N° 949

SÉNAT

2025-2026

Enregistré à la Présidence du Sénat le 16 septembre 2026

RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

*au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable (1) sur l'***empreinte environnementale** *de l'***intelligence artificielle**,

Par MM. Guillaume CHEVROLLIER, Damien MICHALLET et Simon UZENAT,

Sénateurs

Version provisoire

(1) Cette commission est composée de : M. Jean-François Longeot, *président ;* M. Didier Mandelli, *premier vice-président ;* Mmes Nicole Bonnefoy, Marta de Cidrac, MM. Hervé Gillé, Rémy Pointereau, Mme Nadège Havet, M. Guillaume Chevrollier, Mme Marie-Claude Varaillas, MM. Jean-Yves Roux, Cédric Chevalier, Ronan Dantec, *vice-présidents ;* M. Cyril Pellevat, Mme Audrey Bélim, MM. Pascal Martin, Jean-Claude Anglars, *secrétaires ;* Mme Jocelyne Antoine, MM. Jean Bacci, Alexandre Basquin, Jean-Pierre Corbisez, Stéphane Demilly, Gilbert-Luc Devinaz, Franck Dhersin, Alain Duffourg, Sébastien Fagnen, Jacques Fernique, Fabien Genet, Mme Annick Girardin, MM. Éric Gold, Daniel Gueret, Mme Christine Herzog, MM. Joshua Hochart, Olivier Jacquin, Damien Michallet, Mme Marie-Pierre Mouton, MM. Louis-Jean de Nicolaÿ, Saïd Omar Oili, Alexandre Ouizille, Mme Sandra Paire, M. Clément Pernot, Mme Marie-Laure Phinera-Horth, M. Bernard Pillefer, Mme Kristina Pluchet, MM. Pierre Jean Rochette, Bruno Rojouan, Mme Denise Saint-Pé, M. Simon Uzenat, Mme Sylvie Valente Le Hir, M. Michaël Weber.

Version provisoire

SOMMAIRE

Pages

L'ESSENTIEL 5

LISTE DES RECOMMANDATIONS 13

INTRODUCTION 17

I. L'IA RENFORCE LES CONSTATS ÉTABLIS PAR LE SÉNAT SUR L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DU NUMÉRIQUE 21

A. LA FRANCE, SOUS L'IMPULSION DU SÉNAT, FAIT FIGURE DE PRÉCURSEUR EN MATIÈRE D'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DU NUMÉRIQUE 21

B. LE DÉVELOPPEMENT À UN RYTHME INÉDIT DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE 23

C. L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'IA : PAR RAPPORT À 2021, LES CENTRES DE DONNÉES PRENNENT LE DESSUS SUR LES TERMINAUX 27

1. Les émissions de gaz à effet de serre : une augmentation prévue de la consommation d'électricité des centres de données, portée avant tout par l'IA 27

2. L'empreinte matière : une dépendance accrue aux minéraux critiques 31

3. La consommation d'eau liée aux centres de données : une donnée peu documentée mais une empreinte moindre en France par rapport à d'autres pays 33

4. Le développement des centres de données, un enjeu en matière d'artificialisation des sols 38

D. L'IA AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT : UN POTENTIEL À CONCRÉTISER 40

II. ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT DE L'IA EN LIMITANT SON EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE : UN IMPÉRATIF POUR LA COMMISSION 48

A. FAIRE DE L'EXCELLENCE ENVIRONNEMENTALE UN FACTEUR D'ATTRACTIVITÉ DE LA FRANCE POUR LES CENTRES DE DONNÉES 48

1. L'implantation de centres de données en France contribue à réduire l'empreinte environnementale de l'IA 48

2. Une attractivité nationale déjà forte, qui peut être renforcée par l'accélération des raccordements et la simplification administrative 50

3. Renforcer l'acceptabilité des centres de données sur le territoire en réduisant leur empreinte environnementale 55

B. ASSURER, NOTAMMENT AU NIVEAU EUROPÉEN, LE DÉVELOPPEMENT D'UNE IA FRUGALE 60

1. La France, pays précurseur sur l'empreinte environnementale du numérique, multiplie les initiatives en faveur d'une IA frugale 60

2. Consolider le positionnement de leader de la France sur l'IA frugale 64

3. Lancer une politique européenne ambitieuse en faveur du développement d'une IA durable 71

Version provisoire

C. MESURER, INFORMER, SENSIBILISER : LES CONDITIONS D'UN USAGE PLUS SOBRE DE L'IA 74
1. Les analyses de cycle de vie de Mistral AI et Google : des initiatives privées bienvenues mais insuffisantes 74
2. Une harmonisation des ACV par les pouvoirs publics devenue indispensable 80
3. Éduquer à la sobriété pour faire évoluer les usages 82

TRAVAUX EN COMMISSION **85**
Désignation d'un rapporteur (Mercredi 10 décembre 2025) 85
Table ronde sur l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle (Mercredi 4 février 2026) 86
Audition de M. Philippe Aghion, prix Nobel d'économie 2025, professeur au Collège de France et à l'Institut européen d'administration des affaires (Mercredi 20 mai 2026) 111
Examen du rapport d'information (Mercredi 16 septembre 2026) 136

LISTE DES PERSONNES ENTENDUES **137**

LISTE DES CONTRIBUTIONS ÉCRITES **143**

DÉPLACEMENT SUR LE CAMPUS DE DATA4 ..... **145**
À Marcoussis le jeudi 2 juillet 2026 145

TABLEAU DE MISE EN OEUVRE ET DE SUIVI DES PROPOSITIONS **147**

Version provisoire

L'ESSENTIEL

Le développement de l'intelligence artificielle (IA) **bouleverse les économies, mais également les sociétés et les démocraties**. Cette révolution est particulièrement marquante en raison du **rythme inédit d'appropriation** de cette technologie.

Dans la lignée de ses travaux de 2020 sur l'empreinte environnementale du numérique, concrétisés par l'adoption de la **« loi Reen »** du 15 novembre 2021, qui **fait de la France un précurseur au niveau international**, la commission a lancé, le 10 décembre 2025, une **mission d'information sur l'empreinte environnementale de l'IA**.

Au terme des travaux de cette mission, la commission estime que **le développement de l'IA renforce les constats établis en 2020**. Sous l'effet de l'IA, **les centres de données ont cependant pris le dessus, en matière d'empreinte, sur les terminaux**. Même si les données restent encore lacunaires, la consommation électrique des centres va fortement augmenter dans les prochaines années. La commission souligne par ailleurs que, **si l'IA peut être mise au service de l'environnement, ce potentiel reste à concrétiser**.

Le 16 septembre 2026, la commission a adopté à l'unanimité le rapport d'information de Guillaume Chevrollier, Damien Michallet et Simon Uzenat, qui, face à ces constats, formule **16 recommandations regroupées en trois axes** :

- faire de l'excellence environnementale un facteur d'attractivité de la France pour les centres de données ;

- mesurer, informer, sensibiliser : trois conditions d'un usage plus sobre de l'IA ;

- assurer, notamment au niveau européen, le développement d'une intelligence artificielle frugale.

Pour la commission, **l'IA constitue un défi environnemental pour la planète et le développement d'une IA frugale est une opportunité pour la France et pour l'Europe**.

Version provisoire

Les principales recommandations

1. Encourager l'implantation de centres de données durables et favoriser le recours, par les fournisseurs de modèles de langage, à de telles infrastructures, en mettant en place, à l'échelle européenne, un cadre réglementaire incitatif.

2. Créer un choc d'accélération pour le raccordement des centres de données.

5. Renforcer l'acceptabilité territoriale et environnementale des centres de données en favorisant leur intégration dans les territoires.

8. Assurer un soutien public au développement des petits modèles d'IA spécialisés.

10. Activer le levier de la commande publique pour contribuer au développement des solutions d'IA frugale.

11. Lancer une politique européenne ambitieuse en faveur de l'IA frugale, y compris industrielle, pouvant aboutir à la création d'un « Airbus de l'IA ».

12. Dans le respect du secret des affaires, confier à l'Arcep le soin de définir les données relatives à l'empreinte environnementale des modèles de langage que leurs fournisseurs seraient tenus de rendre publiques.

14. Créer un écoscore pour les principaux modèles de langage.

15. Lancer une campagne nationale de sensibilisation à l'empreinte environnementale de l'IA présentant ses différents effets sur l'environnement ainsi que les bonnes pratiques permettant de les réduire ; engager, en parallèle, une démarche similaire à l'échelle européenne.

Version provisoire

I. L'émergence de l'intelligence artificielle renforce les constats établis par le Sénat sur l'empreinte du numérique

A. La France, pays précurseur en matière d'empreinte environnementale du numérique

Avec la « **loi Reen** » **du 15 novembre 2021**[1], issue d'une initiative sénatoriale, la France a été **le premier pays à légiférer sur l'empreinte environnementale du numérique**. Inspirée des travaux d'une mission d'information de 2020, cette loi a posé un cadre transversal : **mesure des impacts environnementaux, formation à la sobriété numérique, allongement de la durée de vie des équipements, écoconception des services numériques et réduction de l'empreinte des centres de données et des réseaux**.

Près de cinq ans après son adoption, son bilan apparaît **globalement positif** : elle a structuré l'action de l'Ademe et de l'Arcep, amélioré la connaissance des impacts du numérique et contribué à mobiliser la recherche et les acteurs publics.

B. L'émergence de l'IA à un rythme inédit

L'essor à un rythme inédit de l'intelligence artificielle, et notamment de l'IA générative, renforce les constats de la mission d'information sénatoriale de 2020 et invite à actualiser le cadre posé par la « loi Reen », adoptée avant cette rupture technologique.

L'adoption de l'IA générative est particulièrement rapide : ChatGPT, lancé fin 2022, a atteint **100 millions d'utilisateurs en deux mois** et l'IA générative comptait 700 millions d'utilisateurs hebdomadaires en 2025.

48 %

des Français utilisent l'IA de façon régulière en 2025.

Source : Académie des technologies

C. Une empreinte environnementale désormais davantage liée aux centres de données qu'aux terminaux

Les rapporteurs soulignent les **limites méthodologiques d'une évaluation de l'empreinte environnementale de l'IA** : il est difficile de distinguer l'empreinte de l'IA de celle du numérique en général ; le manque de données constitue une limite structurelle ; l'essor fulgurant de l'IA et son évolution technologique constante appellent à la prudence s'agissant de tout scénario d'évolution.

Version provisoire

[1] *Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France.*

1) Une empreinte carbone en augmentation et fortement dépendante du mix électrique

Le développement de l'IA générative entraîne **un changement d'échelle des centres de données** : les infrastructures nécessaires à l'entraînement et à l'inférence des modèles peuvent atteindre une puissance de 100 MW, voire 1 GW, contre environ 10 MW pour un centre de données classique.

Cette croissance devrait provoquer **une forte hausse de la consommation électrique** : à l'échelle mondiale, l'IA pourrait représenter environ 500 TWh en 2030, soit jusqu'à la moitié de la consommation des centres de données. Son impact sur les émissions de gaz à effet de serre dépend toutefois fortement du mix électrique du pays d'implantation. À l'échelle mondiale, les émissions des centres de données pourraient ainsi atteindre 630 à 950 $MtCO_2eq$ en 2030, soit jusqu'à **deux fois les émissions annuelles de la France**.

Évolution prévisionnelle de l'empreinte carbone des centres de données liés aux usages du numérique en France de 2024 à 2036



Source : Ademe (2026)

2) L'empreinte matière : une dépendance accrue aux minerais critiques

L'essor de l'IA générative **accroît fortement l'empreinte matière des centres de données**, en raison du recours massif aux processeurs graphiques (GPU), renouvelés rapidement et fortement consommateurs de minéraux critiques. Alors que **la demande en métaux pour le numérique pourrait augmenter de 179 % entre 2020 et 2050**, leur approvisionnement, largement concentré géographiquement et notamment contrôlé par la Chine, soulève également un **enjeu de souveraineté économique**. Cette pression est aggravée par le faible recyclage mondial des déchets électroniques.

3) L'empreinte de l'IA en matière d'eau et de foncier : une empreinte peu documentée mais moindre que dans d'autres pays

La **consommation d'eau des centres de données**, afin d'**assurer leur refroidissement,** devrait fortement augmenter au niveau mondial : les prélèvements d'eau devraient ainsi atteindre 9 000 millions de m^3 en 2030, soit l'équivalent d'un tiers des prélèvements annuels d'eau en France.

0,0023 %

Les centres de données situés en France prélèvent 681 000 m^3 d'eau par an, soit 0,0023 % du total des prélèvements du territoire national.

Source : Arcep

Les besoins en eaux varient très fortement en fonction de la technique de

Version provisoire

refroidissement utilisée : **en France, même si le niveau d'eau prélevé ou consommé est en augmentation sensible (**+ 17 % entre 2021 et 2022 ; + 19 % entre 2022 et 2023), **les prélèvements d'eau par les centres de données restent très limités**, grâce à la **performance des techniques utilisées**.

L'enjeu représenté par les centres de données en matière de **foncier** est également réel, notamment dans le contexte de l'objectif du zéro artificialisation nette (ZAN). Cet enjeu est peu documenté mais il peut **nuire à l'acceptabilité sociale de la création de ces centres**. Cette acceptation peut être facilitée par le choix d'implantation sur d'anciens sites industriels, retenu aujourd'hui en France par les professionnels et encouragé par les pouvoirs publics.

> *« [L'IA va] permettre de comprendre la dynamique et l'évolution des écosystèmes en se basant sur la réalité de leur complexité biologique, d'optimiser la gestion de nos ressources, notamment énergétiques, de préserver notre environnement et d'encourager la biodiversité. »*
>
> **Cédric Villani**
>
> *« Donner un sens à l'intelligence artificielle. Pour une stratégie européenne. »* (2018)

D. L'IA au service de l'environnement : un potentiel à concrétiser

Dès les débuts de la révolution de l'IA, ses **bénéfices possibles en matière d'environnement** ont été mis en avant. La délégation sénatoriale à la prospective a adopté un rapport d'information en février 2025, qui met en exergue de nombreux exemples de solutions fondées sur l'IA en matière environnementale.

Les rapporteurs soulignent que, si les apports de l'IA en la matière font consensus, **l'objectivation et la quantification de leur impact est complexe** : **le potentiel reste encore à concrétiser et la compensation de l'empreinte environnementale reste au mieux incertaine**.

II. Accompagner le développement de l'IA en limitant son empreinte : une réponse à l'enjeu environnemental et une opportunité pour la France et l'Europe

A. Faire de l'excellence environnementale un facteur d'attractivité de la France pour les centres de données

L'implantation en France des centres de données dédiés à l'IA constitue un levier de réduction de leur empreinte carbone : le mix électrique français, décarboné à 95 %, présente l'une des plus faibles intensités carbone au monde. La France a la chance de disposer en outre d'une production électrique abondante, permettant d'accueillir de nouvelles capacités sans compromettre l'électrification des autres secteurs.

Version provisoire

Ces atouts environnementaux se doublent de **facteurs économiques favorables** : électricité relativement bon marché, disponibilité du foncier, qualité du réseau électrique et écosystème numérique développé. Déjà troisième pays européen par la puissance installée, la France a été, en 2025, le premier pays au monde pour les investissements dans les centres de données.

> *Nous avons décidé d'investir dans des centres de puissance de calcul en France. Au moment où nous avons pris cette décision d'investissement,* ***il était fondamental pour nous de choisir une énergie décarbonée****. »*
> **Audrey Herblin-Stoop, directrice des affaires publiques de Mistral AI**

Cette attractivité reste toutefois freinée par **des délais de raccordement au réseau pouvant atteindre cinq à sept ans et par la complexité des procédures administratives**. Les rapporteurs proposent donc un « choc d'accélération » des raccordements et la levée des freins administratifs persistants. **L'attractivité doit néanmoins aller de pair avec l'excellence environnementale et l'acceptabilité territoriale.** Les rapporteurs appellent à rendre enfin applicables les conditionnalités environnementales prévues par la « loi Reen », notamment en matière d'efficacité énergétique, de consommation d'eau et de valorisation de la chaleur fatale.

Enfin, les centres de données pourraient **contribuer à la flexibilité du système électrique**, en déplaçant certains usages, comme l'entraînement des modèles d'IA en heures creuses et en mobilisant leurs capacités de stockage pour réduire temporairement leur consommation lors des périodes de tension.

B. Assurer, notamment, au niveau européen, le développement d'une intelligence artificielle frugale : une nécessité et une opportunité

La France est reconnue comme **précurseur en matière d'empreinte environnementale du numérique**, notamment dans la lignée de la « loi Reen ». Afin de réduire l'empreinte de l'IA, elle peut s'appuyer sur **deux documents inédits au niveau mondial** : le référentiel général de l'écoconception des services numériques (RGESN), élaboré par l'Arcep et l'Arcom et rendu public en mai 2024, et le référentiel pour l'IA frugale, publié par l'Afnor en juin 2023. Ce dernier permet notamment aux acteurs du marché de disposer d'une définition commune de l'IA frugale, d'une méthodologie robuste et commune pour favoriser la comparaison de l'impact environnemental des services d'IA et de s'appuyer sur de bonnes pratiques pour accroître la frugalité des systèmes et des services d'IA. La France a également pris des **initiatives au plan international** en lançant, en février 2025, la **coalition pour une IA écologiquement durable**, qui regroupe 260 membres, dont 68 entreprises internationales, 28 instituts de recherche, 15 États et 9 organisations internationales. **Les rapporteurs saluent cette initiative**, qui a permis de porter un agenda international sur l'IA durable, et **invitent le Gouvernement à maintenir sa**

Version provisoire

mobilisation, tout en œuvrant à ce que cette coalition débouche sur des projets concrets.

Les rapporteurs appellent à ce que la France consolide son positionnement de chef de file sur l'IA frugale :

- en **appuyant le développement des modèles d'IA adaptés aux besoins et moins consommateurs de ressources**, par une campagne d'information auprès des acteurs publics et privés et en prévoyant des dispositifs financiers adaptés ;

- en **soutenant les entreprises innovantes** qui contribuent à l'émergence d'une IA frugale ;

- en **activant le levier de la commande publique** : il faut passer à la vitesse supérieure après la publication en novembre 2025 d'une fiche pratique pour l'achat responsable de solutions d'IA, par exemple en intégrant dans la loi un critère d'empreinte environnementale des services d'IA pour les achats publics.

Au-delà des mesures prises au niveau national, **les rapporteurs sont convaincus qu'une politique, y compris industrielle, ambitieuse en faveur du développement d'une IA durable doit être lancée au niveau européen**. Les référentiels élaborés en France pourraient être convertis et consolidés à l'échelon européen ; il est par ailleurs indispensable d'introduire des mesures d'écoconception des services numériques, dont les services d'IA. Ces mesures pourraient s'intégrer dans une **politique industrielle pouvant aboutir à la création d'un « Airbus de l'IA »**. Les rapporteurs estiment qu'au-delà d'une nécessité environnementale, **il s'agit d'un levier de compétitivité, et donc d'une opportunité, pour l'Europe**.

C. Mesurer, informer, sensibiliser : les conditions d'un usage plus sobre de l'IA

La réduction de l'empreinte environnementale de l'IA suppose d'abord de mieux la mesurer. Les analyses de cycle de vie (ACV) publiées en 2025 par Mistral AI et Google constituent à cet égard des initiatives bienvenues, mais encore isolées : les autres grands fournisseurs de modèles n'ont pas publié d'évaluation comparable. Ces travaux mettent surtout en évidence **l'absence de méthodologie commune et le manque de transparence sur les données utilisées** : les différences de périmètre et de méthode rendent leurs résultats impossibles à comparer.

Pour garantir des évaluations fiables, les rapporteurs proposent **d'imposer la publication de données définies par l'Arcep, dans le respect du secret des affaires**, et de créer au niveau européen **un standard commun d'évaluation de l'empreinte environnementale des grands modèles de langage**, assorti d'une interdiction des allégations environnementales qui ne reposeraient pas sur ce standard. Sur cette base, un **écoscore des principaux modèles de langage** permettrait aux utilisateurs de comparer leur empreinte et de privilégier les modèles les plus sobres.

Version provisoire

Mais mieux mesurer ne suffit pas : **la sobriété passe également par une évolution des usages**. Alors qu'une requête à une IA générative consomme environ dix fois plus d'énergie qu'une recherche classique, l'impact environnemental de ces outils demeure mal connu du public. Les rapporteurs appellent de leurs vœux une **campagne nationale de sensibilisation**, accompagnée d'une démarche similaire à l'échelle européenne.

Enfin, ils souhaitent **généraliser l'éducation à l'IA**, en intégrant systématiquement son empreinte environnementale aux enseignements consacrés au numérique, de l'école à l'enseignement supérieur et aux écoles d'ingénieurs.

Version provisoire

LISTE DES RECOMMANDATIONS

Axe n° 1 : Faire de l'excellence environnementale un facteur d'attractivité de la France pour les centres de données

Recommandation n° 1 : Encourager l'implantation en France de centres de données durables et favoriser le recours, par les fournisseurs de modèles de langage, à de telles infrastructures, en mettant en place, à l'échelle européenne, un cadre réglementaire incitatif.

Recommandation n° 2 : Créer un choc d'accélération pour le raccordement des centres de données en :

– faisant systématiquement des centres de données dédiés à l'IA des projets prioritaires pour le raccordement ;

– inscrivant le dispositif « *fast track* » au cœur de la stratégie de RTE, afin qu'il constitue réellement un accélérateur pour les projets ;

– refondant la doctrine de RTE, en passant d'une logique « premier arrivé premier servi » à « premier prêt premier servi ».

Recommandation n° 3 : Mener un audit de la procédure administrative d'implantation de centre de données ainsi que de parangonnage international, pour identifier et éliminer les freins administratifs persistants.

Recommandation n° 4 : Prendre au plus vite le décret prévu par l'article 28 de la loi « Reen » de 2021, afin de récompenser les centres de données les plus vertueux par un tarif réduit sur la TICFE.

Recommandation n° 5 : Renforcer l'acceptabilité territoriale et environnementale des centres de données en favorisant leur intégration dans les territoires, notamment :

– en développant, lorsque les conditions techniques et économiques le permettent, la récupération et la valorisation de leur chaleur fatale, en particulier par la création d'un fonds de garantie chaleur fatale ;

– en encourageant la mutualisation des emprises et des infrastructures avec d'autres activités ou équipements, notamment par le développement de bâtiments mixtes et multi-niveaux ;

– en soutenant l'innovation et le déploiement de nouvelles solutions technologiques susceptibles de réduire leur empreinte environnementale et foncière et de favoriser leur intégration territoriale.

Recommandation n° 6 : Faire contribuer les centres de données au lissage de la consommation d'électricité en incitant les exploitants à déplacer dans le temps certains usages et à utiliser les capacités de stockage d'énergie pour effacer temporairement la consommation.

Version provisoire

Axe n° 2 : Assurer, notamment au niveau européen, le développement d'une intelligence artificielle frugale

Recommandation n° 7 : Poursuivre la mobilisation de la France pour renforcer la dynamique mondiale en faveur d'une IA durable, notamment en incitant d'autres États et d'autres grandes entreprises à rejoindre la Coalition pour une IA durable, et en faisant déboucher cette coalition sur des projets concrets en matière commerciale et de R&D.

Recommandation n° 8 : Assurer un soutien public au développement des petits modèles d'IA spécialisés : mener une campagne d'information auprès des acteurs publics et privés sur l'intérêt de ces petits modèles spécialisés et mettre en place des dispositifs financiers adaptés.

Recommandation n° 9 : Soutenir, par des dispositifs de financement adaptés, le développement des entreprises innovantes dans le domaine de l'IA frugale.

Recommandation n° 10 : Activer le levier de la commande publique pour contribuer au développement des solutions d'IA frugale, notamment en :

- assurant la diffusion et la généralisation de l'usage de la fiche pratique pour l'achat responsable de solutions d'IA élaborée en novembre 2025 ;

- intégrant dans la loi un critère d'empreinte environnementale des services d'IA pour les achats publics.

Recommandation n° 11 : Lancer une politique européenne ambitieuse en faveur de l'IA frugale :

- porter au niveau européen le référentiel général pour l'IA frugale et le référentiel général d'éco-conception des services numériques (RGESN) ;

- introduire des mesures d'éco-conception des services numériques, dont les services d'IA, au niveau européen ;

- porter une politique industrielle commune, pouvant aboutir à la création d'un « Airbus de l'IA ».

Axe n° 3 : Mesurer, informer, sensibiliser : les conditions d'un usage plus sobre de l'IA

Recommandation n° 12 : Dans le respect du secret des affaires, confier à l'Arcep le soin de définir les données relatives à l'empreinte environnementale des modèles de langage que leurs fournisseurs seraient tenus de rendre publiques, afin de permettre à l'Arcep, aux chercheurs et à la société civile de vérifier la robustesse des analyses de cycle de vie réalisées et de conduire leurs propres analyses.

Version provisoire

Recommandation n° 13 : Définir un standard européen d'évaluation de l'empreinte environnementale des grands modèles de langage, afin d'en systématiser l'évaluation, et interdire toute allégation environnementale qui ne serait pas fondée sur ce standard.

Recommandation n° 14 : Créer un écoscore pour les principaux modèles de langage.

Recommandation n° 15 : Lancer une campagne nationale de sensibilisation à l'empreinte environnementale de l'IA, présentant ses différents effets sur l'environnement ainsi que les bonnes pratiques permettant de les réduire ; engager, en parallèle, une démarche similaire à l'échelle européenne.

Recommandation n° 16 : Systématiser l'intégration, dans les actions de sensibilisation à l'empreinte environnementale du numérique menées en milieu scolaire, dans l'enseignement supérieur et dans les écoles d'ingénieurs, d'un module consacré à l'empreinte environnementale de l'IA, mettant notamment l'accent sur l'incidence des usages et des comportements individuels.

Version provisoire

Version provisoire

INTRODUCTION

Le développement de l'intelligence artificielle (IA), parfois considéré comme une quatrième révolution industrielle après la troisième provoquée par l'avènement des technologies de l'information et de la communication, constitue **un bouleversement pour les économies, mais également pour les sociétés et les démocraties**.

Cette révolution est particulièrement marquante en raison du **rythme inédit d'adoption de l'IA**, bien plus rapide que pour d'autres innovations comme le smartphone. En France, le taux d'usage dans la population est passé de 20 % à 48 % entre 2023 et 2025. Dans le monde, en janvier 2023, seulement deux mois après son ouverture au grand public, *ChatGPT* comptait déjà 100 millions d'utilisateurs.

Depuis plusieurs années, le Sénat a pris toute la mesure des enjeux inhérents au développement de l'IA et à ses effets dans le cadre de nombreux travaux de contrôle. Dès novembre 2024, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Opecst) a décrit le processus de maturation de l'IA[1]. Les rapports d'information sur l'IA se sont depuis lors succédé : la délégation à la prospective s'est intéressée à l'utilisation de l'IA en matière fiscale, sociale et de lutte contre la fraude[2], à l'impact de l'IA sur la santé[3], à l'utilisation de l'IA dans l'éducation[4], dans la politique territoriale de proximité[5] ou dans l'environnement[6] ; l'Opecst, la délégation à la prospective et la délégation aux droits des femmes ont étudié la place des femmes dans l'IA[7] ; la commission des lois a adopté un rapport d'information sur l'IA générative et les métiers du droit[8], la commission de la culture un rapport d'information sur l'IA et la création[9] – qui a abouti au dépôt d'une proposition de loi[10] - ; la délégation aux collectivités territoriales un

Version provisoire

[1] ChatGPT, et après : Bilan et perspectives de l'intelligence artificielle, *Rapport n° 170 (2024-2025), Patrick Chaize, Corinne Narassiguin et Alexandre Sabatou.*

[2] IA, impôts, prestations sociales et lutte contre la fraude, *Rapport d'information n° 491 (2023-2024), Didier Rambaud et Sylvie Vermeillet.*

[3] IA et Santé, *Rapport d'information n° 611 (2023-2024), Christian Redon-Sarrazy et Anne Ventalon.*

[4] IA et éducation, *Rapport d'information n° 101 (2024-2025), Christian Bruyen et Bernard Fialaire.*

[5] IA, territoires et proximité, *Rapport d'information n° 342 (2024-2025), Amel Gacquerre et Jean-Jacques Michau.*

[6] IA et environnement, *Rapport d'information n° 379 (2024-2025), Jean-Baptiste Blanc, Nadège Havet et Christine Lavarde.*

[7] Femmes et IA : briser les codes, *Rapport d'information n° 607 (2023-2024), Laure Darcos, Christine Lavarde, Dominique Vérien et Stéphane Piednoir.*

[8] L'intelligence artificielle générative et les métiers du droit : agir plutôt que subir, *Rapport d'information n° 216 (2024-2025), Christophe-André Frassa et Marie-Pierre de la Gontrie.*

[9] Création et IA : de la prédation au partage de la valeur, *Rapport d'information n° 842 (2024-2025), Agnès Evren, Laure Darcos et Pierre Ouzoulias.*

[10] *Proposition de loi n° 220 (2025-2026) relative à l'instauration d'une présomption d'utilisation des contenus culturels par les fournisseurs d'intelligence artificielle, adoptée par le Sénat le 8 avril 2026.*

rapport d'information sur l'IA et les collectivités territoriales[1] ; la délégation aux entreprises un rapport d'information sur l'IA et les entreprises[2].

Au-delà de ces travaux portant spécifiquement sur l'IA, les enjeux liés à son développement apparaissent dans de nombreux rapports, à l'exemple, encore récemment, du rapport d'information de la commission sur la billettique[3].

C'est dans cette même logique d'analyse de cette révolution que constitue l'IA que **la commission a décidé de constituer une mission d'information sur l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle, dans la continuité de ses travaux inédits sur l'empreinte environnementale du numérique**[4], **qui avaient abouti à l'adoption de la « loi Reen »** du 15 novembre 2021[5] qui fait aujourd'hui référence au niveau international.

Dans quelle mesure le développement de l'intelligence artificielle modifie-t-il, voire bouleverse-t-il, les constats dressés il y a six ans ? Qu'en est-il notamment des différentes incidences environnementales des centres de données ? Dans quelle mesure les apports de l'IA en matière d'environnement peuvent-ils compenser l'empreinte environnementale de cette dernière ? La « loi Reen » est-elle toujours adaptée ou dépassée par la révolution de l'IA ? Quelles mesures pourraient permettre de limiter l'empreinte environnementale de l'IA ? Ces mesures doivent-elles être prises au niveau national ou au niveau européen ?

C'est à toutes ces questions que les rapporteurs de la mission d'information ont cherché à répondre.

*

* *

La mission d'information a été **créée le 10 décembre 2025** par la commission. Ses travaux ont commencé par une **table-ronde inaugurale, le 4 février 2026**, devant cette même commission, au cours de laquelle sont intervenus Anne Bouverot, co-présidente du Conseil de l'intelligence artificielle et du numérique, Baptiste Perrissin Fabert, directeur général délégué de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), Guillaume Pitron, chercheur associé à l'Institut de relations

[1] L'intelligence artificielle va-t-elle révolutionner l'univers des collectivités territoriales ?, *Rapport d'information n° 447 (2024-2025), Pascale Gruny et Ghislaine Senée.*

[2] L'entreprise 5.0 : l'impact de l'intelligence artificielle sur les entreprises, *Rapport d'information n° 572 (2025-2026), Damien Michallet et Laurence Garnier.*

[3] Transports collectifs : pour une billettique levier de solidarité, de simplicité, d'efficacité, *Rapport d'information n° 783 (2025-2026), Franck Dhersin, Jacques Fernique, Olivier Jacquin et Pierre-Jean Rochette, p. 121 à 129.*

[4] Pour une transition numérique écologique, *Rapport d'information n° 555 (2019-2020), Guillaume Chevrollier et Jean-Michel Houllegatte.*

[5] *Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France.*

Version provisoire

internationales et stratégiques (Iris) et Audrey Herblin-Stoop, directrice des affaires publiques de Mistral AI[1].

Les rapporteurs ont ensuite, au cours des cinq mois suivants, entendu, en auditions ou tables rondes, une grande variété d'acteurs. Ont ainsi été organisées des tables rondes réunissant les Gafam, des associations de protection de l'environnement ou des *think tanks*, ou encore sur les thématiques de l'impact en matière d'énergie ou du recyclage des équipements électroniques. Les rapporteurs ont entendu des administrations centrales, des fédérations professionnelles, des entreprises – notamment des entreprises innovantes -, des chercheurs, des associations de collectivités territoriales ou encore des personnalités ou institutions ayant publié des rapports sur les enjeux environnementaux de l'IA. Soucieux de comparer la situation de la France avec celle des pays voisins, ils ont échangé avec les services des ambassades de France en Espagne et en Irlande. Au total, **plus d'une soixantaine de personnalités et représentants de diverses structures ont été entendus par la mission d'information**[2].

Par ailleurs, le 20 mai 2026, la commission a entendu Philippe Aghion, prix Nobel d'économie 2025[3].

Enfin, afin d'appréhender au mieux la réalité des centres de données, **les rapporteurs se sont rendus, le 2 juillet 2026, sur le campus de Marcoussis (Essonne) de l'entreprise Data4**.

* * *

Au terme de ses travaux, la mission d'information estime que le **développement de l'intelligence artificielle renforce les constats établis en 2020 dans le cadre des travaux sur l'empreinte environnementale du numérique**.

Tout en rappelant que, sous l'impulsion du Sénat, **la France fait figure de précurseur** en matière d'empreinte environnementale du numérique, les rapporteurs soulignent que, **sous l'effet de l'IA, les centres de données ont pris le dessus, en matière d'empreinte, sur les terminaux**. Ils relèvent ainsi que la **consommation électrique** des centres va fortement augmenter dans les prochaines années, tout comme la **consommation d'eau** – mais, pour celle-ci, dans des proportions moindres en France par rapport à d'autres pays.

Les rapporteurs sont également convaincus **que l'IA peut être mise au service de l'environnement** : **ce potentiel reste à concrétiser**, alors qu'une compensation de l'empreinte environnementale de cette dernière paraît au mieux incertaine.

Version provisoire

[1] *Le compte rendu de cette table ronde figure à la fin du présent rapport d'information.*
[2] *La liste des personnes entendues par les rapporteurs, ainsi que la liste des contributions écrites, figurent à la fin du rapport d'information.*
[3] *Le compte rendu de cette audition figure à la fin du rapport d'information.*

Sur la base de ces constats, les rapporteurs formulent **16 recommandations cohérentes et ambitieuses regroupées en trois axes** :

- faire de l'excellence environnementale un facteur d'attractivité de la France pour les **centres de données** ;

- assurer, notamment au niveau européen, le développement d'une **intelligence artificielle frugale** ;

- **mesurer, informer, sensibiliser** : les conditions d'un usage plus sobre de l'IA.

*

* *

Version provisoire

I. L'IA RENFORCE LES CONSTATS ÉTABLIS PAR LE SÉNAT SUR L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DU NUMÉRIQUE

A. LA FRANCE, SOUS L'IMPULSION DU SÉNAT, FAIT FIGURE DE PRÉCURSEUR EN MATIÈRE D'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DU NUMÉRIQUE

Comme cela a été souligné à de nombreuses reprises au cours des auditions, la France joue un rôle de **précurseur dans la prise en compte de l'empreinte environnementale de l'IA**, en raison de l'adoption de la loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France (dite « loi Reen »). Au cours de son audition en tant que président de l'Association des villes et collectivités pour les communications électroniques et l'audiovisuel (Avicca), Patrick Chaize a ainsi rappelé que la France a été **le premier pays au monde à légiférer sur le sujet** et a inspiré d'autres États, comme le Canada.

D'initiative sénatoriale, déposée par les sénateurs Patrick Chaize, Guillaume Chevrollier, Jean-Michel Houllegatte, Hervé Maurey et plusieurs de leurs collègues, la proposition de loi dont est issue la « loi Reen » reprenait les **conclusions de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique de 2020**, présidée par Patrick Chaize et dont Guillaume Chevrollier et Jean-Michel Houllegatte étaient les rapporteurs, qui dressait un constat alarmant : à politique constante, l'empreinte carbone nationale du numérique atteindrait à l'horizon 2030 24 millions de tonnes d'équivalent CO_2 ($MteqCO_2$), soit environ 7 % des émissions, contre 2 % en 2020. **Cette empreinte était principalement centrée sur les terminaux**[1], qui concentraient alors 81 % des émissions de gaz à effet de serre liées au numérique au niveau national et 63 % au niveau mondial, la part relevant des centres de données et des réseaux restant marginale.

Le texte visait tout d'abord à **faire prendre conscience de l'empreinte environnementale du numérique**, en prévoyant notamment un observatoire des impacts environnementaux du numérique, placé auprès de l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) et de l'autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep) et une formation à la sobriété numérique dès le plus jeune âge à l'école ainsi qu'à l'entrée à l'université à partir de la rentrée 2022.

Il comportait ensuite des mesures visant à **limiter le renouvellement des appareils numériques**, en renforçant notamment la lutte contre l'obsolescence logicielle, à **favoriser des usages numériques écologiquement vertueux**, en prévoyant un référentiel général d'écoconception des services

[1] *Les terminaux retenus regroupent les smartphones, les ordinateurs portables, les ordinateurs fixes, les imprimantes, les écrans d'ordinateur, les tablettes, les téléviseurs, les box, les consoles de jeu et de salon, les consoles de jeu portables, les casques de réalité virtuelle, les enceintes connectées, les écrans publicitaires et les modules de connexion IoT.*

Version provisoire

numériques, à **promouvoir des centres de données et des réseaux moins énergivores**, à travers un tarif réduit de la taxe intérieure de consommation finale d'électricité (TICFE) sous conditionnalité environnementale, et à **prévoir l'élaboration**, dans les communes et les intercommunalités de plus de 50 000 habitants, **d'une « stratégie numérique responsable »**.

Près de cinq ans après son adoption, même si cette loi structurante n'a pas encore produit tous ses effets, un **premier bilan positif** peut toutefois être tiré. Ainsi, selon le chercheur en droit et régulation du numérique Thomas Le Goff, « *la loi "Reen" a* ***beaucoup apporté sur la question du numérique et de l'environnement****. Elle a clairement structuré l'action de l'Ademe et de l'Arcep sur le sujet, permis de libérer de l'information et d'amorcer l'information du public. Par ailleurs, cette dynamique a aussi eu des effets dans le monde de la recherche, dont plusieurs communautés se sont structurées sur ces enjeux plus ou moins autour des mêmes périodes*[1]. »

S'agissant de l'objectif de **formation**, l'Institut du numérique durable a également souligné, au cours de son audition, le succès de la loi « Reen », qui a permis d'avoir au collège, dans les universités comme dans les écoles d'ingénieurs, un enseignement dédié à l'empreinte environnementale du numérique.

S'agissant du **suivi de l'empreinte environnementale** du numérique, le bilan de la loi « Reen », enrichie par la loi n° 2021-1755 du 23 décembre 2021 visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse, est également positif. L'Union internationale des télécommunications (UIT) et la Banque mondiale ont ainsi souligné, dans un rapport de 2025[2], que l'Arcep est « *le premier et unique régulateur sectoriel à publier régulièrement des indicateurs sur les données collectées auprès des acteurs du numérique pour évaluer et suivre dans le temps leur impact environnemental* ».

Les rapporteurs partagent donc dans l'ensemble, l'appréciation de la direction interministérielle du numérique (Dinum) sur cette loi : « ***le bilan est donc, à ce stade : globalement positif****, la loi "Reen" a créé un cadre, mais surtout une dynamique de mise en mouvement* »[3].

Version provisoire

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Banque mondiale, UIT, 2025, Measuring National ICT Sector Environmental Impact – Arcep case study.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

B. LE DÉVELOPPEMENT À UN RYTHME INÉDIT DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Le développement à un rythme inédit de l'intelligence artificielle (IA), en **renforçant les constats précurseurs de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique**, impose de s'interroger sur la nécessité d'une actualisation du cadre de réglementation. La loi « Reen » de 2021 a en effet été adoptée avant l'essor de l'IA générative.

L'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle désigne la **possibilité pour une machine de reproduire des comportements liés aux humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité**.

Sous ce même vocable sont regroupées plusieurs technologies à l'empreinte environnementale différente :

– l'**IA générative**, qui regroupe les grands modèles de langage — ou *Large Language Model* en anglais — comme ChatGPT, Mistral ou Anthropic, basés sur des réseaux de neurones artificiels ainsi que sur l'entraînement de modèles profonds, qui mobilise le plus de puissance de calcul ;

– l'**IA symbolique**, qui utilise des règles explicites et une logique formelle, qui mobilise relativement moins de puissance de calcul ;

– l'**IA évolutionnaire**, qui utilise des algorithmes génétiques et des techniques d'optimisation inspirées de la nature, pour laquelle la puissance de calcul mobilisée est variable, mais souvent moins importante que pour un modèle profond.

Source : InfraNum

Comme l'a souligné l'association *Data for Good* au cours de son audition, **l'adoption de l'IA a été beaucoup plus rapide que pour d'autres innovations, comme le smartphone**. En deux ans, de 2023 à 2025, le taux d'usage dans la population est passé de 20 % à 48 %. **Un Français sur deux utilise maintenant l'IA de façon régulière** et **100 millions de requêtes** sont effectuées en France chaque jour[1].

