de gouvernance : ce sont les opérateurs de centres de données et les fournisseurs de modèles qui doivent être ciblés par la régulation, pas les utilisateurs individuels.

Au-delà des débats sur les chiffres, le problème structurel est celui de l'opacité. Aucune obligation réglementaire n'impose à ce jour la mesure et la publication standardisée de l'empreinte environnementale des modèles d'IA — ni lors de leur entraînement, ni lors de leur déploiement. Les entreprises publient des ratios d'efficacité (PUE) sans déclarer leurs volumes absolus de consommation<sup>23</sup>.

Il est techniquement possible d'accéder à des estimations de l'empreinte environnementale pour certains modèles ouverts. Par exemple, Hugging Face publie des données sur l'empreinte carbone de modèles comme Llama 3.<sup>24</sup> Mais ces données restent volontaires, non standardisées, et ne couvrent pas les modèles propriétaires des grandes entreprises. Les chercheurs qui tentent de mesurer l'empreinte des modèles — comme Sasha Luccioni (Hugging Face) ou le groupe EcoInfo du CNRS<sup>25</sup> — se heurtent systématiquement à l'absence de données publiques fiables.

Cette opacité n'est pas seulement un problème scientifique. C'est un obstacle stratégique à la régulation : sans données fiables et comparables, il est impossible de calibrer des obligations, de sanctionner le non-respect, ou de permettre aux consommateurs et aux actionnaires de prendre des décisions éclairées. C'est là que se trouve le vrai angle mort de gouvernance.

<sup>21</sup> Google Environmental Report 2025 (données 2024). En 2023 : 6,1 milliards de gallons ; en 2024 : 8,1 milliards de gallons (30,6 milliards de litres).

<sup>22</sup> SourceMaterial & The Guardian, enquête sur les data centers dans les zones de stress hydrique, 2025. <https://www.theguardian.com/environment/2025/apr/09/big-tech-datacentres-water>

<sup>23</sup> Arcep, enquête annuelle 2026, op. cit.

<sup>24</sup> Hugging Face, Meta-Llama-3.1-405B model card. <https://huggingface.co/meta-llama/Llama-3.1-405B>

<sup>25</sup> Luccioni, A.S., Strubell, E., & Crawford, K. (2025). From efficiency gains to rebound effects. FACCT '25. EcoInfo CNRS : <https://ecoinfo.cnrs.fr>

## 2. L'IA COMME OUTIL ÉCOLOGIQUE : ENTRE RÉALITÉ ET EFFET REBOND

L'IA peut aider à modéliser le climat, détecter la déforestation, optimiser les réseaux électriques. Ces applications sont réelles et documentées. Mais l'absence de données indépendantes et standardisées sur l'empreinte des modèles empêche de valider l'argument des « bénéfices nets ». Et l'effet rebond menace de neutraliser les gains d'efficacité. C'est le défi le plus difficile à anticiper pour les régulateurs.

### 2.1. Des cas d'usage légitimes mais difficiles à quantifier

L'intelligence artificielle offre des capacités réelles au service de la transition écologique. En matière de modélisation climatique, des systèmes comme GraphCast (Google DeepMind)<sup>26</sup> surpassent désormais les modèles météorologiques opérationnels de référence sur la majorité des variables évaluées, tout en produisant des prévisions plus rapidement et avec une consommation de calcul nettement inférieure. Des outils comme Global Forest Watch recourent à l'IA pour détecter la déforestation en temps quasi réel via des images satellitaires.

L'AIE reconnaît, dans son rapport d'avril 2025<sup>27</sup>, que les économies d'émissions induites par l'IA dans d'autres secteurs de l'économie pourraient, dans certains scénarios, être trois à cinq fois supérieures aux émissions directes du secteur numérique. C'est cet argument que les grandes entreprises technologiques mobilisent pour justifier leur expansion. Il mérite d'être pris au sérieux — et examiné avec prudence.

Il est cependant impossible de valider cette thèse sans données indépendantes et vérifiables. On ne peut pas distinguer précisément la part des applications d'IA qui contribuent effectivement à la transition écologique de celles qui y sont indifférentes. Ces bénéfices potentiels sont documentés, mais leur ampleur réelle demeure difficile à établir en l'absence de méthodologies communes. En l'état, l'argument des « bénéfices nets » demeure une hypothèse à démontrer.

