



IA & Environnement

Module pédagogique

Edition août 2025 - V2.0

Sommaire

Introduction	4
La structure du module	5
Les objectifs du module	6
De quoi parle-t-on ?	7
Pourquoi parler spécifiquement d'IA ?	8
De quoi parle-t-on lorsque l'on parle d'impact environnemental ?	10
Retour sur l'impact environnemental du numérique	13
Impact environnemental de l'IA : que sait-on ?	20
Un problème majeur : le manque de données	21
Impact environnemental de l'IA : ce que l'on sait de l'entraînement	22
Impact environnemental de l'IA : ce que l'on sait de l'inférence	27
L'IA peut-elle être une solution au service de la transition écologique ?	37
« AI for Green » ?	38
Une technologie qui appelle de nouvelles sources d'énergie	42
Une technologie à l'origine d'effets rebonds	45
Quels sont les acteurs en présence et les prochaines étapes ?	49
Le cadre normatif en vigueur	50
Les livrables en cours d'élaboration	57
Outils et bonnes pratiques pour un usage responsable de l'IA	60
Bonnes pratiques : Une question clé, en ai-je vraiment besoin ?	61
Organiser un Café IA sur ce sujet	66



Introduction



La structure du module

De quoi parle-t-on quand on parle d'impact environnemental de l'IA ? Est-ce que l'IA consomme et pollue réellement plus que d'autres usages numériques ? L'IA peut-elle être un outil au service de la transition écologique et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) ? Quel est l'état de la régulation en la matière ?

Ces quelques questions, non exhaustives, sont fréquentes dans le débat public et dans les échanges du quotidien sur l'IA. Ce module vise à y apporter des éléments de réponses en faisant le point sur ce que nous savons à l'heure actuelle.

Nécessairement, poser la question de l'impact environnemental de l'IA implique de clarifier pourquoi cette question se pose spécifiquement pour cette technologie et ce que signifie l'impact environnemental. Cela implique aussi d'inclure ce questionnement dans la réflexion plus large sur l'empreinte environnementale du numérique.

S'interroger sur cet enjeu, c'est aussi dresser le constat d'un manque criant de données et d'un manque de méthodologie harmonisée pour évaluer l'empreinte environnementale de l'IA, notamment générative, que ce soit son impact négatif sur l'environnement – tant à l'entraînement qu'à l'usage – ou son éventuel impact positif comme outil pouvant participer à la lutte contre la crise climatique. Nous nous proposons ainsi de dresser un panorama des chiffres et données dont nous disposons aujourd'hui.

Enfin, ce module propose de faire le point sur les acteurs en présence ainsi que les régulations et livrables en cours et à venir ainsi que les bonnes pratiques à mettre en place chacun et chacune dans ses usages quotidiens.

Les objectifs du module

La question des liens entre environnement et IA est l'une des plus fréquentes lors des échanges citoyens autour de l'IA. L'objectif de ce module est de proposer un contenu accessible présentant les grands enjeux sur cette question.

Ce module s'adresse à la fois aux **personnes désireuses d'organiser un Café IA** et qui pourraient être amenées à répondre à des questionnements et éclairer la discussion sur l'IA et l'environnement, ainsi qu'à toute personne **souhaitant en savoir plus sur cette thématique**.

Les objectifs pédagogiques du module :

- ▶ Réinsérer les questionnements sur l'impact environnemental de l'IA dans ceux sur l'impact environnemental du numérique au sens large ;
- ▶ Faire le point sur les études disponibles à date quant à l'impact environnemental de l'IA ;
- ▶ Revenir sur les apports possibles de l'IA en matière de transition écologique mais également sur les possibles effets rebonds et enjeux énergétiques sous-jacents ;
- ▶ Résumer les livrables disponibles et rappeler les acteurs en présence ainsi que les pouvoirs des autorités compétentes ;
- ▶ Donner des clés aux lecteurs et lectrices pour les guider vers un usage plus frugal de l'IA.

Ce module a été conçu par le Conseil national du numérique en partenariat avec l'ADEME, l'Arcep, l'IGN, ECOLAB (Commissariat Général au Développement Durable), la Direction générale des entreprises (ministère de l'Économie), le DReDIS de l'Institut de recherche juridique de la Sorbonne, Inria, Sciences Po et Thomas Le Goff (Telecom Paris).



De quoi parle-t-on ?



Pourquoi parler spécifiquement d'IA ?

Le sujet de l'impact environnemental de l'IA a été remis au centre du débat public avec l'essor des outils d'IA générative. Pourtant, **l'IA recouvre un champ bien plus large que cette application spécifique.**

Pour un éclairage sur ce qu'est que l'IA et la différence entre l'IA et l'IA générative, voir [ce module pédagogique coconçu avec Inria.](#)

Dans ce module, lorsque l'on parle d'IA, on parle le plus souvent d'IA générative et d'apprentissage profond (*deep learning*), et des enjeux en termes de transition écologique que cette technologie engendre. Pourquoi se concentrer sur cette application ?

- ▶ **Les impacts environnementaux sont potentiellement beaucoup plus importants** que ceux des autres modèles d'IA parce qu'ils nécessitent beaucoup plus de données et de calculs. Notamment, l'augmentation de la consommation énergétique liée à l'entraînement et à l'utilisation des modèles d'IA générative interroge déjà la communauté internationale, et les grands acteurs de la tech annoncent l'ouverture de nouvelles capacités de production énergétique (voir *infra*) ;
- ▶ **Ces applications sont souvent présentées comme une solution**, notamment aux problèmes environnementaux, **en minimisant les effets négatifs** et les effets rebonds. Ce ne sont certes pas les seules, par le passé de nombreuses technologies ont également été présentées comme telles. Cependant, **tout en s'inscrivant dans la continuité du questionnement sur le lien entre numérique et environnement, le changement d'échelle rend la situation plus prégnante.**

- Plusieurs déclarations récentes de grands acteurs du numérique semblent indiquer **une forme de renoncement quant aux objectifs environnementaux** et invitent à davantage capitaliser sur les apports attendus de l'intelligence artificielle. À titre d'exemple, les derniers rapports environnementaux de Google et Microsoft indiquent que leurs objectifs en matière de réduction des émissions de GES ne seront pas atteints, du fait de la construction de nouveaux centres de données pour l'IA générative, et ce malgré l'engagement de ces deux entreprises à atteindre la neutralité carbone en 2030 :

- [+ 30 % de CO₂ pour Microsoft entre 2020 et 2023](#) ;
- [+ 48 % de CO₂ pour Google entre 2019 et 2023](#).

Au-delà de ces déclarations, [un article du Guardian paru en septembre 2024](#) révélait que les émissions réelles des centres de données étaient certainement largement minimisées par les grandes entreprises numériques et pourraient finalement être 7,62 fois plus élevées.

La Commission de l'IA – nommée par le Premier ministre et composée de 13 experts de l'IA, qui a remis au printemps 2024 un rapport intitulé « [IA notre ambition pour la France](#) » avec 25 propositions – estime **qu'il semble difficile, au vu des ressources disponibles, d'envisager que l'ensemble des utilisateurs actuels de Google puissent demain utiliser de l'IA générative**. Un avis également partagé par [Luc Julia, expert en IA et directeur scientifique de Renault](#), qui estime que « *les modèles génériques gigantesques ont atteint leurs limites et les IA, telles qu'on les connaît aujourd'hui, sont mortes* ». **Ces constats et le changement d'échelle dans la consommation énergétique témoignent d'un lien de plus en plus étroit entre numérique et crise environnementale.**

En ce qui concerne l'IA générative, on distingue habituellement deux phases : l'entraînement et l'inférence.

- ▶ **L'entraînement** correspond à la **phase de préparation et d'apprentissage** d'un système d'IA à partir de données qui lui sont transmises ;
- ▶ **L'inférence** correspond à l'**usage** des systèmes d'IA et participe à leurs évolutions.

Il est à noter que **nous manquons grandement de données fiables et transparentes, non partagées par les entreprises, pour éclairer l'impact environnemental** de ces deux phases. Néanmoins, des repères existent pour appréhender la question, les dynamiques en place et les grandes masses de consommation en ressources. La question de l'impact environnemental de l'IA fait également l'objet de mésinformation et de désinformation (à ce sujet, voir notamment : [IA & environnement : sortir du brouillard informationnel](#), Sopra Steria, juin 2025)¹.

De quoi parle-t-on lorsque l'on parle d'impact environnemental ?

« L'impact environnemental est l'ensemble des changements qualitatifs, quantitatifs et fonctionnels de l'environnement (négatifs ou positifs) engendrés par un projet, un processus, un procédé, un ou des organismes, ou un ou des produits, de sa conception à sa fin de vie » (Page [Wikipédia « Impact environnemental »](#)).

¹ Mise à jour d'août 2025.

- ▶ L'impact environnemental peut désigner à la fois **un changement positif ou négatif**.
- ▶ Les impacts environnementaux du numérique ne se limitent pas à l'émission de GES et nécessitent d'être évalués à travers une analyse multicritère. Elle inclue notamment :
 - **L'empreinte carbone**, c'est-à-dire la somme des émissions et captation de GES exprimée en équivalent CO₂ ;
 - **L'empreinte énergétique**, c'est-à-dire la consommation globale d'énergie ;
 - **L'utilisation et la consommation d'eau** ;
 - **La consommation de matériaux**, minéraux et les prélèvements miniers, notamment de terres rares ;
 - **L'occupation et l'artificialisation des sols** ;
 - Ainsi que tout un ensemble d'autres impacts importants mais moins significatifs ou difficiles à évaluer pour le numérique comme la pollution de l'air ou encore l'impact sur la biodiversité.
- ▶ Les impacts environnementaux d'un bien ou d'un service s'évaluent sur **l'ensemble de son cycle de vie**.

Pour aller plus loin :

- ▶ Il existe de nombreuses approches pour calculer l'impact environnemental du numérique. De fait, **lorsque l'on utilise ce terme, tout le monde ne se réfère pas à la même chose**, ce qui implique d'être vigilant pour comparer des choses comparables. Les méthodologies peuvent varier par exemple en fonction :
 - De la prise en compte des catégories d'émissions directes et/ou indirectes de GES.

A ce sujet, voir la [Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre](#) produite par le ministère de la Transition écologique en 2022.

- De la méthode d'évaluation retenue, par exemple si l'on prend en compte l'ensemble du cycle de vie d'un outil ou si l'on se focalise sur une étape du cycle de vie (fabrication, utilisation, fin de vie...) ou sur un critère environnemental spécifique (consommation d'eau, émission de GES...). Des normes mondiales ont été élaborées par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) afin de définir les principes, les exigences et les modalités de l'analyse de cycle de vie (normes ISO 14040 et 14044).

A ce sujet, l'ADEME propose un [Guide d'aide à la sélection des méthodes d'évaluation environnementale](#) et un [Référentiel par Catégorie de Produit \(RCP\) des services numériques](#).