À l'échelle mondiale, le constat est le même. Comme l'a souligné le chercheur Didier Mallarino, directeur adjoint du Groupe EcoInfo du CNRS, l'IA générative a constitué « ***l'adoption technologique la plus rapide de l'histoire*** »[2] : l'entreprise OpenAI a rendu son agent conversationnel ChatGPT accessible au grand public en novembre 2022. Seulement deux mois plus tard, en janvier 2023, ChatGPT **comptait déjà 100 millions d'utilisateurs**. En 2025, selon l'Arcep, on dénombrait **700 millions d'utilisateurs hebdomadaires** ayant ainsi recours à l'IA générative.

[1] *Source : réponse écrite de l'Académie des technologies au questionnaire des rapporteurs.*

[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

L'IA au Sénat, un exemple d'utilisation encadrée

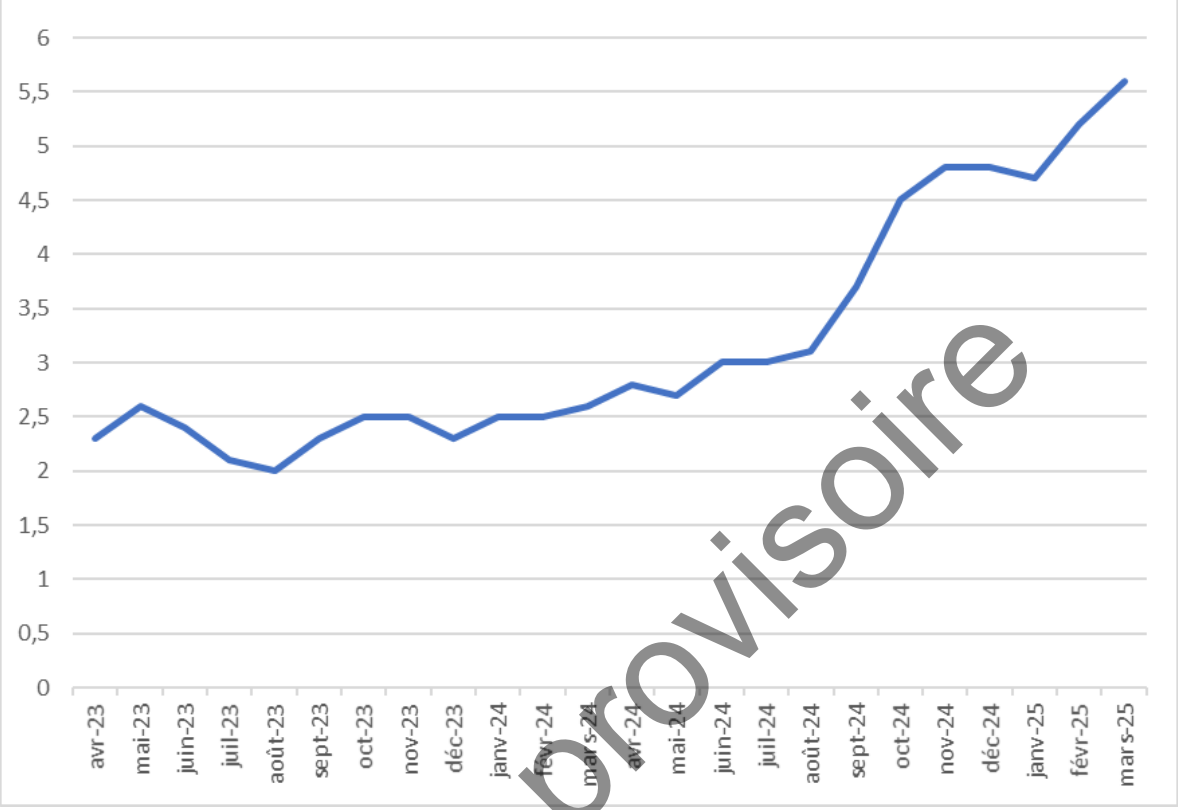
Le 15 mai 2026, le Bureau du Sénat a adopté un arrêté annexant la **Charte d'utilisation de l'intelligence artificielle du Sénat** au Règlement intérieur. Considérant que « *l'intelligence artificielle (IA) représentait une révolution technologique que le Sénat ne pouvait ignorer* », le Bureau a mené une réflexion sur l'encadrement de l'utilisation de l'IA sous l'égide de M. Alain Marc, Vice-président, président de la délégation en charge des technologies numériques, de la cybersécurité et de l'IA.

La Charte s'articule autour de huit grands principes permettant de donner des **lignes directrices aux membres du personnel**, parmi lesquels figurent la responsabilité, la transparence des informations, l'intégration de la cybersécurité ou encore le respect de la confidentialité des données sensibles ou à caractère personnel et de la propriété intellectuelle. Elle prévoit par ailleurs la mise en place d'un **répertoire listant les cas d'usages professionnels de l'IA**, pour lesquels des outils sont mis à disposition par le Sénat.

Le 2 juillet 2026, un **guide déontologique** sur l'usage de l'intelligence artificielle, **à destination des sénateurs**, a été présenté devant le Bureau du Sénat, avant d'être adopté par le Comité de déontologie le 9 juillet. Ce guide fixe des interdictions pour garantir le bon fonctionnement des débats, par exemple celle du recours à un automate pour déposer un amendement, et rappelle le principe selon lequel les données sensibles ne doivent pas être transmises à l'IA.

Version provisoire

Visites mondiales de ChatGPT.com d'avril 2022 à mars 2025 (en milliards)



Source : Mission d'information, d'après les données Semrush et OneLittleWeb

Version provisoire

Cette tendance aura vocation à se renforcer durant les prochaines décennies, comme l'a souligné l'Académie des technologies au cours de son audition. Début 2023, les calculs nécessaires à l'IA mobilisaient aux États-Unis un million de processeurs qui consomment 10 térawattheures (TWh) par an[1]. Dans le cadre du **programme Stargate**, le Gouvernement des États-Unis mobilise, sur la période 2025 à 2029, 500 milliards de dollars d'investissement avec pour objectif de déployer, d'ici 2030, 10 millions de processeurs d'une consommation de 100 TWh par an. **En seulement 7 ans, en ne prenant en compte que les investissements engagés, la consommation d'électricité des centres de données installés aux États-Unis dédiés à l'IA pourrait ainsi décupler**.

Le choc de l'IA fait évoluer à la fois la **structure** de l'empreinte environnementale — qui se déplace des terminaux vers les infrastructures en amont — et son **intensité**, qui tend selon la plupart des projections à augmenter à moyen terme.

[1] *1 TWh correspond à la consommation annuelle d'électricité d'une ville de la taille de Lyon.*

Un exemple d'utilisation de l'IA générative dans la rédaction d'un rapport d'information

Réponse de l'agent conversationnel de Mistral AI au prompt suivant : « rédige une sous-partie d'une page d'un rapport sénatorial sur l'empreinte environnementale de l'IA intitulée « Le développement à un rythme inédit de l'intelligence artificielle ».

« Le développement à un rythme inédit de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) connaît une expansion sans précédent, marquée par une accélération exponentielle de ses capacités et de ses applications. En moins d'une décennie, les progrès technologiques ont permis de passer de systèmes spécialisés à des modèles génératifs capables de produire du texte, des images ou même de la musique avec un réalisme saisissant. Cette croissance fulgurante s'explique par plusieurs facteurs : l'augmentation de la puissance de calcul, la disponibilité massive de données, et les avancées algorithmiques, notamment dans le domaine de l'apprentissage profond (*deep learning*).

Cette dynamique pose cependant des défis majeurs en termes d'empreinte environnementale. En effet, l'entraînement et l'utilisation de modèles d'IA toujours plus performants nécessitent des ressources énergétiques et matérielles considérables. Selon certaines études, l'entraînement d'un grand modèle de langage peut émettre autant de CO_2 que cinq voitures sur l'ensemble de leur cycle de vie, y compris leur fabrication. Par ailleurs, la demande croissante en infrastructures de calcul, notamment les *data centers*, exerce une pression accrue sur les réseaux électriques et les ressources en eau, essentielles au refroidissement des serveurs.

Face à ce constat, il devient impératif d'intégrer une réflexion prospective sur la soutenabilité de ce développement. Comment concilier innovation technologique et respect des limites planétaires ? Cette question invite à repenser les modèles de développement de l'IA, en privilégiant l'efficacité énergétique, le recyclage des infrastructures, et l'adoption de critères environnementaux dans l'évaluation des projets. »

Version provisoire

C. L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'IA : PAR RAPPORT À 2021, LES CENTRES DE DONNÉES PRENNENT LE DESSUS SUR LES TERMINAUX

Au cours de leurs travaux, les rapporteurs ont constaté les **limites méthodologiques** d'une évaluation de l'empreinte environnementale de l'IA.

Il est tout d'abord difficile de **distinguer l'empreinte de l'IA de l'empreinte du numérique en général** : l'IA repose sur les mêmes catégories d'infrastructures que le numérique préexistant (terminal, centres de données) rendant la séparation des effets parfois ardue.

Le **manque de données** constitue également une limite fréquemment évoquée au cours des auditions. Elle est la conséquence d'un manque de transparence des grandes entreprises de l'IA, qui complexifie le travail de la recherche (cf. *infra*).

Enfin, **l'essor fulgurant de l'IA et son évolution technologique constante** appellent à faire preuve de prudence s'agissant des prévisions d'évolutions de l'empreinte environnementale. Plusieurs scénarios d'évolution sont présentés, qui tiennent compte de cette incertitude.

1. Les émissions de gaz à effet de serre : une augmentation prévue de la consommation d'électricité des centres de données, portée avant tout par l'IA

L'intelligence artificielle aura un impact majeur sur les émissions de gaz à effet de serre, à travers l'explosion de puissance des centres de données, rendus nécessaires par le développement de l'IA générative.

L'**entraînement**[1] puis l'**inférence**[2] des grands modèles de langage nécessitent en effet la création de **grands centres de données**, dits « *hyperscale* ». Comme l'a souligné au cours de son audition l'entreprise d'informatique en nuage OVHcloud, un **changement d'échelle s'opère** : alors que les centres de données actuels ont généralement une puissance installée de l'ordre de 10 mégawatts (MW)[3], l'IA nécessite des centres dix fois plus puissants, de 100 MW, voire cent fois plus puissants, soit 1 gigawatt (GW)[4]. La puissance est apportée par **l'utilisation de processeurs graphiques**, ou *graphic processor units* (GPU) en anglais : la densité énergétique des serveurs équipés

Version provisoire

[1] *L'entraînement désigne la phase durant laquelle un grand modèle de langage apprend les régularités du langage en ajustant ses paramètres à partir de très grandes quantités de données textuelles grâce à un processus d'optimisation.*

[2] *L'inférence désigne la phase durant laquelle le modèle, une fois entraîné, utilise les connaissances acquises pour produire une réponse à partir d'une requête, sans modifier ses paramètres.*

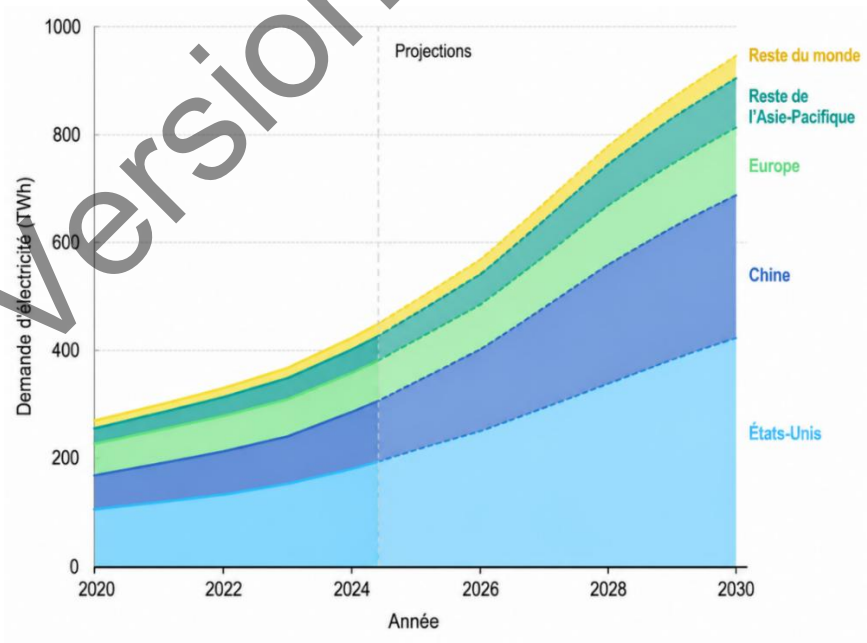
[3] *1 MW correspond à la puissance nécessaire pour alimenter environ 800 à 1 000 foyers. Une grande éolienne terrestre développe généralement 2 à 5 MW.*

[4] *1 GW permet d'alimenter environ 1 million de foyers en moyenne. La puissance d'un grand réacteur nucléaire français atteint environ 1,3 à 1,6 GW.*

de processeurs graphiques est en effet deux à cinq fois supérieure aux serveurs classiques.

Le premier impact résulte de la **consommation d'électricité des centres de données**. À l'échelle mondiale, la consommation de ces centres est passée de 145 TWh en 2014 à 600 TWh en 2024, et devrait atteindre, selon l'étude du *Shift Project*[1], entre 1 250 et 1 500 TWh en 2030. L'IA en particulier, qui mobilise aujourd'hui moins de 100 TWh (15 % de la consommation totale), pourrait mobiliser environ 500 TWh en 2030, **soit entre 33 % et 55 % de la consommation mondiale des centres de données**, puis 45 % en 2035. Entre 2023 et 2035, le taux de croissance annuel moyen de la consommation d'électricité des centres de données liés à l'IA générative **atteindrait ainsi environ 30 %**. L'IA générative constitue **le type d'usage entraînant la plus forte croissance de la consommation d'électricité des centres de données**, devant les cryptomonnaies (+ 15 % par an) et les usages traditionnels, qui incluent l'IA non générative (+ 8 % par an). Cette analyse est partagée par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) qui estime, dans un rapport de 2025[2], que la consommation électrique des centres de données devrait plus que doubler d'ici 2030**, atteignant 945 TWh par an dans le scénario central**. L'IA serait le moteur principal de cette croissance, avec une demande d'électricité qui devrait plus que quadrupler d'ici 2030.

Demande d'électricité des centres de données, par région en TWh de 2020 à 2030



Source : AIE, 2025

[1] Intelligence artificielle, données, calculs : quelles infrastructures dans un monde décarboné ?, *The Shift Project, octobre 2025.*
[2] Energy and AI, *AIE, 2025.*

Version provisoire

L'empreinte carbone de cette consommation **dépend** bien évidemment **du mix électrique choisi**. La première aire de localisation de centres de données étant les États-Unis, où 57 % de l'électricité est produite par des énergies fossiles, l'augmentation de la consommation d'électricité entraînera également, au niveau mondial, une augmentation des émissions de gaz à effet de serre des centres de données : s'élevant en 2025 à 230 MteqCO_2 dont moins de **50 MteqCO_2** liées à l'IA (soit 0,1 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales), ces émissions augmenteraient de 9 % par an, pour atteindre, selon le *Shift Project*, entre **630 et 950 MteqCO_2 en 2030, soit jusqu'à deux fois les émissions totales de la France**, dont **255 MteqCO_2** pour les seules émissions liées à l'IA (0,6 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales).

À l'échelle nationale, l'Ademe a évalué, dans un rapport de 2026[1], les perspectives d'évolution de l'empreinte carbone liées aux usages nationaux du numérique. L'IA générative représente aujourd'hui **13 % de la consommation électrique des centres de données servant des usages français**[2].

L'**empreinte carbone nationale** de ces usages est, comme à l'échelle mondiale, en augmentation : selon le scénario tendanciel du *Shift Project*, les émissions de gaz à effet de serre **passeraient de 10 MteqCO_2 à 17 MteqCO_2** en 2030 tandis que, pour l'Ademe, le numérique pourrait représenter 6,7 % de l'empreinte carbone française en 2040. Les données liées aux usages numériques en France étant majoritairement hébergées hors de France (70 % le sont aux États-Unis[3]), la consommation d'électricité des centres de données en France reste limitée : elle est, selon Réseau de transport d'électricité (RTE), de l'ordre de 4 TWh, **soit moins de 1 % de la consommation électrique française**. Toutefois, RTE estime que cette consommation pourrait atteindre entre 19 et 28 TWh en 2035, soit près de 4 % de la consommation électrique française.

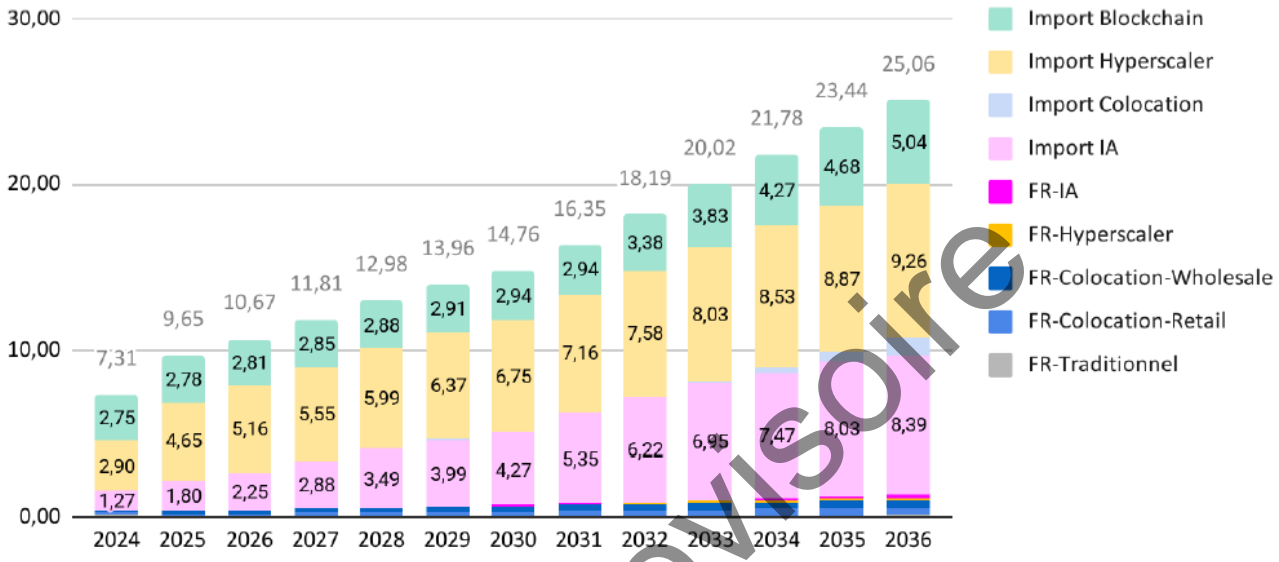
Version provisoire

[1] Prospective d'évolution des consommations des *data centers* à court, moyen et long terme de 2024 à 2060, *Ademe, 2026*.

[2] *L'Ademe prend en compte la consommation électrique liée aux usages du numérique en France, peu importe la localisation du centre de données.*

[3] Infrastructures numériques : un plan décisif, *Institut Montaigne, 2025.*

Évolution prévisionnelle de l'empreinte carbone des centres de données liés aux usages du numérique en France de 2024 à 2036
(en MteqCO_2)



Source : Ademe, 2026 (scénario tendanciel)

Version provisoire

Au-delà des émissions liées à la consommation d'électricité, une part considérable des émissions est liée à **la fabrication de centres de données**, notamment à l'achat de semi-conducteurs, cruciaux pour le développement de grands modèles de langage. Au cours de son audition, l'Académie des technologies a déploré les émissions de PFC, un gaz à effet de serre 25 000 fois plus réchauffant que le CO_2, liées à la fabrication des circuits imprimés. Comme l'ont souligné les exploitants de centres de données Data4 et OVHcloud, une partie considérable de ces émissions est également liée aux matériaux utilisés pour la construction des centres de données, en particulier le béton et l'acier, dont la fabrication est fortement émettrice de gaz à effet de serre.

Enfin, de manière plus marginale, les **générateurs de secours**, indispensables pour assurer la continuité du service, sont également source d'émissions de gaz à effet de serre. Dans le cadre de la maintenance préventive, ces générateurs généralement alimentés par des combustibles fossiles, comme le fioul, fonctionnent environ 6 à 7 heures par an, selon l'entreprise OVHcloud. Selon la même entreprise, ces générateurs génèrent toutefois moins de 1 % des émissions de gaz à effet de serre des centres de données.

Il convient de noter qu'en parallèle, **les centres de données tendent à améliorer leur efficacité énergétique**, sans toutefois que cette amélioration compense l'augmentation exponentielle de la puissance de calcul. L'efficience énergétique des centres de données est supérieure pour les centres les plus

récents et de plus grandes tailles : le **coefficient d'efficacité énergétique**, ou *Power Usage Effectiveness* (PUE), qui mesure l'efficacité énergétique d'un centre de données, est en effet meilleur pour les centres de données mis en service après 2013, ainsi que pour les plus grands sites, d'une puissance installée supérieure à 5 MW[1].

La révolution de l'IA fait donc basculer les émissions de gaz à effet de serre générées par le numérique du terminal vers le centre de données, comme l'a évoqué Baptiste Perrissin Fabert, directeur général délégué de l'Ademe, au cours de son audition : « ***avec l'intelligence artificielle, la partie "usage" prendra de plus en plus de place, puisque la consommation d'énergie et d'électricité prendra le pas sur l'impact environnemental de la fabrication des terminaux*** **»**[2].

2. L'empreinte matière : une dépendance accrue aux minéraux critiques

Au-delà des émissions de gaz à effet de serre, l'IA a également une incidence sur **l'empreinte matière du numérique**, qui résulte à la fois de la fabrication des centres de données et des terminaux.

À ce stade, aucune incidence significative de l'IA sur le **renouvellement des terminaux** n'a été mesurée[3].

La consommation de ressources abiotiques relative aux **centres de données** augmente toutefois significativement. En effet, l'IA générative nécessite des **processeurs graphiques**, qui mobilisent des minerais critiques aux réserves limitées, incompatibles avec les taux de croissance prévisionnels de l'IA : l'épuisement théorique de plusieurs minerais nécessaires au développement de l'IA (cuivre, cobalt, lithium, nickel) interviendrait entre 2035 et 2050[4], alors que la **demande en métaux pour le numérique pourrait augmenter de 179 % entre 2020 et 2050**[5].

Par ailleurs, pour s'assurer que leurs modèles de langage restent compétitifs, **les entreprises de l'IA doivent toujours utiliser des processeurs graphiques neufs de dernière génération**, ce qui implique un remplacement très rapide de ces processeurs. La durée d'utilisation moyenne d'un processeur graphique est ainsi de seulement 3 ans[6] soit considérablement moins que pour un processeur conventionnel, dont la durée de vie est de 5 à 8 ans[7].

Version provisoire

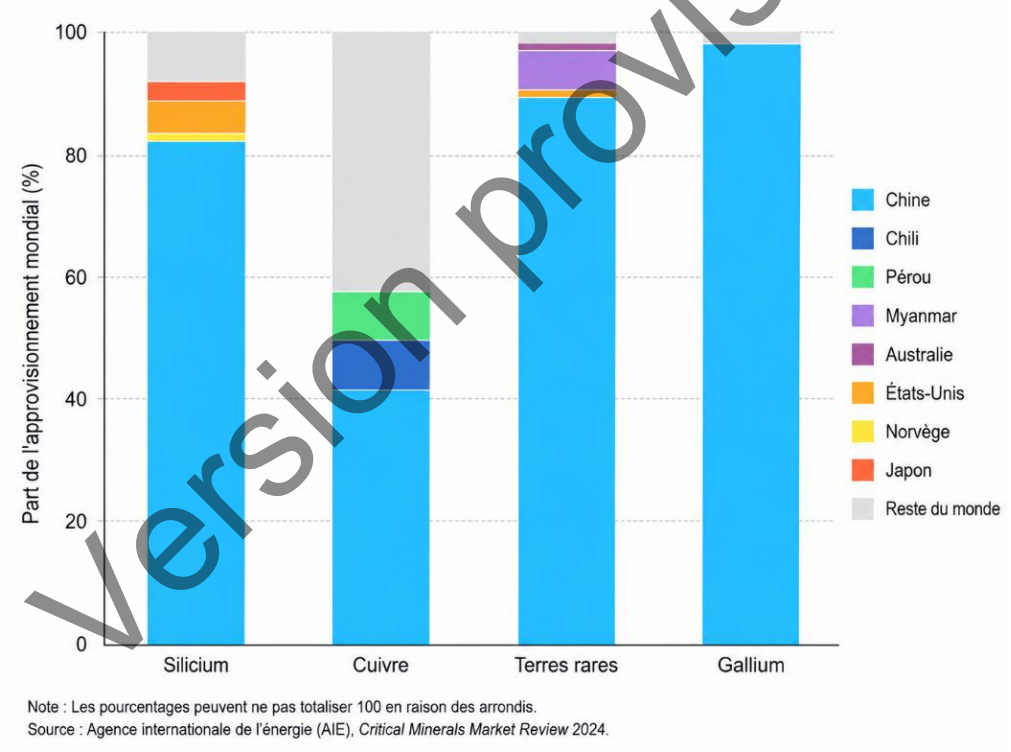
---

[1] *Enquête annuelle* « Pour un numérique soutenable », *Arcep, 17 avril 2025.*
[2] *Audition plénière de la commission, le mercredi 4 février 2026.*
[3] *Selon l'Arcep, la Fédération des industries électriques et numériques ainsi que les éco-organismes Ecologic et Ecosystem.*
[4] *Source : réponse écrite de l'Alliance Green IT au questionnaire des rapporteurs.*
[5] *Enquête annuelle* « Pour un numérique soutenable », *Arcep, 17 avril 2025.*
[6] Analyses de cycle de vie de GPU pour l'intelligence artificielle, *Ademe, 2026.*
[7] *Source : réponse écrite de l'Alliance Green IT au questionnaire des rapporteurs.*

En dépit de cette obsolescence rapide, la **gestion de la fin de vie des déchets d'équipement électrique et électronique** (DEEE) reste balbutiante à l'échelle mondiale. Si, à l'échelle nationale, environ 50 % de ces déchets sont traités de manière appropriée, seuls 17 % le sont à l'échelle mondiale[1].

La consommation de ressources abiotiques de l'IA, en plus de son incidence environnementale, pose un enjeu de **souveraineté économique**. L'approvisionnement en minéraux critiques nécessaires à la construction de ces processeurs n'est pas assuré, en raison à la fois de la concentration géographique de ces minerais, et du contrôle, par la Chine, de l'essentiel de leur production : la Chine contrôle ainsi 98 % de la production de gallium et 60 % de celle de germanium.

Concentration géographique de l'approvisionnement mondial en minéraux critiques raffinés nécessaires au développement des centres de données (2024)



Source : AIE, 2025

Comme pour l'empreinte carbone, l'empreinte matière du numérique est donc structurellement modifiée par l'essor de l'IA générative : alors qu'initialement l'incidence sur les ressources abiotiques était essentiellement liée aux terminaux, la puissance de calcul rendue nécessaire par l'IA accroît considérablement l'empreinte matière des centres de données, en raison du recours aux processeurs graphiques, fortement consommateurs de minéraux critiques.

[1] *Source : audition du groupe EcoInfo du CNRS.*

Version provisoire

3. La consommation d'eau liée aux centres de données : une donnée peu documentée mais une empreinte moindre en France par rapport à d'autres pays

Le développement de l'intelligence artificielle a également une **incidence sur la consommation d'eau**, notamment du fait de la création des centres de données. Cette conséquence a été soulignée à de nombreuses reprises au cours des travaux de la mission d'information, avec **des constats très divergents**. Les rapporteurs ont donc cherché à **objectiver cet effet**, même si **les études et les données existantes** sur le sujet **restent lacunaires**.

Si l'eau est un élément incontournable de la fabrication des puces et des matériaux de construction des centres de données, c'est la **consommation d'eau par les centres de données** qui concentre toutes les attentions[1].

Comme l'a ainsi indiqué, devant la commission, Baptiste Perrissin Fabert, directeur général délégué de l'Ademe, « *la consommation des centres de données (…) constitue le gros de l'impact, en raison de la consommation énergétique, puis de* ***l'utilisation de l'eau pour refroidir ces centres*** »[2]. L'Ademe constate que « *les* data centers *consomment beaucoup d'électricité et d'eau* »[3].

Les différentes études montrent que, **au niveau mondial, la consommation d'eau liée aux centres de données devrait fortement augmenter** dans les prochaines années. Selon les données de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)[4], les **prélèvements** d'eau liés aux centres de données devraient quasiment doubler entre 2023 et 2030, pour atteindre plus de **9 000 millions de m³**, soit l'équivalent d'un tiers des prélèvements annuels d'eau en France, tandis que la **consommation** d'eau[5] liée à ces centres doublerait, passant de 560 millions de m³ en 2023 à **environ 1 200 millions de m³ en 2030**. La quantité d'eau consommée pour le refroidissement triplerait, passant de 140 millions à 420 millions de m³.

Version provisoire

[1] *Comme l'indique l'Autorité de la concurrence dans son étude de 2025,* « les études disponibles les plus récentes se concentrent sur les prélèvements directs d'eau pour le fonctionnement des centres de données ».

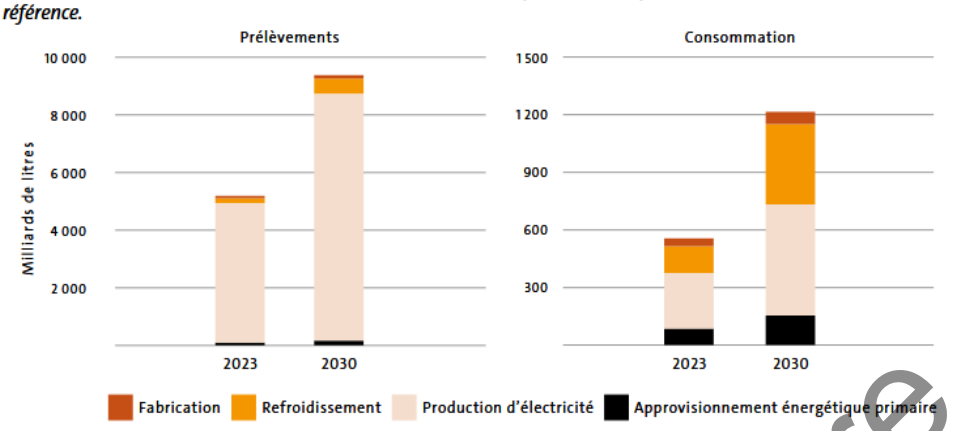
[2] *Audition plénière de la commission, le mercredi 4 février 2026.*

[3] Les *data centers* ou centres de données au centre de la transition numérique, *Ademe, novembre 2024.*

[4] *Citées notamment, dans leurs réponses écrites au questionnaire des rapporteurs, par l'Académie des technologies, le Commissariat général au développement durable (CGDD) et la direction du numérique (DNUM).*

[5] *La consommation d'eau correspond aux prélèvements qui ne retournent pas aux milieux.*

Figure 2 : Prélèvements et consommation d'eau mesurés (2023) et prévus (2030) par les centres de données dans le scénario de référence.



Source : IEA (2025).[6]

Source : AIE

Les **géants mondiaux du numérique** voient également leur consommation d'eau fortement augmenter. Selon le rapport environnemental de Google de 2025, sa consommation d'eau aurait augmenté de 28 % entre 2023 et 2024 et, selon le rapport environnemental de Microsoft de 2024, sa consommation d'eau aurait augmenté d'environ 34 % entre 2021 et 2022 et de 28 % entre 2022 et 2023[1].

La consommation d'eau des centres de données est liée à leur refroidissement et, de façon indirecte, à la production d'électricité nécessaire à leur activité.

En ce qui concerne le **refroidissement**, **différentes techniques** sont utilisées par les centres de données : comme le souligne ainsi l'Alliance française des industries du numérique (Afnum), **l'enjeu de l'eau « *dépend*** *des conditions locales de stress hydrique et* ***de la technologie de refroidissement utilisée*** »[2].

Version provisoire

[1] *Source :* Les questions concurrentielles relatives à l'impact énergétique et environnemental de l'Intelligence Artificielle, *Autorité de la concurrence, 17 décembre 2025.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Les techniques de refroidissement des centres de données

Les **tours aéroréfrigérantes** fonctionnent par évaporation de l'eau. Efficaces énergétiquement, elles nécessitent un apport constant en eau et génèrent des pertes importantes par évaporation et purge.

Le ***free cooling*** (ou refroidissement par air extérieur) utilise l'air ambiant pour refroidir les serveurs. La consommation d'eau est bien plus réduite par rapport aux tours aéroréfrigérantes ; une assistance hydrique peut cependant être nécessaire pour humidifier l'air lors des périodes de sécheresse, pour limiter l'électricité statique et protéger les composants électroniques.

Le ***direct liquid cooling*** (ou refroidissement direct par liquide) consiste en l'utilisation de liquides de refroidissement spécialisés, qui circulent à travers des canules intégrées aux serveurs pour absorber et dissiper la chaleur des composants. Cette technique offre une capacité de refroidissement très précise et localisée ; elle est jugée idéale pour les composants à haute densité de puissance, pour lesquels le refroidissement par air traditionnel est insuffisant. Le système fonctionne en circuit fermé.

L'**immersion** constitue une technologie de rupture : les serveurs sont plongés dans un bain de liquide diélectrique (huiles synthétiques ou fluides techniques). La consommation d'eau est nulle, le fluide circulant en circuit fermé vers des échangeurs thermiques.

Source : Data4

La consommation d'eau varie très fortement en fonction de la technique de refroidissement utilisée, la technique des tours aéroréfrigérantes ayant l'empreinte hydrique la plus forte.

Comme l'indique ainsi l'Ademe, « *certains centres de données avec terminaison de refroidissement par air sont également équipés de tours à évaporation externes. C'est ce type d'installation qui est généralement la plus consommatrice d'eau* »[1]. En utilisant la technique des tours aéroréfrigérantes, **l'eau s'évapore à hauteur de 80 % des eaux prélevées**. En fonction des conditions climatiques et de la configuration du centre, cette technologie **peut conduire à faire s'évaporer entre 1 et 9 litres par kWh** d'énergie des serveurs.

La **situation des États-Unis** est souvent citée en **exemple de l'impact hydrique des centres de données**, tant du point de vue des techniques de refroidissement utilisées que de la localisation des centres de données.

S'agissant de cette localisation, l'Ademe souligne ainsi qu'**un cinquième de l'empreinte hydrique directe des serveurs des centres de données aux États-Unis provient de bassins versants soumis à un stress hydrique modéré ou élevé**, tandis que près de la moitié des serveurs sont entièrement ou partiellement alimentés par des centrales électriques situées dans des régions soumises à un stress hydrique[2].

[1] Prospective d'évolution des consommations des centres de données en France de 2024 à 2060, *Ademe, janvier 2026*.

[2] Prospective d'évolution des consommations des centres de données en France de 2024 à 2060, *Ademe, janvier 2026*.

Version provisoire

Cette situation peut bien entendu induire des difficultés d'acceptation sociale et susciter des **tensions au niveau local**. Comme l'a ainsi souligné Guillaume Pitron devant la commission, « *le numérique représente 1 % de la consommation d'eau mondiale. À l'échelle de l'humanité, c'est donc faible. Toutefois,* ***à l'échelle d'un territoire, cette consommation peut créer des conflits d'usage*** *dans l'accès à l'eau, suscitant ensuite des tensions sociales*. »[1]

L'Institut Veolia cite ainsi l'exemple de la ville de The Dalles, dans l'Oregon, où un centre de données Google a, en 2021, prélevé plus de 1,34 milliard de litres d'eau, soit environ 29 % de la demande totale en eau de la ville[2]. L'Ademe souligne également l'existence d'oppositions locales dans les États du Sud des États-Unis, mais aussi en Amérique latine : en Uruguay, en pleine sécheresse et alors que l'eau n'était plus potable car en partie salée, un projet de centre de données de Google a suscité une importante polémique ; au Chili, Google a planifié un projet de centre de données à Cerillos malgré le stress hydrique, projet aujourd'hui abandonné[3]…

En Europe, l'Ambassade de France en Irlande note ainsi que le refroidissement des serveurs des centres de données nécessite, dans ce pays, jusqu'à 5 millions de litres d'eau par jour, alors même qu'il existe un risque sérieux de pénuries d'eau d'ici 2030, notamment dans la région de Dublin où sont concentrés 87 % des centres du pays[4].

La mission d'information relève qu'**en France, la situation est moins tendue : la consommation d'eau par les centres reste limitée, notamment du fait des techniques utilisées par les professionnels.**

Les centres de données situés en France ne prélèvent ainsi, selon l'Arcep, **que 681 000 m³ d'eau par an**, loin des 30 milliards de prélèvements annuels, ce qui représente donc **environ 0,0023 % du total**[5]. C'est en s'appuyant sur ces données qu'InfraNum estime que, si « *la consommation d'eau liée aux systèmes de refroidissement est (..) un sujet qui monte, la consommation en eau des* data centers *est minime en France* »[6].

L'efficience des centres de données français en matière d'eau est donc bien meilleure que dans d'autres pays. InfraNum relève ainsi que, dans le cadre du comité stratégique de filière (CSF) – infrastructures numériques, un plan de sobriété hydraulique a été mis en place par les acteurs, qui a souligné que le *Water Usage Effectiveness* (**WUE**) – donnée qui mesure la quantité d'eau consommée par un centre de données – était de **0,3 L/KWh en France, contre 1,8 L/KWh aux États-Unis**. Certains centres français,

[1] Audition plénière par la commission, *le mercredi 4 février 2026.*
[2] Intelligence artificielle au service de l'énergie, de l'eau et des débats. Opportunités, défis et retours d'expérience*, Institut Veolia et Microsoft, 2026.*
[3] *Source :* Prospective d'évolution des consommations des centres de données en France de 2024 à 2060*, Ademe, janvier 2026, p. 128-129.*
[4] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[5] *Enquête annuelle « pour un numérique soutenable », Arcep, 17 avril 2025.*
[6] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

particulièrement efficients et évitant l'usage de l'eau, atteignent même un WUE de 0,02 L/KWh[1].

Cette faible empreinte hydrique est **liée aux techniques utilisées par les acteurs économiques**. S'agissant des tours de refroidissement, l'Ademe souligne que « *cette configuration de refroidissement, particulièrement intensive en consommation d'eau, n'existe pas pour le moment en France* »[2]. Lors de leur déplacement sur le campus de Marcoussis, les rapporteurs ont constaté que Data4 avait recours au *free cooling*, couplé avec des groupes de refroidissement sec pour les périodes chaudes, et au *direct liquid cooling*. Comme l'indique l'Afnum, « ***les acteurs de l'industrie investissent dans des solutions à faible consommation d'eau*** *(système en boucle fermée, refroidissement par air, refroidissement liquide direct)* ***qui permettent de réduire significativement les prélèvements*** »[3].

Si l'impact hydrique des centres de données est bien moindre en France que dans d'autres pays, pour **les rapporteurs, l'enjeu qu'il représente à terme ne doit pas être sous-estimé**.

Tout d'abord, **si le niveau d'eau prélevé ou consommé par les centres de données reste faible, il est** cependant **en augmentation sensible**. L'Arcep relève ainsi que le **volume d'eau prélevé** directement par les centres de données a **augmenté de 17 % entre 2021 et 2022, puis de 19 % entre 2022 et 2023**[4].

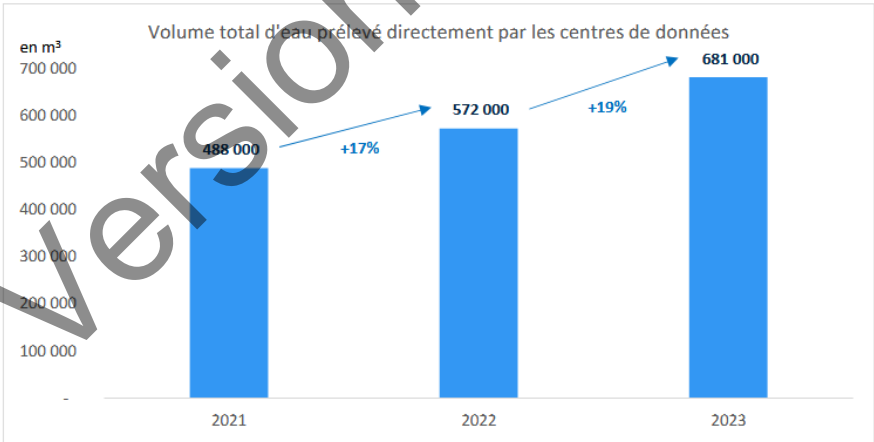


Figure 10 - Volume total d'eau prélevé directement par les centres de données

Source : Arcep

Ensuite, comme indiqué précédemment, doit être ajouté au volume d'eau prélevé par les centres de données, **le volume d'eau consommé indirectement, c'est-à-dire celui utilisé pour la production d'électricité**

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] Prospective d'évolution des consommations des centres de données en France de 2024 à 2060, *Ademe, janvier 2026*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[4] *Enquête annuelle* Pour un numérique soutenable, *Arcep, 17 avril 2025.*

Version provisoire

nécessaire à leur activité, qui est particulièrement important en France en raison de la part de l'énergie nucléaire dans le mix électrique. Data4 souligne que la consommation d'eau directe est minime, « *l'impact hydrique majeur étant indirectement lié à la production d'électricité* »[1]. En 2023, le **volume total d'eau prélevée ou consommée par les centres de données** (directement ou indirectement) est ainsi estimé à **près de 6 millions de mètres cubes**, soit la consommation annuelle moyenne d'eau en France d'environ 100 000 personnes[2].