### 2.2. L'effet rebond : le cœur du problème

Les perspectives prometteuses de l'IA pour le climat butent sur un phénomène bien documenté : l'effet rebond, ou paradoxe de Jevons<sup>28</sup>. Plus une technologie permet d'économiser de l'énergie ou d'abaisser les coûts d'un service, plus son usage augmente — annulant, voire dépassant, les gains d'efficacité initiaux.

L'IA illustre parfaitement deux niveaux d'effet rebond identifiés par Erwan Lenormand (IMEC)<sup>29</sup>. Le premier rebond algorithmique : quand les puces deviennent dix fois plus efficaces, on entraîne des modèles vingt fois plus grands qui sont « plus intelligents ». Le second rebond de la demande : ces modèles plus intelligents attirent davantage d'utilisateurs, ce qui augmente la demande. L'AIE elle-même note que les gains d'efficacité risquent d'être compensés par l'augmentation des usages.

Ces deux effets rebond ne sont cependant pas sans limites. Vlad Coroamă (IEA-4E)<sup>30</sup> identifie deux plafonds naturels : la capacité de produire de l'électricité — d'où le recours aux turbines à gaz pour

<sup>26</sup> Lam, R. et al. (2023). Learning skillful medium-range global weather forecasting. *Science*, 382(6677), 1416-1421.

<sup>27</sup> IEA, *Energy and AI*, 2025, op. cit.

<sup>28</sup> Jevons, W.S. (1865). *The Coal Question*. Macmillan. Luccioni, A.S., Strubell, E., & Crawford, K. (2025), op. cit.

<sup>29</sup> Erwan Lenormand, expert IMEC, communication personnelle dans le cadre de la relecture de ce décryptage, juillet 2026.

<sup>30</sup> Coroamă, V.C. (2026). Will AI boil the planet or help saving it? ACACES summer school, Fiuggi, juillet 2026. Les contre-exemples cités (aspirateurs sans rebond notable car limite naturelle de la demande — slide 112 ; distributeurs automatiques japonais sans rebond car l'énergie est un coût marginal dans le prix d'une

alimenter les grands centres de données — et la capacité à fabriquer des GPU. Ces contraintes physiques constituent de facto des régulateurs de la croissance.

Surtout, l'effet rebond n'est pas inévitable. Coroamă cite deux contre-exemples éclairants : les aspirateurs dont la consommation a été divisée par quatre sans augmentation des usages (limite naturelle de la demande de ménages propres) ; et les distributeurs automatiques japonais qui ont réduit leur consommation de 80 % sans hausse de la consommation (le coût de l'énergie est marginal dans le prix d'une boisson). Pour l'IA, le rebond sera faible là où la demande est naturellement limitée ou le coût énergétique marginal dans le bénéfice total. Il sera fort là où la baisse du coût par requête ouvre des usages illimités.

Des travaux récents<sup>31</sup> concluent qu'en l'absence de régulation contraignante, l'effet net de l'IA sur les émissions mondiales pourrait être négatif. Mais ils soulignent aussi que cette conclusion dépend des choix de déploiement — et notamment de la localisation géographique des infrastructures et des sources d'énergie utilisées.

### 2.3. La question du contrôle démocratique

La capacité de l'IA à contribuer à la transition écologique dépend des choix de déploiement opérés par ses promoteurs. Or ces choix échappent largement au contrôle démocratique. Les décisions qui détermineront l'ampleur de l'impact climatique de l'IA — déploiement des usages, allocation des ressources, expansion des infrastructures, choix des sources d'énergie — sont prises principalement par des acteurs privés dans un contexte de manque de transparence. Cette situation est en tension avec le droit de participation consacré par l'article 7 de la Charte de l'environnement<sup>32</sup> et l'esprit de la Déclaration de Rio de 1992.