Sur la méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV), voir notamment [Analyse du cycle de vie : définition, objectifs, étapes de réalisation](#), Bpifrance, 01 mai 2024.

- Sur la question spécifique de la consommation de minerais, voir : [Etude numérique et métaux](#), ADEME, 2024 et Fangeat, Erwann, « [Les métaux de nos objets connectés, face cachée de l'impact environnemental du numérique](#) », *The Conversation*, 30 janvier 2025.



Retour sur l'impact environnemental du numérique



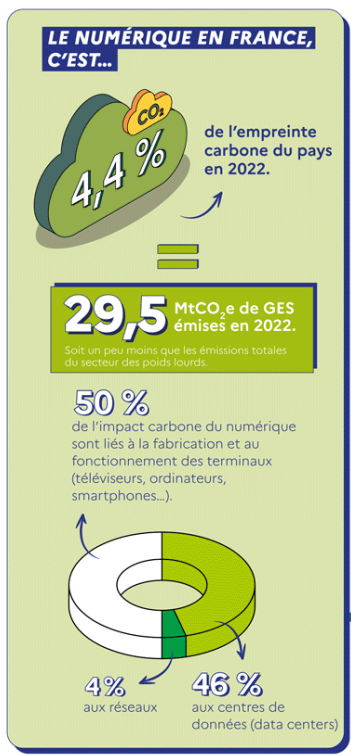
Si l'impact environnemental de l'IA cristallise actuellement de nombreux questionnements, il importe de rappeler que le numérique au sens large a un impact environnemental loin d'être négligeable. Voici les données principales dont nous disposons à date en France, issues des travaux conjoints de l'ADEME et de l'Arcep :

- ▶ [L'étude conjointe ADEME – Arcep publiée en 2022](#) analyse les impacts environnementaux d'un an de consommations de biens et services numériques en décomposant en trois briques l'infrastructure qui supporte nos services numériques :
 - Les terminaux utilisateurs ;
 - Les réseaux ;
 - Les centres de données.
- ▶ L'étude estime ainsi que le numérique représente environ 2,5 % de l'empreinte carbone nationale en 2020 et rappelle l'interdépendance entre ces trois briques et les services numériques. La réduction de l'empreinte environnementale du numérique doit bien passer par la responsabilisation environnementale de tous les acteurs de l'écosystème : tout le monde doit prendre sa part pour un numérique soutenable.
- ▶ Cette analyse permet également d'identifier l'importance du poids de la phase de fabrication dans les impacts générés lors du cycle de vie de nos équipements numériques.
- ▶ En outre, l'étude permet de voir que la phase d'utilisation n'est pas à négliger puisque le numérique représente de l'ordre de 10 % de la consommation électrique française en 2020. Cette estimation n'intègre pas les récentes dynamiques liées à l'IA. A noter que certains pays sont d'ores et déjà affectés par la forte consommation énergétique et hydrique liée aux usages de l'IA. Par exemple, en Irlande, [les centres de données](#)

représentent 21 % de la consommation électrique du pays, consommation qui pourrait doubler d'ici 2026.

- En janvier 2025, une mise à jour de l'étude ADEME – Arcep a été publiée avec des données de 2022 et l'extension du périmètre d'évaluation de l'empreinte carbone des centres de données. Une des limites énoncées dans l'étude ADEME-Arcep publiée en 2022 était l'absence de la prise en compte des usages numériques français hébergés dans des infrastructures situées à l'étranger. Pour continuer de documenter l'évolution de l'empreinte environnementale du numérique, les travaux publiés par l'ADEME en 2025 les incluent dans l'estimation de l'empreinte globale. Ces travaux, également réalisés avant la montée en puissance de l'IA générative, estiment ainsi la part du numérique à 4,4 % de l'empreinte carbone nationale en 2022, avec 50 % de l'empreinte carbone du secteur liés aux équipements, 46 % aux centres de données et 4 % aux réseaux².

² Il est néanmoins à noter qu'il est difficile (1) d'isoler spécifiquement la consommation française parmi l'utilisation de centres de données à l'étranger et (2) d'identifier précisément où sont situés les centres de données utilisés par les usages français et donc le mode de production d'énergie qui les alimente.

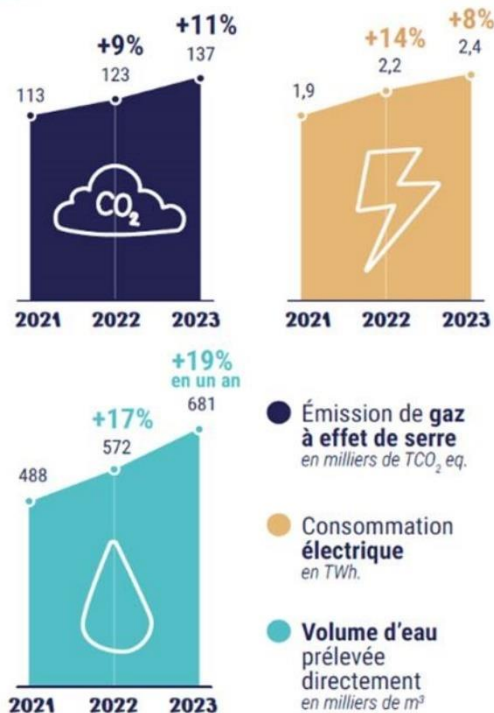


Source : [Infographie de l'ADEME \(2025\)](#).

- En ce qui concerne plus spécifiquement les centres de données, dans son enquête « [Pour un numérique soutenable](#) » parue en 2025 sur la base de données de 2022, l'Arcep constate que « *dans un contexte de croissance des usages numériques, l'augmentation du nombre de centres de données et de leur utilisation entraînent une progression de leur empreinte environnementale sur tous les indicateurs étudiés* ».

L'Arcep précise que l'efficacité énergétique des centres de données dépend de leur âge et de leur capacité informatique : en moyenne, plus ils sont récents et possèdent une capacité informatique importante, meilleure est leur efficacité énergétique.

L'empreinte environnementale des opérateurs de centres de données progresse pour les 3 impacts mesurés



Source : [Infographie de l'Arcep \(2025\)](#).

Au-delà de l'empreinte carbone, **le numérique est responsable d'autres impacts environnementaux** comme l'épuisement des ressources ou la consommation d'eau. La fabrication des équipements est notamment responsable d'une importante consommation de minerais entrant dans la production des équipements. Là encore, les données sont très opaques et particulièrement difficiles à obtenir. L'ADEME estime que la fabrication d'un smartphone nécessite environ 200 kilos de matières premières provenant de 50 éléments physiques différents. Parmi eux, on peut distinguer les métaux présents en grande quantité dans les terminaux mais pour lesquels le numérique représente une faible part de l'exploitation mondiale

comme le cuivre ou l'aluminium. De l'autre côté, se trouvent des métaux présents en faible quantité dans les équipements mais pour lesquels le numérique représente 80 voire 90 % de l'exploitation mondiale comme le germanium, le gallium et l'indium. A noter également, **le numérique consomme 5 métaux particulièrement critiques parce qu'ils présentent des risques sociaux, environnementaux et/ou géopolitiques** : l'étain, l'argent, le ruthénium, le nickel et l'antimoine. Ces métaux sont critiques en ce qu'ils nous placent dans une situation de forte dépendance à certains pays, sont exploités en utilisant des méthodes particulièrement dévastatrices pour l'environnement, exposent les travailleurs à des conditions de travail extrêmement dangereuses voire conduisent à des conflits d'usage (par exemple en matière de consommation d'eau) ou à des conflits armés avec des violations de droits humains comme en République démocratique du Congo (source : Fangeat, Erwann, « [Les métaux de nos objets connectés, face cachée de l'impact environnemental du numérique](#) », *The Conversation*, 30 janvier 2025).

En Europe, [seuls 22 % des déchets électroniques sont collectés et recyclés](#). Parmi les objets recyclés, seuls les métaux les plus courants sont récupérés, représentant une minorité du terminal.

Ainsi, les données dont nous disposons à ce jour font apparaître que « *pour être génératives, les intelligences artificielles doivent d'abord être considérées comme extractives* » (Zolynski, Célia & Cattan, Jean, « [Le défi d'une régulation de l'intelligence artificielle](#) », AOC, 14 décembre 2023).

Projections :

- ▶ Si rien n'est fait, l'ADEME et l'Arcep projettent un **triplement des émissions de GES liées au numérique d'ici 2050**.
- ▶ [L'Agence Internationale de l'Énergie prévoit un doublement de la consommation électrique liée aux centres de données d'ici à 2030](#), pour atteindre environ

945 TWh, soit l'équivalent de la consommation électrique sur un an du Japon. Les centres de données représenteront alors 3 % de la consommation électrique mondiale contre 1,5 % en 2024.

- Pour répondre à l'augmentation continue du nombre d'équipements numériques des Français, il faudrait en 2050 extraire 59 % de métaux et minéraux supplémentaires par rapport à 2020. Ce taux dépasse 300 % pour certains métaux tels que le germanium (+ 370 %), le manganèse (+ 378 %), l'yttrium (+ 682 %) et le gallium (+ 2 987 %) ([Etude numérique et métaux](#), ADEME, 2024).

Pour aller plus loin :

- [MOOC Impacts environnementaux du numérique](#), Inria, 2021.
- [Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective](#), ADEME-Arcep, notamment les rapports 2 et 3.
- [Actualisation des chiffres de l'impact du numérique en France](#), 09 janvier 2025.
- [Enquête « pour un numérique soutenable ». Edition 2025 \(données 2023\)](#), Arcep, 17 avril 2025.
- [Etude numérique et métaux](#), ADEME, octobre 2024.
- [Energy and AI](#), IAE, 2025.
- [The Global E-waste Monitor 2024](#), ITU.
- Sur la place grandissante des centres de données, voir notamment « [A.I., the Electricians and the Boom Towns of Central Washington](#) », *The New York Times*, 25 décembre 2024 et « [AI Needs So Much Power, It's Making Yours Worse](#) », *Bloomberg*, 27 décembre 2024.
- A titre de comparaison avec un autre secteur, voir [l'étude Arcom-Arcep sur impact environnemental des usages audiovisuels en France](#), 7 octobre 2024.



Impact environnemental de l'IA : que sait-on ?

Un problème majeur : le manque de données

Il faut préciser que les chiffres dont nous disposons résultent d'estimations faites à partir d'hypothèses formulées par les chercheurs. **Nous ne disposons aujourd'hui que de très – trop – peu de données** pour avoir une quantification parfaitement fiable de l'impact environnemental des modèles d'IA. Notamment, **il est très compliqué d'isoler précisément la part liée à l'IA** dans les études conduites. A cela s'ajoute la **difficulté d'imputer spécifiquement la consommation et les émissions à certains usages**, par exemple quand les équipements sont mutualisés. Ceci risque de se complexifier encore davantage à mesure que les outils d'IA sont intégrés à d'autres services à l'instar des applications mobiles comme WhatsApp ou des logiciels comme la suite Adobe pour ne citer que quelques exemples, avec des incitations fortes à utiliser ces services (voir notamment : « [Comment les entreprises de la tech nous forcent à utiliser l'IA](#) », Limites Numériques, 11 février 2025).