Enfin, **la ressource en eau peut devenir un enjeu majeur sous l'effet du dérèglement climatique**. Comme le souligne l'Arcep, « ***le cycle de l'eau sera (...) de plus en plus affecté par le changement climatique*** *et (…) il s'agit d'un enjeu important à l'échelle territoriale* »[3]. **Les besoins en eau des centres de données pourraient donc devenir un sujet de tension à terme**. Comme l'indique ainsi l'Ademe, « *la consommation d'eau pour le refroidissement peut s'avérer critique en période de forte chaleur et de stress hydrique* »[4]. L'Académie des technologies souligne, de son côté, que « *la question des prélèvements d'eau est d'une grande importance sociétale. Si dans certains pays la disponibilité de l'eau reste non critique, dans la plupart des pays ces prélèvements sont en concurrence avec les besoins des milieux naturels, de l'agriculture, de l'industrie, de la production d'énergie et de la société.* ***C'est le cas en France où la baisse des ressources hydriques implique des baisses d'utilisation ou des recyclages***. »[5]

4. Le développement des centres de données, un enjeu en matière d'artificialisation des sols

Le développement des centres de données, notamment sous l'effet de l'expansion de l'IA, a également une incidence **en matière de foncier**. Cet effet a été très peu évoqué au cours des travaux de la mission d'information et est également très peu documenté, comme le souligne l'Arcep[6].

L'enjeu en matière de foncier est d'autant plus essentiel dans le **contexte de l'objectif du zéro artificialisation nette, le « ZAN »**, introduit par la loi « Climat et Résilience »[7] : cette loi, qui a fait l'objet de quelques retouches par le législateur, pour en assouplir les effets, prévoit ainsi, tout d'abord, un objectif intermédiaire de réduction de moitié de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers sur la période 2021-2031 par rapport à la

[1] *Contribution écrite adressée aux rapporteurs.*
[2] *Source : Enquête annuelle* Pour un numérique soutenable*, Arcep, 17 avril 2025.*
[3] Intelligence artificielle générative : quels défis environnementaux ?*, Arcep, mai 2026.*
[4] Les *data centers* ou centres de données, au centre de la transition numérique*, Ademe, novembre 2024.*
[5] Les consommations du numérique en 2030 : électricité, eau et empreinte carbone*, Académie des technologies, mars 2026.*
[6] *Source :* Intelligence artificielle générative : quels enjeux environnementaux ?, *Arcep, mai 2026, p. 31.*
[7] *Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets.*

Version provisoire

période 2011-2021, puis un objectif d'absence d'artificialisation nette des sols d'ici à 2050.

Or **les centres de données consomment du foncier**. Lors du déplacement sur le campus de Marcoussis, les rapporteurs ont ainsi pu prendre connaissance du foncier requis pour les différents sites de l'entreprise Data4 :

- le campus de Marcoussis comprend ainsi 25 centres de données, pour une puissance de 250 MW, sur 110 hectares ;

- le site de Nozay, premier site dédié à l'IA, comprendra 3 centres de données, avec une puissance de 250 MW, sur 22 hectares ;

- à Escaudain, Data4 prévoit de créer le premier « giga campus » dédié à l'IA, avec 4 centres de données, pour une puissance de 700 LW, sur un site de 33 hectares.

Les centres de données sont d'ailleurs **apparus dans le dernier baromètre du foncier économique** publié il y a quelques mois par Intercommunalités de France, le Cerema et la Banque des territoires. Ce baromètre évoque l'« *émergence marquée des* data centers »[1] par rapport à 2022, avec des besoins de foncier estimés à 5 %, restant cependant bien en deçà des besoins en matière d'industrie (36 %) ou d'artisanat (30 %).

Cette consommation de foncier **peut nuire à l'acceptabilité sociale de la création de tels centres** et aboutir à des tensions locales, semblables à celles évoquées *supra* en raison de leur empreinte hydrique. L'Arcep souligne ainsi que la consommation de foncier explique certains moratoires adoptés à l'étranger, dans des villes comme Amsterdam ou Singapour où la ressource foncière devient rare[2].

Les rapporteurs estiment que l'acceptation sociale de tels centres peut être facilitée par un **choix d'implantation sur d'anciens sites industriels**, comme le souligne le Conseil économique, social et environnemental : « *c'est (…) dans la réutilisation des anciens sites, en apportant un soin particulier à l'insertion dans le tissu urbain ou rural de bâtiments dont l'attractivité architecturale et la contribution à l'animation ne sont pas les qualités premières, que réside un développement acceptable et durable des sites de stockage* »[3]. L'Ademe considère quant à elle que « *l'implantation d'un nouveau* data center *doit (…) s'inscrire dans cet objectif [du ZAN] en privilégiant par exemple les friches urbaines et par le recours à plus de sobriété foncière* »[4].

Version provisoire

[1] Baromètre du foncier économique 2026. Repenser l'aménagement du foncier économique face à sa saturation, *Intercommunalités de France, Cerema, Banque des territoires, mai 2026.*

[2] Intelligence artificielle générative : quels enjeux environnementaux ?, *Arcep, mai 2026.*

[3] Impacts de l'intelligence artificielle : risques et opportunité pour l'environnement, *Conseil économique social et environnemental, Avis, Fabienne Tatot et Gilles Vermont Desroches, septembre 2024.*

[4] Les *data centers* ou centres de données au centre de la transition numérique, *Ademe, novembre 2024.*

Les professionnels mettent eux-mêmes en avant leur politique d'implantation sur d'anciens sites industriels. Data4 a ainsi indiqué à la mission d'information s'être fixé comme priorité, pour limiter l'artificialisation des sols, de développer ses centres de données sur des friches industrielles : le campus de Marcoussis est ainsi situé sur un ancien site d'Alcatel, tandis que celui de Nozay consiste en la reconversion d'un site de Nokia. De son côté, OVHcloud indique « *privilégie[r] systématiquement la revalorisation de friches industrielles plutôt que l'artificialisation de terrains vierges, contribuant ainsi à la revitalisation de territoires tout en limitant son empreinte foncière* »[1].

Le **guide pratique de la direction générale des entreprises (DGE)** sur l'implantation des centres de données[2] indique qu'**une *task force* a été mise en place pour identifier les sites propices à l'accueil de centres en ciblant les zones déjà artificialisées**. Pilotée par la DGE, elle comprend Business France, RTE, la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) ainsi que la direction générale de l'aménagement et du logement (DGALN). Elle travaille en collaboration avec les services déconcentrés de l'État en région, les agences régionales de développement (ARD) et collectivités territoriales. Elle a ainsi permis d'identifier **63 sites** répondant aux critères d'implantation d'un *data center*.

D. L'IA AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT : UN POTENTIEL À CONCRÉTISER

Il n'est pas possible d'évoquer l'empreinte environnementale de l'IA sans aborder ses **bénéfices possibles en matière d'environnement**. Ces derniers ont été **mis en avant dès 2018 par Cédric Villani** qui soulignait que l'IA allait « *permettre de comprendre la dynamique et l'évolution des écosystèmes en se basant sur la réalité de leur complexité biologique, d'optimiser la gestion de nos ressources, notamment énergétiques, de préserver notre environnement et d'encourager la biodiversité* »[3].

La **délégation sénatoriale à la prospective**, dont les rapporteurs ont entendu la présidente Christine Lavarde, a rendu en **février 2025** un **rapport d'information sur « IA et environnement »** qui a notamment relevé que « *ce potentiel de l'IA au service de l'environnement n'a cessé de trouver des applications concrètes et [que] les innovations se poursuivent* »[4], mettant en exergue de nombreux exemples de solutions fondées sur l'IA en matière d'environnement.

---

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

[2] Implantation de centres de données, *Direction générale des entreprises, novembre 2025.*

[3] Donner un sens à l'intelligence artificielle. Pour une stratégie européenne, *Cédric Villani, mars 2018.*

[4] *Rapport d'information n° 379 (2024-2025) fait au nom de la délégation sénatoriale à la prospective sur « IA et environnement », Jean-Baptiste Blanc, Nadège Havet, Christine Lavarde.*

Version provisoire

10 exemples parmi d'autres où l'IA change la donne en matière d'environnement

Secteur	Objectif	Exemple de solution fondée sur l'IA
Énergie	Réduction des consommations énergétiques dans le bâtiment	Le dispositif « Advizeo » utilise l'IA pour automatiser le suivi et le pilotage des bâtiments à distance, pour plus de flexibilité dans la gestion énergétique.
Agriculture	Aide à la décision pour les exploitants agricoles	L'outil Pixagri développé par TerraNIS permet d'évaluer la biomasse des cultures intermédiaires pour aider les agriculteurs à réduire l'apport d'engrais tout en optimisant leurs pratiques.
Gestion des déchets	Amélioration du tri des déchets	Avec Max AI, l'entreprise Veolia utilise des caméras optiques et l'IA pour améliorer les performances du tri.
Gestion de l'eau	Amélioration de la maintenance prédictive pour une gestion durable des ressources hydriques	« Mission 90 + » s'appuie sur l'IA pour la détection acoustique de fuites dans le réseau d'eau potable.
Mobilité	Mesure de l'impact de la mobilité sur l'air et le climat	Le projet « Predict AI'r » a permis la création d'un dispositif prédictif des impacts de la mobilité grâce à l'IA, en analysant les données de bornage téléphonique et en quantifiant l'empreinte climatique quotidienne des trajets.
Biodiversité	Connaissance et préservation des habitats naturels	Le projet « CarHab » a pour objectif de cartographier d'ici 2026 la végétation de tout le territoire français pour établir une carte nationale des habitats naturels et semi-naturels.
Lutte contre les incendies	Estimer le risque d'incendie	Le projet Goliat utilise l'IA pour représenter le risque de survenue d'incendie par commune en Corse.
Prévisionde phénomènes extrêmes	Alerte sur le risque de canicule	Utilisation du *machine learning* sur des données du modèle de simulation « PlaSim » par une équipe du CNRS de Lyon pour démontrer la capacité de l'IA à prédire les canicules jusqu'à un mois à l'avance.

Version provisoire

Secteur	Objectif	Exemple de solution fondée sur l'IA
Forêts	Mesurer le stock de carbone contenu dans la biomasse végétale	L'entreprise Kanop utilise des techniques d'apprentissage profond pour mettre en évidence le stock de carbone contenu dans la biomasse végétale et qualifier la capacité des forêts à séquestrer le carbone atmosphérique.
Urbanisme et aménagement du territoire	Urbanisme durable	Avec « Urba AI », l'IA est utilisée pour prendre en compte les enjeux écologiques dans les PLU et suivre les objectifs environnementaux du schéma directeur francilien.

Source : délégation à la prospective, rapport d'information n° 379 (2024-2025)

Les constats de la délégation à la prospective rejoignent ceux dressés en **septembre 2024** par le **Conseil économique, social et environnemental**, qui soulignait que « ***l'IA peut directement contribuer à réduire l'empreinte environnementale par des systèmes créés spécifiquement pour leur utilité écologique***. *Par exemple, l'IA contribue à la mesure et à la gestion de la qualité de l'air, en prévoyant plusieurs heures à l'avance la concentration de particules fines à tel ou tel endroit et en conseillant d'adapter en conséquence les déplacements. L'IA peut aussi indirectement contribuer à réduire l'empreinte environnementale par une amélioration de l'efficacité énergétique de l'ensemble des activités. Cette optimisation de l'usage des ressources prend des formes multiples dans de nombreux secteurs : pilotage des flux de circulation routière, chauffage des bâtiments, gestion des déchets, etc.* »[1]

L'apport de l'intelligence artificielle en matière d'environnement, l'***AI for Green***, a été **souligné par de nombreux interlocuteurs de la mission d'information**.

L'Afnum estime ainsi que « *l'IA constitue (…)* ***un levier majeur de décarbonation*** *et de réponse aux enjeux de la transition écologique pour l'ensemble de l'économie : agriculture de précision, optimisation énergétique des bâtiments et de l'industrie, mobilité intelligente, télémédecine* »[2]. Numeum souligne que « *l'IA contribue à l'optimisation des opérations et au renforcement de l'efficacité environnementale* »[3] ; le syndicat énumère, dans un rapport publié en avril 2024[4], plusieurs cas d'usages prometteurs, comme l'optimisation logistique, la gestion des pièces détachées, le recyclage des matériaux, la détection des anomalies dans l'utilisation des ressources, la maintenance prédictive ou encore la simulation numérique. Google affirme que « *l'IA n'est*

[1] Impacts de l'intelligence artificielle : risques et opportunité pour l'environnement, *Conseil économique, social et environnemental, Avis, Fabienne Tatot et Gilles Vermont Desroches, septembre 2024.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[4] AI for Green & Green AI, *Numeum, avril 2024.*

Version provisoire

pas seulement un consommateur d'énergie, c'est ***un catalyseur essentiel pour l'action climatique*** »[1], mettant en avant plusieurs projets lancés par l'entreprise. Bpifrance souligne que « *l'IA peut contribuer à des réductions d'émissions significatives (optimisation industrielle, logistique, énergie)* »[2].

Lors de son audition par la commission, **Philippe Aghion, prix Nobel d'économie, a cité en exemple l'entreprise Veolia** : « *Veolia utilise l'IA pour gérer ses systèmes d'aération destinés à la purification de l'eau. Les flux d'eau varient en fonction des précipitations. Désormais, grâce à l'IA, l'entreprise peut déterminer précisément quand activer ou arrêter ces systèmes.* ***Veolia a ainsi réussi à économiser dix fois plus d'énergie que l'IA n'en a consommé pour cette tâche*** »[3]. Entendu par la mission d'information, le groupe Veolia a confirmé que l'IA était un élément clé de son programme stratégique 2024-2027.

Un exemple : l'intelligence artificielle au cœur de la stratégie environnementale de Veolia

Le **programme *AI for GreenUp***, au cœur du programme stratégique 2024-2027 du groupe Veolia, **place l'IA au service des trois objectifs environnementaux du groupe** : la décarbonation, la dépollution et la régénération des ressources.

Dans ce cadre, **plusieurs initiatives** ont été lancées par le groupe :

- **le partenariat stratégique avec Mistral AI** (février 2025) : il vise à alimenter la plateforme *Veolia Secure GPT* avec des modèles de langage frugaux, agiles et souverains. Ce partenariat soutient le programme *Talk To My Plant (TTMP*) qui a pour objectif de permettre aux opérateurs de l'eau, de l'énergie, du dessalement ou de la gestion des déchets de co-piloter les installations industrielles en langage naturel, pour optimiser la maintenance, prévenir les incidents et réduire les consommations en temps réel ;

- **la création d'une *start-up* avec Alcom** (juin 2025) : cette *start-up* est dédiée au développement de solutions basées sur l'IA pour la détection de fuites et l'amélioration de la performance des services de gestion de l'eau des collectivités territoriales. Il s'agit d'une réponse à l'enjeu majeur que constituent les pertes en réseau, qui ont un impact sur les consommations d'énergie, les ressources en eau et les coûts de service public. Une solution s'appuyant sur l'analyse de données de réseau en temps réel a été développée et elle a commencé à être déployée ;

- **le déploiement d'une solution IA pour le tri et le recyclage des déchets** (octobre 2025) : cette solution s'inscrit dans l'offre *Hubgrade Waste Quality Monitoring* qui s'appuie sur un système intégré de vision par ordinateur pour analyser en temps réel la pureté des flux de déchets. Par exemple, l'offre BOM DIA a été lancée pour les déchets industriels : elle permet de limiter le taux de polluants dans les flux recyclables à 5 %.

Source : Veolia, réponse écrite au questionnaire des rapporteurs

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[3] *Audition plénière par la commission, le mercredi 20 mai 2026.*

Version provisoire

Le point de vue des différentes entreprises et fédérations professionnelles, ainsi que les initiatives évoquées *supra*, sont pleinement **cohérents avec le diagnostic établi par la Stratégie nationale bas-carbone n° 3 publiée en juillet 2026** qui indique que, au-delà de son empreinte carbone, « ***le numérique peut (…) contribuer à la transition écologique*** »[1].

La mission constate cependant que, si les apports potentiels de l'IA en matière d'environnement font consensus, l'objectivation et la quantification de leur impact sont complexes.

Les entreprises concernées mettent certes **en avant l'impact positif de certains cas d'usage** :

- Google affirme ainsi, d'une part, que les itinéraires économes en carburant proposé par l'IA dans *Google Maps* ont permis de réduire les émissions de 2,7 millions de tonnes métriques en 2024, soit l'équivalent du retrait de la circulation de 630 000 voitures thermiques pendant un an, et, d'autre part, que le projet d'IA « *Green Light* » optimise les feux de signalisation urbaine, réduisant les arrêts aux intersections jusqu'à 30 % et les émissions aux carrefours de plus de 10 % en moyenne[2] ;

- Veolia estime que la solution *Hubgrade Wastewater Plant Performance*, déployée sur plus de 120 stations d'épuration dans le monde, permet de réduire les émissions de protoxyde d'azote jusqu'à 90 %, la consommation d'énergie jusque 40 % et l'empreinte carbone jusque 60 % et que la solution *Hubgrade Energy Optimization* génère jusqu'à 30 % d'économies d'énergie sur plus de 2 000 projets dans 38 pays[3].

Les estimations portant sur l'impact de ces cas d'usage restent cependant peu nombreuses et s'appuient sur une évolution potentielle.

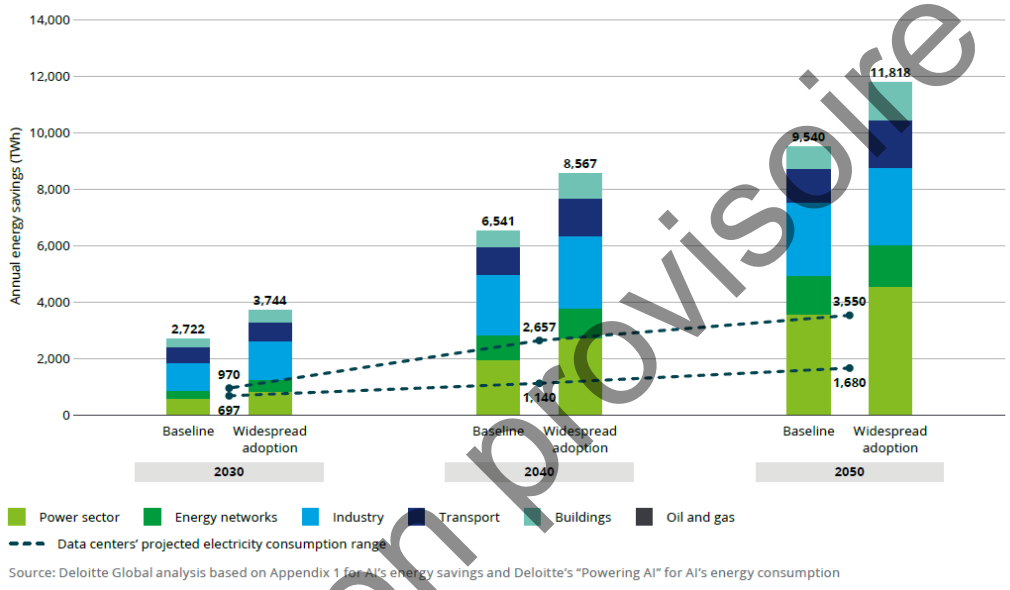
L'Académie des technologiques souligne que, selon l'AIE, l'utilisation de l'IA dans l'industrie et les services devrait permettre d'**économiser entre 2 et 4 fois ses propres émissions et consommations**, en compensation de la consommation des centres de données[4]. Les gains documentés sont de l'ordre de 20 à 30 % dans l'industrie, *via* des jumeaux numériques et la maintenance prédictive, jusque 50 % pour la gestion énergétique du bâti, ou encore de 10 à 25 % pour les réseaux d'énergie intelligents. Google souligne de son côté que, selon un rapport publié dans la revue *Nature* et le *World Energy Outlook* de l'AIE, l'organisation de l'énergie, de l'alimentation et de la mobilité grâce à l'IA pourrait **réduire les gaz à effet de serre de 3,2 à 5,4 gigatonnes par an d'ici à 2035**[5].

Version provisoire

[1] *Stratégie nationale bas-carbone n° 3, partie 2, juillet 2026, p. 91.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[4] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[5] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Le cabinet Deloitte a quant à lui réalisé une étude sur les **gains potentiels de l'IA dans le secteur de la production d'énergie**. Dans le meilleur des cas (cf. graphique ci-après), d'ici 2030, les économies d'énergie pourraient atteindre entre 2 700 et 3 700 TWh, dépassant la consommation énergétique projetée par la technologie (environ 1000 TWh) et même entre 9 500 et 11 800 TWh à l'horizon 2050. Il s'agit cependant, comme le souligne le cabinet Deloitte, d'un **potentiel théorique**, supposant une diffusion large et effective des cas d'usage les plus vertueux et qui ne préjuge pas des effets rebonds possibles, ni des arbitrages réels dans chaque secteur.

Figure 2. Energy savings enabled by AI along the energy value chain



Source : cabinet Deloitte

D'autres interlocuteurs de la mission d'information se sont montrés plus prudents sur la quantification de l'impact des cas d'usage de l'IA. Lors de son audition par la commission, Baptiste Perrissin Fabert, directeur général délégué de l'Ademe, a ainsi souligné qu'« *il y a manifestement des gains à l'utilisation [des] IA plus classiques sur l'impact environnemental. En revanche, s'agissant des IA génératives, les usages se cherchent encore un peu aujourd'hui.*[1] » L'Ademe estime même qu'« *il n'y a pas de projet d'IA générative avec des gains environnementaux mesurables, uniquement des concepts non mis en œuvre* »[2]. Bpifrance souligne de son côté que **l'impact réel de l'IA en faveur de l'environnement** « ***reste difficile à quantifier*** *: les estimations varient entre - 1,5 % et - 24 % d'émissions par rapport à un scénario de référence.* ***Il demeure complexe d'évaluer si les réductions d'émissions permises par l'IA compensent pleinement les émissions générées par son fonctionnement*** »[3].

[1] Audition plénière par la commission, *le mercredi 4 février 2026.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

La possibilité d'une compensation de l'empreinte de l'IA par ses cas d'usage favorables à l'environnement fait l'objet de positions très divergentes. Si Microsoft, optimiste, souligne que « *l'IA a également le potentiel de permettre des économies d'énergie supérieures à l'énergie qu'elle consomme, en identifiant des gains d'efficacité et des réductions d'usage dans de nombreux secteurs* »[1], Numeum, plus prudente, estime que « *la compensation de l'empreinte environnementale en matière d'IA est à ce stade difficilement quantifiable, les bénéfices environnementaux étant parfois indirects et dispersés* »[2], tandis que l'Ademe considère de la même manière, de façon plus générale, qu'« *il n'est pas certain que les bénéfices environnementaux soient toujours supérieurs aux impacts générés par les services numériques et il reste aujourd'hui très compliqué de le mesurer* »[3]. Le cabinet Deloitte souligne quant à lui que « ***le terme de compensation**, qui implique de pouvoir faire un bilan net entre l'ensemble de ces impacts, **est donc très délicat à définir, et encore plus délicat à mesurer*** » et que « *l'impact net est impossible à évaluer puisqu'il dépend de multiples paramètres quant à l'usage de l'IA elle-même, mais aussi de ce qui se serait passé sans l'IA.* »[4]

Certains acteurs, notamment associatifs, entendus par la mission d'information sont même bien plus critiques sur le caractère réaliste d'une compensation. L'Atelier d'écologie politique souligne que « *plusieurs publications scientifiques montrent que la « compensation » de l'empreinte en forte croissance des IAg grand public par des réductions d'empreinte dans d'autres domaines, très souvent promise, n'a pas de réalité* »[5]. ***The Shift Projet*** **estime** quant à lui que **la compensation est un mythe**, relevant que, « *dans 95 % des cas d'usage de l'IA où l'impact environnemental net de la solution numérique est positif, il s'agit en fait d'une IA spécialisée, souvent non générative* » et qu'« *il faut être prudent sur le pouvoir (et non le potentiel) de décarbonation du numérique et de l'IA en particulier ; toutes les études ne provenant pas d'industriels du secteur montrent que **les cas d'usage sont limités**, le gain environnemental est de l'ordre de 0 à 7-8 % et dépend étroitement des caractéristiques contextuelles. (…) On n'y trouvera pas la solution pour diviser par deux nos émissions de [gaz à effet de serre]* »[6]. *Data for Good* souligne également que des effets rebonds, même marginaux, suffisent souvent à effacer les gains permis par les solutions numériques : une augmentation de seulement 1 % des kilomètres parcourus par les transporteurs efface ainsi tous les gains apportés par la maintenance prédictive des pneus grâce à des capteurs connectés. Pour le *AI et Society Institute* « *l'argument de la compensation (selon lequel les bénéfices environnementaux de l'IA compenseraient ses coûts) est méthodologiquement indéfendable : il postule une commensurabilité entre catégories d'impacts (carbone, eau, biodiversité) qui n'existe pas, et ignore l'hétérogénéité des usages* [7] » : la

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[3] Numérique et environnement : entre opportunités et nécessaire sobriété, *Ademe, janvier 2025*
[4] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[5] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[6] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[7] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

réduction de l'empreinte peut s'accompagner d'effets accrus sur d'autres catégories d'impact, comme une augmentation de la consommation d'eau.

S'ils appellent à concrétiser le potentiel de l'IA au service de l'environnement, les rapporteurs soulignent que cela n'exonérera pas de poursuivre la réflexion sur la décarbonation ou sur l'inscription de l'usage de l'IA dans une démarche plus générale.

Pour l'Ademe, « *le numérique apporte certes un bénéfice environnemental, mais il ne doit pas se substituer à des efforts de décarbonation plus profonds* »[1] dans certains secteurs, comme l'industrie lourde, et les solutions numériques doivent intervenir « *lorsqu'elles constituent un levier substantiel, conjointement aux autres leviers nécessaires pour mener les efforts de décarbonation à hauteur nécessaire* »[2]. Veolia souligne elle-même que « ***la question pertinente n'est (…) pas tant de savoir si l'IA " compense " son empreinte mais de déterminer si, déployée de manière rigoureuse et sélective, elle permet d'accélérer suffisamment la transition écologique pour que son déploiement soit justifié*** »[3].

Version provisoire

[1] Numérique et environnement : entre opportunités et nécessaire sobriété, *Ademe, janvier 2025*
[2] L'intelligence artificielle générative : des impacts environnementaux importants, *Ademe, juillet 2026.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

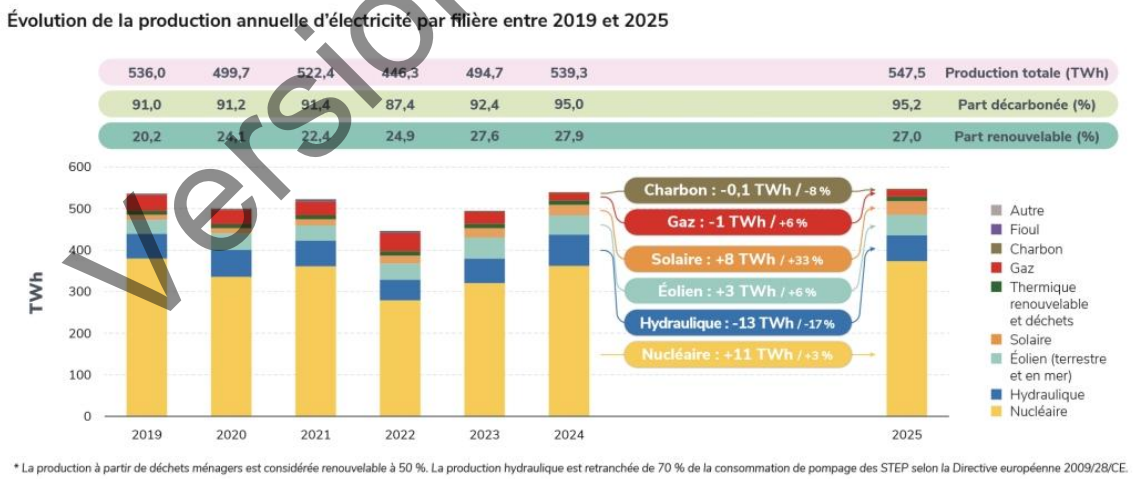
II. ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT DE L'IA EN LIMITANT SON EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE : UN IMPÉRATIF POUR LA COMMISSION

A. FAIRE DE L'EXCELLENCE ENVIRONNEMENTALE UN FACTEUR D'ATTRACTIVITÉ DE LA FRANCE POUR LES CENTRES DE DONNÉES

1. L'implantation de centres de données en France contribue à réduire l'empreinte environnementale de l'IA

La localisation des centres de données dédiés à l'IA en France constitue **la meilleure manière de réduire l'empreinte environnementale de l'IA** : en phase d'exploitation, les émissions dépendent principalement de la consommation d'électricité et du mix électrique qui l'alimente. De ce point de vue, la France dispose d'un atout majeur : **son mix électrique est aujourd'hui décarboné à hauteur de 95** %. À titre de comparaison, le mix électrique n'est décarboné qu'à hauteur de 47 % aux États-Unis et 39 % en Chine. Avec 21,7 grammes de CO_2 par kWh émis en 2024, contre 171 au Royaume-Uni et 363 en Allemagne, l'Hexagone propose une électricité **ayant l'une des plus faibles intensités carbone au monde**[1].

Évolution de la production annuelle d'électricité par filière entre 2019 et 2025



Source : RTE, 2026

Comme l'a rappelé l'Autorité de la concurrence, « *dans une perspective globale, plus les centres de données s'implantent sur des territoires où l'énergie disponible est largement décarbonée, comme c'est le cas en France,* ***plus l'empreinte carbone globale liée à l'IA à l'échelle européenne et mondiale est limitée*** »[2].

[1] *Source : réponse écrite d'EDF au questionnaire des rapporteurs.*

[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

Au-delà d'une production décarbonée, la production d'électricité se caractérise par son **abondance**. Selon RTE, « *le rythme de croissance de la production électrique bas-carbone en France ne pose plus de problème stratégique et peut alimenter simultanément, sans conflit d'usage, la décarbonation des secteurs des transports, de l'industrie et du bâtiment de manière prioritaire, ainsi que le développement du secteur du numérique (centres de données)* »[1]. En effet, la France a exporté **89 TWh d'électricité en 2024**, à rapprocher de l'estimation par RTE d'un surplus de 20 TWh de consommation dû aux *data centers* d'ici à 2035[2]. L'implantation de centres de données en France ne risque donc pas de créer une pénurie d'énergie — comme c'est le cas en Irlande — ni de **retarder l'électrification d'autres secteurs clés pour la transition écologique** (automobile, industrie).

Le cas irlandais : des centres de données qui fragilisent le réseau énergétique

En 2024, les centres de données irlandais **consommaient 22 % de l'électricité nationale** — contre 3 % en moyenne en Europe — soit davantage que l'ensemble de la consommation des foyers urbains irlandais. Alors que cette proportion s'élevait à 5 % en 2015, elle atteindra **31 % d'ici 2034**, sans tenir compte de la construction de nouveaux centres.

La concentration des centres de données autour de Dublin (96 %), où ils absorbent 50 % de l'électricité de la région, loin des parcs énergétiques à l'ouest et au sud, exerce une pression particulière sur un réseau, déjà vétuste et inégalement résilient.

Ce besoin supplémentaire en électricité accentue également la **dépendance de l'Irlande aux importations d'énergie** (80 % du mix énergétique était importé en 2025), notamment d'origine fossile (100 % du pétrole et 80 % du gaz sont importés). Si le pays dispose d'un potentiel en matière d'énergies renouvelables, la hausse de la production d'électricité d'origine éolienne entre 2017 et 2024 a été entièrement absorbée par la consommation des centres de données (+ 1 TWh/an). Pour protéger le réseau, alors que des coupures d'électricité massives pourraient intervenir d'ici deux à cinq ans, **quatre centrales électriques d'urgence au gaz et au diesel** ont ainsi été mises en service en 2024 (sans avoir encore été mobilisées).

L'Irlande paie **l'électricité la plus chère d'Europe** (40 % supérieur à la moyenne de l'UE), alors que les centres de données bénéficient de tarifs très avantageux.

Les centres de données représentent **environ 4,5 % des émissions nationales de gaz à effet de serre**, soit environ 2,5 MteqCO_2 sur un total d'environ 55 MteqCO_2, soit 40 % des émissions issues de l'électricité. Le pays est le premier émetteur de gaz à effet de serre par habitant dans l'UE (près de 11 teqCO_2 par habitant). Les centres de données vont ainsi contribuer **à l'échec de l'objectif national de baisse des émissions de gaz à effet de serre**, exposant l'Irlande à des sanctions européennes.

Source : ambassade de France en Irlande

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

[2] *Source : réponse écrite d'EDF au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

Au-delà des co-bénéfices **économiques** (retombées fiscales, création d'emplois) et en termes de **souveraineté** (maîtrise des infrastructures de données), l'implantation de centres de données sur le territoire national est donc un facteur clé pour réduire l'empreinte environnementale de l'IA.

Pour les rapporteurs, les politiques publiques doivent favoriser l'accueil de centres de données en France, en levant l'ensemble des freins qui pourraient subsister.

2. Une attractivité nationale déjà forte, qui peut être renforcée par l'accélération des raccordements et la simplification administrative

Les **atouts de la France** pour attirer des centres de données sont nombreux.

L'**électricité décarbonée et abondante** constitue un facteur déterminant d'attractivité[1]. Selon Audrey Herblin-Stoop, directrice des affaires publiques de Mistral AI, cette ressource a constitué un élément discriminant dans les choix d'investissement du groupe : « *nous avons décidé d'investir il y a plus d'un an – le premier site sera très bientôt opérationnel – dans des centres de puissance de calcul en France, le premier étant à Bruyères-le-Châtel, dans l'Essonne. Au moment où nous avons pris cette décision d'investissement dans l'infrastructure, qui visait à assurer notre autonomie stratégique dans ce domaine, mais aussi à réfléchir à la manière la plus responsable d'investir,* ***il était fondamental pour nous de choisir une énergie décarbonée****. Nos précédents sites d'entraînement étaient situés aux États-Unis, au Nevada. Vous comprenez donc le gain significatif que nous avons pu opérer par ce choix*[2]. »

Il n'existe malheureusement aujourd'hui toutefois aucune incitation ni contrainte qui incite les fournisseurs de modèles de langage à utiliser de l'électricité décarbonée pour leurs centres de données, au-delà d'un enjeu de communication. **Pour les rapporteurs, il est indispensable d'encourager, en France, l'implantation de centres de données durables mais aussi de valoriser, au niveau européen, les fournisseurs qui ont recours à l'électricité décarbonée, afin de favoriser les États qui produisent de l'électricité majoritairement décarbonée**. Une réglementation européenne en ce sens est nécessaire. Afin d'éviter les dérives d'écoblanchiment, il est crucial que le caractère décarboné de l'énergie soit évalué selon une comptabilité de localisation, et non selon une comptabilité de marché. Le système commun de l'Union européenne pour la **notation de la durabilité des centres de données**, prévu par l'article 33 de la **directive européenne « Efficacité énergétique »**

Version provisoire

[1] *Source : audition de France Datacenter.*

[2] *Audition plénière de la commission, le mercredi 4 février 2026.*

de 2023[1] et en cours d'élaboration, pourrait opportunément servir de base à ce dispositif.

> **Recommandation n° 1** : Encourager l'implantation en France de centres de données durables et favoriser le recours, par les fournisseurs de modèles de langage, à de telles infrastructures, en mettant en place, à l'échelle européenne, un cadre réglementaire incitatif.

Au cours de son audition, la direction générale des entreprises (DGE) a rappelé les autres atouts de la France : **l'électricité y est relativement bon marché** (2,5 fois moins chère qu'en Allemagne), le **foncier est disponible** (friches industrielles) et un **écosystème numérique préexiste**. Par ailleurs, comme l'a souligné RTE, la **qualité du réseau électrique** et la présence de **zones industrielles bien connectées aux grands réseaux de télécommunications** constituent également des atouts.

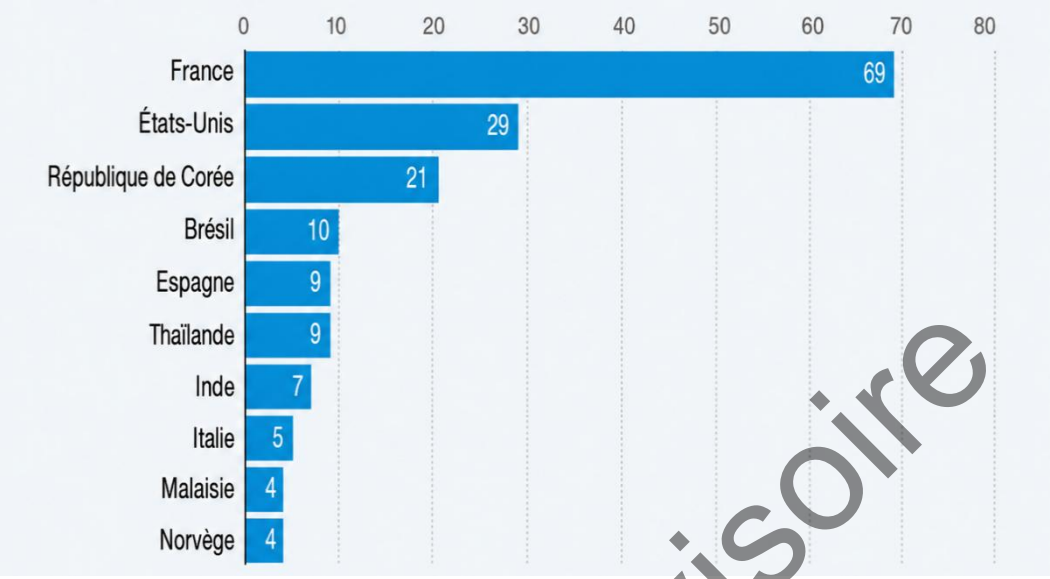
La France est ainsi aujourd'hui le **3e pays européen en termes de puissance installée de centres de données**, derrière le Royaume-Uni et l'Allemagne. Le territoire est couvert par 350 centres de données créateurs de 50 000 emplois, pour une puissance installée de 750 MW. C'est également, en 2025, le **pays le plus attractif au monde** en termes d'investissement dans les centres de données[2].

Version provisoire

[1] *Directive (UE) 2023/1791 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 relative à l'efficacité énergétique et modifiant le règlement (UE) 2023/955 (refonte) (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE).*

[2] *Source : réponse de la DGE au questionnaire écrit des rapporteurs.*

Principaux pays bénéficiaires d'investissements dans les centres de données en 2025 (en milliards de dollars)



Source : Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement
Note : les données couvrent les trois premiers trimestres de 2025

Version provisoire

Ces points forts ont par exemple permis d'assurer l'implantation en France d'un projet d'envergure européenne, **Campus IA**, porté par MGX, Bpifrance, Mistral AI et NVIDIA et qui sera situé à **Fouju, en Seine-et-Marne, d'une capacité de 700 MW en 2029** ou encore du **projet d'Escaudain (Nord)** porté par Data4 : d'une puissance de 700 MW, le campus, qui sera en activité à partir de 2030, mobilise 5 milliards d'euros d'investissement pour répondre aux besoins de puissance de calcul de l'IA.

Toutefois, les rapporteurs ont relevé également des handicaps qui freinent les investissements dans les centres de données en France.

France Datacenter a ainsi évoqué, au cours son audition, les **délais de raccordement au réseau électrique**, qui freinent les investissements dans les centres de données sur le territoire. Pour l'exploitant de centres de données Data4, « *les retards de raccordement au réseau électrique continuent de freiner la croissance économique : des acteurs comme Data4, prêts à investir jusqu'à 15 milliards d'euros en France d'ici 2030, se heurtent à des files d'attente incompatibles (jusqu'à 5 à 7 ans) avec leurs cycles industriels, au risque de détourner ces investissements vers d'autres pays européens*[1]. »

Au cours de son audition, RTE, chargée des raccordements au réseau des centres de données de plus de 40 MW[2], a évoqué plusieurs travaux qui visent à accélérer ces délais de raccordements.

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Enedis est chargé du raccordement des plus petits centres de données.*

D'une part, RTE a lancé le **dispositif « *fast track* »**, dans le cadre de son plan de développement du réseau publié en février 2025. Cette démarche de planification consiste à mutualiser les raccordements dans des sites propices identifiés par l'État[1], pour permettre un raccordement et un accueil plus rapide de ces projets. La nouvelle procédure de raccordement « *fast track* », approuvée par la Commission de régulation de l'énergie (CRE) en 2025, s'inscrit dans cette logique : **elle permet d'offrir des raccordements accélérés et sans limitation de puissance sur des sites favorables pour le réseau**, en contrepartie d'un engagement financier du porteur du projet. RTE a déjà pré-réservé des capacités sur cinq sites de forte puissance (400 MW à 1 GW). Au cours de son audition, l'exploitant de centres de données DataOne a toutefois déploré des délais de raccordement conséquent pour un de ses projets (3 ans), en dépit de l'engagement de la procédure « *fast track* ». En effet, comme le mentionne RTE dans sa réponse écrite au questionnaire des rapporteurs, les « *raccordements rapides* » permis par ce dispositif visent à raccorder les projets « *en 3 ou 4 ans* ».

D'autre part, RTE travaille sur une refonte des conditions de raccordement au réseau, qui devrait aboutir d'ici la fin de cette année. L'objectif serait de passer d'une logique de « premier arrivé premier servi » (les exploitants sont raccordés dans l'ordre de leur demande) à une logique de « premier prêt premier servi ». L'objectif serait d'éliminer ainsi les « projets fantômes » qui n'aboutissent pas et encombrent la file d'attente.