À cela s'ajoute un risque de verrouillage technologique : si l'IA devient l'outil central de la transition écologique, qui en détient les clés ? Les modèles les plus performants sont propriétaires, concentrés dans quelques entreprises américaines et chinoises. Les pays du Sud, premiers exposés aux impacts climatiques, sont les derniers à bénéficier de ces outils — et les premiers à subir les externalités minières : extraction de cobalt en RDC, de lithium en Amérique du Sud.

---

boisson — slide 113 ; détection de fuites de gaz naturel sans rebond économique malgré l'impact climatique majeur — slide 114) sont tirés des slides correspondants de cette présentation.

<sup>31</sup> Luccioni et al. (2025), op. cit.

<sup>32</sup> Charte de l'environnement de 2004, article 7. Loi constitutionnelle n° 2005-205 du 1er mars 2005.

### 3. UN CADRE JURIDIQUE LACUNAIRE, ENTRE AVANCÉES TIMIDES ET ANGLES MORTS

Les principes existent. La Charte de l'environnement proclame le droit à un environnement sain, le principe de précaution, le droit de participation. Le Conseil constitutionnel les a rappelés avec force en 2025. Leur application au secteur numérique reste à construire. Cette lacune tient moins à un oubli qu'à l'absence d'une volonté politique suffisante et à des rapports de force défavorables à la régulation.

#### 3.1. Les avancées françaises : des principes sans sanctions

La loi REEN du 15 novembre 2021<sup>33</sup> constitue le cadre normatif de référence en France. Elle impose aux communes de plus de 50 000 habitants de définir une stratégie numérique responsable, promeut l'éco-conception des services numériques et fixe des orientations visant à réduire l'impact environnemental des infrastructures numériques. Sa limite principale est que la plupart des obligations qu'elle introduit reposent sur des mécanismes déclaratifs et ne sont pas assorties de sanctions spécifiques, ce qui en limite considérablement la portée pratique.

La loi DADUE du 30 avril 2025 et le décret du 29 décembre 2025, transposant la directive 2023/1791<sup>34</sup>, introduisent des obligations plus contraignantes. Les opérateurs de centres de données d'une puissance installée supérieure ou égale à 500 kW doivent publier leurs données énergétiques et environnementales sur une plateforme européenne centralisée. Ce seuil de 500 kW couvre en réalité la grande majorité des centres de données d'importance : un rack de 72 GPU de dernière génération consomme environ 200 kW, et les centres actuellement construits atteignent des centaines de mégawatts. Les modèles d'IA eux-mêmes restent en dehors du champ d'application.

#### 3.2. Les angles morts du droit européen

La directive 2023/1791 couvre les infrastructures physiques, non les modèles d'IA. Il n'existe aucune obligation imposant la mesure et la publication de l'empreinte carbone liée à l'entraînement ou au déploiement des modèles. L'AI Act<sup>35</sup>, adopté en 2024, est principalement centré sur les risques liés aux droits fondamentaux et à la sécurité. L'environnement n'y occupe qu'une place marginale : si certaines dispositions touchent à l'efficacité énergétique pour les modèles à usage général, elles ne constituent pas un cadre environnemental spécifique. La taxonomie verte européenne<sup>36</sup> ne couvre que partiellement les impacts associés aux infrastructures numériques.

Par contraste, d'autres secteurs à fort impact sont soumis à des obligations strictes. Les grandes entreprises déclarent leurs émissions dans le cadre de la CSRD. L'aviation et l'industrie lourde participent au marché européen de quotas d'émission. Le secteur demeure encadré par des obligations environnementales indirectes et fragmentées, sans dispositif spécifique applicable aux modèles d'IA. Cette asymétrie réglementaire mérite d'être comblée au regard des exigences imposées à d'autres secteurs comparables.

La directive Omnibus (2025), en réduisant le champ d'application de la CSRD et de la CS3D, a par ailleurs affaibli les outils qui auraient pu contraindre les opérateurs d'IA à déclarer leur empreinte carbone. Le

<sup>33</sup> Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021.

<sup>34</sup> Directive (UE) 2023/1791 ; loi n° 2025-391 du 30 avril 2025 (DADUE) ; décret n° 2025-1382 du 29 décembre 2025.

<sup>35</sup> Règlement (UE) 2024/1689, AI Act.