Le problème principal est le **manque de transparence des acteurs principaux sur le sujet**. Les données existantes sont à la fois obsolètes et incomplètes. Elles permettent tout de même d'établir que **l'impact de l'IA générative est conséquent et en croissance, et risque de devenir colossal avec l'explosion des nouveaux usages** (en ce sens, voir notamment [ce post LinkedIn](#) de la chercheuse Sacha Luccioni).

➔ Il y a donc un enjeu fort à contraindre les acteurs à fournir des données à ce sujet.

La consommation énergétique reste la facette la plus « facile » à mesurer aujourd'hui. **Il est en revanche plus difficile de prendre en compte les autres impacts environnementaux** comme l'extraction de matériaux et l'épuisement des ressources, l'utilisation d'eau, l'artificialisation des sols, le transport, le recyclage des équipements...

Impact environnemental de l'IA : ce que l'on sait de l'entraînement

Pour ce qui concerne l'IA, on distingue tout d'abord la phase d'entraînement du modèle. L'impact environnemental de cette phase peut être analysé selon plusieurs composantes :

► La consommation énergétique :

- GPT-3, le modèle de langage développé par OpenAI à la base de Chat-GPT, aurait consommé 1,3 GWh. Rapporté au mix énergétique moyen des États-Unis, cela correspond à l'émission de 552 tonnes de CO₂ pour son entraînement en 2020, **soit l'équivalent d'environ 200 vols allers-retours entre Paris et New York** (source : Patterson, David, et al., [Carbon Emissions and Large Neural Network Training](#), 2021). Rapporté au mix énergétique de la France, cela correspond à l'émission de 40 tonnes de CO₂, plus de dix fois moins (voir *infra*). Il est à noter que GPT-3 a depuis été remplacé par de nouveaux modèles (GPT3.5, GPT-4, GPT-4.5, GPT-4o, o3-mini, o1...). GPT-3 était un modèle de taille plus réduite et entraîné sur moins de données que les modèles actuels.
- Le modèle de langage développé par Meta, Llama 3.1 8B, présenté comme *open source* et sorti en 2024 aurait consommé plus de 21 GWh et émis 9 000 tonnes de CO₂ pour son entraînement, soit la consommation annuelle de 10 000 Français (source : [Données de Meta sur Llama](#)). L'entraînement de Llama-4 Scout, publié par Meta en avril 2025, a généré

l'émission de 1 354 tonnes de CO₂ (source : [Données de Meta](#)).

- En comparaison, le modèle BLOOM, issu du projet de recherche participative BigScience, est un modèle de langage *open source*, entraîné simultanément sur 46 langues et 13 langages de programmation en utilisant le supercalculateur français Jean Zay. Il vise à répliquer les grands modèles de langages des géants numériques de façon ouverte et multilingue. À taille de modèle quasi-équivalente, Luccioni et al. ([Estimating the carbon footprint of bloom a 176b parameter language model](#), 2022) montrent que l'on peut passer de 552 tonnes de CO₂ pour l'entraînement GPT-3, à 30 tonnes pour BLOOM. Cette réduction tient en particulier au mix énergétique français dans lequel la part du nucléaire est importante, par comparaison aux États-Unis (voir *infra*).

► **L'utilisation d'eau :**

- Cette utilisation provient :
 - Des circuits de refroidissement des serveurs informatiques ;
 - De la production d'électricité ;
 - De la fabrication des équipements.

Cela n'est donc pas nécessairement une perte sèche. L'eau peut être utilisée, par exemple pour le refroidissement, puis rendue au circuit. D'ailleurs, plusieurs entreprises fournissant des systèmes d'IA sont à l'initiative de programmes de réapprovisionnement en eau comme [Google](#) ou [Microsoft](#). Mais l'eau rendue peut également avoir perdu en qualité et affecter la biodiversité environnante.

- L'entraînement du modèle GPT-3 aurait nécessité plus de **5 millions de litres d'eau**. Cela

recouvre à la fois le refroidissement des centres de données et la production d'électricité mais n'intègre pas l'eau utilisée dans la fabrication des équipements. Ce volume correspond à la consommation annuelle de 100 français ou au volume nécessaire à la production de 350 kg de viande de bœuf (source : Li, Pengfei, et *al.*, [Making ai less "thirsty": Uncovering and addressing the secret water footprint of ai models](#), 2023). Il est à noter qu'il s'agit **souvent d'eau potable**, ce qui pourrait à terme entraîner des conflits d'usages, par exemple dans des périodes ou des zones géographiques où l'eau potable est rare.

- Sans même parler d'eau potable, en 2021, Taïwan – capitale mondiale de la production de semi-conducteurs – a connu la pire sécheresse de son histoire. A cette période, les très grandes quantités d'eau nécessaires à la production des semi-conducteurs n'ont pas été rationnées. A l'inverse, 1/5e des terres agricoles de l'île a temporairement été privé d'irrigation (voir notamment : Roussilhe, Gauthier, « [Taïwan, histoires mêlées et futurs orageux de la numérisation](#) », décembre 2024). Google indique aussi que la consommation totale en eau de ses centres de données s'élève à 24 milliards de litres, **dont 13 % en zone de « pénurie »** (source : [2024 Environmental Report - Google Sustainability](#)). Les projets actuels de centres de données aux Etats-Unis montrent que les géants de la tech continuent de prévoir l'implantation de centres de données dans des zones en stress hydrique (Source : [Big tech's new datacentres will take](#)

[water from the world's driest areas](#), *The Guardian*, avril 2025).

- ▶ **La consommation de ressources** : les modèles d'IA générative reposent sur des composants matériels fondamentaux dans leurs performances, en particulier des puces qui permettent de traiter les milliards de données et de calculs en quelques millisecondes. Ces puces **nécessitent de grandes quantités d'eau, de minerais et de terres rares**. On rejoint ici les chiffres relatifs à la fabrication des équipements numériques.
 - Dans une étude publiée en 2024, le groupe minier BHP projette que la consommation annuelle de cuivre engendrée par l'IA en 2050 s'élèvera à 3,4 millions de tonnes. Pour comparaison, la production mondiale de cuivre était de 22 millions de tonnes en 2022 (source : « [La montée en puissance de l'IA pourrait faire exploser la demande de cuivre](#) », *Les Echos*, 24 septembre 2024).
 - Pour en savoir plus :
 - Crawford, Kate, et Joler, Vladan, [Anatomy of an AI System](#), 2018.
 - Izoard, Célia. *La ruée minière au XXI^e siècle : enquête sur les métaux à l'ère de la transition*. Seuil, 2024.
 - Wang, Peng, et al., [E-waste challenges of generative artificial intelligence](#). *Nat Comput Sci* 4, 818–823, 2024.

En conclusion intermédiaire, il ressort donc que l'entraînement des modèles d'IA engendre un coût environnemental important en termes de consommation énergétique, d'utilisation d'eau, de consommation de ressources et d'artificialisation des sols (notamment en raison de la construction de nouveaux centres de données). Il semble également que **cet impact environnemental s'aggrave à mesure que les modèles se complexifient et grossissent** dans leur nombre de paramètres et durée d'entraînement. Or, les données semblent montrer qu'à partir d'un certain point, « le coût pour gagner en performance est de plus en plus important » (voir notamment : Varoquaux, Gaël et al., Hype, [Sustainability, and the Price of the Bigger-is-Better Paradigm in AI](#), 2024). Il serait donc *a priori* préférable de **développer des modèles spécifiques à une tâche et d'améliorer la qualité des données pour réduire la phase d'entraînement**. En ce sens, les initiatives d'ouverture des données sont à encourager, notamment afin de mutualiser les modèles de fondation, et donc de ne pas entraîner plusieurs modèles en parallèle. Enfin, il faut rappeler que **la phase d'entraînement est complexe à délimiter** : l'entraînement principal en tant que tel est précédé de phases de recherche et développement pendant lesquelles des entraînements partiels sont souvent réalisés pour effectuer des tests ; il est également suivi de mises à jour, d'affinage (*fine-tuning*) etc. **Il est donc possible que les évaluations de l'impact environnemental de cette phase soient sous-estimées.**

Impact environnemental de l'IA : ce que l'on sait de l'inférence

L'inférence correspond à la phase d'usage des outils d'IA générative. Voici quelques chiffres et ordres de grandeur dont nous disposons concernant cette phase :

► La consommation énergétique :

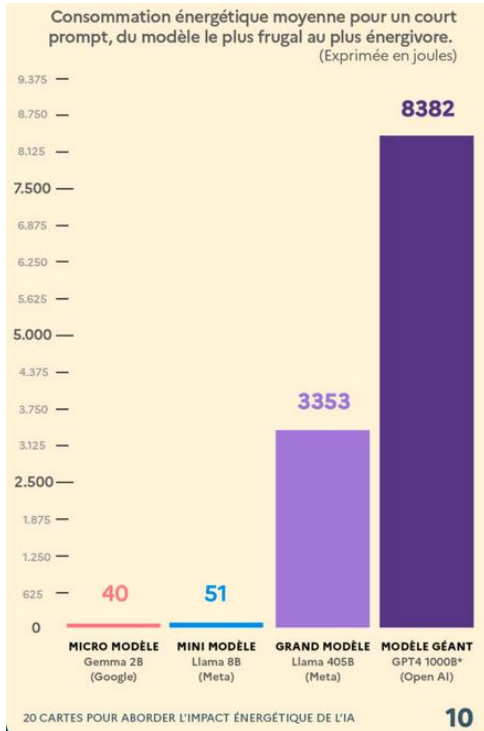
- L'utilisation de ChatGPT (sur la base du modèle GPT-3) en janvier 2023 aurait généré 10 113 tonnes de CO₂ sur un mois, soit **l'émission moyenne annuelle de 1 264 foyers français**, contre 552 tonnes de CO₂ pour l'entraînement (source : [Livre blanc IA générative](#), Data for Good, juillet 2023).
- **Une requête textuelle GPT-3 correspondrait en moyenne à 4Wh** d'après les chiffres d'OpenAI (maison mère du modèle, désormais obsolète comme indiqué précédemment) (source : Brown, Tom, et al., [Language models are few-shot learners](#), *Advances in neural information processing systems*, 2020, vol. 33, p. 1877-1901). A noter que cette consommation croît avec la complexité de la requête et le nombre de pages générées.
- **Cette empreinte s'aggrave à mesure que les modèles montent en version et en performance.** Avec GPT-4, une requête générerait en moyenne 170 g de CO₂ d'après les estimations du calculateur [EcoLogits](#).
- Début 2025, OpenAI a annoncé le lancement de son modèle o3, présenté comme le modèle de langage le plus puissant à date. Boris Gamazychikov, directeur de la durabilité

de l'IA chez Salesforce, estime que **chaque tâche complexe** (en l'occurrence un problème mathématique complexe) **consommerait**

environ 1,32 kWh (source : [post LinkedIn de Boris Gamazaychikov](#)).