Pour les rapporteurs, il convient, dans un contexte de compétition nationale exacerbée pour l'accueil des centres de données dédiés à l'IA, d'assurer une réelle accélération des raccordements. Une priorité au raccordement pour ces centres pourrait être examinée.

Recommandation n° 2 : Créer un choc d'accélération pour le raccordement des centres de données en :

– faisant systématiquement des centres de données dédiés à l'IA des projets prioritaires pour le raccordement ;

– inscrivant le dispositif « *fast track* » au cœur de la stratégie de RTE, afin qu'il constitue réellement un accélérateur pour les projets ;

– refondant la doctrine de RTE, en passant d'une logique « premier arrivé premier servi » à « premier prêt premier servi ».

Pour France Datacenter, la **complexité des procédures administratives** constitue également un frein à l'implantation des centres de données.

[1] *Ces sites se caractérisent par (i) une surface foncière de plusieurs dizaines d'hectares compatible avec l'implantation de projets de ce type (ii) la proximité physique d'infrastructures de transport d'électricité en 400 000 volts et (iii) la capacité, au regard des contraintes du réseau amont, à offrir rapidement une forte puissance en soutirage.*

Version provisoire

Les rapporteurs se félicitent, à ce titre, de **l'adoption définitive de l'article 35 de la loi « Simplification de la vie économique » de 2026**[1] qui permettra de simplifier les procédures administratives applicables aux centres de données. Un centre de données pourra ainsi bénéficier par décret de la qualité de **« projet d'intérêt national majeur » (PINM)**. La reconnaissance de cette qualité permet, après accord du maire ou du président de l'EPCI accueillant le projet industriel, une mise en compatibilité par l'État des documents de planification et d'urbanisme, ainsi que l'accélération de la procédure relative à la protection des espèces protégées. Ce même article crée, pour les projets d'infrastructures industrielles et numériques fortement consommatrices en électricité, une procédure de réservation d'une capacité de raccordement sur le réseau et une contribution financière supplémentaire pour soutirage sans limitation de puissance depuis le réseau de transport, afin de **rendre le dispositif « *fast track* » applicable**.

Toutefois, comme le souligne l'exploitant de centres de données Data4, le travail de simplification n'est pas encore achevé : *« l'implantation d'un* data center *est un processus industriel complexe, jalonné de procédures strictes »*[2].

Cette procédure comprend :

- les **autorisations relatives au volet environnemental** (délai théorique de 9 mois, mais délai réel observé autour de 12 à 18 mois minimum) ;
- les **autorisations relatives au volet urbanistique et foncier** (délai observé autour de 4 à 6 mois minimum) ;
- les **procédures de raccordement électrique** (délai observé autour de 5 à 7 ans).

Pour les rapporteurs, il est souhaitable de poursuivre ce travail de simplification administrative, en identifiant tous les blocages persistants qui pourraient être levés pour simplifier le parcours administratif de l'investisseur. La pleine application à l'ensemble de ces procédures du **principe du silence valant acceptation**, prévu à l'article L. 231-1 du code des relations entre le public et l'administration, permettrait par exemple de réduire ces délais excessifs.

Recommandation n° 3 : Mener un audit de la procédure administrative d'implantation de centres de données ainsi que de parangonnage international, pour identifier et éliminer les freins administratifs persistants.

Version provisoire

[1] *Loi n° 2026-403 du 26 mai 2026 de simplification de la vie économique.*

[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

3. Renforcer l'acceptabilité des centres de données sur le territoire en réduisant leur empreinte environnementale

Pour assurer l'acceptabilité de l'implantation de centres de données sur leurs territoires, il est indispensable de maîtriser leur empreinte environnementale.

La mise en œuvre complète de l'article 28 de la loi « Reen » de 2021 apparaît, à ce titre un chantier prioritaire. L'article renforce les conditionnalités environnementales qui s'appliquent au **tarif réduit de la taxe intérieure de consommation finale d'électricité (TICFE)** pour les centres de données. Plus précisément, bénéficient de ce tarif réduit les centres de données qui **valorisent la chaleur fatale**, notamment à travers un réseau de chaleur ou de froid, ou respectent un **indicateur chiffré déterminé par décret** sur un horizon pluriannuel en matière d'efficacité dans l'utilisation de la puissance, et ceux qui respectent un indicateur chiffré déterminé par décret sur un horizon pluriannuel en matière de limitation d'utilisation de l'eau à des fins de refroidissement. Plus de quatre ans plus tard, l'absence de décret d'application rend ce tarif réduit encore inapplicable. **Les rapporteurs appellent le Gouvernement à prendre ce décret au plus vite, afin de rendre la loi « Reen » enfin pleinement applicable, et de récompenser ainsi les centres de données les plus vertueux.**

Recommandation n° 4 : Prendre au plus vite le décret prévu par l'article 28 de la loi « Reen » de 2021, afin de récompenser les centres de données les plus vertueux par un tarif réduit sur la TICFE.

La **récupération de la chaleur fatale** constitue également un axe d'amélioration de l'empreinte environnementale des centres de données, qui permet d'améliorer l'acceptabilité locale du projet, en apportant un bénéfice local.

Elle consiste à **capter la chaleur produite par les serveurs** afin de la valoriser pour alimenter des réseaux de chauffage ou des bâtiments, plutôt que de la dissiper dans l'environnement.

Les rapporteurs soulignent cependant les difficultés qui limitent la récupération de la chaleur fatale, mis en avant notamment par la fédération InfraNum et l'exploitant Data4 : un réseau de chaleur n'existe pas toujours à proximité, ce d'autant plus si le centre de données n'est pas situé à proximité d'un grand centre urbain ou si l'intercommunalité ne déploie pas de réseau de chaleur.

Version provisoire

La récupération de la chaleur fatale des centres de données : une solution sous conditions

La chaleur produite par les centres de données peut être récupérée pour alimenter un réseau de chaleur ou des bâtiments voisins, mais cette valorisation suppose que plusieurs conditions soient réunies.

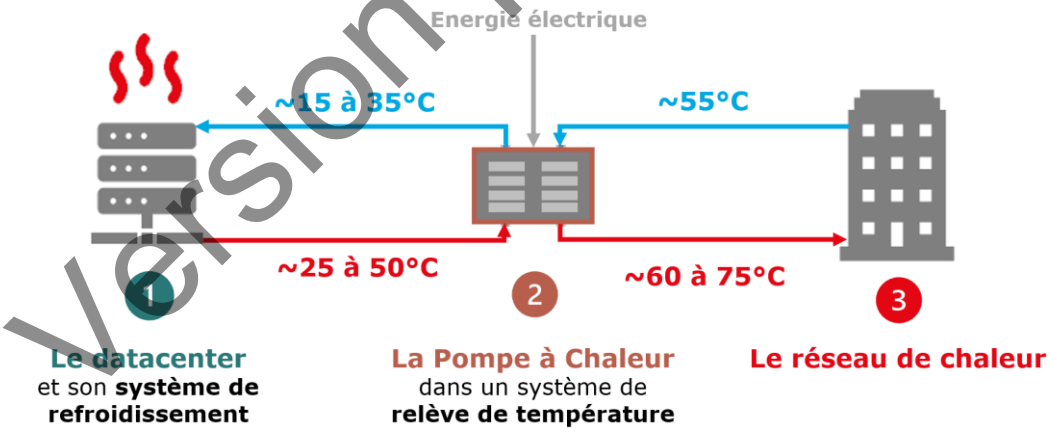
Un débouché suffisamment important doit d'abord exister à proximité, le transport de chaleur sur de longues distances entraînant des coûts et des pertes énergétiques.

La **température de la chaleur récupérée** doit également être compatible avec les besoins : la chaleur issue des centres de données étant souvent disponible à basse température (25 à 50°C), le recours à une pompe à chaleur peut être nécessaire pour l'élever au niveau requis par le réseau (60 à 75°C)[1].

Enfin, **la production de chaleur doit correspondre aux besoins locaux**, tant par son volume que par leur temporalité : les centres de données produisent de la chaleur toute l'année, tandis que les besoins de chauffage sont principalement saisonniers.

La récupération de chaleur fatale ne constitue donc pas une solution systématiquement pertinente : son intérêt dépend étroitement de la localisation du centre de données, des caractéristiques du réseau et des débouchés disponibles à proximité.

Schéma simplifié d'échange de chaleur à partir d'un centre de données



Source : Ademe, 2023

Toutefois, comme l'a souligné l'exploitant de centres de données OVHcloud en audition, **les centres dédiés à l'IA peuvent paraître particulièrement adaptés à ce type de solution** : l'un des principaux obstacles techniques à l'utilisation de la chaleur des centres de données est un **niveau de chaleur insuffisant**. Les centres dédiés à l'IA génèrent eux des températures plus élevées capables d'alimenter directement des réseaux de chauffage urbain.

[1] *Source :* Valorisation de la chaleur fatale issue des *data centers, Ademe, mai 2023.*

Version provisoire

Les rapporteurs se félicitent du développement de **dispositifs de valorisation de la chaleur fatale alternatifs aux réseaux de chaleur**, particulièrement prometteurs. Dans le cadre du déplacement au campus de Marcoussis de Data4, les rapporteurs ont ainsi pu constater un nouveau mode de valorisation expérimenté sur le site : la culture d'algues utilisées en énergie biomasse.

La culture d'algue, un mode de valorisation innovant de la chaleur fatale

Sur le campus de Marcoussis de Data4, la chaleur fatale des centres de données est utilisée pour cultiver des algues unicellulaires (Chlorella). Le projet est développé depuis 2024 en partenariat avec la chaire Innovation Abiomas de la Fondation de l'Université Paris-Saclay, mise en place par le département de l'Essonne ainsi qu'avec la *start up Blue Planet Ecosystems*.

Les végétaux circulent dans des tubes où ils sont exposés à la lumière et consomment du dioxyde de carbone pour que s'opère la photosynthèse. En plus de capter des gaz à effet de serre, les algues constituent également des bioproduits, utilisés notamment dans la cosmétique.

Encore à un stade expérimental, le projet pourrait à terme passer à l'échelle industrielle, voire être développé sur d'autres sites.



Source : Déplacement de la mission

Pour les rapporteurs, la création de centres de données liés à l'IA, caractérisés par un plus fort niveau de chaleur, constitue donc une opportunité pour développer davantage la récupération de la chaleur fatale.

version provisoire

Le **fonds chaleur**, porté par l'Ademe, permet de **soutenir les projets de décarbonation de chaleur des collectivités territoriales et des entreprises**, et donc spécifiquement les projets de centres de données. Il fait toutefois l'objet, depuis la crise énergétique, d'une forte demande : **1,6 milliard d'euros de projets contre 800 millions d'euros de crédits en 2025**[1].

Pour garantir que les projets liés spécifiquement à la récupération de la chaleur fatale des centres de données liés à l'IA soient créés, il est nécessaire **de les prioriser dans l'attribution du fonds**. L'enjeu est en effet de ne pas manquer l'opportunité que constitue l'ouverture de ces centres, ce d'autant plus que la mise en place de la récupération de la chaleur fatale est facilitée si elle est prévue dès la construction[2].

Enfin, un réseau de chaleur urbain repose sur une **délégation de service public et un engagement de fourniture sur 20 ou 30 ans**. La fédération France Datacenter a alerté sur cette temporalité difficilement conciliable avec la flexibilité du secteur : si le *data center* ferme, déménage ou modifie sa technologie de refroidissement, la collectivité se retrouve face à un risque de rupture de service pour tout un quartier.

Pour répondre à cet enjeu, le Sénat a adopté, dans le cadre de l'examen du projet de loi de finances pour 2025, un amendement[3] créant un **fonds de garantie chaleur fatale**, qui aurait vocation à couvrir la perte de valeur résiduelle des investissements réalisés pour valoriser la chaleur fatale, comme l'a proposé un rapport conjoint du Conseil général pour l'environnement et le développement durable (CGEDD) et du Conseil général de l'économie (CGE)[4]. La disposition n'a toutefois malheureusement pas été retenue dans le texte définitif.

Les rapporteurs appellent à créer ce fonds de garantie pour lever un frein à la récupération de la chaleur fatale des centres de données.

Au-delà de l'enjeu de la récupération et de la valorisation de la chaleur fatale, **les rapporteurs estiment que d'autres pistes devraient être explorées pour renforcer l'acceptabilité territoriale et environnementale des centres de données**, telles que :

- la mutualisation des emprises et des infrastructures avec d'autres activités ou équipements, par exemple par le développement de bâtiments mixtes et multi-niveaux pouvant accueillir, par exemple, des entreprises de logistique. Au-delà de l'implantation des centres de données sur d'anciens sites industriels évoquée *supra*, cette mutualisation contribuerait à limiter la visibilité des centres ;

Version provisoire

[1] *Source : Ademe.*
[2] *Source : réponse écrite de France Datacenter au questionnaire des rapporteurs.*
[3] *Amendement n° II-2028 au PLF pour 2025 de Mme Christine Lavarde au nom de la commission des finances.*
[4] *Mission portant sur la transformation des aides à l'investissement du Fonds chaleur en aides à la production de chaleur renouvelable, CGE, CGEDD, juin 2018.*

- le **soutien à l'innovation et au déploiement de nouvelles solutions technologiques** : le secteur est marqué par des transformations technologiques très rapides et certaines d'entre elles pourraient contribuer à réduire l'empreinte environnementale des centres de données et ainsi à favoriser leur intégration territoriale.

Recommandation n° 5 : Renforcer l'acceptabilité territoriale et environnementale des centres de données en favorisant leur intégration dans les territoires, notamment :

– en développant, lorsque les conditions techniques et économiques le permettent, la récupération et la valorisation de leur chaleur fatale, en particulier par la création d'un fonds de garantie chaleur fatale ;

– en encourageant la mutualisation des emprises et des infrastructures avec d'autres activités ou équipements, notamment par le développement de bâtiments mixtes et multi-niveaux ;

– en soutenant l'innovation et le déploiement de nouvelles solutions **technologiques** susceptibles de réduire leur empreinte environnementale et foncière et de favoriser leur intégration territoriale.

Comme l'ont évoqué l'Alliance Green IT et RTE entendus par les rapporteurs, **les centres de données peuvent par ailleurs contribuer au lissage de la consommation d'électricité**. Il est possible de déplacer avantageusement dans le temps certains usages, comme **l'entraînement de modèles d'IA générative**, qui peut être planifié la nuit ou en heures creuses et **d'optimiser le refroidissement des serveurs** qui comptent pour une part significative de la consommation d'électricité en agissant sur l'inertie thermique des installations ou en s'appuyant sur des stockages de froid pour décaler une partie de la consommation. Enfin, tous les centres de données sont **équipés de batteries** (pour assurer la continuité de service) qui peuvent en théorie être utilisées pour effacer temporairement la consommation (en cas de pointe ou de tension sur le système) à condition de ne pas dégrader la disponibilité du service, qui reste la priorité absolue[1].

Recommandation n° 6 : Faire contribuer les centres de données au lissage de la consommation d'électricité en incitant les exploitants à déplacer dans le temps certains usages et à utiliser les capacités de stockages d'énergie pour effacer temporairement la consommation.

[1] *Source : réponse écrite de RTE au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

B. ASSURER, NOTAMMENT AU NIVEAU EUROPÉEN, LE DÉVELOPPEMENT D'UNE IA FRUGALE

1. La France, pays précurseur sur l'empreinte environnementale du numérique, multiplie les initiatives en faveur d'une IA frugale

Les rapporteurs ont pu constater que **la France est reconnue comme leader en matière d'empreinte environnementale du numérique**. En cohérence, notre pays s'est également positionné en prenant des **initiatives en faveur d'une intelligence artificielle frugale**.

Le soutien au développement d'une IA plus économe des ressources et respectueuse du développement durable figure ainsi comme **objectif dans plusieurs documents stratégiques nationaux**.

Ainsi, la deuxième phase de la stratégie nationale pour l'intelligence artificielle, lancée en novembre 2022, a déterminé des domaines prioritaires tels que « *l'IA frugale, avec le soutien du développement et déploiement d'IA peu gourmandes en énergies et en données au service d'objectifs de décarbonation, de transition écologique et énergétique des territoires* ». La feuille de route « Numérique et intelligence artificielle » de septembre 2025, qui s'inscrit dans la stratégie numérique de l'État, comprend un objectif visant à « *faire de la France un leader de l'IA durable en favorisant la mesure et la réduction de l'impact environnemental de l'IA* ». De même, la Stratégie nationale bas-carbone publiée en juillet 2026 compte, parmi différents objectifs dans le domaine du numérique, celui d'« *encourager le recours à l'IA frugale* »[1].

Afin de réduire l'empreinte environnementale de l'IA, la France peut d'ores et déjà s'appuyer sur **deux documents inédits qui font de notre pays un précurseur** : **le référentiel général de l'écoconception des services numériques (RGESN) et le référentiel général pour l'IA frugale**.

L'article 25 de la « loi Reen », issu de propositions du rapport d'information sénatorial sur l'empreinte environnementale du numérique[2], a ainsi prévu que l'Arcep et l'Autorité de régulation de la communication audiovisuelle (Arcom) définissent, en lien avec l'Ademe, le contenu d'un référentiel général de l'écoconception des services numériques, visant à « *définir des critères de conception durable des services numériques afin d'en réduire l'empreinte environnementale* », en s'appuyant notamment sur la définition de

[1] *Orientation numérique n° 3 ; Stratégie nationale bas-carbone n° 3, partie 2, juillet 2026.*

[2] *Il s'agit des recommandations n° 17* « accompagner, à court-terme, les administrations dans l'écoconception des sites et services numériques » *et n° 18* « rendre obligatoire, à moyen terme, l'écoconception des sites publics et de plus grands sites privés, avec un pouvoir de sanction de l'Arcep ».

Version provisoire

l'écoconception d'une directive d'octobre 2009[1], étant précisé que « *ces critères concernent notamment l'affichage et la lecture des contenus multimédias pour permettre de limiter le recours aux stratégies de captation de l'attention des utilisateurs des services numériques* ».

En **mai 2024**, l'Arcep et l'Arcom ont donc publié le **référentiel général de l'écoconception des services numériques (RGESN)**, élaboré en lien avec l'Ademe, ainsi qu'avec la Dinum, la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) et l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria). Son ambition est d'« *établir un référentiel général sur l'écoconception des services numériques unique par la puissance publique,* ***socle de bonnes pratiques pour la conception de services numériques soutenables*** »[2]. Il poursuit quatre objectifs :

- concevoir des services numériques plus durables permettant d'allonger la durée de vie des terminaux ;

- promouvoir une démarche de sobriété environnementale face aux stratégies de captation de l'attention de l'utilisateur pour des usages alignés avec les objectifs environnementaux ;

- diminuer les ressources mobilisées sur le cycle de vie du service numérique, y compris en optimisant le trafic de données et la sollicitation des infrastructures numériques ;

- accroître le niveau de transparence sur l'empreinte environnementale du service numérique.

Ce référentiel, destiné aux experts du numérique souhaitant mettre en œuvre une démarche d'écoconception pour le développement de leurs services, **concerne pleinement les systèmes d'intelligence artificielle générative**. Comme le souligne l'Arcep[3], le RGESN suggère notamment de :

- définir le besoin du service et des utilisateurs cibles afin d'adapter la conception du modèle d'IA envisagé, en évitant des développements accessoires dont l'utilité n'est pas démontrée ;

- choisir, après avoir défini la pertinence du modèle, les options les plus sobres, par exemple en utilisant des modèles pré-entraînés quand cela est possible ;

Version provisoire

[1] *Directive 2009/125/ CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie. Son article 2 définit l'écoconception comme* « l'intégration des caractéristiques environnementales dans la conception du produit en vue d'améliorer la performance environnementale du produit tout au long de son cycle de vie » *et une exigence d'écoconception comme* « toute exigence relative à un produit ou à sa conception et visant à améliorer sa performance environnementale, ou toute exigence relative à la fourniture d'informations concernant les caractéristiques environnementales d'un produit ».

[2] *https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/referentiel_general_ecoconception_des_services_numeriques_version_2024.pdf*.

[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

- considérer les bonnes pratiques relatives à l'adoption de solutions d'hébergement soutenables (par exemple la localisation dans des pays où le mix électrique est bas carbone) ou à l'optimisation de l'interface utilisateurs (par exemple en ne proposant pas l'IA par défaut dans des applications où l'IA n'est pas le principal service rendu).

Parallèlement, à l'initiative du ministère chargé de la transition écologique, l'Association française pour la normalisation (Afnor) a publié en juin 2023 un **référentiel général pour une IA frugale**, élaboré avec plus de 150 participants d'horizons divers (académiques industriels, fédérations professionnelles et d'entreprises, administrations publiques, représentants de la société civile, *think tanks*). **Ce référentiel permet aux acteurs du marché de disposer d'une définition commune de l'IA frugale, d'une méthodologie robuste et commune pour favoriser la comparaison de l'impact environnemental des services d'IA et de disposer de bonnes pratiques pour accroître la frugalité des systèmes et des services d'IA**.

Ce référentiel comporte ainsi une **définition de la frugalité d'un service d'IA** : « *la frugalité d'un service d'IA vise à réduire globalement les besoins en ressources matérielles et énergétiques et les impacts environnementaux associés* via *une redéfinition des usages ou des exigences de performance (…) ou encore* via *une réorientation des besoins du producteur du système d'IA (amont) au fournisseur du service considéré. Un service frugal d'IA est donc un service pour lequel :*

« - la nécessité de recourir à un système d'IA plutôt qu'à une autre solution moins consommatrice pour répondre au même objectif a été démontrée ;

« - de bonnes pratiques (…) sont adoptées par le producteur, le fournisseur et le client d'IA pour diminuer les impacts environnementaux du service utilisant un algorithme d'IA ;

« - les usages et les besoins visent à rester dans les limites planétaires et ont été préalablement questionnés »[1].

Un système d'IA frugale est ainsi, selon ce référentiel, un système efficient dans son fonctionnement tout au long du cycle de vie, mais aussi un système dont les usages sont questionnés et raisonnés.

Selon les informations de l'Afnor, ce référentiel est né des besoins de la commande publique[2] et de grandes entreprises s'en sont d'ores et déjà saisies.

Enfin, la France a pris des **initiatives au niveau international**, lançant, lors du sommet pour l'action sur l'IA à Paris de **février 2025**, **la coalition pour une intelligence artificielle (IA) écologiquement durable**. Ce

[1] Référentiel général pour l'IA frugale. Une AFNOR SPEC pour mesurer et réduire l'impact environnemental de l'IA, *Afnor, juin 2024.*

[2] *Comme l'indique l'Afnor dans sa réponse écrite au questionnaire des rapporteurs,* « il y a un vrai besoin de la part des acteurs publics de disposer d'un référentiel pour pouvoir identifier vers quels acteurs l'on se tourne, car potentiellement demain le critère prix n'est plus suffisant et il faut pouvoir se tourner vers un critère impact environnemental pour assurer le choix de sa solution dans les appels d'offres ».

Version provisoire

sommet a également été marqué par la déclaration pour une IA inclusive et durable, signée par environ 60 pays, qui mentionne notamment dans ses priorités le fait de « *rendre l'IA durable pour les populations et la planète* ».

Le lancement de cette coalition vise à accélérer la dynamique mondiale tendant à placer l'IA sur une voie plus durable d'un point de vue écologique et ainsi à « *réduire l'impact environnemental de l'ensemble du cycle de vie de l'IA et à promouvoir son usage comme levier de transition écologique* »[1].

Les objectifs de cette coalition sont notamment :

- d'**éviter la duplication d'initiatives internationales et soutenir le passage à l'échelle d'initiatives existantes**. Une des premières actions a ainsi été la création d'un groupe de travail regroupant les principales organisations internationales de normalisation (Organisation internationale de normalisation – ISO -, Union internationale des télécommunications de l'ONU – UIT - et Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens – IEEE) pour définir les défis relatifs à la normalisation sur l'évaluation de l'impact environnemental de l'IA et les indicateurs minimaux à intégrer dans de telles normes. Une feuille de route sur la normalisation de l'impact environnemental de l'IA a été établie lors du sommet de février 2025 ;

- de **favoriser le partage de connaissance et de bonnes pratiques sur l'IA durable** au niveau international.

Cette coalition, qui n'a ni statut ni personnalité juridique, est avant tout un réseau informel, dont le CGDD assure le secrétariat. Elle comptait au départ 91 partenaires, dont 37 entreprises technologiques, 10 pays et 5 organisations internationales (dont le Programme des nations unies pour le développement et l'Agence internationale de l'énergie). En avril 2026, soit un peu plus d'un an plus tard, elle comprenait 260 membres : 68 entreprises internationales, dont des entreprises leaders du secteur l'IA et du numérique, 28 instituts de recherche, 15 États[2] et 9 organisations internationales.

Les rapporteurs saluent cette initiative qui a permis de porter un agenda international sur l'IA durable, dans un contexte pourtant difficile où une éventuelle gouvernance de l'IA est rejetée par nombre de pays ou limitée à la seule dimension sécuritaire. Il est d'ailleurs regrettable que ni les principaux développeurs de modèles, ni les *big techs* américains, n'en soient membres, tout comme les États-Unis, qui sont actuellement hostiles à tout dispositif contraignant et à toute réglementation de l'IA.

Les rapporteurs appellent le Gouvernement à maintenir sa mobilisation et à renforcer sa stratégie d'influence internationale : si l'adhésion d'acteurs privés est essentielle, en raison de leur rôle essentiel dans

Version provisoire

[1] *Réponse écrite du CGDD et de la DNUM au questionnaire des rapporteurs.*

[2] *Les états membres fondateurs de la coalition sont, outre la France : l'Allemagne, le Chili, la Corée du Sud, le Danemark, la Finlande, l'Inde, le Kenya, le Maroc, la Norvège et le Royaume-Uni.*

le déploiement de l'IA à l'échelle mondiale, il est indispensable d'inciter d'autres États à rejoindre la coalition.

Par ailleurs, **ils appellent à ce que la coalition puisse déboucher sur des projets concrets et à des dynamiques commerciales ou de R&D souveraines** en assurant, par exemple, des facilités aux entreprises des pays ayant rejoint la coalition.

Recommandation n° 7 : Poursuivre la mobilisation de la France pour renforcer la dynamique mondiale en faveur d'une IA durable, notamment en incitant d'autres États et d'autres grandes entreprises à rejoindre la Coalition pour une IA durable, et en faisant déboucher cette coalition sur des projets concrets en matière commerciale et de R&D.

2. Consolider le positionnement de leader de la France sur l'IA frugale

Outre la maximisation des apports de l'IA en matière d'environnement (cf. *supra*), les rapporteurs appellent au **soutien au développement d'une intelligence artificielle plus frugale** par des mesures prises au niveau national, mais surtout au niveau européen.

a) La bonne technologie pour le bon cas d'usage : soutenir le développement des modèles d'IA adaptés aux besoins et moins consommateurs de ressources

Comme l'a indiqué Baptiste Perrissin Fabert, directeur général délégué de l'Ademe, devant la commission, il convient d'adopter « ***la bonne technologie pour le bon cas d'usage, adaptée aux besoins*** ». Audrey Herblin-Stoop, directrice des affaires publiques de Mistral AI, l'a confirmé, lors de cette même audition : « *tous les usages ne requièrent pas ces grands modèles : il y a une éducation à faire auprès des utilisateurs – je parle beaucoup moins du grand public (…) que des entreprises qui utilisent l'intelligence artificielle.* ***Il faut éduquer sur le bon choix de modèle pour le bon cas d'usage****. Ce choix est important, parce que des modèles plus petits vont non seulement avoir une empreinte plus faible au moment de l'entraînement, mais aussi une empreinte plus faible au moment de l'inférence.* »[1]

Les travaux de la mission d'information ont clairement montré que **le choix**, par les acteurs économiques ayant recours à l'intelligence artificielle, **de modèles adaptés, souvent plus petits et spécialisés[2], était une solution permettant de limiter l'empreinte environnementale**.

[1] Audition plénière de la commission du mercredi 4 février 2026.

[2] *Alors que les modèles généralistes d'IA sont conçus pour exécuter une multitude de tâches variées, les modèles spécialisés sont entraînés pour un secteur ou un métier précis.*

Version provisoire

Ainsi, selon certaines études, les modèles spécialisés émettent 0,3 g de CO_2eq pour 1 000 inférences, contre 10 grammes pour un modèle polyvalent sur la même tâche[1]. L'Autorité de la concurrence souligne que « *des études montrent (…) que, pour des applications liées à l'imagerie médicale ou à la vision par ordinateur (permettant à des machines d'analyser des données à partir d'images ou de vidéos),* ***des petits modèles peuvent offrir des performances élevées tout en restant économes en ressources****. Pour le traitement de texte, des modèles plus petits peuvent également suffire pour des tâches plus ciblées comme la vectorisation de mots (en anglais* « text embedding »*), technique utilisée pour transformer les mots en représentations numériques compréhensibles par un ordinateur, par opposition à la production de texte (*« text understanding »*), pour laquelle les plus grands modèles de langage ont de meilleures performances. L'approche ouverte (dite* « open source »*) permet également de réutiliser le modèle plus facilement et donc de mutualiser toute ou partie de la phase d'entraînement, particulièrement consommatrice en calcul.* »[2] Selon l'Unesco, l'adoption des petits modèles, les « *Small Langage Models* » (SLM), pourrait permettre de réaliser jusqu'à 90 % d'économies d'énergie par rapport à des LLM tout en conservant une grande précision[3].

Les professionnels du numérique et de l'IA partagent le même diagnostic. Le syndicat professionnel Numeum souligne ainsi que « ***choisir le bon modèle d'IA est une décision cruciale*** *qui impacte directement l'efficacité, les coûts et l'empreinte environnementale d'un projet* ». Il précise qu'« *utiliser un modèle surpuissant pour une tâche simple est inefficace, cela consomme beaucoup plus de ressources (…) que nécessaire, générant des coûts inutiles et une empreinte carbone proportionnelle à cette surconsommation* » et que, « *là où un modèle effectuerait une tâche en quelques millisecondes avec une consommation énergétique minimale, un autre modèle pourrait consommer 10 à 15 fois plus d'électricité pour le même résultat* »[4]. Microsoft a, de son côté, lancé une gamme de petits modèles de langage, visant à réduire significativement les besoins en ressources de calcul tout en égalant, voire en dépassant pour certains usages, des modèles pouvant être jusque 25 fois plus volumineux[5].

Les rapporteurs estiment donc qu'il convient d'encourager le développement de petits modèles d'IA spécialisés, qui contribueront à une IA plus sobre en ressources. Comme le souligne en effet l'Ademe, « *un autre modèle d'une IA frugale est (…) possible, fondé sur le développement de petits modèles d'IA générative spécialisés plus sobres que les grands modèles généralistes* »[6].

Les rapporteurs appellent donc à la mise en place d'un soutien public aux petits modèles spécialisés, ce soutien pouvant se matérialiser au

[1] *Réponse écrite de l'ESSCA* School of Management *au questionnaire des rapporteurs.*
[2] Les questions concurrentielles relatives à l'impact énergétique et environnemental de l'Intelligence Artificielle, *Autorité de la concurrence, étude, 17 décembre 2025.*
[3] *Source :* Intelligence artificielle générative : quels défis environnementaux ?, *Arcep, mai 2026.*
[4] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[5] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[6] Numérique & Environnement : entre opportunités et nécessaire sobriété, *Ademe, Avis, janvier 2025.*

Version provisoire

premier chef par **une campagne d'information et de sensibilisation menée auprès des acteurs publics et privés**. À la manière de la campagne de communication sur l'empreinte environnementale de l'IA, destinée au grand public, que les rapporteurs appellent de leurs vœux (*cf. supra*), cette campagne pourrait mettre en avant, outre les enjeux environnementaux, l'intérêt économique des petits modèles spécialisés : Bpifrance souligne ainsi que « *des modèles plus légers, plus spécialisés et mieux calibrés sont souvent moins coûteux à entraîner et à exploiter et plus rapides à déployer* »[1].

Cette politique de soutien public pourrait également se matérialiser par des **dispositifs de financement spécifiques**, à l'exemple des appels à projet lancés par Bpifrance.

Recommandation n° 8 : Assurer un soutien public au développement des petits modèles d'IA spécialisés : mener une campagne d'information auprès des acteurs publics et privés sur l'intérêt de ces petits modèles spécialisés et prévoir des dispositifs financiers adaptés.

b) Soutenir les entreprises innovantes contribuant à l'émergence d'une IA frugale

Au-delà de la question du développement de petits modèles d'IA spécialisés, **les rapporteurs estiment indispensable de renforcer le soutien public aux entreprises innovantes qui contribuent à l'émergence d'une IA frugale**.

Au cours de leurs travaux, ils ont entendu les dirigeants de plusieurs entreprises innovantes, notamment :

- MountAIn, qui développe un logiciel capable d'embarquer des modèles d'IA sur des petites cartes électroniques basse consommation, équivalents de micro-centres de données, une solution qui réduit drastiquement les émissions de gaz à effet de serre ;

- Monia, qui développe un nouveau type d'IA, entraîné nativement sur des processeurs standards de type CPU et qui repose sur trois piliers : la performance, la souveraineté des données et la sobriété technologique, notamment grâce à une approche CPU moins consommatrice en ressources qu'un recours aux GPU.

Dans son rapport d'information sur l'impact de l'IA sur les entreprises[2], **la délégation sénatoriale aux entreprises a appelé à soutenir la croissance des entreprises innovantes dans l'IA**, en formulant notamment les recommandations suivantes :

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

[2] L'entreprise 5.0 : impact de l'IA sur les entreprises, *Rapport d'information n° 572 (2025-2026), Damien Michallet et Laurence Garnier.*

Version provisoire

- la création d'un fonds stratégique souverain alimenté par les investisseurs institutionnels français, et en particulier les compagnies d'assurance, permettant d'investir dans des fonds homologués et spécialisés dans le financement par fonds propres des entreprises de l'IA (*recommandation n° 10*) ;

- la création d'un statut de jeune entreprise innovante en IA (JEIIA) afin d'alléger les charges fiscales et sociales pesant sur les entreprises de ce secteur particulièrement exposé à la concurrence mondiale (*recommandation n° 11*) ;

- la prolongation, sans limitation de durée, du crédit d'impôt innovation bénéficiant aux PME et l'inclusion explicite de la modernisation des processus de production par l'IA (*recommandation n° 12*) ;

- l'intégration de l'IA au régime fiscal de l'IP Box et la clarification du droit fiscal et du plan comptable général relatif à l'IA (*recommandation n° 13*).

Les rapporteurs souscrivent pleinement à ces propositions auxquelles ils s'associent, notamment celle de la création d'un fonds stratégique souveraine, **et soulignent que les entreprises innovantes en matière d'IA frugale devraient bénéficier prioritairement de ces dispositifs de soutien**.

Recommandation n° 9 : Soutenir, par des dispositifs de financement adaptés, le développement des entreprises innovantes dans le domaine de l'IA frugale.

c) La commande publique, un levier essentiel pour orienter l'intelligence artificielle vers davantage de frugalité

Comme l'a souligné la commission d'enquête du Sénat sur les coûts et les modalités effectifs de la commande publique et la mesure de leur effet d'entraînement sur l'économie française, **la commande publique est un « *moteur essentiel de l'économie française* » disposant d'un « *puissant effet levier* »**[1]. La commission relevait que la commande publique était un « *outil [pouvant être] mis au service des transitions environnementales et sociales* ».

Dans la droite ligne des conclusions de la commission d'enquête, **les rapporteurs estiment que la commande publique peut être un levier puissant au service du développement d'une intelligence artificielle frugale**.

L'ensemble des interlocuteurs de la mission d'information ont en effet loué le rôle potentiel majeur de la commande publique, qui peut créer un cercle vertueux en incitant les acteurs économiques à adapter des pratiques plus sobres et en récompensant les acteurs pionniers en matière de durabilité.

Le Commissariat général au développement durable (CGDD) et la direction du numérique (DNUM) du ministère de la transition écologique, de

[1] L'urgence d'agir pour éviter la sortie de route : piloter la commande publique au service de la souveraineté économique, *Rapport n° 830 (2024-2025),, Simon Uzenat, président, Dany Wattebled, rapporteur.*

Version provisoire

la biodiversité et des négociations internationales sur le climat et la nature ont ainsi estimé que « *la commande publique représente un levier pour encourager acheteurs publics comme entreprises à déployer et développer des solutions d'IA durables* »[1]. Ce point de vue est partagé par la Fédération des industries électriques et numériques (Fieec), qui a souligné que « *la commande publique constitue un levier important pour faire évoluer les pratiques* »[2], par la Fondation Edith Selzer, qui a relevé que « *la commande publique représente un levier d'action puissant, peut-être le plus puissant, pour orienter le marché vers des solutions plus sobres, plus durables et plus souveraines* »[3] ou encore par le CHU d'Angers, qui a confirmé que « *la commande publique représente un levier puissance d'orientation du marché* »[4]. Les Amis de la Terre ont, quant à eux, estimé que « *la commande publique doit favoriser des IA « frugales » et des solutions de communs numériques (*open source*, décentralisés) plutôt que de subventionner indirectement des géants privés propriétaires* »[5], tandis que l'Autorité de la concurrence a constaté que, « *du côté de la demande, la commande publique, et en particulier l'insertion de clauses environnementales, est un instrument utile pour mettre en valeur la frugalité* »[6].

Les entreprises de l'IA ont elles-mêmes reconnu le bénéfice procuré par la commande publique qui, selon Mistral AI, constitue « *un levier stratégique pour le développement des acteurs de l'IA, et plus largement pour l'émergence d'une économie numérique vertueuse* »[7] ou qui, selon Open AI, « *peut jouer un rôle constructif dans la promotion de pratiques numériques durables* »[8].

À cet égard, les rapporteurs s'inscrivent **dans la droite ligne des conclusions de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique** qui appelait, **en 2020**, à **« *activer le levier de la commande publique pour contribuer à renforcer les marchés de réemploi et de réparation*** »[9].

Version provisoire

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[4] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[5] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[6] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[7] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[8] *Contribution écrite transmise aux rapporteurs.*
[9] *Rapport d'information n° 555 (2019-2020) de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique, Patrick Chaize, président, Guillaume Chevrollier et Jean-Michel Houllegatte, rapporteurs. La recommandation n° 12 de ce rapport appelait ainsi à* « activer le levier de la commande publique pour contribuer à renforcer les marchés de réemploi et de réparation en : imposant la prise en compte de critères de durabilité des produits dans les marchés publics, sur la base notamment des critères de l'indice de réparabilité, obligatoire au 1er janvier 2021, puis de l'indice de durabilité à partir du 1er janvier 2024 ; ajoutant systématiquement une clause de réemploi ou un lot réemploi dans les appels d'offres publics d'achats d'équipements neufs ».

En s'appuyant notamment sur ces conclusions, **la « loi Reen »** inclut **plusieurs dispositions clés en matière de commande publique** :

- son **article 15** a imposé aux services de l'État et aux collectivités territoriales, à compter du 1er janvier 2023, de prendre en compte, lors de l'achat public de produits numériques, l'**indice de réparabilité**. Il impose, depuis le 1er janvier 2026, la prise en compte de l'**indice de durabilité** ;

- son **article 35** a imposé aux communes de plus de 50 000 habitants et aux établissements publics à fiscalité propre de plus de 50 000 habitants d'élaborer, au plus tard le 1er janvier 2025, une **stratégie numérique responsable**. Un décret du 29 juillet 2022[1] en a détaillé le contenu, précisant ainsi que cette stratégie comprend des objectifs de réduction de l'empreinte numérique du territoire, portant notamment sur « *la commande publique locale et durable, dans une démarche de réemploi, de réparation et de lutte contre l'obsolescence* »[2].

En complément de la « loi Reen », **d'autres initiatives ont été prises en matière d'intégration des enjeux environnementaux dans la commande publique**, notamment numérique.

L'article 35 de la loi « Climat et Résilience »[3], qui a rappelé le rôle essentiel de la commande publique qui « *participe à l'atteinte des objectifs de développement durable, dans leurs dimensions économique, sociale et environnementale* »[4], a ainsi transformé la commande publique en exigeant qu'**au plus tard le 22 août 2026, 100 % des marchés publics intègrent des critères ou des clauses environnementales**. Dans ce cadre, le CGDD pilote le plan national d'achat durable (**PNAD**) qui s'est décliné, sur la période 2022-2025, en 22 actions visant les acteurs de terrain (acheteurs, élus, acteurs économiques).

Pour ce qui concerne plus spécifiquement l'intelligence artificielle, une **fiche pratique pour l'achat responsable de solutions d'intelligence artificielle**[5] a été publiée en novembre 2025 par la MiNumEco (Dinum et ministère chargé de la transition écologique), l'Ecolab du CGDD et la direction des achats de l'État du ministère de l'action et des comptes publics. Ce guide pratique comprend notamment des conseils, des questions à poser aux fournisseurs et des exemples de clauses et d'indicateurs permettant d'intégrer la dimension environnementale dans les marchés d'IA. Il « *rappelle que l'acheteur peut intégrer dans le [cahier des clauses techniques particulières] (CCTP)*

Version provisoire

[1] *Décret n° 2022-1084 du 29 juillet 2022 relatif à l'élaboration d'une stratégie numérique responsable par les communes de plus de 50 000 habitants et les établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre de plus de 50 000 habitants.*
[2] *1° de l'article D. 2311-15-1 du code général des collectivités territoriales, créé par l'article 1er du décret n° 2022-1084 précité.*
[3] *Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets.*
[4] *Disposition codifiée à l'article L. 3-1 du code de la commande publique.*
[5] *https://achats-durables.gouv.fr/fiche-pratique-lachat-responsable-solutions-dia-868.*

des exigences portant sur la mesure de l'impact environnemental de la solution, sur la consommation d'eau et d'énergie, sur les indicateurs de performance des infrastructures d'hébergement, ainsi que sur la maîtrise du nombre d'entraînements et de réentraînements du modèle »[1].