<sup>36</sup> Règlement (UE) 2020/852 sur la taxonomie verte.

secteur numérique se trouve de fait soumis à des exigences environnementales moins contraignantes que d'autres secteurs d'activité à fort impact, ce qui appelle une mise à niveau progressive du cadre réglementaire.

### 3.3. Le vide du droit international

Aucun cadre international contraignant ne régit l'empreinte environnementale de l'IA. L'Accord de Paris ne couvre pas spécifiquement le secteur numérique. Les NDC (contributions nationales déterminées) n'intègrent pas encore les centres de données comme catégorie spécifique. Le Sommet mondial pour la gouvernance de l'IA, tenu à Paris en février 2025<sup>37</sup>, a produit des déclarations de principe mais aucun engagement contraignant sur le plan environnemental.

La jurisprudence du Conseil constitutionnel offre des ancrages juridiques mobilisables. Il a érigé la protection de l'environnement en objectif de valeur constitutionnelle (décision n° 2019-823 QPC<sup>38</sup>) et l'a combinée avec l'article 1er de la Charte (décision n° 2022-843 DC<sup>39</sup>). Les décisions de 2025 sur les lois agricoles<sup>40</sup> montrent que le contrôle constitutionnel peut concilier objectifs économiques et exigences environnementales. Ces fondements pourraient être mobilisés par analogie pour l'encadrement des infrastructures numériques.

---

<sup>37</sup> Sommet pour l'action sur l'IA, Paris, 10-11 février 2025.

<sup>38</sup> Conseil constitutionnel, décision n° 2019-823 QPC du 31 janvier 2020.

<sup>39</sup> Conseil constitutionnel, décision n° 2022-843 DC du 12 août 2022.

<sup>40</sup> Conseil constitutionnel, décisions n° 2025-876 DC du 20 mars 2025 et n° 2025-891 DC du 7 août 2025.

## 4. LES ACTEURS, LES BLOCAGES, LES RAPPORTS DE FORCE

Trois représentations contribuent aujourd'hui à limiter l'émergence d'un cadre de régulation. Le technosolutionnisme : l'IA résoudra elle-même ses impacts. L'attentisme compétitif : réguler maintenant, c'est perdre face aux États-Unis et à la Chine. Le volontarisme privé : les entreprises prendront en charge d'elles-mêmes la question environnementale. Ces trois représentations se retrouvent dans d'autres débats industriels — les pesticides, le diesel, les énergies fossiles — où les solutions volontaires ont montré leurs limites.

### 4.1. Les Big Tech : une stratégie d'auto-régulation sans contrainte

Les grandes entreprises technologiques ont développé une stratégie de communication environnementale fondée sur des engagements volontaires. Microsoft a reconnu dans son rapport 2025 que ses émissions totales (scope 1, 2 et 3) ont augmenté de 23,4 % par rapport à 2020, en lien avec l'expansion de ses infrastructures d'IA<sup>41</sup>. Selon son rapport 2026 (données 2025), la hausse atteint 25 % supplémentaires en un an<sup>42</sup>. Ces deux chiffres illustrent un phénomène structurel : plus les entreprises investissent dans l'IA, plus elles s'éloignent de leurs objectifs environnementaux.

Le collectif EUDCA défend une approche d'autorégulation fondée sur le « Climate Neutral Data Centre Pact<sup>43</sup> », dont les objectifs ont été définis en 2021, avant l'accélération massive de l'IA générative. En France, l'article 15 de la loi du 6 juin 2025 sur les services d'IA facilite l'expansion des centres de données sans étude d'impact environnemental préalable. Le Sommet Choose France 2026 a annoncé plusieurs milliards d'euros d'investissements dans des infrastructures numériques liées à l'IA<sup>44</sup>, sans condition environnementale.

### 4.2. Les États : souveraineté numérique contre engagement climatique

Les États se trouvent pris dans une contradiction structurelle. Percevant l'IA comme un enjeu de souveraineté technologique, ils déroulent le tapis rouge aux grandes entreprises du secteur. Mais cette posture est cohérente avec une lecture que plusieurs experts partagent : la réponse optimale n'est peut-être pas moins d'IA, mais davantage d'IA européenne.