Cela représenterait un coût par tâche de 2,52 dollars³.

○ **La taille des modèles est aussi à l'origine de différences immenses dans la consommation énergétiques à l'usage.** Entre le plus grand modèle d'Open AI GPT-4 basé sur 1 000 milliards de paramètres et le micro-modèle Gamma de Google basé sur 2 milliards de paramètres, il y a un ratio de 210 pour 1. Autrement dit, pour un court prompt, **le plus gros des modèles consomme 210 fois plus que le plus petit**⁴.



³ Mise à jour d'août 2025. Le post initial était basé sur le modèle « o3-preview » d'OpenAI et estimait le coût énergétique à 1,785 kWh pour un coût de 3 400 dollars par tâche. Cette évaluation a été mise à jour à la suite de la publication en avril 2025 de nouvelles données sur le modèle o3 (et non plus la version « preview »).

⁴ Mise à jour d'août 2025. Ces chiffres sont extraits des « [20 cartes pour aborder l'impact énergétique de l'IA générative](#) », à retrouver sur le site

La génération d'image consommerait en moyenne 60 fois plus qu'une requête de génération de texte (source : Luccioni, Sasha, et al., [Power hungry processing: Watts driving the cost of AI deployment?](#). In: *The 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 2024, p. 85-99). Ces estimations sont basées sur des chiffres de 2020, il est y a donc une possibilité que ce soit désormais beaucoup plus. Cependant, une étude menée par la MIT Technology Review (« [We did the math on AI's energy footprint. Here's the story ou haven't heard](#) », 20 mai 2025) nuance ce résultat : la génération d'image ne serait pas forcément plus consommatrice que la génération de texte, tout dépend de la taille du modèle et de son nombre de paramètres.

► **L'utilisation d'eau :**

- L'équivalent d'une petite bouteille d'eau douce de 500 ml serait consommé toutes les 35 questions/réponses environ (source : Li, Pengfei, et al., [Making ai less "thirsty": Uncovering and addressing the secret water footprint of ai models](#), 2023).
- Au niveau agrégé, l'usage d'outils d'IA pourrait être à l'origine de 4,2 à 6,6 milliards de mètres cubes d'eau, soit plus que la consommation annuelle du Danemark et la moitié de celle du Royaume-Uni (source : Li, Pengfei, et al., [Making ai less "thirsty": Uncovering and addressing the secret water footprint of ai models](#), 2023).

cafeia.org et repris de [ce dossier de la MIT Technology Review](#) publié en mai 2025.

► **La consommation de ressources :**

- Une année de fonctionnement de Stable Diffusion correspond à la production de **5 659 smartphones** (sources : Berthelot, Adrien, et al., [Estimating the environmental impact of Generative-AI services using an LCA-based methodology](#), *Procedia CIRP*, 2024, vol. 122, p. 707-712).

→ Un renversement semble donc s'opérer par rapport aux outils numériques antérieurs pour lesquels la majorité de l'impact environnemental provenait de la fabrication des terminaux : **avec l'IA générative, la phase d'utilisation des équipements, notamment sa consommation énergétique, est également un facteur majeur, voire majoritaire, d'empreinte environnementale.** Ce changement appelle à s'interroger sur la notion même de centre de données : ces infrastructures ne sont plus seulement responsables du stockage des données mais constituent le moteur de ces services numériques.

Ces chiffres sont notamment à mettre en regard de la quantité d'utilisateurs dans le monde. La chercheuse Sasha Luccioni estime que l'utilisation devient plus consommatrice que l'entraînement à partir de 200 à 600 millions d'utilisations. Pour ne citer que ChatGPT, le nombre de visites sur le site chatgpt.com s'élevait à 3,8 milliards sur le seul mois de janvier 2025 (source : [SimilarWeb](#)).

A noter que l'on observe des **variations importantes** de la consommation en fonction :

- **des usages :** la génération d'image est vraisemblablement plus consommatrice que la génération de texte, mais cela dépend également de la taille du modèle (voir *infra*). On peut supposer que c'est encore pire avec la vidéo. Même pour le texte, plus la

requête est complexe et appelle à une réponse longue, plus le coût énergétique est élevé ;

- **et des modèles** : il existe des différences significatives en fonction de la taille du modèle, de son optimisation etc. Il semble que **l'utilisation de grands modèles génératifs permettant de réaliser une grande variété de tâches tend à être bien plus énergivore** que l'usage de modèles plus petits et plus spécialisés.

Cet impact dépend également de la **source de production d'énergie**. Par exemple, en France, la production d'électricité s'appuie très majoritairement sur l'énergie nucléaire et est donc massivement décarbonée, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pays s'appuyant par exemple sur le charbon pour produire leur électricité. Il est à souligner que **la majorité des études précitées** sur la consommation énergétique et l'empreinte carbone des modèles **est basée sur le mix énergétique des États-Unis**. Or, celui-ci est très carboné : la très grande majorité de leur production d'énergie provient du gaz naturel, du pétrole et du charbon. A titre de comparaison, les émissions de GES liées à l'énergie sont 18 fois plus importantes aux États-Unis qu'en France (source : Page Wikipédia « [Énergie en France](#) » ; Page Wikipédia « [Énergie aux États-Unis](#) »). Toutefois, même avec une source d'énergie décarbonée, la hausse globale des usages interroge quant à la soutenabilité de ces technologies (voir *infra*). Au-delà du lieu, l'empreinte peut également varier selon le moment de la consommation, par exemple en fonction des météo saisonnières et du climat qui peuvent affecter notamment la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique.

En tout état de cause, **en l'état de ses impacts environnementaux (et de sa consommation énergétique), l'IA peut très difficilement bénéficier à tous**. Si l'on veut qu'elle soit équitablement disponible à tous (aujourd'hui et demain), il est

nécessaire d'en réduire les impacts. Sinon elle risque de rester un outil « pour quelques millions de privilégiés ».

Evaluation par Mistral AI de l'impact environnemental de ses modèles d'IA⁵

L'entreprise française Mistral AI a publié en juillet 2025 une [analyse du cycle de vie \(AVC\) de son modèle Mistral Large 2 sur la base de 18 mois d'activité](#). Cette étude a été réalisée en partenariat avec l'Ademe et Carbone 4. Il s'agit de la première étude détaillée et complète d'un acteur important du secteur de l'IA générative sur l'impact environnemental de ses modèles et services.

- **Phase d'entraînement** : l'étude a évalué l'impact environnemental de l'entraînement de Mistral Large 2, leur plus gros modèle. Cet entraînement a engendré :
 - 20,4 ktCO₂e émis, soit « l'équivalent de 3 375 trajets en avion autour de la terre pour un passager ou de 95 millions de kilomètres en voiture » (« [Mistral AI parie sur la transparence en rendant public son impact environnemental](#) », *Le Monde*, 22 juillet 2025),
 - 281 000 m³ d'eau consommée,
 - 660 kg de matériaux consommés.
- **Phase d'inférence** : l'utilisation de l'agent conversationnel Le Chat pour une réponse de 400 tokens (environ une page de texte) engendre :

⁵ Mise à jour d'août 2025.

- 1,14 gCO₂e émis, soit l'équivalent de 10 secondes de visionnage d'une vidéo en streaming),
- 45 mL d'eau consommés,
- 0,16 mg de matériaux consommés.

Cette étude prend en compte les centres de données localisés à l'étranger. Elle rappelle que **la localisation de ces centres est l'un des principaux facteurs d'impact environnemental des modèles** et invite à installer ceux-ci dans des zones où la production d'énergie est décarbonée comme en France. Il est également souligné que **cet impact varie fortement en fonction de la taille des modèles et des requêtes formulées**. Mistral AI invite ainsi à privilégier les petits modèles comme Ministral 3B et à formuler des requêtes précises, appelant explicitement à des réponses courtes.

Mistral conclut en invitant les autres entreprises du secteur à publier les chiffres détaillés de l'entraînement et de l'usage de leurs modèles. Ils appellent également à davantage de transparence tout au long de la chaîne, y compris du côté des **fabricants de puces GPU**, afin de pouvoir intégrer ces chiffres dans le calcul plus général de l'impact environnemental des modèles et de l'inférence. Enfin, **Mistral plaide pour l'élaboration de standards d'évaluation partagés, voire l'élaboration d'un système de notation** pour guider les consommateurs dans leurs choix de modèles en fonction de leur impact environnemental.

Si cette première publication est particulièrement encourageante, **certain** – [comme Sasha Luccioni](#) – **regrettent que la méthodologie détaillée et les données utilisées pour le calcul de l'ACV n'aient pas été publiées.** La chercheuse pointe notamment l'absence de données sur la consommation énergétique. Les tests et l'affinage du modèle

ne sont également pas détaillés dans l'analyse (« [Les leçons du bilan de l'empreinte environnementale de Mistral AI](#) », *Le Monde Informatique*, 01 août 2025). D'autres regrettent également que ces chiffres ne prennent pas en compte l'économie globale et les effets rebonds induits par ces technologies, conduisant à une minimisation de l'empreinte environnementale des services.

Evaluation par Google de l'impact environnemental des requêtes Gemini⁶

En août 2025, Google a publié une [première évaluation de l'impact environnemental des requêtes Gemini](#). Google estime que « **le prompt textuel médian dans les applications Gemini consomme 0,24 wattheure (Wh) d'énergie, émet 0,03 gramme d'équivalent dioxyde de carbone (gCO₂e) et consomme 0,26 millilitre (environ cinq gouttes) d'eau** ». A titre de comparaison, cette consommation énergétique équivaut à environ neuf secondes de télévision. Google souligne également que **les innovations successives rendent leurs systèmes d'IA de plus en plus efficaces** : « *Par exemple, au cours des 12 derniers mois, l'énergie et l'empreinte carbone totale du prompt textuel médian des applications Gemini ont été divisées respectivement par 33 et 44, tout en fournissant des réponses de meilleure qualité* ».

Il est aussi à noter que cette évaluation est réalisée sur la base d'un « prompt textuel médian ». **L'impact environnemental peut donc varier selon la requête formulée** et être plus élevé

⁶ Mise à jour d'août 2025.

pour une requête plus complexe et inversement pour une requête plus courte ou plus simple.

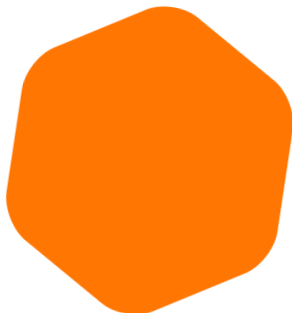
De plus, **Google n'a publié aucune donnée quant au nombre de requêtes transmises chaque jour à Gemini, ce qui permettrait d'avoir une vue agrégée de l'impact environnemental global de l'usage de cet agent conversationnel.**

Certains commentateurs ont pu faire valoir **l'opacité de la méthodologie adoptée par Google** : par exemple la prise en compte de l'électricité verte, l'omission de l'utilisation d'eau liée à la production d'énergie ou encore l'absence de vérification scientifique extérieure à l'entreprise quand Mistral s'est associé à l'ADEME et Carbone 4.