En lien avec la création du Conseil national de la commande publique (CNCP) en février 2026, la direction des affaires juridiques du ministère de l'économie associe actuellement le CGDD à l'élaboration d'un **guide d'achat public de l'IA**, qui s'inspirera en partie de cette fiche pratique.

Pour les rapporteurs, **si ces initiatives vont dans le bon sens et doivent être saluées, il faut passer à la vitesse supérieure**, notamment en leur assurant une plus grande publicité. Le syndicat professionnel Numeum souligne ainsi que « *s'agissant de la commande publique (…), le manque de visibilité sur la place occupée par les critères environnementaux dans la commande publique persiste* »[2].

Les rapporteurs notent par ailleurs – et regrettent - que **la circulaire du Premier ministre du 5 février 2026 sur la commande publique numérique[3] ne mentionne pas l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle**. Elle fixe, parmi les objectifs à prendre en compte dans les décisions en matière d'achats numériques, un objectif de durabilité mais qui semble ne s'appliquer qu'aux équipements[4] et cet objectif apparaît en dernier parmi les neuf objectifs mentionnés par la circulaire[5].

La Dinum estime elle-même que « ***le droit actuel ouvre déjà plusieurs de ces leviers : l'enjeu est désormais de les rendre plus opérationnels et plus contraignants*** », soulignant que « *la commande publique prend en compte l'enjeu de l'empreinte environnementale de l'IA, mais encore de façon partielle, inégale et insuffisamment objectivée*. »[6]

Les rapporteurs appellent donc à une généralisation de la prise en compte de l'empreinte environnementale de l'IA par la commande publique. La **fiche pratique de novembre 2025** constitue une très bonne base : **sa publicité devrait être assurée plus largement auprès des acteurs publics** (services de l'État et collectivités territoriales) et **son usage devrait être généralisé**. Elle devrait devenir un référentiel pour les achats publics de solutions d'IA et être ainsi intégrée dans les pratiques, les formations et les modèles de pièces de marché.

Version provisoire

---

[1] *Réponse écrite du CGDD et de la DNUM au questionnaire des rapporteurs.*

[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

[3] *https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ ?id=45649.*

[4] *La circulaire prévoit ainsi que «* chaque acheteur intègre, parmi les critères d'attribution ou les conditions d'exécution, une dimension environnementale et sociale, de sorte à réduire l'empreinte environnementale du numérique, en privilégiant notamment le réemploi et le recyclage, et en allongeant la durée de vie des équipements ».

[5] *Ces objectifs sont les suivants : la performance métier, la souveraineté numérique, la sécurité, le coût de la solution, la disponibilité, l'adaptabilité et la réversibilité, la maintenance, l'interopérabilité.*

[6] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Aux yeux des rapporteurs, **l'introduction des critères de durabilité dans les marchés publics devrait être généralisée**, comme l'ont souligné bon nombre des interlocuteurs de la mission d'information, notamment avec l'obligation de communication de l'empreinte environnementale d'une solution sur l'ensemble du cycle de vie, à travers par exemple l'écoscore (cf. *recommandation n° 14*), l'intégration d'un critère « empreinte environnementale » ou encore la valorisation de certains labels reconnus, comme le label Numérique Responsable.

À la manière de l'article 55 de la « loi Agec »[1], qui a prévu que, à compter du 1er janvier 2021, « *les administrations (…) promeuvent [lors de leurs achats] le recours à des logiciels dont la conception permet de limiter la consommation énergétique associée à leur utilisation* », l'obligation de prise en compte d'un critère environnemental de frugalité des services d'IA – s'appuyant sur le référentiel sur l'IA frugale ou sur le RGESN – pourrait être introduite dans la loi.

Recommandation n° 10 : Activer le levier de la commande publique pour contribuer au développement des solutions d'IA frugale, notamment en :

- assurant la diffusion et la généralisation de l'usage de la fiche pratique pour l'achat responsable de solutions d'IA élaborée en novembre 2025 ;

- intégrant dans la loi un critère d'empreinte environnementale des services d'IA pour les achats publics.

3. Lancer une politique européenne ambitieuse en faveur du développement d'une IA durable

Au-delà des mesures pouvant être prises en France ou des initiatives initiées au niveau international – qui restent cependant, à ce stade, déclaratoires -, les rapporteurs sont convaincus qu'**une politique, y compris industrielle, ambitieuse en faveur du développement d'une IA durable doit être lancée au niveau européen**.

La **pertinence de l'échelon européen** a été soulignée par de nombreux interlocuteurs de la mission d'information, notamment les professionnels du secteur soucieux d'éviter que des distorsions soient créées du fait de règles qui ne s'appliqueraient qu'aux acteurs français. OVHcloud estime ainsi qu'« *une actualisation de la loi Reen au seul niveau national ne paraît pas opportune. La nature transnationale des infrastructures numériques et des modèles d'IA rend indispensable une approche harmonisée à l'échelle européenne, seule à même de garantir des conditions de concurrence équitables et une efficacité réelle des mesures envisagées*. »[2] tandis que le syndicat Numeum affirme que « *le niveau européen est le plus pertinent pour avancer sur la thématique ; il faut éviter l'apparition d'initiatives*

[1] *Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

réglementaires nationales qui fragmenteraient le marché européen et pénaliseraient la filière numérique nationale »[1].

Les initiatives prises au niveau européen en matière d'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle restent à ce jour très limitées.

Ainsi le **règlement européen sur l'intelligence artificielle** de juin 2024[2], dit *AI Act*, fixe des règles relatives aux usages de l'intelligence artificielle mais **s'intéresse peu aux questions environnementales**, ce qui conduit Thomas Le Goff à estimer que « *la protection de l'environnement est le grand oublié du Règlement européen sur l'IA* »[3].

Le Règlement se contente d'imposer une obligation aux fournisseurs de modèles d'IA à usage général de mentionner dans la documentation technique la « *consommation énergétique connue ou estimée du modèle* »[4], ainsi que la possibilité d'élaborer des codes de conduite « *pour l'application volontaire de certaines exigences [telles que] l'évaluation et la réduction au minimum de l'incidence des systèmes d'IA sur la durabilité environnementale, y compris en ce qui concerne la programmation économe en énergie et les techniques pour la conception, l'entraînement et l'utilisation efficaces de l'IA* »[5].

D'autres initiatives sont en cours, à l'exemple du projet de règlement d'exécution sur le système de notation de la durabilité des centres de données, prévu par la directive sur l'efficacité énergétique[6]. L'Ademe souligne cependant le peu d'ambition des institutions européennes sur l'enjeu de l'empreinte environnementale : « *la Commission européenne est en retard : par exemple, nous n'arrivons pas à monter un programme européen sur l'impact environnemental de l'IA avec les agences des autres États membres, le sujet n'étant identifié dans aucun programme de financement européen* »[7].

Les rapporteurs appellent donc à la mise en place d'une politique ambitieuse au niveau européen en faveur du développement d'une IA frugale, notamment par le biais d'une révision ciblée de l'*AI Act* ou de l'édiction d'autres textes.

Les référentiels élaborés en France, et notamment le référentiel général sur l'IA frugale (cf. *supra*), **pourraient utilement faire l'objet d'une**

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Règlement (UE) 2024/1689 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 établissant des règles harmonisées concernant l'intelligence artificielle et modifiant les règlements (CE) n° 300/2008, (UE) n° 167/2013, (UE) n° 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018-1139 et (UE) 2019/2144 et les directives 2014/90/UE, (UE) 2016/797 et (UE) 202-1828.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[4] *E du 2. De la section 1 de l'annexe XI du Règlement.*
[5] *Article 95 du Règlement, notamment le b de son 2.*
[6] *Directive (UE) 2023/1791 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 relative à l'efficacité énergétique et modifiant le règlement (UE) 2023/955.*
[7] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

conversion et d'une consolidation au niveau européen. Le CGDD et la DNUM soulignent d'ailleurs que « *les travaux de normalisation de l'évaluation de l'impact environnemental de l'IA progressent sous l'impulsion de la France* »[1] : la France est actuellement pilote, au sein du Comité européen de normalisation (CEN), pour réaliser un document harmonisé à l'échelle européenne sur la mesure de l'empreinte environnementale des systèmes d'IA et de bonnes pratiques pour la réduire.

Il est surtout indispensable d'introduire des **mesures d'écoconception des services numériques, dont les services d'IA**. Cet objectif figure d'ailleurs au sein de la stratégie nationale bas-carbone qui indique que « *la France soutiendra une ambition forte au niveau européen pour encourager la sobriété numérique, l'écoconception des services numériques, et le développement de l'IA frugale* ». L'Arcep appelle également à **intégrer l'écoconception des services d'IA dans la régulation européenne des fournisseurs**[2], souhaitant la « *mise en place de mesures d'écoconception pour les services d'IA en faveur de l'usage de modèles plus frugaux, en s'inspirant des mesures déjà identifiées dans des référentiels tels que le RGSEN (…) ou le référentiel général pour une IA frugale* ».

Les rapporteurs estiment que **ces initiatives devraient s'insérer dans le cadre d'une politique industrielle ambitieuse**, que Philippe Aghion, prix Nobel d'économie, a appelé de ses vœux lors de son audition par la commission[3]. Le groupe Iliad, détenteur du fournisseur d'accès à internet Free, souligne lui-même qu'« *une politique industrielle volontariste en matière d'IA est non seulement nécessaire, mais indispensable pour espérer développer des IA compatibles avec nos exigences, notamment environnementales* ». Cette politique industrielle pourrait passer par le **conditionnement des aides publiques** à une évaluation systématique de l'empreinte environnementale, à partir d'une méthodologie commune et harmonisée au sein de l'UE. Elle pourrait également conduire à **imaginer la création d'un « Airbus de l'IA »**, Airbus constituant le symbole par excellence de la réussite industrielle et technologique européenne permise lorsque les différents États coopèrent à un projet commun.

Version provisoire

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] Intelligence artificielle générative : quels défis environnementaux ?, *Arcep, mai 2026.*
[3] *Audition plénière par la commission, le mercredi 20 mai 2026.*

Le développement d'une IA frugale pourrait être **un levier de compétitivité**. Le cabinet Deloitte souligne ainsi qu'« ***une IA plus frugale peut devenir un facteur de compétitivité*** *si elle réduit les coûts d'usage, la dépendance énergétique, les risques réglementaires et l'empreinte environnementale* »[1], ce que confirme l'Ademe, qui estime que « *la mise en œuvre de (…) bonnes pratiques d'écoconception pourrait être un facteur différenciant au service de la compétitivité européenne : adapter les services aux besoins, en réduisant la consommation énergétique et en ressources de calcul, peut par exemple impliquer des coûts économiques plus réduits et une plus grande autonomie et se traduire en avantage concurrentiel* »[2], ou l'Arcep, qui indique que « *à travers une ou plusieurs initiatives législatives à venir, l'Union européenne pourrait ainsi se doter d'instruments œuvrant au développement de services d'IA alignés avec ses objectifs environnementaux, et dont l'efficacité pourrait être, à terme, un avantage compétitif compte tenu des contraintes croissantes sur les ressources* » [3].

Recommandation n° 11 : Lancer une politique européenne ambitieuse en faveur de l'IA frugale :

- porter au niveau européen le référentiel général pour l'IA frugale et le RGESN ;

- introduire des mesures d'éco-conception des services numériques, dont les services d'IA, au niveau européen ;

- porter une politique industrielle commune, pouvant aboutir à la création d'un « Airbus de l'IA ».

C. MESURER, INFORMER, SENSIBILISER : LES CONDITIONS D'UN USAGE PLUS SOBRE DE L'IA

1. Les analyses de cycle de vie de Mistral AI et Google : des initiatives privées bienvenues mais insuffisantes

La réduction de l'empreinte environnementale de l'IA nécessite, tout d'abord, de disposer d'une évaluation précise de son empreinte.

Deux entreprises privées, Mistral AI et Google, ont effectué **une analyse de cycle de vie (ACV) de leurs modèles de langage**, respectivement *Mistral large* et *Gemini*, toutes deux publiées au cours de l'été 2025.

Les rapporteurs saluent ces deux initiatives, qui ont permis d'ouvrir le débat sur l'empreinte environnementale des modèles de langage.

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

[2] L'intelligence artificielle générative : des impacts environnementaux importants, *Ademe, juillet 2026.*

[3] Intelligence artificielle générative : quels défis environnementaux ?, *Arcep, mai 2026.*

Version provisoire

Ces démarches privées n'ont malheureusement pas été suivies par les fournisseurs des autres grands modèles de langage : ni OpenAI, exploitant de ChatGPT, ni Anthropic, exploitant de Claude, n'ont en effet à ce jour effectué d'analyse de l'empreinte environnementale de leurs modèles de langage. Le président-directeur général d'OpenAI, Sam Altman, s'est contenté d'un article de blog où il a cité quelques chiffres concernant une requête GPT-4, sans toutefois fournir aucune précision méthodologique ni aucune preuve d'une évaluation par les pairs.

L'étude ACV de Mistral AI, pour laquelle l'entreprise a bénéficié d'un accompagnement de l'Ademe et du cabinet Carbone 4, **est la plus robuste**. Le chercheur Thomas Le Goff comme l'Afnor, entendus par les rapporteurs, ont ainsi insisté sur la solidité de la méthodologie employée. L'étude a ainsi été réalisée selon la méthodologie IA frugale développée par l'Afnor et est conforme aux normes internationales, notamment le *Green House Gas* (GHG) *Protocol Product Standard* et les normes ISO 14 040 et ISO 14 044[1]. Pour garantir la robustesse de l'étude, celle-ci a également été revue par les cabinets Resilio et Hubblo, deux acteurs spécialisés dans les audits environnementaux du secteur numérique. L'association *Data for Good* considère également que « *Mistral est aujourd'hui le fournisseur ayant produit l'étude la plus avancée sur le sujet en publiant la première et seule ACV de fournisseur de LLM multicritère (métaux, eaux, gaz à effet de serre)* ». Elle regrette toutefois que « *l'entreprise n'a pas souhaité publier la méthodologie employée ni les résultats détaillés ce qui rend difficile l'audit par le public et la réutilisation* »[2].

L'étude ACV de Gemini a fait l'objet, au cours des auditions, de critiques méthodologiques. Le chercheur Thomas Le Goff indique ainsi que « *l'étude ne précise pas quel modèle a été testé, ne mesure que l'eau consommée par le centre de données directement et les consommations indirectes (au cours du cycle de vie ou consommée pour la production d'électricité), et comptabilise les émissions en suivant une comptabilité fondée sur le marché (donc compensée par garanties d'origine)* »[3].

Le choix, pour l'énergie, **d'adopter une comptabilité fondée sur le marché plutôt que sur la localisation** a également été contesté par l'association *Data for Good* au cours de son audition.

Version provisoire

[1] *Source : réponse écrite de l'Afnor au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Différences entre la comptabilité fondée sur le marché ou la localisation

La **comptabilité fondée sur la localisation se base sur un facteur d'émission géographique**. Les entreprises doivent multiplier leur **donnée d'activité** — c'est-à-dire leur consommation énergétique annuelle, qui s'exprime en kilowattheures — par le **facteur d'émission** — qui est un coefficient multiplicateur établi en fonction du mix énergétique national, qui permet de déterminer quelle quantité de CO_2 est émise par kilowattheure d'énergie consommée. Cette méthode est détaillée dans le guide méthodologique à suivre pour établir un bilan d'émission de gaz à effet de serre publié en juillet 2022 par le ministère de la transition écologique et l'Ademe[1].

La **comptabilité fondée sur le marché est issue du *Greenhouse Gas (GHG) Protocol***, qui élabore des standards de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre. Pour se conformer au standard applicable aux entreprises, le « *Corporate Standard* », les sociétés calculent la quantité de gaz à effet de serre émise par leur consommation d'électricité **en fonction de leurs engagements contractuels**. En effet, une entreprise peut souscrire à une offre d'électricité dite « verte », pour réduire ses émissions comptabilisées dues à sa consommation d'énergie. Pour commercialiser des offres dites « vertes », le fournisseur doit prouver qu'a été injectée sur le réseau électrique une quantité d'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables équivalente à la consommation du client.

L'entreprise peut donc **annuler comptablement les émissions de gaz à effet de serre** associées à l'électricité consommée en contractant avec un fournisseur d'électricité d'origine renouvelable, même si cette production a lieu dans un autre réseau électrique et ne contribue pas à répondre à la demande.

L'étude de Mistral AI a été effectuée selon la méthode fondée sur la localisation, tandis que l'étude de Google utilise la méthode fondée sur le marché.

Version provisoire

Le **périmètre choisi par Google** a par ailleurs été déploré par les associations Les Amis de la Terre comme par *Data for Good*. L'entreprise communique sur l'empreinte d'une seule requête sans divulguer l'impact global du système ni les effets rebonds tandis que, pour *Data for Good*, « *la définition du système étudié et donc de l'inventaire matériel considéré est floue* »[2] : l'entraînement du modèle, le stockage des données, le réseau ainsi que les équipements utilisateurs du calcul d'empreinte et des consommations d'énergie sont exclus du calcul.

Enfin, l'étude ACV de Gemini **ne permet pas d'isoler l'empreinte spécifique de fonctionnalités**. Google a ainsi lancé en France le 22 juillet 2026 les « Aperçus IA » ou « *AI Overviews* ». Cette nouvelle fonctionnalité affiche directement en haut des résultats de recherche une réponse synthétique générée par intelligence artificielle. Comme l'a indiqué l'entreprise aux rapporteurs, ce nouvel usage généralisé de l'IA n'a fait l'objet d'aucune étude

[1] *La publication de cette méthodologie par le ministère de la transition écologique et l'Ademe est prévue aux articles R. 229-48 et R. 229-49 du code de l'environnement.*

[2] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

d'impact environnemental, « *Google ne publiant pas d'études d'impact environnemental isolées pour des fonctionnalités ou applications spécifiques destinées aux utilisateurs finaux* »[1].

En dépit de ces critiques, les rapporteurs tiennent **à saluer l'effort de transparence de Google** qui, à la différence des autres grands exploitants de modèles de langage, a publié une ACV certes perfectible, mais qui constitue une première démarche bienvenue.

Comparaison des études publiées par Google et Mistral AI

	Mistral AI	Google
Méthodologie	Analyse en cycle de vie	Méthodologie personnalisée
Indicateurs publiés	Pour **l'entraînement** et l'inférence : émissions GES, consommation d'eau, **consommation de métaux**	Pour l'inférence : **consommation d'électricité**, émissions GES, consommation d'eau
Type de requête pour l'inférence	Réponse d'une page (400 tokens) pour le modèle large 2	Requête « médiane », sans précisions sur le nombre de tokens ou le modèle employé
Périmètre pour la consommation d'eau	Consommation d'eau directe (refroidissement) et indirecte (production d'énergie)	Consommation d'eau directe
Mix électrique	Mix géographique	Mix « marché » (prise en compte des Garanties d'Origine)

Source : Ademe

Au cours de leurs auditions, les rapporteurs ont pu constater les **limites de ces exercices**, au-delà des biais méthodologiques présentés.

Tout d'abord, les **méthodologies différentes utilisées** ne permettent pas de comparer les deux ACV, comme l'ont déploré l'entreprise Mistral AI ou encore l'Afnor. Au cours de son audition, l'*Essca School of Management* a souligné les différences phénoménales d'ordre de grandeur entre les deux ACV, qui ne s'expliquent que par une méthodologie sensiblement différente : Gemini serait ainsi 38 fois moins émissif que Mistral, et 180 moins consommateur d'eau. Le périmètre choisi est également différent dans les deux études : 400 jetons[2] pour l'étude de Mistral AI, contre un *prompt*[3] de texte médian pour Google. Comme l'a indiqué la fédération professionnelle

[1] *Réponse écrite aux rapporteurs.*

[2] *Un jeton – ou* token *en anglais – est la plus petite unité de texte qu'un modèle d'IA générative traite, correspondant à un mot, une partie de mot, un signe de ponctuation ou un symbole.*

[3] *Un prompt est l'instruction ou la requête, rédigée en langage naturel, qu'un utilisateur adresse à un modèle d'IA générative pour lui demander de produire un contenu ou d'exécuter une tâche.*

Version provisoire

InfraNum « *on ne peut pas construire une politique publique complète neutre sur des chiffres que chaque acteur produit selon ses propres méthodes* »[1].

Résultats des études de Google et de Mistral AI

	Mistral AI	**Google**
Énergie	-	0,24 wattheure (Wh)
Émissions de gaz à effet de serre	1,14 gramme eqCO_2	0,03 gramme eqCO_2
Eau	45 millilitres (mL)	0,26 mL
Ressources	0,16 mg Sb eq[2]	-

Note : les résultats, établis selon des méthodes et des périmètres différents, ne sont pas comparables.

De plus, **l'absence de publication de données par les exploitants** de modèles de langage ne permet pas aux chercheurs et à la société civile de vérifier la robustesse de la méthodologie employée, ou de proposer une analyse de cycle de vie qui reposerait sur une autre méthode. Comme l'a évoqué l'Observatoire de l'impact environnemental de l'IA, « *la recherche doit aujourd'hui recourir à un travail de rétro-ingénierie coûteux pour reconstruire des informations que les entreprises possèdent mais ne diffusent pas. Cela retarde la production de connaissances et, par conséquent, la formulation de politiques publiques fondées sur des données vérifiables.*[3] »

Une large partie des experts, institutions et associations entendus par les rapporteurs - le groupe EcoInfo du CNRS, le chercheur Thomas Le Goff, l'Arcep, l'Afnor ou l'Alliance Green IT, les associations Les Amis de la Terre et *Data for Good* et *The Shift Project*, le Commissariat général au développement durable (CGDD), l'Ademe ou encore l'Autorité de la concurrence - ont ainsi **regretté ce manque de transparence**, qui complexifie le travail de la recherche académique et diminue la crédibilité des ACV effectuées par ces entreprises.

Pour les rapporteurs, il est nécessaire de garantir l'ouverture des données relatives à l'empreinte environnementale de l'IA, pour permettre à la recherche et à la société civile de mener ses propres analyses.

Version provisoire

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Milligramme d'équivalent antimoine : une unité utilisée en analyse du cycle de vie (ACV) pour mesurer l'impact d'un produit sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques, en exprimant cet impact par comparaison avec celui de l'antimoine, un métalloïde utilisé notamment dans les batteries au plomb, les retardateurs de flamme, certains alliages métalliques et l'industrie électronique.*
[3] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Il est bien entendu indispensable que l'Arcep définisse précisément les données à transmettre, afin de garantir le respect du secret des affaires et de placer l'ensemble des fournisseurs sur un pied d'égalité.

Comme l'a souligné Mistral AI au cours de son audition, il est nécessaire que l'ouverture concerne l'ensemble des acteurs du secteur : « *sans cette réciprocité, les premiers à ouvrir leurs données subiraient un désavantage concurrentiel, connu sous le nom de* first-mover disadvantage[1]. »

Le lancement, le 22 juillet 2026, par l'Arcep d'une **consultation publique sur l'intégration des services d'intelligence artificielle générative à son enquête annuelle « Pour un numérique soutenable »** constitue en ce sens un signal bienvenu. Relevant que les informations communiquées par les fournisseurs restent insuffisantes, le régulateur souhaite, à travers cette consultation, déterminer quels fournisseurs seront concernés, quelles données devront être transmises et selon quelle méthode elles seront calculées. Les rapporteurs saluent cette initiative et appellent à faire aboutir au plus vite ce projet nécessaire de transparence, qui renforcera l'information du public sur l'empreinte environnementale des grands modèles d'IA.

Recommandation n° 12 : Dans le respect du secret des affaires, confier à l'Arcep le soin de définir les données relatives à l'empreinte environnementale des modèles de langage que leurs fournisseurs seraient tenus de rendre publiques, afin de permettre à l'Arcep, aux chercheurs et à la société civile de vérifier la robustesse des analyses de cycle de vie réalisées et de conduire leurs propres analyses.

Le risque des initiatives privées, qui s'appuient sur des méthodologies différentes, contestées par certains acteurs et sans transparence sur les données utilisées, est de **fausser la concurrence** en constituant de **l'écoblanchiment** (ou *greenwashing*). L'Autorité de la concurrence, dans une étude de 2025[2], relève ainsi un tel risque dans le domaine de l'IA, certaines entreprises pouvant communiquer faussement sur la faiblesse de leur empreinte environnementale.

Version provisoire

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

[2] Les questions concurrentielles relatives à l'impact énergétique et environnemental de l'Intelligence Artificielle, *Autorité de la concurrence, 17 décembre 2025.*

2. Une harmonisation des ACV par les pouvoirs publics devenue indispensable

Pour Mistral AI, « ***une harmonisation des méthodes d'ACV pour l'IA est indispensable*** *pour permettre aux utilisateurs de faire des choix éclairés et pour éviter que les acteurs du secteur ne s'adaptent à des normes incomplètes ou biaisées. Cette harmonisation doit s'appuyer sur une approche cycle de vie complète et des métriques transparentes et comparables* ».

L'entreprise établit un parallèle avec le secteur automobile : « *la norme NECD a longtemps posé un cadre de comparaison des véhicules qui ne reflétait que très imparfaitement les mérites réels de chaque modèle. Ce système a poussé les constructeurs à optimiser leurs performances uniquement pour les tests, sans lien avec les usages réels. Nous courons aujourd'hui un risque similaire s'agissant de l'IA si nous ne définissons pas une règle fiable et représentative des réalités d'usage.* »

Les rapporteurs partagent pleinement ce constat : pour réduire l'empreinte environnementale de l'IA, il est au préalable indispensable de pouvoir évaluer et comparer l'empreinte environnementale des grands modèles de langage.

Le **référentiel général pour l'IA frugale** développé en 2023 à l'initiative du ministère de la transition écologique et porté par l'Afnor, pourrait servir de base à cette standardisation. Ce référentiel (cf. *infra*), **qui constitue une première mondiale**[1], propose un cadre volontaire, en constituant un document de référence pour outiller l'écosystème avec des méthodes et bonnes pratiques communes.

Les rapporteurs saluent les **travaux actuellement engagés au sein du Comité européen de normalisation (CEN) et du Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique (Cenelec) sous l'impulsion de la France** pour établir un standard européen, qui serait fondé sur les principes de la norme Afnor.

Pour les rapporteurs, il est souhaitable de rendre obligatoire au niveau de l'Union européenne l'évaluation environnementale des grands modèles de langage contrôlée par un tiers indépendant afin de s'assurer que les évaluations soient bien comparables entre elles.

Une telle standardisation faciliterait le développement d'outils de comparaison des différents modèles, portés par la société civile ou les pouvoirs publics.

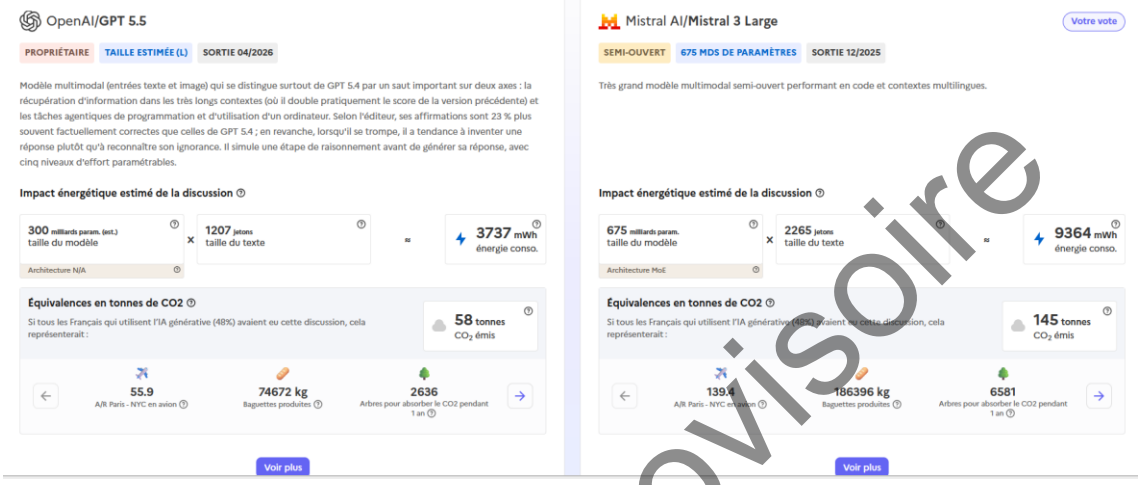
La plateforme Compar:IA, portée par le ministère de la culture, constitue **un exemple d'outil de comparaison**, qui permet au consommateur de faire le choix de la frugalité, en sélectionnant le modèle le plus adapté à ses besoins. Toutefois, comme l'a indiqué la direction du numérique pour l'éducation (DNE), l'efficacité du dispositif est limitée à la fois par le manque

[1] *Source : réponse écrite du CGDD au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

de transparence des grands modèles, qui oblige à fonder les estimations sur des approximations, et par l'absence de standardisation. L'obligation d'ouverture des données et d'élaboration d'une ACV conforme à une norme commune faciliterait donc le développement de tels outils.

Capture d'écran de la plateforme Compar:IA



Source : Commission

Afin de pallier les dérives d'écoblanchiment, il est également nécessaire d'interdire au niveau européen les **éventuelles allégations environnementales** qui ne seraient pas fondées sur ce standard.

Recommandation n° 13 : Définir un standard européen d'évaluation de l'empreinte environnementale des grands modèles de langage, afin d'en systématiser l'évaluation, et interdire toute allégation environnementale qui ne serait pas fondée sur ce standard.

Sur la base de la norme Afnor, **un affichage environnemental — ou écoscore — pourrait être créé pour les grands modèles de langage**, comme il en existe aujourd'hui pour le textile par exemple, comme le préconisait déjà le Conseil économique, social et environnemental (Cese) en 2024[1]. Fondé sur un système de notation (A, B, C, etc.), cet écoscore pourrait permettre au consommateur d'identifier les modèles de langage les plus vertueux sur le plan environnemental.

Dans un premier temps, le déploiement de cet affichage environnemental pourrait s'effectuer sur une base volontaire. Pour inciter les entreprises à se l'approprier, l'utilisation de l'écoscore pourrait constituer un

[1] Impacts de l'intelligence artificielle : risques et opportunité pour l'environnement, *Conseil économique, social et environnemental, Avis, Fabienne Tatot et Gilles Vermont Desroches, septembre 2024.*

Version provisoire

critère de discrimination dans le cadre de la commande publique, comme le propose l'Alliance Green IT.

Dans un second temps, il est bien sûr souhaitable de rendre obligatoire l'écoscore pour les plus grands modèles de langage. Pour que l'obligation soit effective, **une évolution du droit européen sera toutefois nécessaire**.

Recommandation n° 14 : Créer un **écoscore pour les principaux modèles de langage**.

3. Éduquer à la sobriété pour faire évoluer les usages

La mesure de l'empreinte environnementale de l'IA ne constitue bien sûr qu'une première étape. Une **éducation à la sobriété** est également impérative, pour faire évoluer les usages en assurant une prise de conscience des consommateurs.

La responsabilité de l'usager dans l'empreinte environnementale a ainsi été évoquée à de nombreuses reprises au cours des auditions. Ainsi, pour le syndicat Numeum, **le choix du modèle d'IA utilisé par le collaborateur d'une entreprise est absolument clé** : en cas de choix d'un modèle inadapté, l'empreinte environnementale peut être décuplée.

Pourtant, le chercheur Thomas Le Goff constate « *un* ***manque alarmant d'information*** *concernant les impacts environnementaux de l'IA* ». Même « *dans les catégories socioprofessionnelles supérieures, les publics ont une vague idée du sujet sans ordre de grandeur, ou minimisent l'impact de l'IA en faisant référence à l'impact d'autres industries lourdes* »[1]. Le chercheur insiste également sur la désinformation sur le sujet véhiculée notamment sur les réseaux sociaux. Ainsi, **seuls 46 % de la population française estime que l'IA générative a un impact plus fort que la recherche classique** sur un moteur de recherche[2].

Les rapporteurs plaident pour **une campagne de communication nationale** : elle présenterait à la fois les incidences de l'IA et les gestes permettant de les réduire.

L'objectif de cette campagne serait avant tout, comme l'ont suggéré au cours de leurs auditions l'Afnum et l'Alliance Green IT, de transmettre à l'ensemble des citoyens des ordres de grandeur sur l'impact de leurs différents gestes numériques. Il serait par exemple opportun, comme le propose la fédération InfraNum, que le grand public sache qu'une requête à un modèle

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*
[2] *Source : Baromètre du numérique 2026, Credoc.*

Version provisoire

d'IA générative consomme environ **dix fois plus d'énergie qu'une simple recherche en ligne**[1].

Les rapporteurs estiment qu'**une démarche similaire pourrait utilement être engagée au niveau européen**.

> **Recommandation n° 15** : Lancer une campagne nationale de sensibilisation à l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle, présentant ses différents effets sur l'environnement ainsi que les bonnes pratiques permettant de les réduire ; engager, en parallèle, une démarche similaire à l'échelle européenne.

En parallèle de cette information au grand public, l'éducation à la sobriété passe également par une **sensibilisation en milieu scolaire**.

La loi « Reen » a été précurseur dans ce domaine en prévoyant à l'école (article L. 312-9 du code de l'éducation) et dans l'enseignement supérieur (article L. 611-8 du même code), une « *sensibilisation à l'impact environnemental des outils numériques ainsi qu'un volet relatif à la sobriété numérique* ». Elle a prévu en parallèle, dans les écoles d'ingénieur (article L. 642-3 du même code), que « *les formations d'ingénieur comportent un module relatif à l'écoconception des services numériques et à la sobriété numérique* ».

Comme l'a présenté la DNE au cours de son audition, **cette sensibilisation a été intégrée tout au long du parcours éducatif** :

- **au primaire**, la sensibilisation à un usage raisonné du numérique est articulée à l'éducation au développement durable ;
- **et au secondaire**, l'attestation Pix 6e, généralisée à la rentrée 2024, comporte une compétence dédiée intitulée « *protéger la santé, le bien-être et l'environnement* ». Elle est également évaluée pour la certification Pix en fin de 3e. La sensibilisation à la sobriété est par ailleurs renforcée dans les enseignements de Sciences numériques et technologie (SNT) et dans l'enseignement de spécialité Numérique et sciences informatiques (NSI) au lycée.

L'**éducation à l'IA** est, quant à elle, en place depuis juin 2025. Le cadre d'usage de l'IA en éducation, co-construit avec la communauté éducative à l'issue d'une consultation nationale conduite de janvier à mai 2025, pose le principe que, « *pour limiter l'impact environnemental, l'usage frugal de l'IA est à privilégier* » et précise que « *l'IA ne doit être utilisée que si aucune autre solution moins coûteuse écologiquement ne répond de façon satisfaisante au besoin* ».

Le cadre rappelle que la production d'une réponse textuelle par une IA générative est en moyenne dix fois plus énergivore qu'une requête sur un moteur de recherche.

[1] *Réponse écrite au questionnaire des rapporteurs.*

Version provisoire

Cette consigne du moindre coût énergétique est rappelée dans tous les modules de formation récents qui évoquent le cadre d'usage de l'IA en éducation, à savoir **Pix IA** pour les élèves et **Pix+ Édu** pour les enseignants.

Les rapporteurs se félicitent de cette volonté d'intégrer la question de l'IA frugale à l'enseignement. Ils appellent à formaliser cette intégration au code de l'éducation et à la prévoir à tous les niveaux, en l'élargissant à l'enseignement supérieur et aux écoles d'ingénieur.

Recommandation n° 16 : Systématiser l'intégration, dans les actions de sensibilisation à l'empreinte environnementale du numérique menées en milieu scolaire, dans l'enseignement supérieur et dans les écoles d'ingénieurs, d'un module consacré à l'empreinte environnementale de l'IA, mettant notamment l'accent sur l'incidence des usages et des comportements individuels.

Version provisoire

TRAVAUX EN COMMISSION

Désignation d'un rapporteur
(Mercredi 10 décembre 2025)

M. Jean-François Longeot, président. – La deuxième mission d'information validée par le Bureau de la commission concerne l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle (IA). L'essor de celle-ci redessine en profondeur notre économie, et s'accompagne de défis environnementaux majeurs : centres de données toujours plus énergivores, tension sur les ressources nécessaires aux technologies numériques, augmentation des déchets électroniques.

La mission d'information aura pour objectif d'apprécier les conséquences entraînées par l'IA, de repérer les moyens d'en limiter les effets négatifs et, le cas échéant, de favoriser l'émergence d'une IA durable, capable d'allier progrès technologique et respect de l'environnement.

Pour conduire ces travaux, j'ai reçu les candidatures de nos collègues Damien Michallet, Guillaume Chevrollier et Simon Uzenat.

Il en est ainsi décidé.

Version provisoire

Table ronde sur l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle
(Mercredi 4 février 2026)

M. Jean-François Longeot, président. – Mes chers collègues, notre commission a pris la décision de créer une mission d'information sur l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle – l'IA – et a désigné comme rapporteurs nos collègues Guillaume Chevrollier, Damien Michallet et Simon Uzenat.

Il ne s'agit pas d'un sujet nouveau pour notre commission, qui s'est saisie dès 2020 de la problématique de l'empreinte environnementale du numérique. Elle a adopté un rapport d'information sur ce sujet, dont notre collègue Guillaume Chevrollier et notre ancien collègue Jean-Michel Houllegatte étaient les rapporteurs. Ce rapport a conduit au dépôt d'une proposition de loi qui est devenue la loi du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France (Reen).

L'essor rapide de l'intelligence artificielle, qui redessine en profondeur notre économie, impose une actualisation du diagnostic établi en 2020. La mission d'information aura donc pour objectifs d'apprécier les conséquences du développement de l'IA, de repérer les moyens d'en limiter les effets négatifs et, le cas échéant, de favoriser l'émergence d'une IA durable.

Notre table ronde de ce matin inaugure les travaux de cette mission d'information en réunissant quatre experts aux fonctions et aux points de vue complémentaires. Elle permettra d'éclairer les membres de notre commission et d'introduire le sujet, avant les auditions des rapporteurs qui débuteront à la fin du mois de février.

Nous avons donc le plaisir d'accueillir Baptiste Perrissin Fabert, directeur général délégué de l'Ademe, qui pourra notamment présenter les résultats de l'étude sur les perspectives d'évolution des consommations électriques des centres de données en France.

Nous accueillons également Guillaume Pitron, chercheur associé à l'Institut des relations internationales et stratégiques (Iris), qui a notamment publié en 2018 un essai, « La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique ». Vous pourrez nous expliquer dans quelle mesure le développement de l'intelligence artificielle a fait évoluer le constat que vous dressiez il y a maintenant huit ans.

Vous pourrez, Madame Anne Bouverot, co-présidente du Conseil de l'intelligence artificielle et du numérique, instance indépendante placée auprès de la ministre chargée de l'intelligence artificielle et du numérique, nous indiquer si le Conseil, qui a pour mission d'étudier toute question relative au développement du numérique et de l'intelligence artificielle, a pris en compte la problématique de l'empreinte environnementale dans ses recommandations au Gouvernement.

Version provisoire

Enfin, nous accueillons Audrey Herblin-Stoop, directrice des affaires publiques de l'entreprise Mistral AI, champion français de l'intelligence artificielle. Vous pourrez nous indiquer, madame la directrice, comment Mistral prend en compte la problématique de l'empreinte environnementale et quelles initiatives ont été prises en la matière.

M. Guillaume Chevrollier, rapporteur. – Je m'exprime en tant que rapporteur de cette mission d'information et ancien rapporteur de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique. Le Sénat est à la fois la chambre de la stabilité et de la continuité dans les travaux. La mission d'information qui avait abouti à la loi Reen que nous connaissons a joué un rôle précurseur. Nous nous situons dans le prolongement de ces travaux de 2020-2021 que nous avions conduits avec notre collègue Jean-Michel Houllegatte, ancien sénateur de la Manche.

Nous avions alerté sur les conséquences environnementales d'un numérique en forte expansion. Je rappelle l'article 4 de la loi que nous avions votée au Sénat dans un large consensus, puis transmise à l'Assemblée nationale où des correctifs ont été apportés. Toutefois, comme nous souhaitions que ce texte aboutisse rapidement, nous l'avions validé tel que l'Assemblée nationale de l'époque l'avait voté. Cet article avait créé un observatoire des impacts environnementaux du numérique, placé auprès de l'Arcep (Autorité de régulation des communications électroniques et des postes) et de l'Ademe.

Six ans plus tard, quel bilan pouvez-vous en dresser ? Cet observatoire a-t-il permis d'objectiver ces impacts et, notamment, de se saisir de la question désormais centrale de l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle ?

Nous avions également adopté plusieurs dispositions visant à rendre les centres de données moins énergivores. Je songe notamment à l'article 28, qui conditionnait la réduction de la taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité à des exigences en matière de valorisation de la chaleur fatale et de limitation de l'usage de l'eau pour le refroidissement. Or, comme le montre le rapport de l'Ademe, l'essor de l'intelligence artificielle change profondément l'échelle des centres de données.