L'argument mérite d'être pris au sérieux : un même calcul d'IA effectué en France émet significativement moins de CO<sub>2</sub> qu'aux États-Unis ou en Chine, grâce au mix électrique nucléaire. Favoriser le développement des infrastructures et des modèles d'IA sur sol européen pourrait contribuer à réduire l'empreinte carbone mondiale de l'IA. Cet argument territorial ne dispense cependant pas d'une régulation environnementale contraignante : la localisation en Europe réduit l'empreinte carbone par kWh, mais ne résout ni l'opacité des données ni l'effet rebond<sup>45</sup>.

La difficulté de la régulation tient aussi à la nature dématérialisée des services numériques. Contrairement à une usine, un service d'IA peut être hébergé dans n'importe quel pays et servir des utilisateurs partout dans le monde. Une évaluation fine de l'empreinte à l'échelle d'une requête individuelle est quasiment

<sup>41</sup> Microsoft Environmental Sustainability Report 2025 (données FY2024). <https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/sustainability/report>

<sup>42</sup> Engadget, « Microsoft's AI drive saw its carbon emissions grow by 25 percent in 2025 », juillet 2026. <https://www.engadget.com>

<sup>43</sup> EUDCA, Climate Neutral Data Centre Pact, 2021. <https://www.climateneutraldatacentre.net/>

<sup>44</sup> Direction générale des Entreprises. Choose France 2026. <https://www.entreprises.gouv.fr/la-dge/actualites/choose-france-2026>

<sup>45</sup> Erwan Lenormand, IMEC, communication personnelle, juillet 2026.

impossible — les impacts varient d'un ordre de grandeur selon les infrastructures utilisées. Une estimation à l'échelle macro est en revanche réalisable, et c'est à ce niveau que la régulation doit opérer.

#### 4.3. La société civile et la recherche : des alertes peu audibles

Des chercheurs, des ONG et des journalistes documentent avec rigueur l'impact environnemental de l'IA. Les travaux de Sasha Luccioni (Hugging Face)<sup>46</sup> et du groupe EcoInfo du CNRS<sup>47</sup> constituent les références académiques de base. Ces alertes restent cependant peu audibles face aux discours dominants. La donnée scientifique elle-même est insuffisante : les études sur l'empreinte réelle des modèles sont lacunaires, faute d'accès aux données des entreprises.

Quelle consultation citoyenne a précédé l'autorisation des mégacampus de centres de données annoncés en 2026 en Île-de-France ? Quel débat public a porté sur les choix d'allocation d'électricité entre usages résidentiels, industriels et numériques à horizon 2035 ? Ces décisions, qui engagent l'avenir environnemental commun pour plusieurs décennies, sont aujourd'hui prises dans une opacité incompatible avec les principes constitutionnels de participation et de précaution.

---

<sup>46</sup> Luccioni et al. (2025), *op. cit.*

<sup>47</sup> EcoInfo CNRS. <https://ecoinfo.cnrs.fr>

## 5. PROPOSITIONS POUR UNE GOUVERNANCE ENVIRONNEMENTALE DE L'IA

La réponse à cette problématique réside dans une régulation progressive, fondée sur les principes constitutionnels existants et les outils juridiques disponibles. L'objectif n'est pas de freiner l'innovation, mais de l'orienter : favoriser un développement européen de l'IA adossé à une électricité bas carbone, tout en imposant les obligations de transparence et de sobriété qui font aujourd'hui défaut.

### ➤ Mesure 1 — Rendre obligatoire la transparence environnementale des modèles d'IA

La première urgence est la transparence. Il convient de rendre obligatoire la mesure et la publication standardisée de l'empreinte carbone, hydrique et minière des modèles d'IA, à la fois lors de leur entraînement et lors de leur déploiement (inférence). Cette obligation devrait s'appliquer à tout acteur commercialisant un service d'IA en France et en Europe. Le règlement délégué (UE) 2024/1364<sup>48</sup> offre un cadre méthodologique de reporting qui pourrait être étendu des infrastructures aux modèles eux-mêmes.