L'absence de référentiel et de méthodologie harmonisée rend, enfin, difficilement comparables les chiffres publiés par Google et ceux publiés par Mistral. En ce qui concerne l'utilisation d'eau, les chiffres affichés semblent par exemple bien inférieurs à ceux de Mistral ou aux précédentes analyses concernant ChatGPT. Toutefois, il faut rappeler que les méthodologies de ces différentes études ne sont pas identiques ainsi que le périmètre de l'évaluation (un prompt médian pour Google versus une courte conversation avec ChatGPT par exemple). Ainsi, **il est impossible de réellement comparer ces résultats et d'en tirer des conclusions fermes.**

Pour aller plus loin :

- ▶ « [Intelligence artificielle : le vrai coût environnemental de la course à l'IA](#) », Bon Pote, 02 septembre 2025.
- ▶ « [We did the math on AI's energy footprint. Here's the story you haven't heard](#) », *MIT Technology Review*, 20 mai 2025.
- ▶ Luccioni, Sasha, et al., [Power hungry processing: Watts driving the cost of AI deployment?](#). In: *The 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 2024, p. 85-99.
- ▶ [Livre blanc IA générative](#), Data for Good, juillet 2023.





L'IA peut-elle être une solution au service de la transition écologique ?

« AI for Green » ?

L'IA pourrait être mise au service de la transition écologique par deux biais principaux à distinguer :

- ▶ La réduction des impacts environnementaux d'autres secteurs ;
- ▶ L'amélioration des systèmes d'IA pour les rendre plus frugaux.

Nous les passerons tour à tour en revue.

Des voix s'élèvent pour mettre en avant les **potentiels bénéfiques des outils d'IA en matière de réduction de l'empreinte environnementale d'autres secteurs** en optimisant leur consommation, que ce soit par exemple dans le domaine de l'énergie, des transports, de l'agriculture, du logement... On entend parfois le terme d'« AI for Green », en déclinaison de l'« IT for Green » :

- ▶ Aurélie Bugeau et Anne-Laure Ligozat ont mené une [revue de littérature et d'études scientifiques prospectives](#) sur ce sujet en regardant chaque fois quelles sont les technologies évoquées comme utiles à la transition écologique ? **Celle qui arrive en tête est l'IA**, devant la robotique et l'analyse de données.

L'IA pourrait être utilisée pour prédire, mieux anticiper et mieux lutter contre des phénomènes climatiques. L'IA est par exemple utilisée pour [cartographier les effets dévastateurs du dragage](#) du sable et [cartographier les émissions de méthane](#), un puissant gaz à effet de serre. Météo France a lancé le [programme Espresso](#) pour mieux prédire les événements rares liés aux précipitations. L'IGN conduit également [une série de projets utilisant l'IA](#) pour mieux connaître et suivre l'environnement ou pour mieux gérer les risques. Par exemple, le projet GEO-K-PHYTO vise à détecter automatiquement les vignes et vergers à partir d'images aériennes. Ces données géographiques exhaustives à l'échelle

nationale seront intégrées à une étude interministérielle sur les liens entre cancer et exposition aux produits phytopharmaceutiques agricoles. Autre exemple, le projet GOLIAT vise à développer des outils pour représenter le risque d'incendie en Corse et guider la lutte et l'aménagement du territoire en conséquence.

L'IA peut également servir les politiques publiques environnementales. Par exemple [l'appel à projets « Démonstrateurs d'IA frugale au service de la transition écologique dans les territoires » \(DIAT\)](#) organisé dans le cadre du plan d'investissement France 2030 a financé 12 projets visant à améliorer le pilotage des politiques et services publics et servir la transition écologique des territoires. Chacun des porteurs de projets devait évaluer l'impact énergétique de sa solution avec l'outil gratuit [GreenAlgorithms](#). Il est à noter que même les modèles les plus énergivores soumis dans le cadre de cet appel à projet étaient 5 à 40 fois moins consommateurs que les grands modèles de langage. Ces résultats montrent qu'il est possible de conduire des tâches similaires sans avoir besoin d'un très grand modèle de langage.

Le Sénat a également publié [un rapport en février 2025 s'interrogeant sur la contribution de l'IA à la transition écologique des secteurs publics](#). Le rapport passe en revue plusieurs cas d'usage potentiels à cet égard et formule 5 axes de politiques publiques qui sont autant de conditions de réussite pour une IA au service de l'environnement. Les recommandations s'articulent autour du renforcement de l'exploitabilité et de la gouvernance des données sur ce sujet, du soutien à la recherche et de la formalisation d'un modèle économique soutenable.

Cependant, **il convient d'être vigilant face à ces attentes.** S'il existe effectivement des applications industrielles de l'IA qui peuvent réduire les impacts environnementaux d'autres

secteurs, **cela n'a rien à voir avec les usages grand public de l'IA générative qui sont les usages majoritaires**, avec un impact environnemental dépassant certainement très largement les gains sur les autres secteurs. L'IA aujourd'hui majoritairement utilisée pour optimiser d'autres secteurs n'est que très rarement de l'IA générative. En outre, il convient de mener une analyse de l'impact net carbone des services d'IA conçus, c'est-à-dire prenant en compte à la fois les gains en décarbonation permis par la solution, moins le coût environnemental de la solution elle-même, moins les potentiels effets rebond induits par la solution numérique. Cette analyse doit être menée au cas par cas.

➔ Là encore, **les données manquent et mériteraient d'être approfondies.**

Au-delà de la réduction des impacts d'autres secteurs, des voix s'élèvent pour souligner que, **à mesure que les modèles d'IA générative s'améliorent, leur coût économique et environnemental pourra être amené à se réduire pour tendre vers une IA plus frugale.** Le paradigme « *Bigger is better* » tendrait à être de plus en plus remis en question pour laisser place à des modèles plus petits, plus spécifiques et plus efficaces. Par ailleurs, **l'ouverture des modèles d'IA offre une voie intéressante pour réduire les coûts d'entraînement en les mutualisant.** À noter que, à de rares exceptions près, les modèles affichés comme ouverts ne le sont pas réellement, notamment parce que leur base de données d'entraînement n'est pas partagée, ne les rendant pas reproductibles.

D'ailleurs, les outils d'IA utiles à la transition écologique peuvent s'appuyer sur les nombreuses données produites dans le cadre des **sciences participatives**, comme la prédiction du risque de pollution à partir des micro-capteurs individuels par exemple. Il y a donc un enjeu fort à encadrer la production, l'utilisation et la gouvernance de ces données et à en mutualiser l'usage (à ce sujet, voir notamment les [travaux de Florian Charvolin en France](#)

et [ceux de Jean-Baptiste Garrocq et Sylvain Parasia en France et aux États-Unis](#)).

Pour aller plus loin :

- ▶ [IT4Green : évaluation environnementale des effets directs et indirects du numérique pour des cas d'usages](#), ADEME, 2025.
- ▶ [Cartographier l'Anthropocène à l'ère de l'IA](#), IGN, 2024.
- ▶ Vinuesa, Ricardo, et al., [The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals](#), *Nature communications*, 2020, vol. 11, no 1, p. 1-10.
- ▶ Rolnick, David, et al., [Tackling climate change with machine learning](#), *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 2022, vol. 55, no 2, p. 1-96.
- ▶ Cows, Josh, et al., [The AI gambit: leveraging artificial intelligence to combat climate change—opportunities, challenges, and recommendations](#), *AI & Society*, 2023, p. 1-25.
- ▶ Luccioni, Sasha, et al., [From Efficiency Gains to Rebound Effects: The Problem of Jevons' Paradox in AI's Polarized Environmental Debate](#), arXiv preprint arXiv:2501.16548, 2025.

Une technologie qui appelle de nouvelles sources d'énergie

Pour satisfaire la course à la performance et la demande croissante d'électricité, **les acteurs de ce secteur appellent à la construction de nouveaux centres de données particulièrement consommateurs en énergie et à l'augmentation des capacités de production d'électricité**. Pour limiter l'empreinte carbone de cette hausse de la consommation énergétique, **l'énergie nucléaire** est particulièrement mise en avant, mais pas seulement. Dans les cas où des capacités électriques seraient rapidement nécessaires, des centrales d'énergies fossiles comme le gaz, le charbon ou le fioul pourraient être nécessaires (source : « [AI data center growth means more coal and gas plants](#) », IEA says, *Bloomberg*, 10 avril 2025).

- ▶ Par exemple, Sam Altman, PDG de Open AI estime que la généralisation de l'IA ne pourra pas se faire sans percée technologique pour produire de l'énergie (source : « [OpenAI CEO Altman says at Davos future AI depends on energy breakthrough](#) », *Reuters*, 16 janvier 2024).
- ▶ Open AI mène un lobbying actif auprès du gouvernement états-unien pour construire des centres de données de 5GW (l'équivalent de 5 à 6 réacteurs nucléaires) (source : « [OpenAI pitched White House on unprecedented data center buildout](#) », *Bloomberg*, 25 septembre 2024).
- ▶ Microsoft a conclu un accord avec Constellation Energy pour rouvrir un réacteur nucléaire de la centrale de Three Mile Island, exclusivement pour alimenter les centres de données de Microsoft (source : « [Microsoft AI Needs So Much Power It's Tapping Site of US Nuclear Meltdown](#) », *Bloomberg*, 20 septembre 2024).

D'un côté, la construction de nouvelles centrales nucléaires est particulièrement coûteuse. On peut donc s'interroger quant à la perspective de temps dans laquelle cette infrastructure sera rentabilisée. En outre, les déchets nucléaires restent une source de pollution et de toxicité non-négligeable. De l'autre côté, la construction de nouvelles centrales pourrait contribuer à la décarbonation de la production d'énergie dans des pays dont le mix énergétique est encore particulièrement carboné, comme les Etats-Unis. Cependant, ceci n'est vrai que si les centrales en question servent à d'autres usages en dehors de l'IA, ce qui n'est par exemple pas le cas, *a priori*, dans l'accord conclu entre Microsoft et Constellation Energy.

Enfin, la construction de nouveaux centres de données et de centrales nucléaires peut aussi être à l'origine d'une **artificialisation des sols** et d'un accaparement des terrains qui pourraient être utilisés pour d'autres activités économiques, notamment agricoles.