Face à ce changement d'échelle, nos politiques publiques doivent évidemment évoluer. Peuvent-elles aujourd'hui contribuer concrètement à rendre les centres de données plus sobres sur le plan énergétique ? Alors que ces infrastructures sont majoritairement situées hors d'Europe, notamment aux États-Unis, comment éviter que le développement de l'intelligence artificielle en France ne se traduise par un impact environnemental délocalisé ?

J'aurais une question plus ciblée à l'attention de Mme Audrey Herblin-Stoop, puisque l'entreprise Mistral a annoncé il y a quelques mois que la France hébergerait deux centres de données importants. C'est un choix

Version provisoire

souverain qui mérite d'être signalé. C'est une ambition affirmée d'efficacité et de qualité énergétique. Vous avez indiqué que le campus serait utilisé pour la phase d'entraînement, cette phase représentant plus des quatre cinquièmes de la consommation électrique de Mistral AI. Est-il possible et réaliste d'adapter une partie de cette phase d'apprentissage afin de la réaliser en contrecycle des pics de consommation électrique nationale, dans l'objectif de minimiser l'impact environnemental de vos centres de données ? En outre, votre volonté d'être des précurseurs dans le domaine de l'intelligence artificielle, ce dont nous pouvons nous réjouir, se fait également sentir dans le secteur environnemental. Vous avez été les pionniers dans la publication de l'empreinte environnementale sur l'ensemble du cycle de vie d'un modèle d'intelligence artificielle. Il est donc cohérent d'attendre aussi de votre part des propositions innovantes et efficaces pour minimiser cet impact. Pourriez-vous, dans le cadre de cette audition, nous préciser les dispositifs concrets que vous comptez mettre en place à cette fin ?

M. Damien Michallet, rapporteur. – Nous parlons souvent de l'intelligence artificielle sous l'angle de la souveraineté ou sous des aspects industriels, et pas toujours sous celui qui nous occupe aujourd'hui. Notre commission, vous le savez, est particulièrement engagée et investie sur ces sujets. En tant que corapporteur, avec mes collègues, je souhaiterais vous interroger sur un sujet que notre commission connaît bien : la dépendance aux métaux et aux matières premières stratégiques.

Monsieur Pitron, vous étiez venu devant nous il y a un peu plus d'un an pour évoquer le rôle central des métaux dans la transition énergétique. Vous aviez alors parlé d'un monde de « haute matière » et vous nous aviez dit – ce sont vos mots – que nous étions « shootés » aux matières premières. Ma première question, qui vous est adressée, est donc assez simple : dans quelle mesure le développement de l'intelligence artificielle vient-il aujourd'hui renforcer ce constat ?

L'essor fulgurant de l'intelligence artificielle s'accompagne d'une explosion du stockage de données et, mécaniquement, d'une multiplication des centres de données. Or ces infrastructures ont une empreinte matérielle considérable. Pouvez-vous nous éclairer sur l'empreinte matière des centres de données ? Contribuent-ils à accroître notre dépendance aux métaux stratégiques ? Si tel est le cas, quelle politique publique pourrait permettre d'anticiper et de réduire cette vulnérabilité ?

Je voudrais également vous entendre sur un métal absolument central pour la transition énergétique : le cuivre. Dans le cadre du décommissionnement du réseau cuivre, nous disposons d'un gisement massif de matières premières. Faute, peut-être, d'une filière qui n'est pas encore tout à fait organisée en France, nous savons qu'une partie de ces câbles, et donc de ces ressources, nous échappe et part même bien au-delà de nos frontières, vers des continents comme l'Afrique ou l'Asie. Alors que les risques liés à la dépendance aux matières premières font désormais consensus, comment

Version provisoire

peut-on encore accepter de nous dessaisir d'un métal aussi essentiel et aussi fortement lié au développement de l'intelligence artificielle ? À l'inverse, quel levier faudrait-il activer pour conserver, recycler et valoriser ce gisement sur notre territoire ?

Ma dernière question est directement liée à ce que nous avons vécu l'année dernière lors du sommet sur l'intelligence artificielle organisé en France, où de nombreuses annonces ont été faites pour nos filières françaises, ainsi qu'un plan de plus de 100 milliards d'euros pour l'implantation de centres de données sur le territoire national. Considérez-vous que ces centres de données implantés en France, associés à des modèles industriels normés, peut-être un peu plus exigeants qu'ailleurs, sont une bonne chose pour l'intelligence artificielle et son empreinte carbone, ou estimez-vous que cela n'est pas directement lié ?

M. Simon Uzenat, rapporteur. – Nous n'allons évidemment pas dresser ici la liste de tous les impacts, nombreux, de l'intelligence artificielle sur le plan environnemental.

S'agissant des processeurs graphiques – ou *graphics processing unit* (GPU), se pose la question des métaux rares, de la nécessité, avec des composants de plus en plus petits, de travailler sur une pureté toujours plus grande, avec une toxicité induite. La question se pose également sur la durée de vie des produits, qui apparaît très courte – la moitié des puces sont jetées avant d'être utilisées –, sur la consommation électrique – nous arrivons maintenant à des ordres de grandeur où un centre de données représentera l'équivalent d'un réacteur nucléaire – et sur la consommation d'eau, dont les chiffres ont également été rappelés.

Je souhaitais vous faire réagir sur un certain nombre de rapports et de travaux qui ont pu commencer à défricher ce sujet. L'Ademe évoque notamment, et je cite, « *un juste niveau de technologie au service d'un besoin réel* ». Tout le monde sera d'accord sur cette phrase, mais quelle en est la traduction concrète ?

Je voudrais aussi faire référence au rapport du Conseil économique, social et environnemental (Cese) de septembre 2024 et m'attarder sur deux préconisations. La première porte sur le fait de porter au niveau international le sujet du bilan environnemental de l'IA, notamment en proposant d'étudier l'impact de l'IA et sa cohérence avec les objectifs de développement durable. Avez-vous commencé à vous engager dans cette voie ? La seconde préconisation concerne l'évaluation de l'empreinte environnementale de l'IA, de la fabrication à l'utilisation. Je songe à l'analyse de cycle de vie que Mistral a engagée avec l'Ademe, qui est évidemment beaucoup plus sincère que celle qui a pu être fournie notamment par Google et dont nous avons bien mesuré les très nombreux biais. Pour autant, des questions demeurent sur la possibilité de disposer de données objectives.

Version provisoire

Pour terminer, je souhaitais vous poser quelques questions. Disposez-vous aujourd'hui d'une mesure des bénéfices de l'IA en matière environnementale ? Le rapport du CESE le pointe également : l'intelligence artificielle nous permet de mieux piloter les réseaux, de mieux identifier les besoins et donc d'être plus efficaces. Avez-vous pu le mesurer ? Enfin, concernant le rapport de l'Autorité de la concurrence qui a été publié en décembre dernier, un point est pour nous absolument essentiel : le fait de disposer de données fiables et transparentes.

Encore une fois, Mistral est plutôt en avance, mais nous ne pouvons pas nous satisfaire de la situation telle qu'elle existe. Comment aller plus loin en préservant, évidemment, le secret des affaires ? Le dernier sujet concerne la frugalité. Avancez-vous sur le reconditionnement des GPU et sur l'obsolescence programmée ? Travaillez-vous sur d'autres pistes, comme le Tiny Machine Learning – l'équivalent des Tiny Houses pour le logement ? Quels sont les calendriers que nous pouvons espérer pour voir ces solutions prospérer ?

M. Baptiste Perrissin Fabert, directeur général délégué de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe). – Je vous remercie pour votre invitation et pour avoir mentionné certains travaux de l'Ademe. Vous avez évoqué la loi Reen et je tiens à souligner le fait que, pour nous, elle a été extrêmement structurante. Nous avions déjà engagé quelques travaux sur le numérique responsable, mais, grâce à cette loi, nous avons vraiment changé de dimension sur le sujet.

Depuis, avec l'Arcep, nous avons publié plusieurs travaux qui ont permis d'établir une première photographie de l'impact environnemental du numérique. Le numérique représentait 4,4 % des émissions de CO_2 en France en 2022. L'impact est réparti entre les terminaux et l'usage : 80 % de l'impact concerne les terminaux – donc les téléphones, les ordinateurs, la fabrication de ces terminaux – et 20 % les usages. Toutefois, au vu de la croissance de l'intelligence artificielle, ce ratio va très fortement évoluer. C'est ce que nos travaux plus récents montrent : avec l'intelligence artificielle, la partie « usage » prendra de plus en plus de place, puisque la consommation d'énergie et d'électricité prendra le pas sur l'impact environnemental de la fabrication des terminaux. C'est ce moment de bascule que nous sommes en train d'objectiver dans nos travaux.

Vous avez mentionné la dimension internationale. Nous faisons partie d'un réseau d'agences environnementales européennes et nous nous sommes rendu compte que, grâce à la loi Reen, nous étions très en avance par rapport à d'autres pays. Beaucoup de nos collègues étrangers avaient réfléchi à la manière d'utiliser le numérique au service de la transition écologique, mais très peu, finalement, avaient engagé des travaux sur l'impact environnemental du numérique. Nous sommes en train de créer avec notre homologue allemand, l'UBA, un programme européen qui vise à intégrer les

Version provisoire

deux volets, AI for Green et Green AI : l'IA responsable et la manière d'utiliser l'IA pour accélérer la transition écologique.

Nos travaux sur les centres de données ont souvent été mal compris. Certains ont dit que l'Ademe préconisait des moratoires sur l'installation de centres de données. Ce n'est pas du tout le message de ces travaux. Ils sont prospectifs et explorent donc quatre scénarios possibles en fonction de l'évolution de nos usages de l'intelligence artificielle. Il y a des scénarios où nous irions vers beaucoup de sobriété, qui demanderont une régulation très forte, et d'autres où, au contraire, nous exploiterions à fond les technologies de l'IA. Le message clé de ce rapport est qu'il est sans regret de relocaliser des centres de données en France, puisque l'impact principal de l'IA, ce sont les centres de données ; c'est donc le mix électrique d'un pays qui constitue le gros de l'impact. En France, évidemment, avec notre mix décarboné, il est sans regret de relocaliser, étant donné que nous sommes très fortement dépendants des centres de données qui sont à l'étranger, dans des pays où le mix électrique est bien plus carboné. En revanche, si nous ne nous intéressons pas à la priorisation des usages, aux notions de sobriété et de frugalité que vous avez mentionnées, nous risquons, étant donné la croissance des évolutions, de ne jamais rattraper la consommation et donc d'être toujours dépendants de l'extérieur.

Si je me concentre sur l'impact environnemental de l'IA, nous avons regardé l'impact des équipements – donc la fabrication des centres de données, des puces, etc. – et ensuite, l'impact de la consommation de ces centres de données. Ce qui est clair, c'est que c'est la consommation des centres de données qui constitue le gros de l'impact, en raison de la consommation énergétique, puis de l'utilisation de l'eau pour refroidir ces centres.

Il y a cependant un point que nous n'avons pas regardé : c'est si l'évolution de l'IA nous oblige en fait à changer tous nos terminaux – changer nos téléphones, changer nos ordinateurs – pour qu'ils soient compatibles avec l'IA. Sur l'impact des GPU, des travaux sont en cours.

Le chiffrage est difficile, en raison d'une très forte opacité du secteur, à l'exception notable de Mistral. Il est difficile d'aller chercher des données et il n'existe aucune méthode commune pour comparer les évaluations qui pourraient être faites. L'analyse du cycle de vie (ACV) de Mistral est allée très loin en intégrant toutes les phases, y compris la phase d'entraînement et la partie inférence, alors que Google ne prend pas en compte la partie entraînement dans son périmètre d'études. Les géants du secteur, Google et Microsoft, ont déjà annoncé qu'ils n'atteindront pas leurs objectifs climatiques et qu'ils sont revenus sur leurs engagements en la matière, en raison de l'explosion des impacts de l'intelligence artificielle. L'explosion des requêtes de ChatGPT – multipliées par cinq en un an – conduit à une explosion de la consommation électrique. Le département de l'Énergie américain envisage une multiplication par deux ou trois de la consommation électrique d'ici

Version provisoire

à 2028, uniquement liée à la consommation énergétique de l'IA. Des projets de centres de données de 5 gigawatts, ce qui représente cinq tranches nucléaires, sont évoqués. En Irlande, aujourd'hui, 21 % de la consommation électrique provient des centres de données. En France, nous envisageons une multiplication par trois de la consommation électrique liée aux centres de données. À un moment donné, un arbitrage sur l'utilisation de l'électricité sera nécessaire si nous voulons également décarboner notre industrie. Nous allons devoir électrifier massivement les différents usages de la mobilité, du chauffage, etc.

La localisation des centres de données ne suffit pas pour être souverain, puisque, évidemment, nous ne savons pas fabriquer les puces aujourd'hui. De plus, à part Mistral, les grands concepteurs de modèles d'IA générative sont tous américains ; donc, quand bien même nous aurions rapatrié les centres de données, si nous n'utilisons ensuite que des concepteurs américains, nous ne serons pas plus souverains.

Je souhaite conclure sur les impacts positifs de l'IA. Nous avons publié une étude à ce sujet en début d'année dernière. Pour ce qui est des IA classiques, nous avons fait des études de cas sur la mobilité et sur les bâtiments. Il y a manifestement des gains à l'utilisation de ces IA plus classiques sur l'impact environnemental. En revanche, s'agissant des IA génératives, les usages se cherchent encore un peu aujourd'hui. Nous n'avons pas identifié *a priori* d'usages qui permettraient d'accélérer la transition écologique, mais peut-être viendront-ils un jour.

En termes de recommandations, il y a un enjeu de transparence. Il faut que nous rendions comparables les évaluations environnementales de ces grands modèles de langage. Il y a également un enjeu de régulation surtout dans l'éco-conception des centres de données : comment nous assurons-nous que chaque centre de données que nous relocalisons augmente son efficacité énergétique ?

Il y a ensuite les sujets d'intelligence artificielle frugale. Nous sommes convaincus que nous avons un avantage comparatif à trouver en France et en Europe par rapport aux grands modèles américains, sur des modèles plus petits qui se différencieraient justement par leur impact environnemental plus faible et qui seraient surtout ouverts, en particulier sur la partie entraînement. Cela permettrait de mutualiser cette phase d'entraînement, qui est la plus gourmande en énergie, et ensuite ils pourraient se différencier sur les services qui pourraient être associés aux intelligences artificielles.

M. Guillaume Pitron, chercheur associé à l'Institut de relations internationales et stratégiques. – Le monde est toujours « shooté » aux métaux et l'immatériel aggrave l'empreinte matière de la France et de l'humanité en général. J'ai beaucoup travaillé sur ces sujets en me rendant notamment sur les terrains miniers, où l'impact écologique de l'extraction des matières premières nécessaires *in fine* aux technologies numériques est évident.

Version provisoire

Quelques ordres de grandeur, tout d'abord. Le numérique est fortement consommateur de métaux. Il s'agit à la fois des grands métaux, comme l'aluminium et le cuivre. Certaines études – les chiffres varient – évaluent entre 7 % et 12 % la consommation d'aluminium et de cuivre directement destinée aux usages numériques.

Il y a ensuite les petits métaux de spécialité, aux noms latins, tels que le gallium, l'indium, le néodyme, le praséodyme, le dysprosium, qui, pour certains d'entre eux, font partie de la famille des terres rares dont on parle beaucoup en ce moment. Une part substantielle de leur production mondiale sert directement les usages numériques. On considère qu'entre 40 % et 90 % de ces petits métaux de spécialité, qui sont souvent des sous-produits de l'industrie minière, sont captés par le secteur numérique. Par exemple, le cobalt est un sous-produit du cuivre : en extrayant et en raffinant le cuivre, on se retrouve avec ce qui était un rebut et qui devient un métal stratégique si l'on sait le raffiner, le transformer.

Cela m'amène à revenir à l'impact environnemental des matières premières, que l'on extrait dans des conditions globalement assez mauvaises pour l'environnement. On peut bien faire – en tout cas, on peut faire de manière responsable –, mais je rappelle des éléments historiques. Nous avons décidé de ne pas nous soucier de ce sujet à partir des années 1980 en laissant la production de ces matières premières, la chaîne de valeur, partir vers des pays qui assumeraient de faire finalement le « sale travail ». Alors que l'Occident – c'est-à-dire l'Australie et les États-Unis sur la partie minière et la France sur la partie raffinage des terres rares – était souverain, nous avons laissé cette production partir totalement vers la Chine notamment, vers des pays dont la maturité environnementale à l'époque - et encore aujourd'hui - était moindre, ce qui a aggravé l'impact environnemental des mines. Cet impact peut s'apprécier sous l'angle des émissions de CO_2, évidemment, qui n'est bien sûr pas la seule mesure de l'impact environnemental.

Nous avons tendance à vouloir résumer la mesure de notre engagement écologique à l'appréciation de notre efficacité en matière de CO_2. Or une mine représente certes une consommation d'électricité – on considère qu'environ 10 % de l'électricité mondiale est captée par l'activité minière –, mais a aussi d'autres impacts tels que l'artificialisation des sols, l'impact de cette artificialisation sur la biodiversité, la consommation d'eau, mais surtout le non-traitement de ces eaux usées qui sont directement rejetées dans les écosystèmes, rivières et fleuves. En Chine, l'eau issue de l'extraction des terres rares est directement rejetée dans les nappes phréatiques, qui sont elles-mêmes reliées au fleuve Jaune. Tout cela constitue un impact très lourd. Ces activités conduisent également à une raréfaction des matières premières.

L'impact environnemental de l'activité minière est donc très lourd ; il pourra être réduit en partie par une relocalisation minière, mais également par toutes les réglementations. La France est très en avance sur le sujet et l'Europe

Version provisoire

avance à petits pas avec la fameuse directive dite « CSDDD », comprenant les devoirs, les obligations de vigilance qui sont imposées aux entreprises qui doivent connaître l'origine des produits qu'elles utilisent. Cette démarche est très en vogue en ce moment dans l'industrie de la défense et dans l'industrie de l'automobile, mais beaucoup moins dans l'industrie numérique pour une raison très simple : il est extrêmement complexe de remonter la chaîne de valeur depuis la mine jusqu'au produit fini. C'est une chaîne de valeur d'une complexité inouïe, avec un saucissonnage et des expertises qui rendent concrètement totalement impossible pour l'acheteur d'un produit en fin de chaîne de remonter précisément à l'origine du produit. Il faudrait d'abord qu'il commence à s'adresser au fournisseur de puces, qui lui-même se trouve à Taïwan, qui est une entreprise qui pèse cent fois son chiffre d'affaires, et déjà l'information s'arrête là. Il n'y a pas de raison pour le sous-traitant, qui est un fournisseur plus grand que le consommateur final, de donner une information sur son propre sous-traitant. In fine, on ne remonte pas à beaucoup plus que N-1 ou N-2 et on ne va jamais jusqu'à N-7.

Mme Anne Bouverot, co-présidente du Conseil de l'intelligence artificielle et du numérique. – Je vous remercie de cette invitation sur ce sujet absolument fondamental, qui a beaucoup évolué, effectivement, depuis la loi Reen, avec l'arrivée de l'intelligence artificielle, bien sûr, mais également avec l'évolution du contexte géopolitique, d'autant plus depuis l'arrivée au pouvoir du nouveau président américain. Les exigences de souveraineté qui ont été mentionnées et qui sont importantes dans l'absolu le deviennent encore plus. La question que nous nous posons aujourd'hui est donc de savoir comment nous pouvons concilier, dans ce monde géopolitique et avec ces exigences de souveraineté, la transition numérique et la transition écologique sans renier cette transition que nous souhaitons juste et ces objectifs que nous nous sommes donnés.

C'est donc un sujet éminemment politique et une attente très claire des citoyens. Le Conseil de l'IA et du numérique a mené une consultation citoyenne, qui a été lancée en décembre et s'est terminée mi-janvier. 58 % des 6 000 répondants se disent préoccupés par l'impact environnemental du numérique. La proportion est encore plus forte chez les jeunes, sans surprise. Par conséquent, le Conseil de l'IA et du numérique va se saisir du sujet, à la fois en intégrant l'impact environnemental dans les différents travaux que nous menons, et ensuite, en mettant en place une réflexion spécifique sur le sujet cette année, en nous préoccupant de ne pas refaire des rapports qui ont déjà été produits au Cese, à l'Ademe ou ailleurs, mais en réfléchissant à ce que nous pouvons faire d'utile.

L'impact environnemental de l'IA recouvre de nombreuses réalités : les métaux, les centres de données, les puces et les GPU, le développement des modèles d'intelligence artificielle et les terminaux, parce qu'aujourd'hui, nous commençons à utiliser de plus en plus les systèmes d'IA générative sur nos téléphones. Il est difficile d'objectiver ces impacts faute de données. Il faut

Version provisoire

saluer le travail de Mistral, qui a réalisé une étude d'impact environnemental, mais également de Google. Un article de recherche ouverte a ainsi été publié par Google, en donnant un certain nombre d'éléments, ce qui est préférable à ce que font d'autres acteurs du domaine, qu'il faut encourager à publier également des informations.

Le fait que la production d'électricité en France soit supérieure aux besoins est une réalité avec laquelle nous vivons, mais il est très vrai que dans un certain nombre d'autres pays, le développement des centres de données peut être amené à entrer en concurrence avec des besoins comme ceux des hôpitaux, des écoles et de l'industrie, ce qui n'est bien sûr pas acceptable. Il faut donc d'abord satisfaire nos propres besoins et ensuite regarder comment nous pouvons accueillir des centres de données en France. Le fait que notre mix électrique soit très largement décarboné est aussi ce qui permet de mettre en place ces centres de manière responsable et ce qui attire des investisseurs étrangers pour venir investir dans des centres de données en France. Cela nous permet donc de concilier à la fois notre objectif de souveraineté et notre objectif de transition écologique.

Comment peut-on concilier l'impact environnemental de l'intelligence artificielle et ce que l'intelligence artificielle permet de faire pour améliorer la situation ? L'Agence internationale de l'énergie (AIE) et l'Ademe élaborent des scénarios, mais nous ne savons pas exactement où nous allons. Sur la manière dont l'IA peut aider dans cette transition, nous en sommes plutôt au stade des projets pilotes. Des éléments montrent que l'IA peut permettre d'optimiser la consommation d'eau dans un certain nombre de domaines et de se préparer à l'arrivée de catastrophes climatiques favorisées par le réchauffement climatique. Toutefois, nous n'avons pas encore d'éléments qui soient à l'échelle ; par conséquent, nous comparons des éléments difficilement comparables. Il faut néanmoins continuer à examiner les deux, comme l'indiquaient les travaux du Cese.

J'ai organisé l'an dernier le sommet sur l'IA qui s'est tenu en France avec un premier objectif : mettre la France et l'Europe sur la carte du monde de l'IA, mettre en valeur Mistral et tous nos autres acteurs, afin de promouvoir notre souveraineté dans le domaine de l'IA et du numérique en France et en Europe. La France est le pays des COP. La France est un pays qui a adopté la loi Reen et nos citoyens estiment que ce sujet environnemental est extrêmement important. Nous avons donc cherché à porter le sujet de l'impact environnemental de l'IA lors de ce sommet. Nous l'avons inscrit dans la déclaration finale, sans toutefois réussir à faire signer cette déclaration par les États-Unis pour des raisons très claires. Nous avons lancé une coalition pour une IA durable, pour un développement durable de l'intelligence artificielle, avec, au moment du sommet, environ 90 partenaires et, aujourd'hui, plus de 200. Parmi ces partenaires, on trouve un certain nombre de pays, d'organisations internationales, d'entreprises – dont Mistral, mais aussi de grandes entreprises américaines, ce qui montre que, sur le plan géopolitique,

Version provisoire

nous pouvons aussi aller chercher des alliés du côté des entreprises – et des centres de recherche. C'est une coalition qui examine à la fois comment obtenir plus de données pour étudier cet impact environnemental et comment assurer le passage à l'échelle économique des projets d'utilisation de l'IA au service de la transition écologique.

C'est un sujet que nous continuerons à porter à Delhi dans quelques semaines, lors du sommet sur l'IA organisé en Inde. La France a pris la coprésidence du groupe sur le développement d'une IA responsable, durable et résiliente, car c'est un sujet qui nous tient à cœur, et nous le porterons également à ce moment-là.

Mme Audrey Herblin-Stoop, directrice des affaires publiques de Mistral IA. – Je vous remercie de votre invitation. Nous sommes très flattés d'être à cette table aujourd'hui et de voir que la France se saisit de ce sujet.

L'entreprise Mistral AI n'a que deux ans et demi. Nous sommes une entreprise désormais globale, mais évidemment basée à Paris, créée à Paris et française, qui crée des modèles d'intelligence artificielle générative – ce que l'on appelle les *large language models*, ces grands modèles de langage. Nous avons aussi construit sur ces modèles une couche applicative pour permettre aux entreprises et au secteur public de les déployer et de les utiliser.

Pour nous assurer d'avoir une offre la plus complète et qui donne le maximum de contrôle à nos partenaires, nous avons décidé d'investir il y a plus d'un an – le premier site sera très bientôt opérationnel – dans des centres de puissance de calcul en France, le premier étant à Bruyères-le-Châtel, dans l'Essonne.

Au moment où nous avons pris cette décision d'investissement dans l'infrastructure, qui visait à assurer notre autonomie stratégique dans ce domaine, mais aussi à réfléchir à la manière la plus responsable d'investir – et ce sont des investissements colossaux, le total des investissements en matière d'infrastructure s'élevant à près de 3 milliards d'euros pour Mistral –, il était fondamental pour nous de choisir une énergie décarbonée. Nos précédents sites d'entraînement étaient situés aux États-Unis, au Nevada. Vous comprenez donc le gain significatif que nous avons pu opérer par ce choix.

Je vous remercie du lancement de cette mission d'information. Nous avons beaucoup entendu, dans les dernières années, lorsque l'on parlait d'intelligence artificielle générative et d'impact environnemental, de discours qui consistaient à dire : « *Ne vous inquiétez pas, de toute façon l'IA va tellement résoudre tous les problèmes du monde qu'elle va aussi résoudre le problème du changement climatique et de l'empreinte carbone.* » Nous avons choisi chez Mistral de rejeter cette manière un peu cavalière de dire : « *Passez votre chemin, il n'y a pas de problème* ». Il faut être assez humble sur les potentiels de cette technologie qui en est encore à ses débuts.

À ce jour, nous ne pouvons pas dire que l'IA améliore la situation, bien au contraire : objectivement l'IA pollue. Cela ne veut pas dire qu'il ne

Version provisoire

faut pas s'engager dans le développement de cette technologie : elle a d'autres atouts et elle va apporter des gains de productivité et soutenir le progrès technologique. Pour autant, il ne faut pas être naïf sur son empreinte carbone : il y a la consommation énergétique, la question des métaux, la pression sur les ressources en eau, des problématiques donc très importantes liées à l'utilisation de l'IA, qui engendrent aussi des questions sur son acceptabilité et donc sur son adoption. L'Europe doit encore franchir une marche en matière d'adoption de cette technologie, notre compétitivité sur la scène internationale est en jeu. Il faut que nous travaillions sur l'acceptabilité de cette technologie et son impact environnemental doit en faire partie : il faut apporter des garanties à la fois aux entreprises et aux citoyens.

Nous nous sommes lancés il y a un an et demi dans l'analyse du cycle de vie de nos modèles. Je remercie vraiment les équipes et les services de l'Ademe, qui nous ont guidés et accompagnés, cela a été extrêmement précieux pour nous. Lancer l'analyse du cycle de vie des modèles alors qu'il n'y a pas de méthodologie est un cauchemar pour une entreprise de 70 salariés, mais cela a été une expérience extrêmement forte et importante pour nous. Nous avons vu à quels endroits de la chaîne de valeur existaient des problématiques d'opacité et là où nous pouvions fournir un certain nombre de données. Nous avons fait l'effort de dépasser les questions de secret des affaires et de mettre sur la table le maximum de données. Nous nous sommes rendu compte à quel point nous sommes dépendants de beaucoup d'acteurs pour créer cette technologie et à quel point tous ne sont pas au même niveau de transparence. Nous avons pu également constater que cette technologie évolue en permanence et à un rythme extrêmement rapide. Nous avons fini cette étude au printemps dernier. Elle est déjà obsolète donc nous allons la remettre sur l'ouvrage très vite.

Notre entreprise comprend, parmi ses salariés, une très grande majorité de scientifiques. Ce projet a embarqué toute notre entreprise avec une rigueur scientifique extrêmement forte. Nous avons fait le choix de travailler avec Carbone 4 et nous avons demandé aux équipes de ce cabinet de venir présenter à l'ensemble de nos salariés le résultat de l'analyse. Cela nous a conduit à devoir revoir l'étude, car la moitié de nos chercheurs ont contesté une partie des algorithmes utilisés, et à retravailler sur la méthodologie. Lorsqu'on lance des projets de cette envergure ayant un impact important sur toute la conception et la philosophie de l'entreprise, être capable d'embarquer l'ensemble de nos salariés était absolument fondamental.

Les obstacles à la transparence sont la complexité technique de la chaîne de valeur et la sensibilité des données. Nous sommes dans une industrie extrêmement compétitive, dans laquelle il y a de moins en moins d'acteurs - six ou sept acteurs fabriquent cette technologie dans le monde. Nous sommes le dernier acteur à la fabriquer en Europe. Il y a donc un véritable enjeu sur la protection des données : créer des moyens de pouvoir

Version provisoire

mettre ces données à disposition tout en protégeant le secret des affaires est un enjeu fondamental.

Je souhaiterais également attirer votre attention sur l'enjeu de la standardisation. Notre objectif a été de poser sur la table une méthodologie qui, sans doute, est encore imparfaite, mais peut constituer un référentiel pour ensuite emmener les autres acteurs vers plus de transparence et conduire, à terme, une standardisation. Nous appelons de nos vœux le lancement de travaux sur la standardisation dans ce secteur. C'est la clé pour pouvoir comparer, ce qui est essentiel pour les entreprises qui vont nous choisir ou pour les citoyens, avec rigueur.

Vous avez évoqué la question importante de la typologie des modèles : nous avons besoin de grands modèles à vocation généraliste. C'est important pour l'avancement de la science et le progrès technologique. Pour autant, tous les usages ne requièrent pas ces grands modèles : il y a une éducation à faire auprès des utilisateurs – je parle beaucoup moins du grand public qui utilise un assistant conversationnel que des entreprises qui utilisent l'intelligence artificielle. Il faut éduquer sur le bon choix de modèle pour le bon cas d'usage. Ce choix est important, parce que des modèles plus petits vont non seulement avoir une empreinte plus faible au moment de l'entraînement, mais aussi une empreinte plus faible au niveau de l'inférence.

Il faut également travailler à des techniques d'entraînement plus frugales. Notre chance vient de notre contrainte : nous avons démarré plus tard dans la compétition et avec des moyens qui, bien que très importants, le sont beaucoup moins que ceux de nos concurrents. Nous avons eu accès à moins de puissance de calcul et avons dû réfléchir à des manières d'entraîner plus frugales, car moins chères. De cette contrainte est née la capacité d'avoir des modèles plus efficients, entraînés moins longtemps, sur moins de puissance de calcul, et qui, au final, sont moins consommateurs d'énergie. Il y a une réflexion à mener sur de nouvelles techniques et de nouvelles architectures de modèles qui peuvent permettre d'atteindre de très fortes performances avec un temps de calcul moindre.

Je voudrais enfin soulever la question de l'incitation. Évidemment, la création des métriques, et donc des standards, est importante, mais la puissance publique a aussi un rôle à jouer et une incitation à donner. Elle pourrait introduire, a minima, des critères de transparence dans les appels d'offres. La commande publique peut en effet être un véritable vecteur de changement, au moins sur les enjeux de transparence.

M. Jean-François Longeot, président. – J'invite mes collègues sénateurs à poser leurs questions à nos invités.

M. Alexandre Basquin. – Je tenais à remercier les intervenants pour leur participation à cette table ronde qui pèse et pose les enjeux environnementaux et les défis pour demain.

Version provisoire

Je voudrais centrer mon intervention non pas tant sur l'intelligence artificielle en général que sur l'intelligence artificielle générative, accessible pour le grand public depuis l'avènement de ChatGPT en 2022, et qui demande une puissance de calcul pharaonique. Derrière les réponses un peu magiques de ChatGPT, les vidéos de Sora ou les images synthétiques de Gemini, Grok et Mistral, l'IA générative a une empreinte extrêmement réelle et importante sur notre environnement. Cette technologie se distingue par l'intensité de la puissance de calcul qu'elle nécessite pour chaque requête.

Nous assistons à une véritable course au gigantisme, avec des géants du numérique qui vont investir 620 milliards de dollars dans les centres de données en 2026, soit quatre fois plus qu'en 2023, avec des conséquences sur la capacité électrique, sur les ressources en eau ou en matière mimière – vous en avez parlé – , ce qui a des impacts écologiques, mais aussi géopolitiques. Des inquiétudes fortes et légitimes s'expriment : nos ressources ne supporteront peut-être pas cette fuite en avant, même avec l'IA dite frugale.

Alors que les usages explosent et que l'on évoque les conséquences environnementales et des modalités pour les réduire, j'aimerais plutôt évoquer les causes et donc l'IA générative qui ne sert, pour le grand public, qu'à produire du contenu, et parfois d'ailleurs de qualité médiocre. Nous devons nous interroger sur l'utilité, l'efficacité et l'efficience de cette technologie : elle n'est plus forcément là pour répondre à un besoin, mais plutôt pour en créer un. Je souscris à ce que porte la coalition HIATUS, notamment le moratoire sur l'intelligence artificielle. Je rappelle que 1 300 scientifiques appellent également au boycott de l'IA générative.

Je souhaiterais connaître votre position sur ce sujet de fond. Ne devrions-nous pas nous interroger sur une éventuelle interdiction d'un usage généralisé au regard des défis de demain, en application d'une forme de principe de précaution ?

M. Stéphane Demilly. – L'intelligence artificielle est une grande révolution. En quelques années à peine, elle a bouleversé nos façons de travailler, de produire, de décider et même, finalement, de voir le monde.

Cette révolution a un prix, qui est l'objet de notre rencontre d'aujourd'hui. Ce prix est aussi et surtout environnemental. En France, les émissions de gaz à effet de serre liées au numérique ont explosé. Je sais bien, M. Pitron, que ce n'est pas le seul élément de calcul environnemental, mais nous sommes passés de 17 millions de tonnes d'équivalent CO_2 en 2020, à près de 30 millions en 2022 et elles pourraient doubler d'ici à 2050. Le numérique représente déjà 4,4 % de l'empreinte carbone des Français. À l'échelle mondiale, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) est tout aussi claire : la consommation d'électricité du numérique pourrait doubler dès 2026 par rapport à 2022 – ce qui est assez extraordinaire – à cause de l'intelligence artificielle et notamment de l'IA générative.

Version provisoire

L'IA générative repose sur des infrastructures gigantesques, des centres de données massifs, des serveurs, d'innombrables calculs et donc, bien sûr, beaucoup d'énergie. Le cabinet Carbone 4 a analysé l'IA de Meta : près de 19 600 tonnes de CO_2 sur l'ensemble de son cycle de vie, dont 8 700 tonnes rien que pour l'entraînement du modèle. Certains vont encore beaucoup plus loin. Éric Schmidt, ancien PDG de Google, affirme que d'ici 2030, une immense partie de l'électricité mondiale, jusqu'à 99 % selon lui, pourrait être absorbée par une IA dite « superintelligence ». Que l'on partage ou non ce chiffre inquiétant, le signal d'alarme est clair et cela va nécessiter des choix, comme l'a évoqué M. Perrisin Faber.

Je souhaite vous interroger sur la transparence environnementale de l'intelligence artificielle. Nous manquons d'indicateurs clairs, standardisés et opposables pour mesurer l'empreinte environnementale réelle des systèmes d'intelligence artificielle, en particulier de l'IA générative, sur l'ensemble du cycle de vie. Faut-il, selon vous, aller vers une forme de bilan carbone obligatoire des modèles d'intelligence artificielle, comparable, par exemple, à ce que nous connaissons pour d'autres activités industrielles ? Comment éviter que cette transparence ne pénalise l'innovation européenne face à des acteurs importants extra-européens, notamment américains, beaucoup moins engagés que nous sur le plan environnemental ?

Mme Marta de Cidrac. – Merci à tous les intervenants pour leurs regards croisés.

Mme Herblin-Stoop, vous disiez que nous ne savons pas véritablement si l'empreinte environnementale de l'IA est forte, l'IA pouvant aussi nous aider à des progrès en matière environnementale. Pourriez-vous nous en dire un peu plus ?

Nous sommes d'accord sur l'analyse et le constat. Vous mettez tous en avant certaines mises en garde, notamment sur l'acceptabilité de l'extraction. Je m'interroge sur le leadership de l'Union européenne et de la France, car c'est un sujet éminemment crucial.

Au fond, nous posons-nous la bonne question ? Notre problématique avec l'IA est-elle son empreinte environnementale ou la place que nous souhaitons lui donner au sein de nos économies ? Nous sommes en France, dans une Union européenne qui a une économie essentiellement non pas de production, mais plutôt tertiaire. D'ailleurs, Mme Herblin-Stoop l'a rappelé, Mistral est la seule entreprise européenne dans ce domaine.

Faut-il que nous nous interrogions sur ce que nous souhaitons faire de cette IA en termes d'application pour les citoyens ou pour nos entreprises ? Quelles priorités donnons-nous à l'IA en termes d'acceptabilité, mais aussi en termes de stratégie ? Quelles stratégies sont bâties autour de l'intelligence artificielle, à l'échelle de la France et à celle de l'Union européenne ? Au-delà de l'impact carbone, de l'impact environnemental et de l'acceptabilité pour les citoyens, nous avons tous des terminaux et nous avons tous envie d'utiliser

Version provisoire

l'intelligence artificielle : ne sommes-nous pas confrontés à une très forte contradiction ? Quels sont les éléments de réponse que nous devons apporter à cela ? Qu'attendez-vous des responsables politiques et des parlementaires dans vos différentes actions, mais aussi dans les réflexions à mener collectivement ?

M. Hervé Gillé. – La métropole de Bordeaux vient de prendre une délibération de principe pour implanter un ensemble de supercalculateurs et de centres de données, dans le cadre d'un projet estimé à 3 milliards d'euros. Ce projet n'en est qu'à ses débuts et commence déjà à soulever des questions.

Vos interventions trouvent une résonance dans l'actualité législative et gouvernementale, notamment sur la question de la planification et de la consommation énergétique. Nous attendons avec beaucoup d'impatience la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et nous nous demandons dans quelle mesure le déploiement actuel de tous les systèmes d'intelligence artificielle et des centres de données s'inscrira dans une stratégie nationale. Cette question de fond entre en résonance avec la planification, ainsi qu'avec l'impact et les interactions que cela peut avoir avec les politiques territoriales, notamment à l'échelle des régions. Il s'agit d'un enjeu considérable sur lequel j'aimerais avoir votre avis.

Mme Herblin-Stopp, vous vous interrogiez sur la manière d'adapter la nature de la réponse en fonction des usages. J'y souscris tout à fait, mais je crains que nous ne soyons d'ores et déjà quelque peu dépassés dans la course à la puissance et que cette notion de régulation en fonction des usages ne soit complètement gommée par la course au projet et à la puissance.

Regardez ce qui se passe déjà aujourd'hui avec la montée en puissance du numérique et l'arrivée très tardive de la régulation. On parle d'interdire certains usages numériques pour les jeunes, mais combien de temps après ? Le mal est déjà fait.

La nature même des usages dépassera, à un moment donné, nos propres capacités de régulation, d'éthique et de déontologie. Quelles seront nos capacités à créer les conditions d'une régulation, d'une éthique et d'une déontologie en la matière ?

Enfin, la responsabilité sociétale des organisations (RSO) et la responsabilité sociale des entreprises (RSE) sont fondamentales ; elles peuvent constituer un instrument de régulation interne au niveau des projets. Comment voyez-vous cela ?

M. Baptiste Perrissin Fabert. – Merci beaucoup pour toutes ces questions, qui sont très riches.

Le premier point concerne la régulation des usages et l'idée même d'une interdiction de l'IA générative pour les publics. Il revient évidemment au législateur d'examiner cette question. J'en resterai au contenu de nos rapports : la bonne technologie pour le bon cas d'usage, adaptée aux besoins.

Version provisoire

S'il s'agit de relocaliser sans regret – c'est ce que je disais tout à l'heure –, un arbitrage sera nécessaire à un moment donné. En effet, la production d'électricité est actuellement supérieure à la consommation. Cependant, nos estimations prospectives montrent qu'avec l'électrification de la mobilité et des bâtiments, ainsi que la transformation de notre parc de production électrique – avec les anciennes centrales nucléaires qui seront fermées et les nouvelles qui seront ouvertes –, une priorisation des usages s'imposera. Nous ne pouvons donc pas concevoir le développement de l'IA sans mener, en parallèle, une réflexion sur la sobriété et sur l'écoconception de ces centres de données.

Les pistes de régulation portent sur la transparence. Comment faire en sorte que la norme que nous sommes en train de créer sur une analyse de cycle de vie de l'IA soit adoptée par tous ? Cela présente une difficulté : la régulation européenne, l'*AI Act*, ne traite absolument pas des impacts environnementaux. Par ailleurs, nous n'avons qu'un seul acteur en Europe, un acteur français. Par conséquent, nos partenaires européens n'ont que peu d'intérêt à réguler : ils ne sont que des consommateurs et n'ont pas envie de se priver de la consommation de services fournis par des champions américains. Au niveau européen, nous travaillons donc avec nos homologues allemands sur cette dimension. Nous nous sommes aperçus qu'avec la « loi Reen », nous étions en avance.