La déclaration devrait inclure, de manière standardisée et vérifiable par un tiers indépendant : les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'entraînement et à l'inférence (scope 1, 2 et 3), la consommation d'eau directe et indirecte, la nature et la provenance des matériaux utilisés dans les puces et infrastructures, ainsi que la localisation géographique des opérations et les sources d'énergie utilisées. L'accès à des données sur les modèles ouverts (Llama, Mistral, BLOOM) montre que cette transparence est techniquement faisable — elle doit devenir obligatoire pour tous.

### ➤ Mesure 2 — Étendre et renforcer le cadre réglementaire

La loi REEN mériterait d'être dotée de mécanismes de sanction effectifs — amendes, mises en demeure, retrait d'autorisation. L'intégration de l'IA dans la taxonomie verte européenne<sup>49</sup> constitue un levier décisif pour orienter les investissements vers les infrastructures les plus sobres : empreinte carbone déclarée et vérifiable, localisation hors zones de stress hydrique sauf exception justifiée, efficacité énergétique certifiée.

Les aides publiques à la recherche et au déploiement de l'IA — dans le cadre de France 2030 et des fonds NextGenerationEU — devraient être conditionnées à des engagements environnementaux vérifiables et sanctionnables, incluant une dimension territoriale : les grands projets d'infrastructures numériques pourraient être soumis à une évaluation préalable de compatibilité avec les SRADDET et PCAET.

### ➤ Mesure 3 — Appliquer les principes constitutionnels existants

Le principe de précaution (article 5 de la Charte de l'environnement) et le droit de participation (article 7) devraient être appliqués aux décisions d'autorisation de grands projets d'infrastructure numérique. Les décisions récentes du Conseil constitutionnel<sup>50</sup> montrent que ce contrôle est opérationnel. Les grands projets de centres de données devraient faire l'objet d'études d'impact environnemental avec consultation publique, comme c'est déjà le cas pour des projets industriels comparables.

<sup>48</sup> Règlement délégué (UE) 2024/1364 du 14 mars 2024.

<sup>49</sup> Règlement (UE) 2020/852 sur la taxonomie verte.

<sup>50</sup> Décisions n° 2025-876 DC et n° 2025-891 DC, op. cit.

## ➤ Mesure 4 — Porter un cadre international

La France et l'Union européenne pourraient utilement porter un protocole additionnel à l'Accord de Paris couvrant le secteur numérique, incluant des engagements de réduction de l'empreinte carbone des centres de données dans les NDC. La création d'un organe scientifique international indépendant d'évaluation de l'impact environnemental du numérique — un « GIEC du numérique » — permettrait de produire des données comparables entre États et de formuler des recommandations partagées.<sup>51</sup>

La France dispose d'une position singulière pour porter cette initiative : elle bénéficie d'un mix électrique décarboné, abrite une scène active de la recherche en IA responsable (Hugging Face, CNRS EcoInfo, Mistral), et a adopté le cadre législatif REEN le plus avancé d'Europe. À condition d'assortir son soutien au secteur de conditions environnementales effectives et vérifiables, elle peut incarner un modèle de développement de l'IA compatible avec les objectifs climatiques.

## CONCLUSION

---

« L'IA va sauver le climat » ou « L'IA va détruire la planète » : ces deux postures également simplistes ne permettent pas de penser. Ce dont la France et l'Europe ont besoin, ce n'est ni d'un enthousiasme naïf ni d'un rejet technophobe. C'est d'une régulation — claire, progressive, fondée sur la transparence.

Ce décryptage a cherché à établir un état des lieux rigoureux. La croissance de la consommation énergétique des centres de données est réelle, mais les projections catastrophistes manquent souvent de fondement méthodologique. L'empreinte hydrique mérite d'être contextualisée sectoriellement. L'effet rebond est le défi analytique le plus sérieux. Et la réponse optimale n'est peut-être pas moins d'IA, mais davantage d'IA européenne, fondée sur une électricité bas carbone — à condition d'assortir ce développement de la transparence et des obligations environnementales qui font aujourd'hui défaut. Comme l'illustrent les décisions du Conseil constitutionnel de 2025 sur les lois agricoles<sup>52</sup>, la conciliation entre objectifs économiques et exigences constitutionnelles de protection de l'environnement est possible. Il appartient au législateur d'en créer les conditions — et à la société civile d'en exiger la mise en œuvre.