La consommation hydrique des centres de données est également à prendre en compte dans les impacts du numérique. En France, le volume direct d'eau prélevé par les **opérateurs des plus gros centres de données s'élève à 681 000 m³ en 2023**, un niveau qui reste modeste au regard des volumes prélevés pour d'autres usages des activités économiques (environ 0,02 % de l'ensemble des volumes prélevés pour l'industrie et les activités économiques en 2021), mais qui augmente de 20 % environ par an depuis 2021, notamment du fait de la récurrence des épisodes de sécheresse. Ces dernières années en Espagne, des centres de données ont dû être approvisionnés en eau par camion-citerne, afin de maintenir le refroidissement des serveurs. Le choix du système de refroidissement est donc crucial lors de la construction des centres de données.

Par ailleurs, de l'eau est également nécessaire pour la production d'électricité, notamment pour refroidir les centrales nucléaires qui fournissent la plus grande part de l'électricité en France.

L'Arcep estime qu'en 2023 en incluant la consommation d'eau indirecte associée à cette production, le volume total d'eau prélevé directement et consommé indirectement pour les usages des centres de données s'élevait à près de 6 millions de m³.

Les travaux de Clément Marquet et Loup Cellard sont éclairants à ce sujet, en particulier en France en ce qui concerne la ville de Marseille. Située au carrefour de nombreux câbles sous-marins, la ville compte sept centres de données opérationnels ou en construction. Ces centres sont parfois à l'origine de conflits d'usage en matière de consommation électrique ou peuvent contribuer à la création d'îlots de chaleur urbains (à ce sujet, voir notamment : « Data centers : [Marseille au centre du marché de la donnée](#) », Entendez-vous l'éco, *France Culture*, 11 février 2025).

L'Agence internationale de l'énergie rappelle toutefois qu'en 2024, l'ensemble des centres de données dans le monde – quelle que soit leur utilisation (IA, *cloud*, sites internet... à l'exception des réseaux de données et du minage des cryptomonnaies) – représentaient seulement 1,5 % de la consommation électrique mondiale. Bien sûr, cette proportion varie en fonction des pays, voire en fonction des régions au sein d'un même pays. L'AIE précise également que l'IA pourrait contribuer à optimiser les systèmes de production et de distribution d'énergie : mieux prédire la demande d'électricité, mieux appairer offre et demande d'énergie, prédire les besoins de maintenance... L'agence souligne notamment que l'objectif des Etats à atteindre zéro émission nette reposera sur des technologies de rupture que l'IA pourrait contribuer à développer et accélérer (source : IEA, [Artificial intelligence. A transformative technology with important implications for energy](#). Dernière consultation le 1^{er} avril 2025).

Une technologie à l'origine d'effets rebonds

Au-delà de l'impact environnemental direct de l'IA, ces outils peuvent aussi causer des **impacts indirects**. On parle d'effet rebond. L'effet rebond se définit comme le « *fait que certains gains environnementaux dus à une gestion des ressources plus efficace ou à des évolutions techniques sont sensiblement diminués ou annulés par une augmentation de la consommation ou une modification des usages.* » Les révolutions industrielles et technologiques antérieures nous montrent que **les innovations ne se chassent pas les unes les autres, mais – plutôt – s'empilent**.

L'historien Jean-Baptiste Fressoz estime ainsi par exemple que « *la transition énergétique n'a pas commencé* » : les nouvelles sources d'énergie se sont ajoutées aux sources antérieures qui n'ont pas disparues pour autant (source : « [Jean-Baptiste Fressoz : "La transition énergétique n'a pas commencé"](#) », *Reporterre*, 29 janvier 2024). Charbon, pétrole, nucléaire et énergies renouvelables cohabitent. En ce qui concerne plus directement la technologie, si l'on prend l'exemple des réseaux mobiles, on observe que les nouvelles générations s'ajoutent aux précédentes : nous disposons de la 5G mais nous pouvons toujours capter du réseau EDGE.

De la même façon, la chercheuse Sasha Luccioni a montré que, certes, les centres de données sont de plus en plus efficaces, mais – dans le même temps – leur nombre total ne cesse de croître. Il en va de même pour les puces Nvidia. Leur performance a été multipliée par 1 000 en 10 ans d'après l'entreprise. Mais entre 2022 et 2023, Nvidia a vendu un million de puces supplémentaires passant à 3,7 millions de puces (source : « [Nvidia Shipped 3.76 Million Data-center GPUs in 2023, According to Study](#) », *HPCWire*, 2024).

L'effet rebond dépend de nombreux facteurs qui dépassent les seuls choix technologiques, **c'est un phénomène multifactoriel**. Par exemple, le télétravail pourrait avoir un effet vertueux sur les dépenses énergétiques mais si, et seulement si, le jour

télétravaillé est commun à tous les travailleurs pour pouvoir fermer les locaux et suspendre l'éclairage, le chauffage etc. Cela dépend donc aussi voire d'abord de choix sociétaux, politiques et organisationnels.

Evaluer cet effet rebond implique, là encore, de disposer de données qui dépassent les seules technologies. Pour reprendre l'exemple du télétravail, évaluer les gains environnementaux de ce mode de travail implique de disposer de données sur les déplacements des employés, la consommation énergétique du bâti professionnel et des logements individuels, etc. pour pouvoir faire des choix éclairés.

Si nous en revenons à l'IA, on peut s'interroger : si je gagne du temps grâce à ces outils, à quoi est-ce que j'emploie mon temps ainsi libéré ? Est-ce que je travaille et produis plus ? Si oui, quel est l'impact environnemental de cette production ? Est-ce que je consomme plus ?

Voici quelques exemples d'impacts économiques et sociétaux indirects de l'IA :

- ▶ **L'IA rend possibles de nouveaux usages, ayant eux aussi des impacts environnementaux négatifs**, par exemple :
 - La génération automatisée de contenus et la personnalisation encore plus fine des campagnes de marketing, entraînant une hausse générale de la consommation. Par exemple, plus de la moitié des collections vendues par Shein, géant de la fast fashion en ligne, sont générées par de l'IA générative (source : Echaroux, Emilie, « [Le bilan carbone de Shein risque d'exploser à cause de l'IA](#) », *Usbek et Rica*, 21 septembre 2024).
 - Permettre de nouvelles opportunités pour les industries hautement polluantes, comme des

compagnies pétrolières et gazières qui pourraient utiliser l'IA pour trouver de nouvelles opportunités d'exploration pétrolière. Par exemple, Microsoft a signé avec ExxonMobil un contrat d'IA ayant permis à la société pétrolière d'augmenter sa production de 50 000 barils par jour dans le bassin permien, générant 6,4 millions de tonnes de CO₂, soit environ 40 % des émissions carbone de Microsoft en 2023 (source : [post LinkedIn de Data for Good](#)).

- La complexification des services numériques, par exemple le remplacement d'algorithmes de recherche traditionnels tel que Google Search par des modèles génératifs par défaut, de la réalité virtuelle, etc. dont la consommation est bien plus importante.

► **Les systèmes d'IA peuvent conduire à une augmentation des émissions des activités existantes :**

- La simplicité de certains systèmes d'IA (comme ChatGPT) permet à n'importe qui d'avoir accès à l'IA, y compris pour des tâches courantes telles que la rédaction d'e-mails... Cela entraînera une augmentation du nombre d'« utilisateurs d'IA ». A terme, l'IA pourrait être intégrée dans tous les services numériques, augmentant leur empreinte environnementale actuelle.
- **Les nouvelles fonctionnalités entraînent un effet rebond, même s'il n'y a pas de bénéfice réel** : elles sont utilisées par défaut ou par habitude, sans besoin réel. On peut par exemple penser à l'enregistrement et à la traduction automatique des visioconférences

qui sont souvent activés même s'il n'y en a pas vraiment besoin alors que cela multiplie grandement les émissions d'une seule réunion.

Pour aller plus loin :

- ▶ [\[L'humeur de Luc Julia\] Les IA génératives sont mortes](#), *Monde Numérique*, 4 février 2025.



**Quels sont les acteurs en
présence et
les prochaines étapes ?**



Le cadre normatif en vigueur

Au niveau national, les textes en vigueur traitent de l'impact environnemental du numérique dans son ensemble. **L'IA n'est pas traitée spécifiquement dans ces textes :**

- ▶ **La loi anti-gaspillage pour une économie circulaire, dite AGECE (2020) visant à :**
 - Mieux informer et protéger le consommateur (quantité de données ou de GES consommés, indices de réparabilité et de durabilité) ;
 - Rallonger la durée de vie des produits numériques (création d'un fonds réparation) ;
 - Obliger l'Etat, les collectivités et leur groupement à intégrer ces enjeux dans leur politique d'achat.

- ▶ **La loi visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France, dite REEN (2021) visant à :**
 - Faire prendre conscience aux utilisateurs de l'impact environnemental du numérique ;
 - Limiter le renouvellement des appareils numériques (lutte contre les stratégies d'obsolescence logicielle) ;
 - Faire émerger et développer des usages numériques écologiquement vertueux (RGESN, qui inclut des critères adaptés aux usages d'IA) ;
 - Promouvoir des centres de données et des réseaux moins énergivores ;
 - Promouvoir une stratégie numérique responsable dans les territoires ;
 - Créer un observatoire des impacts environnementaux du numérique qui analyse et quantifie les impacts directs et indirects du numérique sur l'environnement ainsi que la contribution apportée par le numérique,

notamment l'intelligence artificielle, à la transition écologique et solidaire.

Ces dispositions légales sont en permanence enrichies d'initiatives non-contraignantes, de recherche et d'outils mis à disposition des acteurs (voir ci-après).

Autres initiatives :

- ▶ Février 2021 : [Feuille de route gouvernementale « numérique et environnement »](#).
- ▶ 2022 : création du Haut comité pour le numérique écoresponsable (HCNE), dont le copilotage opérationnel est assuré par le Commissariat général au développement durable (ministère de la Transition écologique) et la Direction générale des entreprises (ministère de l'Economie).
- ▶ 2023 : élaboration d'une [feuille de route de décarbonation du secteur numérique](#) en application de la loi « Climat et résilience » (2021). L'IA y figure uniquement comme opportunité d'améliorer l'efficacité d'autres secteurs (agriculture, traitement des déchets...).
- ▶ 2023 : [Stratégie d'accélération Numérique écoresponsable dans le cadre de France 2030](#) visant à innover pour le développement d'une économie numérique écoresponsable française, compétitive et souveraine. Cette stratégie s'assortit du lancement de [l'appel à projet Econum](#) visant à soutenir le développement d'une économie du numérique innovante, circulaire et à moindre impact environnemental.

- ▶ 2024 : [Lancement de l'Institut national pour l'évaluation et la sécurité de l'intelligence artificielle \(INESIA\)](#). Piloté par le secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) et par la Direction générale des Entreprises (DGE), cet institut permettra de fédérer un écosystème d'acteurs nationaux de premier rang. Leur travail portera sur l'analyse des risques systémiques dans le champ de la sécurité nationale, le soutien à la mise en œuvre de la régulation de l'IA, et l'évaluation de la performance et de la fiabilité des modèles d'IA.
- ▶ 2024 : Publication du [Référentiel général pour l'IA frugale](#) piloté par le ministère de la Transition écologique et l'Afnor (voir *infra*).
- ▶ 2024 : Publication du rapport du CESE « [Impacts de l'intelligence artificielle : risques et opportunités pour l'environnement](#) » (voir *infra*).