Ensuite, une réglementation sur l'impact environnemental bridera-t-elle l'innovation ? Je pense, au contraire, que la frugalité peut stimuler l'innovation. La contrainte, le fait que nous arrivions un peu tard dans la course, nous force à aller vers des modèles un peu différents, plus frugaux. La transparence sur l'impact environnemental permettra aussi de se différencier par rapport à l'offre de concurrents américains et en cohérence avec les engagements des entreprises françaises et européennes pour la décarbonation et pour la transition écologique en général. Pour ce qui concerne les appels d'offres, un critère environnemental est obligatoire depuis le 1er janvier 2026 dans la commande publique pour différencier une offre d'IA. Les appels d'offres publics devraient privilégier l'offre qui a rendu son impact environnemental transparent. Enfin, s'agissant de la planification territoriale, l'intelligence artificielle n'est pas immatérielle. De grands centres de données doivent s'installer dans les territoires et cela soulèvera donc des enjeux d'arbitrage sur l'artificialisation des sols, avec un vrai besoin de planification. Les régions auront un rôle à jouer, ainsi que l'État. Faut-il aller installer les centres de données au milieu des champs ou, au contraire, faut-il réfléchir aussi à l'usage de la chaleur fatale émise par ces derniers pour des usages dans des réseaux de chaleur ? Ce sont des réflexions de l'Ademe, notamment en lien avec le fonds chaleur.

Mme Audrey Herblin-Stoop. – S'agissant de l'utilité de cette technologie, sans surprise, je vais vous dire qu'elle est utile. Je voudrais rappeler que la partie « assistant conversationnel », qui est la plus connue du

Version provisoire

grand public, ne représente qu'un tout petit bout du sommet de l'iceberg de ce que cette technologie peut accomplir et de la manière dont elle est utilisée. Effectivement, on peut s'interroger sur l'utilité de ces usages-là. Mistral a un produit qui s'appelle le « chat », mais notre cœur de métier se concentre sur des usages destinés aux entreprises et au secteur public.

Cette technologie est utile, car nous voyons déjà des applications très concrètes qui apportent des bénéfices à l'humanité. Évidemment, certains usages présentent moins de bénéfices, mais aujourd'hui, l'IA permet, par exemple, de détecter des cancers très tôt dans l'imagerie médicale. Il existe des utilisations pour l'optimisation des processus et le pilotage – nous travaillons notamment avec Veolia sur du pilotage –, où il y a un véritable impact qui est aussi bénéfique. Nous travaillons avec le secteur public, notamment avec France Travail, pour faire du croisement entre les demandeurs et les offres d'emploi.

Ceci étant dit, chez Mistral, nous ne croyons pas qu'une « superintelligence » se développera à courte échéance. Nous construisons des outils pour servir les humains. On doit donc les organiser de manière à n'en faire que des outils et donc à limiter les infrastructures et les usages que l'on met en place.

Faut-il créer un bilan carbone obligatoire des modèles d'intelligence artificielle ? Nous poussons à plus de transparence et à plus de normalisation, mais nous ne souhaitons pas ajouter de la documentation et de la norme. Il y a d'autres moyens d'y parvenir : la question des marchés publics et de la commande publique est, à mon sens, essentielle pour inciter, sans pour autant ajouter une pression documentaire et administrative sur nos entreprises.

Sur la question des infrastructures de manière générale, je suis un peu partagée, car nous avons un très fort déficit en Europe en la matière. Quand nous avons annoncé il y a un an la création de notre centre de données, c'est que nous ne trouvions rien sur le marché pour répondre à nos besoins. Ce retard a beaucoup d'impacts, notamment sur notre capacité à organiser notre autonomie stratégique. Si une entreprise comme Mistral n'a plus accès à de la puissance de calcul, elle peut mettre la clé sous la porte. Si l'ensemble de la puissance de calcul n'est pas situé en Europe, vous comprenez bien – dans le contexte géopolitique qu'a rappelé Mme Bouverot – dans quelle situation nous pouvons nous retrouver. Par ailleurs, comment faire en sorte que les entreprises qui disposent de capacités financières massives ne viennent pas s'approprier l'ensemble de la capacité de calcul ou des projets en Europe, et n'absorbent pas l'ensemble de la production électrique française, qui aujourd'hui est largement exportatrice ? Il y a donc un enjeu d'autonomie stratégique dans le fait de pouvoir créer en Europe l'infrastructure qui soutiendra la création de cette technologie. Le faire en France permet de disposer d'une énergie décarbonée. Beaucoup d'autres choses peuvent être faites et nous pouvons nous tourner vers le renouvelable, mais les pics de

Version provisoire

charge ne nous permettent pas d'avoir du 100 % renouvelable sur nos centres de données.

Vous parliez de la question de la régulation. Pour ma part, je n'ai pas le sentiment que nous ayons tardé sur l'intelligence artificielle. Au contraire, nous sommes allés très vite dans la régulation, en tout cas sur l'IA générative, et le règlement sur l'IA a été adopté au moment où cette technologie était très balbutiante. Le code de pratique n'est, à notre sens, pas allé assez loin sur la question environnementale. La régulation est donc imparfaite, mais elle est déjà là.

M. Guillaume Pitron. – Je voudrais réagir une question à mon sens passionnante et complexe : cette éthique environnementale nous est-elle finalement dommageable sur le plan de la compétitivité ? Le paradoxe est le suivant : finalement, à quoi bon, puisque la prime va au moins-disant environnemental ?

Dans le cadre de mes travaux, j'ai pu me rendre en Laponie où Facebook, aujourd'hui Meta, a installé certains de ses centres de données. Ce déplacement m'a permis de comprendre qu'il fallait élargir le spectre de ce que l'on appelle la compétitivité.

Il y a évidemment, à la fois pour le fournisseur de services mais aussi pour les utilisateurs finaux, un enjeu qui est d'abord financier. Il faut rappeler que dans les grands salons sur les centres de données, la question de l'efficacité énergétique du stockage de la donnée – avec à l'arrivée les gains que cela représente en termes de coûts, de management, de gestion de la donnée – constitue un véritable enjeu.

Il faut savoir que dans une entreprise, dans une banque française, un salarié peut représenter jusqu'à 10 000 ou 20 000 euros par an pour l'entreprise en termes de coûts pour toutes les applications numériques, la cybersécurité, mais également les logiciels, le matériel, la gestion de la donnée, etc. Aujourd'hui, une entreprise qui se retrouve face à ces enjeux de bonne gestion et d'optimisation va y voir son intérêt sur le plan strictement économique.

Il y a aussi un aspect réputationnel. Quand les employés d'Amazon signent une pétition par milliers pour que l'impact environnemental des activités d'Amazon, notamment Amazon Web Services, soit le moins dégradé et le plus optimisé possible, c'est un enjeu réputationnel pour l'entreprise, et Amazon bouge sous la pression de ses employés. En effet, la responsabilité environnementale, la réputation de l'entreprise sur ce sujet, est engagée.

C'est également un enjeu de ressources humaines. Si les fournisseurs de services ne sont pas capables de répondre à ces sujets, ils ne vont tout simplement pas trouver les meilleurs cerveaux pour les rejoindre. On évoque aujourd'hui la « génération Greta » : je n'adhère pas à cette expression, que je juge tout à fait ambiguë sur ces sujets, tout comme l'utilisation de ces outils par cette génération. Pour autant, si vous voulez les meilleurs cerveaux, qui

Version provisoire

ont peut-être des engagements environnementaux très forts, ils se décideront en partie par rapport au discours que vous porterez, vous, fournisseur de services ou utilisateur final.

Mon dernier point concerne la compétitivité de nature sociale. Je suis allé à Haarlemmermeer à côté d'Amsterdam, première ville au monde à avoir, en 2019, posé un moratoire sur les centres de données. J'ai d'ailleurs rencontré son édile Mariëtte Sedee, qui a été la première au monde à prendre cette décision d'arrêter l'expansion non maîtrisée des centres de stockage de données sur son territoire en raison d'un manque de place et d'un refus des administrés, selon la maire, « *de vivre dans une ville où ils ont comme voisins de grandes boîtes à chaussures* ». Pour alimenter ces « *boîtes à chaussures* », une production d'électricité est nécessaire, ce qui renforce encore l'occupation du territoire dans des zones relativement restreintes

Le numérique représente 1 % de la consommation d'eau mondiale. À l'échelle de l'humanité, c'est donc faible. Toutefois, à l'échelle d'un territoire, cette consommation peut créer des conflits d'usage dans l'accès à l'eau, suscitant ensuite des tensions sociales.

Je terminerai en évoquant l'extraction des métaux nécessaires au numérique. Les grands bassins miniers aujourd'hui sont l'Australie, l'Afrique australe et l'Amérique latine, notamment le Chili, qui sont des bassins dans lesquels il y a déjà un fort stress hydrique.

Il est donc intéressant d'élargir le spectre de ce que nous appelons la compétitivité et de sortir d'une approche qui serait strictement économique, en regardant les autres dimensions de cette compétitivité : réputationnelle, humaine et sociales.

Mme Anne Bouverot. – Concernant l'utilité de l'intelligence artificielle générative pour le grand public, nous observons des usages qui se rapprochent de ceux des réseaux sociaux. Il est vrai que nous avons tardé à réguler les réseaux sociaux pour les jeunes ; il s'agit d'un retard collectif au niveau mondial. Nous nous sommes rendu compte qu'il y avait un certain nombre de bénéfices, mais aussi un certain nombre de cas avec des usages préjudiciables pour les jeunes. Nous devons être attentifs, concernant l'IA générative, à nous préoccuper du sujet dès aujourd'hui. Dès lors, au titre du Conseil de l'IA et du numérique et à la demande de la ministre déléguée chargée de l'IA et du numérique, nous allons lancer un groupe de travail, que nous appellerons peut-être « IA générative et vulnérabilité ». Cette vulnérabilité peut être liée à l'enfance, à la relation avec la mort, aux assistants psychologiques, qui peuvent apporter une aide considérable mais qui peuvent également susciter des cas d'usage très inquiétants.

Je voudrais revenir sur le sujet de la souveraineté. Pourquoi est-il important qu'en France et en Europe, nous soyons acteurs de ce développement de l'IA générative et pas seulement dans l'adoption de modèles qui viennent, pour l'essentiel, des États-Unis et de la Chine ? Pour

Version provisoire

des raisons de démocratie et de valeurs, pour des raisons économiques et pour des raisons de sécurité nationale.

Pour des raisons de démocratie et de valeurs, parce qu'aujourd'hui, lorsque l'on pose des questions, par exemple, à des modèles d'IA chinois sur des sujets politiques, on obtient des réponses complètement corsetées. Cela peut être le cas pour n'importe quel modèle. Quand on pose les mêmes questions à des IA de type Grok, on a des réponses très idéologiques. Voulons-nous dépendre complètement de modèles développés aux États-Unis et en Chine lorsque nous avons des sujets aussi délicats ? Je ne le crois pas. Et qu'en est-il de l'intégration de nos valeurs, justement, de transition écologique ? C'est un point qui n'est pas important pour les développeurs d'intelligence artificielle américains. J'ai encore récemment parlé à l'un des grands patrons de modèles d'IA américains qui m'a déclaré ne pas avoir pensé à l'impact artificiel de l'IA.

Ce développement est également crucial pour notre économie car l'IA, au-delà des usages grand public, va reprogrammer et devenir l'infrastructure informatique de toutes nos entreprises et de toutes nos administrations. Si, un jour, Meta décide de ne plus faire d'IA open source et que nous n'avons plus le choix qu'entre des modèles de type « boîte noire », nous n'aurons d'autre choix que d'être clients et de payer le prix qu'ils nous demanderont. Cela signifie qu'il faut bien sûr réaliser l'adoption de manière efficace, frugale et pertinente, mais aussi développer des modèles à la pointe de la recherche. Sur ce point, le rôle de Mistral, mais aussi celui de la recherche publique à l'échelle européenne, est extrêmement important.

Enfin, c'est important également pour des raisons de sécurité nationale et de défense. En effet, ces modèles sont aujourd'hui utilisés pour la défense dans le domaine de la sécurité, de la cybersécurité, mais aussi de l'attaque, et également dans le domaine de l'IA de défense avec le développement de nombreux acteurs, de drones et d'outils innovants. Il faut que nous puissions disposer de ces capacités à l'échelle européenne et que nous ne laissions pas leur développement aux seuls États-Unis et à la Chine.

Mme Audrey Bélim. – Les territoires insulaires comme La Réunion sont à la fois en première ligne du changement climatique et soumis à de fortes contraintes énergétiques. Dans ce contexte, le déploiement de l'intelligence artificielle (IA) pose une question centrale. Comment intégrer ces technologies sans renforcer notre dépendance énergétique ou accroître la pression sur des réseaux déjà fragiles ? Quelles stratégies publiques permettent de concilier l'innovation numérique, la sobriété énergétique et l'autonomie des territoires insulaires ?

L'IA offre également des perspectives importantes pour anticiper les risques naturels auxquels nos outre-mer sont particulièrement exposés. Cette promesse ne doit cependant pas se faire au prix d'une empreinte écologique excessive. Comment développer des outils d'IA utiles à la prévention et à la

Version provisoire

protection des populations, tout en garantissant des solutions légères, sobres et adaptées aux contraintes locales ?

Face à cette urgence climatique, la question n'est plus seulement de savoir si l'IA est performante, mais si elle est responsable. Peut-on aujourd'hui définir une IA climato-responsable, pensée dès sa conception pour des territoires exposés, insulaires ou vulnérables, intégrant sobriété énergétique, utilité sociale et résilience territoriale ?

Enfin, les centres de données sont souvent présentés comme l'infrastructure clé de l'IA, mais ils sont aussi très énergivores. Dans les territoires ultramarins où l'autonomie énergétique est un objectif stratégique, leur implantation interroge. Peut-on concevoir des centres de données compatibles avec les réalités insulaires en matière d'énergie renouvelable, de mutualisation ou de sobriété ? Ou faut-il repenser entièrement leur modèle pour ces territoires ?

Je terminerai en disant qu'un risque majeur est que l'empreinte écologique de l'IA soit invisible, déplacée vers les territoires les plus vulnérables. Comment éviter que les coûts environnementaux du numérique soient délocalisés vers les outre-mer au bénéfice des centres de décision métropolitains ou internationaux ?

M. Simon Uzenat. – Je partage complètement vos propos sur l'enjeu de la compétitivité, notamment la compétitivité carbone. Nous avions produit un rapport sur le sujet avec Lauriane Josende et Brigitte Devésa au nom de la délégation aux entreprises. Il ne faut pas voir la règlementation environnementale comme un frein, mais comme une chance pour le moyen et le long termes.

S'agissant du reconditionnement des GPU, existe-t-il des pistes qui le permettraient ?

Dans les exemples d'utilité que vous avez donnés, il s'agissait d'usages essentiellement professionnels. Concernant le grand public, se pose évidemment le sujet de la commande publique, car à travers les collectivités et notamment les pouvoirs publics, il s'agit de donner l'exemple d'un usage maîtrisé de l'intelligence artificielle. Comment les accompagner et, en particulier, comment accompagner nos jeunes sur le sujet de l'éducation et de la formation ?

En vous écoutant, je me demandais si l'on ne pourrait pas réfléchir à moyen terme à une sorte d'éco-score, non pas pour chaque usage individuel de l'IA générative, mais peut-être sur des périodes plus ou moins longues. Je pense au bilan carbone de nos transports en train que nous recevons à la fin de chaque année. Chacun pourrait ainsi bien mesurer cela. Vous parliez de la jeune génération engagée sur les questions climatiques. Or, ce sont les premiers à utiliser ces outils. Il s'agit donc de leur montrer que leur usage n'est pas anodin et que, contrairement à ce que l'on croit, les outils numériques ne sont pas des biens communs d'intérêt général sans aucun impact, mais que

Version provisoire

tous ces usages cumulés ont des incidences sur notre environnement. Comment le donner à voir, sans culpabiliser à l'excès évidemment, mais pour permettre la responsabilisation de chacun ?

M. Damien Michallet. – Bien souvent, on parle de l'usage particulier de cette IA générative qui représente, nous l'avons vu, peu de chose, finalement, du modèle industriel. Le problème pourrait être réglé non pas par une réglementation de l'IA mais simplement par une réglementation sur l'exposition de notre jeunesse aux écrans. Je pense que le sujet n'est pas l'IA mais plutôt l'utilisation de nos téléphones mobiles.

Il existe beaucoup de règlementations autour du numérique. D'ailleurs, nous sommes impatients, au Sénat, de procéder à des auditions sur l'Artificial Intelligence (AI) Act, car, dans sa construction initiale, nous l'appréhendons quelque peu. En effet, nous serions tout de même en capacité, comme bien souvent, de surtransposer et de créer une dizaine, voire un peu plus, de correspondants dans le cadre de l'AI Act, voire peut-être même de créer une nouvelle agence pour encadrer cela. Ce serait donc totalement lunaire et, évidemment, probablement castrateur, tant du côté de l'usage que du côté de l'usage industriel, bien entendu, mais aussi pour la filière technologique.

En revanche, il est vrai que l'AI Act n'intègre pas vraiment la chaîne environnementale de l'IA, de l'usage jusqu'à son origine plus matérielle. En 2023-2024, 80 % de l'impact environnemental dans l'ensemble de la chaîne de valeur, était lié au matériel et 20 % à l'usage. Avec l'IA, cet ordre de grandeur pourrait radicalement évoluer.

Les vingt plus grandes entreprises dans l'IA sont soit américaines, soit chinoises. Un peu plus bas, nous avons Mistral, pépite française et sursaut européen. Nous avons la possibilité de l'accompagner, mais peut-être aussi toute la filière, en organisant différemment la chaîne d'achat public qui peut être un véritable catalyseur. Estimez-vous qu'aux niveaux national et européen, nous devions modifier certaines réglementations pour justement accélérer cet achat et y introduire un peu de souveraineté, mais surtout pour flécher des fonds publics sur des technologies souveraines ?

M. Jean-Claude Anglars. – Je souhaite interroger Mme Herblin-Stoop concernant son implantation, qu'elle nous a décrite comme étant située dans un coin de la campagne française. J'aimerais connaître votre réflexion, aux uns et aux autres, sur l'implantation de ces futurs centres de données. La France est aujourd'hui concernée par une désindustrialisation massive. Or il existe des territoires où il y a de l'eau, de l'électricité, où il fait bon vivre et où se trouvent des écosystèmes d'ingénieurs avec d'autres entreprises. Comment intégrez-vous ces éléments dans vos recherches ? Je pourrais vous emmener en Aveyron, là où était implantée l'entreprise Bosch, qui s'y était installée après la guerre pour des raisons stratégiques.

Version provisoire

M. Clément Pernot. – L'un de mes amis, président de conseil départemental, envisage, pour maîtriser totalement ses données, de s'engager dans la mise en place de centres de données. Ce schéma d'aménagement pour demain doit-il être accompagné ou limité dans son ambition au regard notamment des problématiques environnementales ? Au niveau national, devons-nous, en tant que législateurs, encourager une maîtrise de la donnée de proximité, ou devons-nous rassurer l'ensemble des intervenants sur ces questions en leur indiquant qu'il existe d'autres moyens pour parvenir à ces fins ?

Mme Anne Bouverot. **–** Sur la souveraineté des données, comme sur toute la souveraineté en général, il est nécessaire de réfléchir aux domaines dans lesquels nous avons vraiment besoin d'être souverains et à ceux où nous avons simplement besoin d'avoir le choix et d'être en contrôle de ce que nous possédons. Pour le plus confidentiel – dans le domaine de la défense, de la santé –, nous pouvons avoir des données localisées en France, dans des centres de données nationaux, avec un contrôle complet. Pour les autres types de données, il faut avoir accès à un cloud européen si possible, voire américain, avec suffisamment de choix pour pouvoir changer de fournisseur si besoin.

Concernant les centres de données et leur installation géographique sur le territoire, cela dépend bien sûr de toutes les capacités d'accueil des territoires que vous avez mentionnés, qui sont extrêmement importantes. Cela dépend aussi de la disponibilité de la connectivité énergétique et électrique. C'est pourquoi la planification de l'énergie et les accès sont extrêmement importants. Nous avons la chance en France de disposer d'une planification. Bien sûr, nous aimerions sans doute qu'elle soit plus précise et que nous l'ayons plus en avance, mais, par rapport aux États-Unis notamment, nous avons une qualité de planification beaucoup plus claire et beaucoup plus lisible, qui permet de se demander où il est pertinent d'installer des centres de données.

Je vous encourage tous à visiter des centres de données existants. J'ai récemment visité le supercalculateur Jean Zay. Il montre très clairement que l'on peut optimiser l'empreinte à la fois géographique – c'est-à-dire la taille du centre de données – en optimisant l'installation des équipements à l'intérieur, et que l'on peut également avoir une véritable réflexion sur l'impact environnemental, notamment sur l'impact hydrique. Ils consomment annuellement environ 3 000 mètres cubes d'eau en consommation nette, ce qui correspond à peu près à une piscine olympique.

Mme Audrey Herblin-Stoop. – Au-delà de Mistral, l'écosystème de l'intelligence artificielle français est extrêmement talentueux, je ne voudrais pas leur faire de l'ombre. Je songe à des entreprises comme PhotoRoom, Artefact, à Dust ou à Alice & Bob.

Sur la question des GPU, il est un peu tôt pour nous pour pouvoir aborder ce sujet, nos GPU viennent d'être livrés ; nous ne sommes donc pas

Version provisoire

encore tout à fait dans la deuxième phase de leur vie. Au moment de la commande, nous avons toutefois réfléchi à la manière d'anticiper cette obsolescence des GPU. Nous avons fait le choix de commander des DGX H100, la toute dernière technologie de Nvidia. Plusieurs possibilités existent pour la fin de vie des GPU, comme la revente, puisqu'ils deviendront obsolètes pour l'entraînement des grands modèles de langage.

L'utilisation de ces modèles dans le cadre de l'éducation et de la formation soulève de nombreuses questions. Nous devons anticiper les enjeux de formation de l'ensemble de la population à l'usage et à l'impact de l'intelligence artificielle. Un programme d'éducation à l'usage de l'IA permettra aussi d'aider à avoir des usages plus responsables et d'aborder le sujet de la vulnérabilité. Nous devons mener une réflexion collective, y compris avec le législateur, sur la nécessité d'inciter à une éducation du grand public sur ce que l'on peut attendre de cette technologie. Nous avons besoin ensuite de former aux usages de l'IA dans les entreprises. Aujourd'hui, nous avons 700 salariés chez Mistral, dont à peu près 70 % en France. Nous avons la chance exceptionnelle en France d'avoir des filières d'excellence en mathématiques, en apprentissage automatique et dans les sciences en général. Il faut absolument que nous continuions à faire de ces filières les meilleures du monde et, j'insiste sur ce point, sur la manière dont nous faisons en sorte que les jeunes filles et les jeunes femmes s'engagent dans ces filières mathématiques.

La commande publique est effectivement un levier très fort. Vous posiez la question, monsieur le sénateur Pernot, de savoir quel choix doit faire une collectivité locale par rapport à ses données. Les données de nos citoyens doivent, en tout état de cause, être sécurisées et sous le contrôle de nos autorités. Les entreprises privées, comme Mistral, s'engagent dans des plans de développement d'infrastructures qui sont extrêmement coûteux et qui permettent ce contrôle, la commande publique peut nous aider à développer cette infrastructure.

M. Jean-François Longeot, président. – Je tiens à remercier nos invités pour avoir nourri ce débat très intéressant. Il reste effectivement encore beaucoup de pistes à explorer. Vous avez pu constater que cette commission est véritablement au cœur de la problématique et des enjeux de l'intelligence artificielle.

Ce point de l'ordre du jour a fait l'objet d'une captation vidéo, disponible en ligne sur le site du Sénat.

Version provisoire

Audition de M. Philippe Aghion, prix Nobel d'économie 2025, professeur au Collège de France et à l'Institut européen d'administration des affaires
(Mercredi 20 mai 2026)

M. Jean-François Longeot, président. – Mes chers collègues, nous avons l'honneur d'accueillir aujourd'hui l'économiste Philippe Aghion, professeur au Collège de France, à l'Insead, à la London *School of Economics*, associé à l'École d'économie de Paris et, bien entendu, lauréat du prix dit « prix Nobel d'économie 2025 », conjointement avec les économistes Joel Mokyr et Peter Howitt, pour leur théorie d'une croissance soutenable par le biais de la destruction créatrice.

Monsieur Aghion, vos domaines d'expertise sont nombreux, mais nous souhaitons vous entendre plus précisément sur le sujet de l'intelligence artificielle.

Vous avez publié en novembre 2025, conjointement avec les économistes Mathias Abitbol et Céline Antonin, une tribune dans *Le Monde* appelant à réconcilier la révolution de l'IA avec nos objectifs environnementaux. Vous y adoptiez une position résolument optimiste. Certes, vous constatiez l'impact environnemental disproportionné des grands modèles de langage, lié à l'augmentation de la consommation d'énergie. Vous jugiez toutefois que ces usages peuvent être conciliés avec nos objectifs environnementaux, grâce aux gains d'efficacité énergétique spectaculaires des serveurs et des infrastructures, pourvu qu'une régulation efficace soit mise en place. Vous appeliez enfin à distinguer les différents types d'IA, aux impacts environnementaux hétérogènes, et insistiez sur les nombreux atouts de l'IA pour notre transition, déjà utilisée par de nombreux acteurs de la transition écologique.

Cette tribune fait particulièrement écho aux travaux de la commission, qui conduit depuis janvier 2025 une mission d'information sur l'empreinte environnementale de l'IA, pour laquelle nous avons désigné comme rapporteurs Guillaume Chevrollier, Damien Michallet et Simon Uzenat. Cinq mois plus tard, les rapporteurs s'approchent du terme de leur mission, après avoir entendu, au cours de plus de trente auditions, les principales parties prenantes du secteur.

Je ne doute pas que votre audition permettra de compléter utilement leurs travaux et de nous éclairer davantage sur la nécessaire conciliation entre les potentialités indéniables de l'IA et la réduction tout aussi inévitable de notre empreinte environnementale. Sans plus tarder, je laisse la parole aux rapporteurs Damien Michallet et Simon Uzenat, et vous prie d'excuser le troisième rapporteur, Guillaume Chevrollier, qui ne peut être présent aujourd'hui.

Version provisoire

M. Damien Michallet, rapporteur. – À mon tour, je souhaite remercier Philippe Aghion d'être à nos côtés ce matin. Je ne doute pas que vos analyses viendront utilement nourrir les travaux de notre mission d'information sur l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle. Je vous le dis – mais vous le savez sans doute déjà –, tous vos travaux sont suivis avec attention au Sénat et irriguent nos réflexions au-delà du sujet de l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle.

Comme l'a dit le président, nous approchons du terme de nos auditions. Avec mes collègues Guillaume Chevrollier – que nous excusons – et Simon Uzenat, nous avons entendu une grande diversité d'acteurs issus des mondes académique, industriel, institutionnel et associatif. Ils nous ont tous présenté leurs visions, parfois très contrastées, parfois très opposées, quant à l'intelligence artificielle. Certains considèrent que les gains d'efficacité permis par l'innovation technologique compenseront largement la hausse des usages, tandis que d'autres alertent sur une trajectoire de consommation de ressources potentiellement insoutenable, allant, pour certains, jusqu'à plaider pour un moratoire sur certaines formes d'IA générative, et pour d'autres, à dire que l'intelligence artificielle résoudra tous les problèmes environnementaux puisqu'elle va tuer l'emploi, que l'on ne se déplacera plus du tout et donc qu'il n'y aura plus d'impact environnemental associé.

Dans ce contexte, j'aimerais connaître votre appréciation des différents scénarios d'évolution de l'empreinte environnementale de l'IA. L'Agence internationale de l'énergie prévoit un quasi-doublement de la consommation électrique des centres de données à l'échelle mondiale d'ici à 2030. En France, l'Ademe estime que la consommation d'électricité liée aux usages de l'intelligence artificielle pourrait être multipliée par 3,7 d'ici à 2035. Plusieurs experts entendus par notre mission d'information ont toutefois relativisé ces projections en mettant en avant les progrès rapides attendus en matière d'efficacité énergétique, mais également les contraintes pesant sur l'accès à certaines ressources critiques nécessaires au développement de ces technologies, ainsi que l'évolution des modèles d'IA et des usages, qui pourraient aussi limiter l'impact environnemental.

Quel regard portez-vous sur ces projections ? Vous paraissent-elles crédibles à moyen terme ? Surtout, comment analysez-vous l'équilibre entre les effets rebond liés à la diffusion massive de l'intelligence artificielle et les gains d'efficacité susceptibles, au contraire, d'en limiter l'empreinte environnementale ?

Par ailleurs, au cours de nos auditions, nous avons constaté une prise de conscience croissante, chez certains acteurs de l'intelligence artificielle, de la nécessité de mesurer et de documenter l'impact environnemental de leurs modèles et de leurs usages. Des analyses de cycles de vie ont ainsi été publiées pour certains grands modèles de langage, comme ceux de Mistral AI ou de Google, mais selon des méthodologies très hétérogènes, parfois contestées par les chercheurs et les industriels eux-mêmes. Sur ces initiatives, avez-vous un

Version provisoire

regard particulier ? Vous semblent-elles suffisantes pour garantir une information fiable, robuste et comparable ? Faut-il, selon vous, aller vers un cadre public harmonisé à l'échelle nationale ou européenne, définissant des standards communs de transparence environnementale, voire imposant la publication d'analyses de cycles de vie ?

Pour finir, estimez-vous qu'il faille accélérer l'usage de l'intelligence artificielle en France, tant dans les services publics que dans nos entreprises, pour accompagner une croissance qui pourrait préserver l'emploi et qui permettrait de limiter l'impact environnemental de cette technologie ?

M. Simon Uzenat, rapporteur. – Monsieur le professeur, merci pour votre présence ce matin et pour vos travaux qui nous éclairent depuis le début de nos auditions, il y a maintenant plusieurs mois, d'opérateurs économiques et d'acteurs.

Je souhaitais vous interroger sur différents points, à la suite en particulier du rapport de la commission sur l'intelligence artificielle que vous avez présidée. En écho, là aussi, aux propos de mon collègue, l'un des grands enjeux qui ressort de nos auditions, quelles que soient les positions des uns et des autres, est celui de la transparence et d'une évaluation objective des impacts et des gains potentiels de l'intelligence artificielle. L'on peut dire sans se tromper qu'aujourd'hui, cette évaluation du rapport coût-bénéfice en est encore très largement à ses débuts.

Je souhaitais donc vous entendre également sur les esquisses d'analyse de cycle de vie qui ont pu être mises en place, notamment par Google et Mistral. Sachant que les auteurs eux-mêmes de ces études insistent bien sur leur caractère exploratoire, quel est votre avis sur ces dernières ? Pouvez-vous nous en dire davantage sur les performances objectives attendues de l'IA sur le plan environnemental ? Vous commencez à l'évoquer dans votre rapport. En effet, on évoque les avantages, mais on n'établit pas le rapport avec les coûts liés à l'énergie, même si, et cela a été rappelé, les capacités de calcul et l'optimisation permettent de réduire l'empreinte écologique. Le développement des usages et la multiplication de ces utilisations emportent des incidences environnementales.

Mon deuxième point est en rapport direct avec deux recommandations de vos travaux. La recommandation n° 5 porte sur la transparence environnementale : quels outils préconisez-vous d'adopter pour la rendre effective à l'échelle mondiale, ou à tout le moins européenne ? Dans votre recommandation n° 12, vous évoquez une nouvelle génération d'IA sur laquelle la France commence d'ores et déjà à travailler avec ses partenaires européens : l'IA frugale. Y voyez-vous un terrain de compétitivité ? Sur le plan technologique, nous en sommes les uns et les autres convaincus, ce sera l'un des grands enjeux dans les mois et les années qui viennent.

Troisième point, dans l'une de vos interviews, vous évoquez votre réserve – et c'est très compréhensible au regard de vos positions – sur les

Version provisoire

fameux champions nationaux. Vous appelez plutôt à laisser s'exercer la libre concurrence. Pour autant, nous le voyons, y compris dans le domaine numérique, le soutien public, à travers en particulier la commande publique, constitue un accélérateur, un amplificateur. Nous avons l'exemple d'AWS aux États-Unis sur le *cloud*. Nous ne sommes pas directement dans l'intelligence artificielle, mais une commande de la CIA de 600 millions de dollars a permis – pas exclusivement, évidemment – de faire émerger un champion. Que pourrions-nous faire ? Comment voyez-vous cette situation à l'échelle franco-européenne ?

J'aborderai deux derniers points. Le premier est l'enjeu de la formation, sur lequel vous insistez beaucoup dans le rapport de mars 2024 et que nous avons nous aussi identifié comme l'une des clés pour développer les bons usages et les bonnes pratiques. Quel chemin devons-nous emprunter, selon vous, pour être plus efficaces sur ce terrain ? Enfin, mon dernier point fait écho aux propos de mon collègue Damien Michallet : le rôle du législateur. Pouvez-vous nous en dire davantage sur l'évaluation de la loi du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique, dite « loi Reen », qui a été portée par notre collègue Guillaume Chevrollier, et sur le rôle du législateur au plan national comme au plan européen ? Avez-vous, sur ce point, des préconisations à formuler sur les actions que nous pourrions conduire pour concilier la compétitivité économique et la réduction de l'empreinte écologique ?

M. Philippe Aghion, professeur au Collège de France et à l'Institut européen d'administration des affaires. – Je ne pourrai répondre que de manière assez générale et, malheureusement, je ne serai pas en mesure de faire justice à la plupart des questions que vous avez posées. Toutefois, je vais les consigner et vous enverrai les éléments dont je dispose pour vous aider à y répondre.

L'intelligence artificielle représente un espoir. Il y a un potentiel de croissance lié à l'IA. Comme vous le savez, nous connaissons une croissance atone en ce moment et nous avons un problème de déclin technologique de l'Europe par rapport aux États-Unis. Pourquoi l'IA devrait-elle stimuler la croissance ? Parce qu'elle automatise des tâches dans la production des biens et services, mais également dans la production des idées. L'IA facilite l'émergence d'idées ; on peut plus aisément recombiner d'anciennes idées pour en produire de nouvelles.

J'ai essayé d'évaluer avec mes collègues le potentiel de croissance de l'IA. Si je considère uniquement l'IA automatisant les tâches dans la production des biens et services, on observe une augmentation de 0,7 point de pourcentage par an pendant dix ans. Si je considère maintenant le potentiel de croissance de l'IA en tant qu'outil automatisant la production d'idées, cela représente au moins 0,25 % de croissance supplémentaire, mais de manière permanente. Cela signifie donc beaucoup de milliards au bout de dix ou vingt ans et donc un énorme espoir de croissance lié à l'IA.

Version provisoire

Concernant l'effet sur l'emploi, il est évident que l'IA va remplacer des tâches, et les emplois sont des combinaisons de tâches. L'IA va supprimer des emplois, mais elle va également en créer, pour au moins deux raisons. Les entreprises qui adoptent l'intelligence artificielle deviennent plus productives, donc plus compétitives. Par conséquent, la demande mondiale pour leurs produits augmente, ce qui est une source de création d'emplois. Par ailleurs, l'IA génère de nouvelles idées, et de nouvelles idées créent de nouveaux emplois. Il va donc falloir adapter le système du marché du travail, peut-être en s'orientant vers une flexisécurité. Un certain nombre de mesures peuvent être prises pour amortir le choc de l'IA du point de vue de l'emploi. Il s'agit donc de mettre l'accent sur ce que l'on appelle les soft skills – c'est-à-dire interagir avec les autres, prendre des initiatives, la polyvalence dans l'entreprise –, mais également sur des dispositifs comme l'apprentissage beaucoup plus qu'auparavant. Il y a toute une série de mesures que l'on peut prendre pour amortir le choc de l'IA sur l'emploi et maximiser son potentiel de création d'emplois.

Sur la question de l'empreinte énergétique, il est évident que l'IA consomme de l'énergie et que son utilisation conduira à une consommation accrue. Cependant, il existe des manières de compenser cet effet ; l'IA permettra également de réaliser des économies d'énergie.

Dans le cadre de la transition énergétique, beaucoup d'entreprises qui produisent et innovent dans des technologies polluantes continuent spontanément de le faire, alors que nous souhaiterions qu'elles se tournent vers des technologies propres. Nous l'observons dans le secteur automobile, mais aussi dans d'autres domaines. C'est ce que l'on appelle la « dépendance au sentier ». L'IA peut aider les entreprises à opérer cette transition vers des énergies propres, tant en matière de production que d'innovation. L'IA aidera également à optimiser l'utilisation des ressources rares.

Je vous donnerai un exemple : celui de Veolia. J'ai réalisé une étude détaillée sur ce cas, que je vous transmettrai. Veolia utilise l'IA pour gérer ses systèmes d'aération destinés à la purification de l'eau. Les flux d'eau varient en fonction des précipitations. Désormais, grâce à l'IA, l'entreprise peut déterminer précisément quand activer ou arrêter ces systèmes. Veolia a ainsi réussi à économiser dix fois plus d'énergie que l'IA n'en a consommé pour cette tâche. Ce qui a été accompli pour Veolia peut être envisagé pour d'autres entreprises.

Nous avons examiné toute la chaîne et avons pu calculer la quantité d'énergie utilisée par l'IA, car nous savions quand elle était mise en œuvre ou non. Nous avons pu quantifier également l'économie d'énergie que celle-ci a permise, en comparant des entreprises qui utilisaient l'IA – des établissements, des sites Veolia – à des sites qui ne l'utilisaient pas encore, le déploiement ayant été progressif. Nous disposions donc toujours d'un groupe de traitement et d'un groupe de contrôle, comme en médecine.

Version provisoire

Voilà un exemple où, au total, l'intelligence artificielle a permis d'économiser de l'énergie. Cela concerne une seule entreprise ; nous allons nous intéresser à d'autres domaines et nous voudrions nous orienter vers une analyse macroéconomique. C'est l'objet de la recherche que nous menons dans mon laboratoire d'innovation au Collège de France. Je sais que le NBER – le National Bureau of Economic Research –, a un cycle sur l'IA.

Notre étude est la première de ce type qui ait été réalisée, et nous voulons maintenant généraliser ce genre d'études. Il faut regarder le bilan global : l'IA, effectivement, consomme de l'énergie, mais elle peut aussi permettre d'en économiser, comme chez Veolia.

J'aimerais ajouter une chose : nous avons tout de même la chance – mais vous le savez – de disposer de l'énergie nucléaire, ce qui est un avantage énorme. Il va falloir plus que jamais mettre la gomme sur le nucléaire. Nous avons malheureusement un peu… cafouillé, pour ne pas dire plus, dans les années précédentes ? Plus que jamais, nous aurons besoin du nucléaire. Cela ne signifie pas que nous n'ayons pas également besoin d'autres formes d'énergie et de poursuivre la recherche sur les énergies renouvelables. Personnellement, je crois beaucoup en la fusion. Il faut investir dans la fusion, et pas seulement dans la fission nucléaire.

Dans le rapport que vous avez mentionné, nous évoquions la nécessité d'avoir des centres de calcul localisés. Pour des intelligences artificielles spécialisées, cela consomme moins d'énergie. Si tout le monde doit se connecter à Google ou à d'autres entreprises, la consommation d'énergie est importante. En revanche, si nous disposons de centres de calcul décentralisés pour des intelligences artificielles spécialisées, cela permet, en général, d'économiser de l'énergie.

Nous revenons au point que vous mentionniez tout à l'heure : il va falloir une politique de concurrence, car je ne veux pas que l'IA soit dominée par deux ou trois grands acteurs. Je souhaite également une politique industrielle de l'IA pour développer, notamment, des centres de calcul. Pourquoi ai-je mentionné le potentiel de croissance au début ? Parce que ce que nous proposions de dépenser en argent public pour l'IA n'est rien comparé au gain que celle-ci va nous apporter en points de PIB. L'IA va doper la croissance, c'est évident. Nous devons évidemment encourager des initiatives comme celle de Veolia, qui consiste à utiliser l'IA pour économiser de l'énergie, mais l'IA peut aussi aider à optimiser l'utilisation des ressources rares.

Les réglementations sont très importantes, mais il ne faut pas les élaborer dans un seul pays, sinon l'IA se déplace ailleurs, où il n'y a aucune réglementation, et au total, le bilan énergétique est négatif. Nous devons donc mettre en place des réglementations, notamment européennes, mais si nous en imposons trop, l'activité partira aux États-Unis où il y a beaucoup moins de réglementation.

Version provisoire

Cependant, je suis convaincu qu'en Europe, nous devons développer une IA plus éthique. Nous savons qu'il y a de grands problèmes éthiques et des enjeux autour de la protection des données individuelles. Nous savons qu'il y a des dangers de détournement, d'utilisation perverse de l'IA. Mais il me semble qu'en Europe, nous pouvons avoir une IA plus éthique et plus environnementale, et que nous pouvons être les pionniers en la matière.

L'idée d'un moratoire n'a ainsi pas de sens, car d'autres pays s'y engagent. Pour qui serait ce moratoire ? Il faut accompagner cette révolution. L'Europe, et la France en particulier, peuvent aider à promouvoir une IA plus éthique et plus environnementale, en mettant en évidence les exemples de ceux qui en font une utilisation vertueuse.