Compétitivité et durabilité ne sont pas opposées. Elles ne le sont jamais, à condition de le décider assez tôt. La France et l'Europe ont encore cette fenêtre. Il serait dommage de la laisser se refermer.

---

<sup>51</sup> Plusieurs chercheurs ont appelé à la création d'une expertise internationale indépendante sur l'impact environnemental du numérique, afin de produire des données communes et des recommandations partagées.

<sup>52</sup> Décisions n° 2025-876 DC et n° 2025-891 DC, op. cit.

## RÉFÉRENCES

Les références numérotées dans le texte sont détaillées en bas de chaque page. Les principales sources utilisées dans ce décriptage sont :

- Kamiya, G. & Coroamă, V.C. (2025). Data Centre Energy Use: Critical Review of Models and Results. EDNA – IEA 4E TCP. <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2025/05/Data-Centre-Energy-Use-Critical-Review-of-Models-and-Results.pdf>
- IEA. (2025, avril). Energy and AI. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- Arcep. (2026, 21 mai). Enquête annuelle « Pour un numérique soutenable », 5e édition. <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/impact-environnemental/enquete-annuelle-pour-un-numerique-soutenable-edition-2026.html>
- SemiAnalysis. (2026, janvier). From Tokens to Burgers: A Water Footprint Face-Off. <https://newsletter.semianalysis.com/p/from-tokens-to-burgers-a-water-footprint>
- RTE. (2025). Bilan prévisionnel 2025. <https://www.rte-france.com>
- Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 (loi REEN).
- Directive (UE) 2023/1791 du 13 septembre 2023. Transposée par loi n° 2025-391 du 30 avril 2025 (DADUE).
- Règlement (UE) 2024/1689 du 13 juin 2024 (AI Act).
- Règlement délégué (UE) 2024/1364 du 14 mars 2024.
- Règlement (UE) 2020/852 du 18 juin 2020 (taxonomie verte).
- Conseil constitutionnel, décisions n° 2019-823 QPC, n° 2022-843 DC, n° 2025-876 DC, n° 2025-891 DC.
- Lam, R. et al. (2023). Learning skillful medium-range global weather forecasting. *Science*, 382(6677).
- Luccioni, A.S., Strubell, E., & Crawford, K. (2025). From Efficiency Gains to Rebound Effects. *FACCT '25*.
- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. *ACL 2019*.
- Wu, C. et al. (2022). Sustainable AI: Environmental implications. *Meta AI*.
- Patterson, D. et al. (2022). The carbon footprint of machine learning training will plateau. *Google Research*.
- Lawrence Berkeley National Laboratory. (2024). 2024 United States Data Center Energy Usage Report.
- SourceMaterial & The Guardian. (2025, 9 avril). Big tech's new datacentres will take water from the world's driest areas. <https://www.theguardian.com/environment/2025/apr/09/big-tech-datacentres-water>
- Google Environmental Report 2025 (données 2024). <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/google-2024-environmental-report.pdf>
- Microsoft Environmental Sustainability Report 2025. <https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/sustainability/report>
- EcoInfo CNRS. <https://ecoinfo.cnrs.fr>
- Coroamă, V.C. & Schien, D. (2026). SAFE-AI: Sustainability Assessment Framework for the Environmental Impacts of Artificial Intelligence. Étude pour le Swiss Federal Office of Energy (SFOE).
- Coroamă, V.C. & Dumbravă, A. (2026). Circular Economy Synergies and Trade-offs in Data Centres. Étude pour le Swiss Federal Office of Energy (SFOE).
- Coroamă, V.C. (2026). Will AI boil the planet or help saving it? Cours ACACES, Fiuggi, juillet 2026.
- Hugging Face. Meta-Llama-3.1-405B model card. <https://huggingface.co/meta-llama/Llama-3.1-405B>
- Décriptage n°55, La Fabrique Écologique, octobre 2025.
- Décriptage n°60, La Fabrique Écologique, juin 2026.