Dispositions européennes :

- ▶ 2022 : [Code de conduite sur l'efficacité énergétique des centres de données](#). Ce code volontaire encourage et accompagne les opérateurs et propriétaires de centres de données dans la réduction de leur consommation énergétique tout en maintenant un haut niveau de performance.
- ▶ 2023 : Entrée en vigueur de la [Directive européenne sur les rapports de développement durable des entreprises](#) (CSRD). Ce texte impose aux grandes entreprises de publier des informations quant à leurs impacts sur l'environnement et la société. Ces informations doivent prendre en compte l'impact environnemental de leurs usages numériques et les actions entreprises au service d'un numérique plus responsable.

- ▶ 2023 : Révision de la [Directive relative à l'efficacité énergétique](#) qui :
 - Prévoit un objectif européen de réduction de la consommation d'énergie en Europe en 2030 de 11,7 % par rapport au scénario de référence de 2020 ;
 - Prévoit que les centres de données dont la puissance totale nominale est supérieure à 1 MW doivent utiliser la chaleur fatale ou d'autres applications de récupération de la chaleur fatale.
- ▶ 2024 : [Règlement dit « écoconception »](#) disposant une série de critères que certains produits doivent respecter sur le plan de la durabilité environnementale afin de réduire les incidences négatives sur l'environnement tout au long du cycle de vie du produit. Des actes délégués viendront préciser les catégories de produits visées par des normes d'écoconception ainsi que les exigences à satisfaire pour que les produits concernés puissent être mis sur le marché de l'UE. Ce nouveau règlement remplace la directive dite « écoconception » de 2009, grâce à laquelle ont déjà été adoptées des exigences en matière de durabilité environnementale pour certains types d'équipements.
- ▶ 2024 : [Règlement européen sur l'IA](#) (pour une présentation détaillée de ce texte, voir le module « [Qu'est-ce que l'IA ?](#) ») proposant un ensemble d'obligations en fonction des risques présentés par les systèmes d'IA. Ce texte n'aborde la question de l'impact environnemental que de façon très marginale. Le règlement contient une obligation de documentation des « *ressources informatiques utilisées pour l'entraînement* ». Cette obligation concerne les fournisseurs de systèmes d'IA « à haut risque » (dispositifs médicaux, composants de sécurité utilisés

dans les infrastructures critiques, systèmes utilisés par la police...) et de « modèles d'IA à usage général » (grands modèles pouvant avoir diverses finalités, tels que les grands modèles de langage). Cette obligation ne couvre donc qu'une petite partie des coûts environnementaux de l'IA (la consommation énergétique), ne s'applique qu'à certains systèmes et ne couvre pas la phase de fonctionnement. Le texte demande des « livrables » de normalisation sur la performance en ressources (énergie et autres) des systèmes d'IA et indique que le Bureau de l'IA et les Etats membres doivent faciliter l'élaboration de codes de conduite pour évaluer et minimiser l'impact des systèmes d'IA sur la durabilité environnementale.

Quel est le rôle de l'Arcep en matière d'impact environnemental du numérique ?

Dès 2019, l'Arcep s'est emparée de l'enjeu de l'impact environnemental du numérique, et s'est vue ensuite progressivement confier de nouveaux pouvoirs par le législateur, pour **collecter auprès des acteurs du numérique des données sur leur empreinte environnementale**.

Cette collecte de données, entamée dès 2020 auprès des quatre principaux opérateurs de communications électroniques, **a été élargie fin 2022**, grâce à la loi « REEN 2 » du 23 décembre 2021, aux opérateurs de centres de données, fournisseurs de systèmes d'exploitation, fournisseurs de services de communication au public en ligne, fabricants de terminaux et équipementiers de réseaux. L'Arcep rend public ce travail dans le cadre de son [enquête annuelle « Pour un numérique soutenable »](#), permettant ainsi de suivre l'évolution de l'empreinte environnementale du numérique par la publication d'indicateurs tels que les émissions de gaz à effet de serre, la consommation d'énergie, ou encore le recyclage et le reconditionnement des équipements. Le périmètre de l'enquête s'enrichit chaque année avec de nouveaux acteurs, ou des nouveaux types de données collectées. Pour la quatrième édition, publiée le 17 avril 2025, elle a été complétée par des indicateurs collectés auprès des équipementiers de réseaux mobiles.

L'Arcep contribue ainsi à la **mesure de l'empreinte environnementale du numérique** :

- Par la publication de son enquête annuelle [« Pour un numérique soutenable »](#) ;
- Par [l'observatoire Arcep-ADEME des impacts environnementaux du numérique](#) ;
- Par ses travaux menés avec l'ADEME : [étude conjointe sur l'empreinte environnemental du](#)

numérique en 2020, 2030 et 2050 et co-pilotage du comité d'experts sur la mesure ;

- Par un suivi des pratiques numériques des Français, avec l'Arcom : Baromètre du numérique (cf. *infographies Baromètre*) et le référentiel commun sur les usages numériques ;
- Par l'étude inédite sur l'impact environnemental des usages audiovisuels en France en 2022 et à l'horizon 2030 réalisée avec l'Arcom et l'ADEME (voir les *infographies « étude AAA »*).

Les transitions écologique et numérique dépassent le cadre national et appellent à une approche globale et un cadre commun au niveau européen. L'Arcep s'implique ainsi activement sur la scène européenne et internationale pour suivre les travaux des autres régulateurs, et partager son expérience et le résultat de ses travaux. Elle collabore ainsi avec différentes organisations internationales (ITU, Banque mondiale, OCDE, etc.) et copréside depuis 2020 un **groupe de travail dédié à l'environnement au sein du BEREC**, le groupe « sustainability », rassemblant des experts des régulateurs européens des télécoms et de la Commission européenne.

Par ailleurs, le 4 novembre dernier, l'ADEME, l'Arcom et l'Arcep ont appelé à un pilotage européen des impacts environnementaux du numérique pour respecter l'Accord de Paris et forment le vœu de construire des intelligences artificielles désirables et compétitives pour les générations futures.

Pour en savoir plus sur les travaux engagés par l'Arcep sur l'environnement, consultez le tome 1 du rapport annuel (publication juin 2024).

Cette **frise chronologique** retrace ses travaux : [Frise-PNS-2024.pdf \(arcep.fr\)](#).

Les livrables en cours d'élaboration

- ▶ Dans le cadre du règlement européen sur l'IA, un [code de bonnes pratiques pour les IA à usage général a été publié en juillet 2025](#). Ce code a été conçu par 13 experts indépendants et la contribution de 1 000 parties prenantes comme des fournisseurs de modèles, des PME, des universitaires, des experts en sécurité de l'IA, des titulaires de droits et des organisations de la société civile. La Commission européenne précise que « *le code est conçu pour aider l'industrie à se conformer aux règles de la législation sur l'IA relatives à l'IA à usage général* ». Cet document – volontaire – prévoit, entre autres, que les signataires du code s'engagent à transmettre des données sur la consommation énergétique de l'entraînement des modèles d'IA. Toutefois, le code prévoit une exception si cette consommation ne peut être « *estimée en raison de l'absence d'informations essentielles* », permettant aux fournisseurs de ne pas divulguer ces données en invoquant ce manque d'information. En outre, le code ne propose pas de méthodologie pour établir cette mesure et son adoption repose sur la volonté des acteurs⁷.
- ▶ La Commission européenne a également lancé en décembre 2024 [un appel d'offres pour évaluer l'impact climatique net des infrastructures numériques](#), prenant à la fois en compte leur impact carbone et les réductions d'émission que ces technologies permettent. L'objectif est de fournir aux organisations une méthodologie pour mesurer l'impact net d'une solution numérique donnée.

⁷ Mise à jour d'août 2025 suite à la publication de la version finale du code.

La Coalition pour une Intelligence Artificielle (IA) écologiquement durable

La [Coalition pour l'IA durable](#) est une **initiative mondiale lancée lors du Sommet pour l'Action sur l'IA en février 2025**. Elle est co-initiée par la France, le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement et l'Union Internationale des Télécommunications, qui en assure l'animation.

Elle vise à promouvoir une IA au service de notre transition écologique (*AI for Green*) et d'aligner le développement de l'IA avec les objectifs de durabilité environnementale (*Green AI*). Elle a comme principe fondateur la collaboration multilatérale : partager les connaissances, données et solutions entre divers acteurs.

La Coalition qui comptait 92 membres à son lancement en rassemble aujourd'hui près de 150 : 7 organisations gouvernementales, 14 gouvernements, 55 entreprises, 18 instituts de recherche, 24 ONG, 10 fonds d'investissement, 7 entités publiques et 24 startups.

Plusieurs initiatives ont notamment été lancées dans ce cadre :

- Par le biais de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria) et du Ministère de la Transition écologique, une communauté de 36 scientifiques, entreprises, institutions publiques et organisations internationales a publié [un document de position identifiant les défis à relever pour maximiser les effets positifs des systèmes d'IA tout en limitant leur impact environnemental](#).
- En outre, le premier groupe de travail international sur l'utilisation de l'IA générative pour donner accès aux connaissances environnementales a réuni des

experts du PNUE, de l'OCDE, du GIEC, de l'IPBES, de l'OMM, de l'UNESCO et de l'INRIA, ainsi que des chercheurs et des représentants d'administrations, d'entreprises et de la société civile, dans l'optique **d'élaborer un guide des bonnes pratiques pour une utilisation efficace et éthique de l'IA générative pour donner accès aux documents environnementaux.**

- L'Agence internationale de l'énergie (AIE) lance le **premier observatoire mondial dédié à l'énergie et à l'IA** qui permet, en centralisant et en analysant les données : (i) de mieux anticiper les besoins énergétiques des centres de données et des modèles d'IA, sur la base d'une méthodologie transparente, (ii) d'optimiser les systèmes énergétiques et de réduire les émissions de carbone grâce à l'IA, et (iii) de promouvoir des innovations révolutionnaires pour l'IA appliquée à l'énergie.

Pour en savoir plus : [Une nouvelle coalition vise à placer l'Intelligence Artificielle sur une trajectoire plus écoresponsable](#), Communiqué de presse, 22 février 2025.



Outils et bonnes pratiques pour un usage responsable de l'IA



Bonnes pratiques : Une question clé, en ai-je vraiment besoin ?

- Pour les concepteurs d'outils d'IA et entreprises utilisatrices :

→ En premier lieu, **les acteurs économiques et parmi eux les grands acteurs du numérique doivent se responsabiliser** : par leurs choix technologiques, la façon dont ils conçoivent les services numériques et les nouveaux besoins qu'ils suscitent, ce sont eux qui ont les clés principales de la réduction de l'empreinte environnementale. Tendre vers une IA plus responsable comporte au moins deux volets : raisonner les usages et mieux concevoir les systèmes. Sur ce second volet, l'Arcep et l'Arcom ont publié, en lien avec l'ADEME, le [Référentiel général de l'écoconception des services numériques \(RGESN\)](#). L'objectif de ce référentiel est de fournir un guide pour réduire, dès leur conception, l'empreinte environnementale des services numériques tels que les sites web, plateformes vidéo, applications, ou encore outils d'intelligence artificielle.

Frugalité vs Efficience

Il peut arriver que l'on parle de frugalité ou de sobriété pour parler en réalité d'efficience, c'est-à-dire de l'optimisation des moyens alloués pour obtenir un résultat voulu.

A l'inverse la frugalité amène à adapter les résultats qu'il est possible d'atteindre au regard d'une contrainte de ressources. La frugalité sous-entend donc des changements d'usages et prend en compte les effets rebond des outils.

→ De son côté, le ministère de la Transition écologique et l'Afnor ont piloté un groupe de travail composé d'une centaine d'acteurs pour aboutir à un [Référentiel général pour l'IA frugale](#) paru en juillet 2024.

La question clé qui ressort de ce référentiel sur l'IA frugale est celle du besoin : **a-t-on réellement besoin d'un système d'IA plutôt que d'une autre solution moins consommatrice pour répondre à un même objectif ?**

D'autres éléments s'ajoutent pour qualifier un service d'IA de frugal comme « *de bonnes pratiques sont adoptées par le producteur, le fournisseur et le client pour diminuer les impacts environnementaux du service utilisant un algorithme d'IA ;* » ou encore « *les usages et les besoins visent à rester dans les limites planétaires et ont été préalablement questionnés* ». Le référentiel propose **31 fiches de bonnes pratiques et des recommandations pour accompagner l'ensemble des acteurs utilisant ou développant un service d'IA** qui s'articulent autour de 7 thématiques :

Le passage à l'échelle de l'IA grâce à un déploiement autour de 7 thématiques

Les différentes pratiques analysées ont permis de construire 7 thématiques structurales pour faciliter le déploiement à l'échelle des systèmes et services d'IA frugaux :

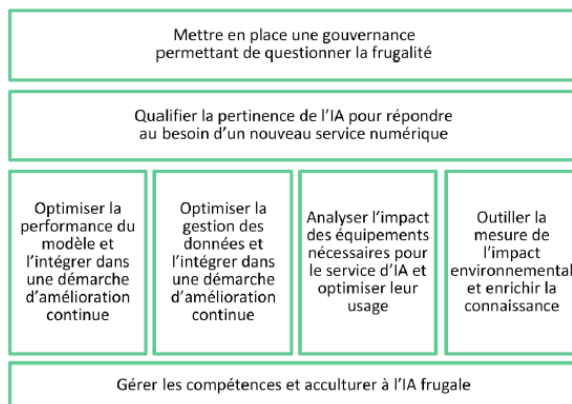


Figure 6 — Les 7 thématiques englobant les bonnes pratiques

Source : [Référentiel général pour l'IA frugale](#), Afnor, 2024.

→ Le [projet AltIMPACT](#) de l'ADEME, du CNRS et d'Inria propose un ensemble de ressources à destination des particuliers et professionnels autour de l'impact environnemental du numérique : kit personnalisable de sensibilisation des collaborateurs au numérique responsable, fiches de bonnes pratiques sur l'usage de l'IA générative...

→ Le CESE a publié en 2024 son avis « [Impacts de l'intelligence artificielle : risques et opportunités pour l'environnement](#) ». Le rapport invite les pouvoirs publics et les entreprises à **rechercher la neutralité environnementale de chacun de leurs systèmes** grâce à « *une planification raisonnée du déploiement des systèmes d'IA, et la mise en place de mécanismes d'évaluation environnementale objectifs, sincères, et indépendants, pour à la fois dessiner les objectifs et mesurer leur atteinte.* » Le rapport insiste notamment sur la nécessité de s'inspirer du principe « **éviter, réduire, compenser** ». En particulier, le CESE alerte sur le renouvellement des équipements que l'IA pourrait accélérer. Il s'agit ainsi d'éviter de se précipiter dans le remplacement de matériels existants et, si le remplacement est inévitable, de privilégier **systématiquement une démarche d'écoconception**.

→ Hugging Face et Salesforce ont publié en février 2025 [une méthodologie pour évaluer l'impact de l'entraînement des modèles, « AI Energy Score »](#).

→ Les concepteurs de services d'IA peuvent également utiliser l'outil open source [Green Algorithms](#) pour estimer les impacts énergétiques et carbone de leur système d'IA en amont et tout au long du projet. Pour un suivi plus fin, le package Python [Code Carbon](#) permet un suivi fin en contenu de l'impact énergétique et carbone de faire tourner un code sur une infrastructure.

► **Pour les utilisateurs individuels :**

→ L'Arcep a publié [une FAQ](#) proposant aux utilisateurs **des conseils et bonnes pratiques** pour limiter leur impact environnemental. Il est notamment recommandé d'utiliser moins d'équipements, d'allonger leur durée de vie, d'éviter d'acheter neuf. En matière d'usages, il est conseillé de limiter le nombre de requêtes, d'éviter la génération d'images et de vidéos et de préférer les outils alternatifs lorsqu'ils existent (comme Wikipédia, des outils de traduction automatisé...).

→ [L'application ParaMaître](#) permet de limiter le transfert de données des applications de son smartphone de 20 à 50 % et ainsi consommer moins de données et de réduire le trafic : résolution de l'écran, vidéos en haute définition, données enregistrées automatiquement... en fonction du système d'exploitation, l'application vous guide en quelques minutes et quelques étapes très simples pour gérer vos paramètres de manière optimale.

→ Il est possible d'utiliser l'outil [compar:IA](#) développé par le ministère de la Culture en partenariat avec la Dinum. Cet outil permet d'interroger à l'aveugle deux modèles de langage pour en comparer les performances mais aussi l'empreinte environnementale en fonction de la requête. L'occasion de découvrir des outils plus frugaux.

Meta/Llama 3.1 405B

SEMI-OUVERT 405 MDS DE PARAMÈTRES LICENCE LLAMA 3.1

Sorti en juillet 2024, ce modèle est le plus grand modèle de la série Llama de Meta, optimisé pour des tâches complexes de programmation, de mathématique et de raisonnement.

Impact énergétique de la discussion



Ce qui correspond à :



Voir plus

NVIDIA/Llama 3.1 Nemotron 70B

SEMI-OUVERT 70 MDS DE PARAMÈTRES LICENCE LLAMA 3.1

Doté de 70 milliards de paramètres, ce modèle est un fine-tune conçu par le concepteur de cartes graphiques NVIDIA à partir du modèle Llama 3.1 70B de Meta.

Impact énergétique de la discussion



Ce qui correspond à :



Voir plus

Capture d'écran du résultat de compar:IA à la requête
« Quel est l'impact environnemental de l'IA ? »

- ➔ [La bibliothèque EcoLogits](#) permet de surveiller la consommation et l'impact environnemental des principaux assistants conversationnels grâce à une API.
- ➔ Le [projet AltIMPACT](#) de l'ADEME propose un ensemble de ressources et bonnes pratiques autour de l'impact environnemental du numérique que ce soit à la maison ou au travail.

Organiser un Café IA sur ce sujet

La question de l'impact environnemental de l'IA est probablement une des plus posées lors des Cafés IA. Si vous souhaitez organiser un Café IA où cette thématique aura pleinement sa place, **plusieurs formats d'animation traitent plus particulièrement du sujet de l'empreinte environnementale de l'IA** :

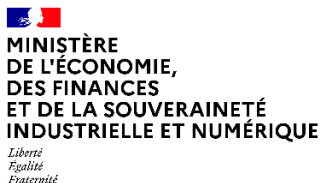
- ▶ [La Bataille de l'IA](#) : En partenariat avec Data For Good, l'association Latitudes propose un jeu de cartes collaboratif conçu pour développer son esprit critique sur les IA génératives. Le jeu propose notamment aux participants de débattre de l'impact environnemental de l'IA.
- ▶ [La Boîte noire de l'IA](#) : Un format ludique et pédagogique conçu par Dataactivist qui met en avant la matérialité et la réalité sociale et environnementale de l'intelligence artificielle.
- ▶ [Les ateliers d'écriture Wikipedia.org](#) : Invitez les participants à contribuer à la page « Impacts environnementaux de l'intelligence artificielle » pour améliorer cette page qui comporte de nombreux problèmes signalés par l'encyclopédie. Partagez vos contributions et amorcez l'échange !
- ▶ [Les Mikrodystopies](#) imaginées par F. Houste : Un atelier d'écriture en 1h conçu par François Houste pour faire émerger nos imaginaires technologiques au travers de courtes histoires utopiques ou dystopiques autour des technologies dans la vie quotidienne. Il est possible de contraindre le format pour ne proposer que des histoires autour de l'impact environnemental de l'IA.
- ▶ Nous proposerons prochainement un atelier en partenariat avec le ministère de la Culture autour du service compar:IA.

Si vous souhaitez plutôt **organiser un Café IA autour de l'échange et du débat**, par exemple en suivant [notre recette inratable](#), voici une liste non-exhaustive de questions pour organiser ou relancer la discussion sur ce thème :

- ▶ Vous êtes-vous déjà renseignés sur l'impact environnemental de l'IA ? Si oui, via quelles sources ?
- ▶ Pensez-vous que l'on accorde suffisamment d'importance à l'impact écologique des technologies, en particulier de l'IA, dans les débats publics ?
- ▶ Avez-vous adapté vos usages à la lumière de ce que vous avez appris ?
- ▶ Seriez-vous prêt à faire des sacrifices (par exemple, en réduisant l'utilisation d'IA) si l'on vous prouvait qu'elle a un impact environnemental trop lourd ?
- ▶ D'après vous, faut-il réserver l'IA à certains usages stratégiques ?
- ▶ Y a-t-il des domaines dans lesquels vous seriez prêts à accepter un impact environnemental plus important de l'IA si cela permettait de résoudre d'autres enjeux urgents, comme le changement climatique ?
- ▶ Pensez-vous que l'IA puisse jouer un rôle dans l'optimisation d'autres secteurs et être un allié dans la lutte contre le changement climatique ? Avez-vous des exemples en tête ?
- ▶ Les entreprises qui développent de l'IA devraient-elles être tenues responsables de l'impact environnemental de leurs technologies ?
- ▶ Si vous travaillez dans une entreprise concernée, avez-vous mis en place des choses pour accroître la frugalité de vos usages et services numériques ?
- ▶ Quel rôle les gouvernements devraient-ils jouer pour réduire l'impact environnemental des technologies basées sur l'IA ?
- ▶ Peut-on réellement parler de progrès technologique si cela concourt à la dégradation écologique.



Commissariat Général au
Développement Durable



Direction générale
des Entreprises