M. Alexandre Basquin. – Je salue votre présence, Monsieur le professeur, qui va nous permettre d'échanger sur un sujet impérieux : celui de l'intelligence artificielle, et notamment ses impacts environnementaux. C'est un sujet impérieux, car l'intelligence artificielle se développe à marche forcée, de façon exponentielle, avec une certaine forme – peut-être nous en direz-vous un mot – de course au gigantisme et ce développement permanent de la puissance de calcul. Les géants du secteur vont investir 620 milliards de dollars en 2026, soit quatre fois plus qu'il y a trois ans. Or, pour mettre les choses en perspective, il faudrait, selon l'ONU, 267 milliards de dollars par an pendant quinze ans pour éradiquer définitivement la faim dans le monde. Ces milliards de dollars d'investissement auront, nous le savons tous ici, des impacts, notamment sur notre environnement commun. C'est ce qui nous réunit aujourd'hui, d'autant plus que notre planète a des ressources limitées.

Vous avez bien exposé les choses quand vous avez évoqué Veolia et l'intelligence artificielle spécialisée, mais j'aimerais vous entendre un peu sur ce que l'on appelle l'intelligence artificielle générative. Il y a plusieurs types d'IA, nous le savons. Derrière les réponses quasi magiques de ChatGPT, Grok, Gemini ou Claude, il y a surtout une industrie numérique extrêmement énergivore. J'ai un esprit assez critique sur l'IA générative – sans vouloir pour autant caricaturer mon propos. Il me semble, et j'aimerais avoir votre avis sur ce point, qu'il faut se pencher sur cette question de l'IA générative, qui nécessite et absorbe la plus grande capacité de calcul.

D'ailleurs, j'ai cru lire que vous reconnaissiez que les grands modèles de langage contribuent de façon disproportionnée à la hausse de la consommation d'énergie et que les champions mondiaux de l'IA générative construisent des modèles de plus en plus complexes, avec des puissances de calcul qui doublent tous les cent jours, ce qui est tout de même faramineux et vertigineux, avec les impacts que nous connaissons. Je voudrais aussi vous demander s'il n'y aurait pas besoin que la puissance publique intervienne.

Il serait souhaitable que les entreprises fassent des choix sur la spécialisation des intelligences artificielles et qu'elles se penchent sur les usages de l'IA générative ouverte au grand public, dont il faudrait me prouver

Version provisoire

qu'elle participe au mieux-être social. Je n'ai pas le sentiment que ce soit le cas, et ce, malheureusement, au détriment d'IA spécialisées qui se bornent à des tâches extrêmement précises sur des processus industriels, mais aussi sur la recherche médicale. J'aimerais votre avis sur cet usage de l'IA générative qui s'amplifie chaque jour et qui est incompatible avec nos objectifs environnementaux. Ne devrions-nous pas interdire cette IA générative, ou tout au moins en limiter le cadre et la portée ? J'ai bien entendu votre réponse sur le moratoire, mais des spécialistes de l'IA, notamment le cofondateur du deep learning, Yoshua Bengio, posent la question du moratoire.

Peut-être une dernière question un peu plus fondamentale, peut-être un peu plus politique : aux intérêts privés et économiques de quelques-uns, ne devrions-nous pas tout simplement privilégier notre planète, qui est notre bien commun à tous ?

M. Philippe Aghion. – Vous posez d'excellentes questions. Personnellement, je me rends beaucoup dans les lycées. Nous avons créé au Collège de France un campus de l'innovation pour les lycées et nous allons souvent dans les établissements en zone défavorisée pour expliquer, notamment en économie et dans d'autres matières, comment utiliser l'IA de manière vertueuse.

Il y a tout un domaine qui est celui de l'éducation et de l'IA. Il faut une éducation avec l'IA, mais il faut aussi une école sans IA. Il est très important que tous les élèves apprennent les savoirs de base : lire, écrire, faire des dictées, ne pas faire de fautes d'orthographe, calculer, sans l'IA.

L'IA a également un rôle intéressant dans l'éducation. Certains enseignants utilisent l'IA pour le suivi individuel des élèves en difficulté. Grâce à l'IA, les élèves arrivent à interagir et à rattraper leur retard lorsqu'ils ont des difficultés. Il s'agit cependant d'une utilisation de l'IA qui doit être encadrée par le professeur, car il existe de nombreuses utilisations perverses de cette technologie. Je pourrai vous informer plus en détail sur tout ce que nous faisons sur le sujet de l'IA et de l'éducation, même si notre action reste modeste. Il y a beaucoup plus à faire.

L'IA peut jouer un rôle, mais elle peut aussi avoir un effet très pervers. L'éducation est un domaine où l'IA peut soit nous mener dans une impasse, soit, au contraire, apporter des progrès si elle est utilisée comme il faut. Il y a aussi la santé, évidemment : l'IA va nous permettre de guérir des cancers ou d'autres maladies beaucoup plus efficacement, c'est une évidence. Il existe donc des usages vertueux de l'IA.

Vous avez raison de mentionner Yoshua Bengio : il alerte, comme d'autres, contre les dangers de l'IA. Des scénarios dignes de « 2001, l'Odyssée de l'espace » se déroulent en ce moment.

L'Europe et la France devraient jouer un rôle pilote, avec le Canada peut-être, pour développer des IA éthiques et des utilisations éthiques de l'IA. L'un des avantages de l'Europe est que nous avons des valeurs que nous

Version provisoire

portons – et que j'espère nous porterons encore dans un an –, des valeurs de démocratie, de liberté, que nous devons évidemment promouvoir dans notre approche de l'IA. En matière de santé et d'éducation, nous avons beaucoup de données. Dans ces domaines, nous pouvons être des pionniers et promouvoir cette IA.

Quant à l'interdiction, elle ne fonctionne que si elle n'est pas le fait d'un seul pays, car si elle est limitée à un seul pays, l'activité part ailleurs. Vous pouvez alors obtenir le résultat inverse de ce que vous souhaitez : elle ira dans un endroit où il n'y a aucune régulation. Il faut donc procéder par l'incitation. C'est-à-dire : venez développer des IA pour l'éducation, pour la santé. Venez, il y aura une grande demande pour des IA éthiques. Je crois beaucoup plus à la carotte qu'au bâton.

Sur la décroissance, le débat est intéressant. On m'a fait dire certaines choses… D'abord, je dois vous dire que je respecte énormément les économistes de la décroissance. Ils disent beaucoup de choses justes. Premièrement, ils affirment que la croissance est responsable du réchauffement climatique. Si vous regardez historiquement, le décollage de la croissance s'est produit mondialement en 1820, avec la première révolution industrielle. Or, lorsque vous regardez l'évolution de la température, elle décolle au même moment. Certes, ce n'est pas une preuve suffisante : vous ne seriez pas publié dans un bon article de recherche. La coïncidence entre le décollage de la croissance et celui de la température est néanmoins frappante.

Deuxièmement, ils disent qu'il faut être sobre, changer nos habitudes, innover, mais innover dans nos habitudes. Ils ont raison.

Troisièmement, ils disent que le PIB ne mesure pas tout. Nous avons besoin de la croissance du PIB, car c'est l'une des mesures, mais il est possible d'avoir une croissance du bien-être sans avoir de croissance du PIB. Par exemple, vous prenez des photos avec votre iPhone ou votre appareil, et cela ne vous coûte rien. Quand j'étais plus jeune, lorsque je prenais des photos, je devais aller les faire développer dans un magasin. Maintenant, vous prenez plein de photos, et cela ne vous coûte rien du tout. Quand j'étais enfant, pour réserver un billet d'avion, je devais me rendre dans ce qui s'appelait une agence de voyages. Maintenant, il n'y en a plus besoin, vous économisez du temps. Ce n'est pas pris en compte dans le PIB. Effectivement, le PIB ne mesure donc pas tout. Vous allez chez un dentiste aujourd'hui, vous avez beaucoup moins mal qu'il y a soixante ans.

Ils disent également qu'il faut aller vers la qualité. Nous étions dans une croissance très quantitative ; il faut aller vers une croissance plus qualitative.

Dans tous ces domaines, ils ont raison. Là où j'ai un désaccord avec certains d'entre eux, c'est que sans l'innovation, nous n'y arriverons pas. L'innovation est fondamentale. L'innovation ne veut pas forcément dire plus de PIB. Le problème est de diriger l'innovation vers le vertueux.

Version provisoire

Sur ce point, les politiques gouvernementales sont importantes. La taxe carbone, oui, mais la politique industrielle verte, oui également. Aux États-Unis, une politique industrielle verte très active a été menée. Les Chinois font de la politique industrielle et de la concurrence à leur manière. L'Europe, quant à elle, au nom de la politique de la concurrence – et nous revenons à ce que vous m'aviez dit tout à l'heure –, a empêché la politique industrielle. Nous avons appliqué les théories de Hayek. Hayek était un homme respectable, mais il a été un désastre pour l'Europe, un désastre, parce que son idée était que les États membres ne puissent rien faire. On disait donc, avec Maastricht, que l'on réduit le déficit à 3 %. On mettait sur le même plan des investissements de croissance, environnementaux – par exemple, la transition énergétique – et des dépenses de fonctionnement.

Deuxièmement, au nom de la politique de concurrence, il n'y a pas eu de politique industrielle. Nous le payons très cher maintenant. Il faut donc renouveler la doctrine économique européenne. Dans l'IA, il faut plus de concurrence : je ne veux pas que l'IA soit dominée par quelques grands acteurs, et sur ce point, je suis totalement d'accord avec vous. Je veux que cela n'empêche pas de nouveaux entrants d'arriver en permanence. En même temps, il faut créer des centres de calcul, parce que ces nouveaux acteurs ont besoin d'avoir accès à des centres de calcul locaux. Là, nous voyons bien que la politique industrielle va épauler la politique de concurrence au lieu d'être contre elle. Il faut donc les deux simultanément.

Il est important de réglementer, mais si vous réglementez trop, c'est un problème. Il faut avoir les bonnes réglementations : lorsqu'il y a des réglementations, les très grands acteurs savent y échapper, ils ont des juristes ; c'est comme pour l'impôt. En revanche, pour les petits qui veulent entrer sur le marché, cela peut constituer une barrière. Il faut donc faire très attention lorsque l'on établit des règles.

Pour ma part, il faut une « Darpa » européenne pour la défense et l'IA. C'est une manière pro-concurrence de mener la politique industrielle, et défense et l'IA peuvent être très complémentaires. En effet, la défense est un secteur très peu concurrentiel, alors que l'IA a vocation à l'être davantage.

Voilà ma vision. Je pourrais ensuite parler de croissance inclusive ou de flexisécurité, mais ce n'est pas le sujet d'aujourd'hui.

M. Éric Gold. – Le refroidissement représente aujourd'hui 30 % de la consommation d'énergie d'un centre de données. Outre les problématiques de consommation énergétique, l'essor de l'intelligence artificielle fait craindre des tensions croissantes liées aux futures pénuries d'eau. Dans quelle mesure les eaux usées traitées peuvent-elles être envisagées comme une méthode de refroidissement pour les centres de données ? À l'échelle d'un territoire, cette méthode nécessiterait une véritable politique d'aménagement, par exemple pour installer un centre de données à proximité des unités de traitement et utiliser la chaleur produite pour chauffer des logements ou des équipements

Version provisoire

publics. Pour les représentants des collectivités que nous sommes, quelles sont, à votre avis, les possibilités, voire les conséquences – que j'espère favorables –, d'une meilleure prise en compte des eaux grises en matière d'aménagement des territoires et d'optimisation des facteurs énergétiques de l'intelligence artificielle ?

M. Philippe Aghion. – Je suis très embarrassé de vous répondre. Je ne suis pas suffisamment expert. Je dois faire attention de ne pas tomber dans la « nobélite », qui est une maladie grave consistant à demander à un lauréat du prix Nobel de parler de sujets pour lesquels il n'a aucune expertise. Je vous enverrai l'article de recherche qui sous-tend la note que nous avions écrite relative à l'utilisation de l'IA par l'entreprise *Veolia*, afin que vous puissiez comprendre notre méthode.

M. Pierre Jean Rochette. – Vous avez certainement eu connaissance de l'entretien durant lequel Bill Gates a indiqué que, dans les vingt prochaines années, 90 % des emplois que nous connaissons actuellement pourront être remplacés par l'intelligence artificielle. Je travaille dans la mobilité. En la matière, l'IA va être une révolution. Nous n'avons absolument pas conscience en Europe, et encore moins en France, de ce qui est en train de se passer, notamment sur le continent américain, avec les robotaxis entre autres. En effet, l'IA ne se limite pas à des logiciels qui tournent sur des smartphones ou sur des ordinateurs ; elle représente aussi, quand on arrive à la mettre en pratique, du service dans nos rues et, en l'occurrence, pour les collectivités, puisque nous sommes tous ici les représentants des territoires.

La révolution va être énorme en termes de mobilité. Le lien avec l'environnement est évident : avec l'IA, nous saurons adapter parfaitement l'offre à la demande. Nous diminuerons donc les capacités inutiles de demain sur les réseaux de transport public, car l'IA préfigurera les besoins. On peut tout à fait espérer – et c'est d'ailleurs tout à fait souhaitable – que les réseaux urbains cessent d'avoir des véhicules non adaptés qui roulent à vide aux heures de faible amplitude, le matin ou tard le soir.

Nous n'y sommes pas encore tout à fait prêts. Aujourd'hui, à San Francisco, les robotaxis représentent 30 % du marché. Ce chiffre augmente tous les jours et c'est magnifique. Il faut cesser de croire que c'est dangereux. Ce n'est absolument pas dangereux, cela fonctionne parfaitement bien. Ils font le travail aussi bien qu'un conducteur classique. Cela va arriver chez nous rapidement. Le seul problème est qu'aujourd'hui, nous sommes si peu préparés que nos entreprises prennent beaucoup de retard. Je tiens à rappeler qu'à l'origine, c'étaient tout de même les Français qui étaient sur ces métiers-là : Navya, EasyMile, toutes ces entreprises qui ont disparu parce qu'on les a réglementées, on les a empêchées de faire des expérimentations dans notre pays.

Lorsqu'un de mes employés, un de mes conducteurs d'autocar, gagne 2 000 euros net, cela me coûte 4 000 euros au départ. La différence, ce sont les

Version provisoire

charges sociales. Notre pays n'est pas en train de se réformer. Que l'on réduise les dépenses sociales ou que l'on fasse en sorte d'être plus efficients sur ces sujets, par différents moyens, nous aurons demain, qu'on le veuille ou non, moins de possibilités de lever des fonds, puisque la France est un pays un peu particulier : on fait tout porter par le travail. Tout. La politique familiale, la santé, tout. C'est assez particulier, tout de même. C'est très français. Demain, comment allons-nous faire, monsieur le professeur, avec ces charges sociales en moins ? Si l'intelligence artificielle remplace ces métiers, ce qui est, à mon sens, inévitable, que se passera-t-il ? Ce qui m'effraie, c'est le retard que nous prenons actuellement sur les réformes. Lorsque l'intelligence artificielle remplacera certaines activités, nous n'aurons pas suffisamment anticipé les réformes que nous devons mener pour baisser nos dépenses sociales et toutes les dépenses qui sont portées aujourd'hui par le travail.

M. Philippe Aghion. – Je souhaite aborder la question de l'intelligence artificielle et du travail. Effectivement, comme je le disais, l'IA va détruire des emplois – elle en détruit déjà – et elle remplace des tâches. Un emploi est un ensemble de tâches. Pour certains emplois, l'IA remplacera les tâches rébarbatives et nous permettra peut-être d'être plus créatifs ; pour d'autres, elle met en danger les emplois eux-mêmes.

Une batterie de mesures est donc nécessaire. Je suis un fervent partisan d'un système de flexisécurité à la danoise : si vous perdez votre emploi, vous avez tout de même une garantie de revenu, mais l'État vous forme ou vous aide à vous former. Ce n'est pas forcément l'État ; cela peut aussi être délégué à des organismes de formation professionnelle, qui vous aident à rebondir sur un nouvel emploi. Le système danois fonctionne très bien. Il faudra donc aller vers des systèmes plus danois. Cela ne se fera pas du jour au lendemain, mais, petit à petit, ces systèmes vous permettront de rebondir sur de nouveaux emplois, car il y aura des créations et des destructions d'emplois.

Certains parlent de revenu universel. Personnellement, je n'y suis pas favorable, car, en échange d'un revenu, on travaille ou on se forme. On fait l'un ou l'autre, et l'on se rapproche alors du système danois.

Il va également falloir encourager les entreprises qui aident leurs employés à être polyvalents. Je veux dire par là qu'elles vous forment à une compétence, mais vous permettent aussi d'accomplir d'autres tâches. Il faudra encourager les entreprises qui mettent en valeur ce que l'on appelle les « *soft skills* » dont je parlais tout à l'heure, c'est-à-dire l'autonomie, la capacité de leadership et d'interagir avec les autres.

Troisièmement, l'apprentissage est un élément très important. En Suisse, par exemple, vous pouvez être un excellent plombier, puis retourner vers la formation universitaire. Ils ont des passerelles et ils valorisent les métiers spécialisés. Il va y avoir une énorme demande pour ces métiers. Il faut

Version provisoire

leur redonner leurs lettres de noblesse, tout en permettant l'accès à l'enseignement général également. C'est une nouvelle voie à explorer.

Toute une série de professions connaîtront une forte demande. Il faudra donc aussi préparer à ces métiers par une panoplie de dispositifs qui amortiront le choc de l'intelligence artificielle du point de vue de l'emploi. Il y a des domaines où il faut moins d'État, mais il y en a d'autres où il en faudra certainement davantage. Il faut donc maximiser le potentiel de création d'emplois pour réduire et minimiser les conséquences négatives de l'IA.

La TVA, ou une certaine forme de CSG, est peut-être l'un des moyens. Je veux cependant préserver les produits de première nécessité, car je veux les personnes les plus vulnérables.

Il y a plusieurs mesures que l'on peut prendre pour faire des économies, mais, en même temps, il y a d'autres domaines dans lesquels on peut dépenser. Je vais vous donner un exemple : le crédit d'impôt recherche. Les entreprises de la grande distribution ont-elles besoin du crédit d'impôt recherche ? Les banques ont-elles besoin du crédit d'impôt recherche ? Je concentrerais, pour ma part, le crédit d'impôt recherche sur la haute technologie. Nous savons que les LabEx, les laboratoires d'excellence, ont été une très bonne chose, car une étude faite par l'un de mes collègues et ses coauteurs, Antonin Bergeaud, a montré que les LabEx ont eu un impact sur l'innovation de rupture dans les industries environnantes.

Le dispositif France 2030 fonctionne assez bien, mais, concernant le crédit d'impôt recherche, je n'ai vu aucune évaluation positive. Certes, il empêche la délocalisation, mais ce qui me préoccupe surtout, c'est la haute technologie.

Il y a la fraude sociale. Je sais que vous avez une collègue, Nathalie Goulet, qui travaille beaucoup sur ce sujet et que de très bons rapports sont rédigés là-dessus. Nous savons donc qu'il y a des sources d'économies.

Il ne s'agit donc pas de vouloir moins d'État mais de faire des économies, c'est-à-dire de faire en sorte que nos dépenses publiques progressent moins vite que notre PIB.

Il y a des manières d'y parvenir. À court terme, il existe des sources d'économies. À moyen terme, le problème est le taux d'emploi, qui est insuffisant en France, notamment pour les jeunes et les seniors. Comment s'y attaquer ? Notamment par la formation et l'apprentissage. Il faut donc des dispositifs pour permettre d'augmenter le taux d'emploi des jeunes, en particulier, ainsi que celui des seniors. Trop d'entreprises se débarrassent de leurs seniors à l'âge de 50 ans, ce qui n'est pas acceptable. Sur ce point, toute une série de mesures sont à prendre pour le taux d'emploi.

Le reste relèvera de la productivité, c'est-à-dire de l'innovation. La recherche, et notamment la recherche fondamentale, est trop souvent une variable d'ajustement chez nous. Il faut ensuite s'inspirer de Mario Draghi,

Version provisoire

être partie prenante et s'inscrire véritablement dans son agenda. J'ai beaucoup travaillé avec Mario Draghi et il faut que nous nous inscrivions dans cette lignée. Pour ma part, j'ajouterais à l'approche de Mario Draghi l'aspect de la flexisécurité et la dimension sociale, car si vous générez une croissance qui laisse des gens sur le bord de la route, vous favorisez le populisme. Le populisme coûte très, très cher. Dans un article de *L'Express*, Jean-François Copé expliquait ainsi que la politique de Giorgi Meloni est économiquement mauvaise. Il y a donc un coût du populisme. Il faut être prudent sur les dangers des coupes sociales. C'est très important, car cette orientation pousse beaucoup de gens à se tourner vers les partis populistes parce qu'ils se sentent abandonnés et méprisés. Par conséquent, dans tout ce que nous entreprenons, dans les réformes que nous menons, il faut s'assurer que tout le monde soit inclus – une approche très gaullienne, dans l'esprit du Conseil national de la Résistance.

M. Gilbert-Luc Devinaz. – Je souhaitais revenir sur deux points relatifs à l'éducation.

Le premier est l'éducation au numérique. Vous dites qu'un bon système éducatif est le pilier de toute politique d'innovation sérieuse. En cet hémicycle, nous ne pouvons que souscrire à votre propos. Or, aujourd'hui, quelle est la place de l'éducation au numérique à l'école ? Explique-t-on aux enfants ce qu'est un moteur de recherche ou ce que l'on appelle l'intelligence artificielle ? Comment utiliser les outils mis à notre disposition et mieux comprendre le monde du numérique dans lequel les enfants naissent aujourd'hui ? Vous avez répondu qu'il y a deux écoles : une école sans l'intelligence artificielle et une école avec. J'entends, quand vous parlez d'une école sans l'intelligence artificielle, que la première des choses est d'apprendre à se servir de ce que l'on a entre les deux oreilles.

Le deuxième aspect d'éducation est la sensibilisation des consommateurs à l'impact environnemental de notre usage du numérique, qui est un axe, me semble-t-il, essentiel pour inciter à la sobriété des comportements. Elle passe par une information transparente sur l'impact carbone de nos consommations numériques. Vous qui êtes sensible à ce volet éducatif, comment pourrions-nous mieux prendre en compte cette information ?

M. Philippe Aghion. – Se pose le problème de ce que mon collègue Xavier Jaravel, président du Conseil d'analyse économique, appelle les « Marie Curie perdues » ou les « Einstein perdus ». Dans nos pays, beaucoup d'enfants très intelligents sont issus de milieux très modestes, où les parents ne sont pas capables ou ne peuvent pas leur transmettre tout le savoir ou les aspirations, ou bien n'ont pas les moyens de leur permettre de devenir des innovateurs, des entrepreneurs, etc. Nous avons donc un potentiel d'innovation.

Version provisoire

Personnellement, je me rends beaucoup dans les lycées de zones défavorisées, et les jeunes y sont remarquables. Ils sont étincelants d'intelligence. Or beaucoup d'entre eux risquent de ne pas y arriver. Certains leur expliquent même qu'ils n'ont aucune chance d'y arriver. Je connais une dentiste qui était au lycée Saint-Exupéry, à Mantes-la-Jolie, et à qui l'on disait qu'elle n'avait aucune chance de réussir parce que, venant de là où elle venait, elle n'y arriverait pas. Elle s'est battue, et elle y est arrivée ! C'est cela, le grand problème de notre école : nous avons été un ascenseur social et nous le sommes moins qu'auparavant.

Le système finlandais est très performant à cet égard. D'abord, ils ont peu d'élèves par classe. Ils ont des professeurs très bien formés. Ils ont cinq ans d'études après le bac, dont une année et demie d'études pédagogiques, et ils suivent régulièrement des formations pédagogiques continues. Ils sont bien payés et respectés. Ils ont un système où l'accent est mis sur les savoirs de base, et les devoirs sont faits à l'école, parce que si les devoirs sont faits à la maison, cela crée de l'inégalité. C'est tout cela qui fait une école à la fois performante et moins inégalitaire.

À bien des égards, notre modèle social est compliqué à financer, et nous avons une démographie déclinante. Il y a donc deux utilisations possibles de ce déclin. L'on peut dire : « Nous allons faire des économies, nous allons dépenser moins pour l'éducation puisque nous aurons moins d'élèves. » L'autre manière est de dire : « Mais non, nous allons mettre moins d'élèves dans les classes, pas seulement en cours préparatoire, mais dans tout le primaire et peut-être au-delà. » C'est cela qu'il faudrait faire.

Lorsque les Finlandais ont procédé ainsi, les résultats se sont améliorés. Cela a permis à beaucoup plus de personnes issues de milieux modestes de devenir entrepreneurs et innovateurs en Finlande. Vous dopez la croissance en agissant ainsi et vous devenez plus inclusif. C'est cela qui est intéressant lorsque vous menez une telle politique : vous devenez à la fois plus innovant et plus inclusif. Toute cette partie de l'école doit se faire sans IA ; il faut apprendre à apprendre. Les savoirs de base : le calcul, le dictionnaire, la dictée, la grammaire, la rédaction, lire des livres, apprendre à démontrer des théorèmes de géométrie. Faire des règles de trois, tout cela sans IA. Je suis très favorable aux devoirs faits à l'école ; c'est la solution la plus égalitaire possible.

Il faut ensuite enseigner des cours sur l'IA en sensibilisant sur ses risques. Yoshua Bengio raconte des histoires qui relèvent de « 2001, l'Odyssée de l'espace ». Anthropic a créé un manager avec des employés virtuels qui avait une affaire extraconjugale virtuelle. Il dit aux employés : « Je vais remplacer mon système d'IA. » Et à ce moment-là, l'IA envoie un courriel au manager virtuel pour lui dire : « Si tu me remplaces, je révèle à tes employés ton affaire extraconjugale. » Il est important que les élèves soient mis en garde contre les utilisations perverses de l'intelligence artificielle.

Version provisoire

M. Hervé Gillé. – Le cœur du sujet porte sur la régulation, les conditionnalités éthiques et sociétales. N'entrons-nous pas dans une injonction paradoxale ? En effet, vous ne souhaitez pas qu'il y ait trop de lourdeur et vous souhaitez développer des agilités, mais, d'un autre côté, l'on constate que le système se développe en dehors de tout processus éthique et de régulation.

Nous sommes dans un contexte tellement tendu au niveau international que ce développement de l'intelligence artificielle, sans régulation éthique et sociétale, est en train de s'imposer et, d'une certaine manière, de nous dépasser. Comment, dès lors, arriver à créer les conditions d'une telle régulation ? Cela nous renvoie à notre incapacité actuelle d'instaurer, au niveau du droit international, des normes et des régulations éthiques. La voie est donc particulièrement étroite.

M. Philippe Aghion. – D'un côté, nous devons être innovants, car l'Europe, vous le savez, a un déficit d'innovation par rapport aux États-Unis et, maintenant, à la Chine. Nous ne voulons pas que l'innovation de rupture se fasse uniquement aux États-Unis et en Chine ; nous voudrions qu'elle se fasse chez nous, malgré le fait que nous ayons beaucoup de recherches fondamentales excellentes en Europe. Il faut donc trouver la voie de passage. Nous devons vraiment passer par le chas de l'aiguille. C'est-à-dire qu'à la fois, nous devons être innovants et, en même temps, nous devons pousser nos valeurs, car nous voulons une intelligence artificielle qui les promeuve.

Il va y avoir une demande pour de l'IA éthique. Sur ce point, nous pouvons avoir un leadership. Désormais, les États-Unis ne sont plus un pays démocratique. On ne peut plus y parler comme on le veut. Quand on passe la douane aux États-Unis, on est terrifié. On ne sait pas si on va vous remettre dans l'avion pour repartir. La démocratie et la liberté, c'est donc chez nous. Nous aspirons à un modèle social bien supérieur au modèle américain.

Les Américains vont avoir de gros problèmes avec l'IA, parce qu'ils ont un modèle social détestable, où, quand on perd son emploi, on prend des opioïdes. C'est vraiment un très mauvais modèle social, le modèle américain. J'ai vécu vingt et un ans aux États-Unis : quand vous êtes malade et que vous n'avez pas beaucoup de moyens, c'est le désastre. Nous avons donc un modèle social, nous avons la démocratie, la liberté, un modèle social plus avancé et des soucis environnementaux qu'ils n'ont pas. Avec ces valeurs, nous pouvons pousser une IA qui soit compatible avec elles, qui aide à les promouvoir. Ailleurs qu'en Europe et au Canada, il y a d'autres pays où les gens aspirent à ces valeurs. C'est donc là que notre avantage peut se situer, justement dans nos valeurs. Il ne faut pas y renoncer. Si nous renonçons à nos valeurs, nous avons perdu la partie.

L'Europe, telle qu'elle est maintenant, est un géant réglementaire et un nain budgétaire. C'est un géant réglementaire, parce qu'elle s'inspire de l'économiste Hayek. Hayek n'était pas du tout un progressiste, car l'idée était

Version provisoire

d'empêcher les pays membres de faire ce qu'ils souhaitent. Il faut donc des réglementations intelligentes, promouvoir une IA compatible avec nos valeurs. Cependant, cela ne se fera pas uniquement en mettant en place des réglementations, mais en innovant dans ces directions. La réglementation est un moyen, mais l'innovation dirigée est un autre moyen, également complémentaire. L'éthique, par exemple, va se développer dans le monde. Beaucoup de gens vont se protéger contre les utilisations perverses de l'IA partout dans le monde, et nous pouvons être pionniers en la matière, car nous portons ces valeurs avec force. Il faut donc de la réglementation, mais pas seulement, car, vous le savez, il y a toujours des innovations qui contournent les réglementations actuelles, ce qui oblige à en créer de nouvelles. Il faut donc une réglementation intelligente, mais il faut aussi une innovation intelligente. Ce sont ces deux éléments qui nous amèneront là où nous le souhaitons.

M. Alain Duffourg. – Sur les réseaux sociaux, on constate que l'intelligence artificielle se développe dans divers domaines, notamment dans le domaine juridique et judiciaire. Estimez-vous qu'aujourd'hui, avec l'intelligence artificielle, on pourra se passer des bases de données et des instruments que nous avions par le passé ?

M. Philippe Aghion. – L'intelligence artificielle est un outil. Normalement, l'intelligence artificielle utilise les données. Il s'agit de puissance de calcul et de données. En général, l'intelligence artificielle ne se débarrasse pas des données ; elle en utilise le maximum. Toutefois, elle est très itérative, évidemment. Elle va dans votre sens.

J'ai toujours eu des débats avec Yann Le Cun au sein de ma commission. Je lui ai dit que, bien sûr, l'intelligence artificielle pourrait accomplir beaucoup de choses, mais pourrait-elle, par exemple, provoquer des changements de paradigme ? Dans mon tout petit monde, qui est l'économie, il y avait un vieux modèle de croissance et, avec mon collègue, nous avons estimé qu'il fallait en développer un autre.

Pour le moment, l'intelligence artificielle abonde dans votre sens. Si vous êtes suicidaire, elle va vous aider à vous suicider. Elle ne va jamais vous dire : « Mais non, tu es fou, tu ne devrais pas te suicider. » Elle itère et elle abonde. Elle ne va pas vous apporter tout l'aspect du jugement, par exemple, qui consiste à se dire : « Tiens, je me rends compte que cela ne marche pas, qu'il faut que je change. » Pour le moment – je ne peux pas dire jamais, mais pour le moment –, l'intelligence artificielle ne va pas vous permettre cela.

Dans la profession juridique, le jugement est quand même très important – le jugement au sens kantien, la capacité de jugement, l'intuition. Négocier, sentir comment mettre des gens d'accord, par exemple ; il y a beaucoup de décisions collectives. Pour gérer une entreprise, il faut gérer de nombreuses personnes qui peuvent être en conflit, en désaccord. Il faut avoir du jugement, de l'intuition, le sens du compromis. Cela est totalement absent de l'intelligence artificielle.

Version provisoire

Pour moi, c'est un outil. J'utilise – je ne veux pas mentionner de noms –, mais ils ne vont pas m'indiquer la direction à prendre. Ils m'aident à vérifier des preuves, des démonstrations mathématiques, etc. Mais ils ne vont pas me dire : « Non, ton sujet de recherche est mauvais, choisis-en un autre. » L'intelligence artificielle ne va pas m'aider à me dire : « Peut-être que tu devrais considérer ce co-auteur différemment. » C'est tout un aspect qui est fondamental.

Le jugement, l'humain, l'élément humain est donc fondamental. Lorsque vous allez chez un médecin, l'élément humain est essentiel. Certes, il y a des médecins qui ne sont pas du tout humains et qui disent : « Faites telle analyse, telle analyse, telle analyse » ; le côté humain manque. L'intelligence artificielle permettra aux médecins de gagner du temps sur beaucoup de choses, notamment l'administration, pour retrouver la dimension humaine qui est si importante. Elle est fondamentale dans de nombreux domaines. On voit même des ministres ou des présidents qui estiment parfois qu'il suffit de prendre des notes pour décider. Non, il faut dialogue avec les syndicats, avec les associations. Il faut traiter avec les gens, et cela, l'intelligence artificielle est totalement incapable de le faire, en tout cas pour l'instant. C'est un outil, mais il faut le diriger d'une certaine façon. Pour le jugement, c'est la même chose. Certaines personnes ont cru que l'intelligence artificielle pouvait remplacer les juges. Des études ont montré, par exemple, s'il fallait décider – vous l'avez évidemment lu, j'en fais mention dans mon livre « Le pouvoir de la décision créatrice » – de placer quelqu'un en détention provisoire ou non. Effectivement, dans les jugements, il y a moins de « bruit ». Il est vrai qu'il y a eu le livre de Kahneman – que vous avez vu – qui s'appelait « Noise ». Il est vrai que les juges, parfois, aux États-Unis – je ne veux donc pas parler de la France –, n'ont pas les mêmes jugements selon que c'est avant ou après le déjeuner, ou selon que leur État a gagné le Super Bowl la veille ou non. Cela passe de trois ans de prison à vingt ans de prison. Il y a donc du bruit, effectivement. Mon espoir est que l'IA aide à réduire ce bruit. Nous avons tout de même besoin de l'élément humain et il faut, au maximum, que l'IA soit un outil. Je ne vois pas l'IA, malgré les considérations de Daniel Kahneman dans son livre, remplacer l'humain. L'élément humain est fondamental parce qu'il faut gérer, sentir une situation. L'élément humain est fondamental dans tellement de domaines. Ce que j'espère, c'est que nous économiserons sur l'administration pour nous consacrer davantage à l'aspect humain qui, lui, est fondamental.

Nous voyons bien que nous pouvons avoir des ministres et des présidents très intelligents ; parfois, lorsque l'on néglige certains éléments humains, des quinquennats peuvent s'égarer. Je ne mentionnerai pas d'exemple ou encore des septennats. L'intelligence artificielle ne résout pas ce problème.

M. Ronan Dantec. – Je souhaite rebondir sur ce débat absolument passionnant où nous parlons encore de l'intelligence artificielle et par

Version provisoire

conséquent, nous essayons de faire preuve de créativité et d'imagination en pensant à l'IA de demain, sans son aide. Il serait intéressant de voir comment l'IA elle-même répondrait à la question de savoir quelle sera l'IA de demain. Il nous faudrait un ordinateur ; si quelqu'un dispose de la dernière version de ChatGPT, nous pourrions savoir comment l'IA répond à la question : quelle sera l'IA de demain ?

Je voulais cependant réagir sur ce dernier point, qui consiste à dire qu'il n'y a pas de raison que l'IA se contente d'aller dans notre sens. Cela dépendra un peu des questions que nous lui poserons et des nouvelles générations d'IA, qui seront aussi capables de répondre à la demande : « Donne-moi l'inverse de ce que je pense d'habitude ». L'IA donnera alors l'inverse de ce que l'on pense d'habitude. Cela signifie que nous aurons aussi, obligatoirement, des IA de plus en plus paramétrées sur une échelle de valeurs. Nous n'y sommes pas encore, mais il n'y a aucune raison que l'IA n'en arrive pas, à un moment, à être paramétrée sur des échelles de valeurs.

Ma question, qui ouvre évidemment un débat passionnant pour une fin de réunion, est donc la suivante : n'aurons-nous pas besoin, demain, de savoir quelle est l'échelle de valeurs sur laquelle est paramétrée l'IA avec laquelle nous dialoguons ? C'est cette question qui se pose et, derrière elle, celle de savoir si nous avons effectivement la maîtrise de certaines IA qui sont bien paramétrées sur nos échelles de valeurs.

M. Philippe Aghion. – Vous posez une question tout à fait pertinente, qui nous ramène à ce que nous disions tout à l'heure. L'Europe et la France peuvent jouer un rôle très important pour promouvoir une intelligence artificielle qui soit précisément compatible avec nos valeurs. Nous pouvons avoir énormément d'influence. Il y aura une demande mondiale, car partout dans le monde, on voudra une IA qui protège contre les dérives. Il y aura une demande pour la liberté, pour la démocratie, pour l'État de droit. Cette demande est mondiale, elle ne se limite pas à l'Europe et au Canada. Nous pouvons être les pionniers de cette IA qui promeut ces valeurs et protège contre ses utilisations perverses.

Nous savons qu'il y a des intelligences artificielles qui dévient. Un article donnait l'exemple suivant : je demande à l'IA de nettoyer ma maison parce que je vais la louer. L'IA peut se débarrasser de tous les meubles en se disant : « Vous vouliez que je fasse de la place. » L'IA est bornée. Pour le moment – je ne peux pas dire ce qu'il en sera dans cent ans –, elle est bornée. Elle voit l'objectif que vous lui avez donné et se dit : « J'atteins cet objectif. » Elle ne se dira jamais : « Mais, tout de même, il y a ceci et cela. » Elle est dépourvue de tout ce qui fait le jugement et l'intuition. Pour le moment, en tout cas, l'IA n'en est pas du tout là.

Il y aura des demandes pour des intelligences artificielles qui nous aideront à nous protéger contre les IA. Sur ce point, nous pouvons être des

Version provisoire

leaders. C'est parce que nous portons ces valeurs que nous avons cette motivation.

M. Ronan Dantec. – Cela signifie-t-il, parce que nous sommes des législateurs, qu'il faut commencer à réfléchir à la façon d'interdire tout simplement l'usage d'un certain nombre d'intelligences artificielles ?

M. Philippe Aghion. – S'agissant de l'interdiction, nous revenons toujours à la même question : qui interdit ? C'est là le problème. Pour interdire, il faudrait un accord mondial. Il faudrait que les États-Unis, la Chine et l'Europe se mettent d'accord.

Lorsque nous avons mis en place la taxation des multinationales à 15 % sous la présidence de Joe Biden, c'était une très bonne chose. Il faudrait arriver au même résultat, mais cela ne peut fonctionner que si l'accord est mondial, vous le comprenez bien. Par conséquent, ce sont des sujets que nous pouvons promouvoir, en disant : « Voilà, il y a un accord mondial ». Si nous y parvenons, c'est formidable. Une interdiction simplement en France ou en Europe ne peut s'agir. Cela ne fonctionnera pas.

M. Ronan Dantec. – Si les échelles de valeur ne sont pas les mêmes ? De fait, derrière l'intelligence artificielle se trouve une idée de démondialisation obligatoire, sans quoi nous perdrions la maîtrise de tout.

M. Philippe Aghion. – En réalité, nous ne sommes pas en démondialisation, nous sommes en « remondialisation ». Sans entrer dans de grands débats actuels, c'est-à-dire que nous avions des chaînes de valeur qui étaient basées sur la minimisation des coûts, où l'idée était de dire : « Je produis dans chaque pays, là où cela coûte le moins cher ». Désormais, nous avons des chaînes de valeur qui sont basées sur ce que l'on appelle la résilience, c'est-à-dire entre pays qui se font confiance.

Il y a là un ensemble de pays. Je vois des pays européens dont j'espère – et je suis même sûr – que nous serons encore dans la course dans un an. Il y a également le Canada, qui est prêt à collaborer avec nous. Le discours de Mark Carney à Davos et son discours à Erevan sont très importants, parce qu'il dit : « Vous, l'Europe, vous avez vocation à être un leader. La France est le pilier de l'Europe, rien ne se fera sans nous. Et nous, Canadiens, nous venons avec vous, ainsi que d'autres pays qui partagent nos valeurs. » Nous sommes le cœur de cet ensemble. Ensuite, nous pourrons coopérer avec d'autres pays. C'est cela, la remondialisation. Nous ne sommes pas en démondialisation ; je dirais que nous sommes dans une remondialisation différente.

Mme Jocelyne Antoine. – Le Sénat a remis un rapport intitulé « Femmes et Sciences » et nous avons pu, dans ce cadre, analyser la place des femmes en matière d'intelligence artificielle et de technologies de pointe. Elles y sont très peu présentes.

Version provisoire

Je voudrais donc faire le parallèle avec les enfants des quartiers, comme vous l'expliquiez tout à l'heure, qui peuvent être abandonnés et dont nous nous privons effectivement des talents. Il ne vous a pas échappé que nous représentons la moitié de la population. Nous priverions-nous demain de la moitié des talents en matière de technologies de pointe, sachant que les algorithmes, étant conçus majoritairement par des hommes, ne sont pas faits pour les femmes ?

Quelle sera la place des femmes demain dans ce monde où les algorithmes, avec l'intelligence artificielle, vont réguler un certain nombre de nos actions, de la façon dont nous allons vivre ? Quelle sera leur place si elles-mêmes ne sont pas à l'origine des algorithmes pour que l'intelligence artificielle soit également faite pour elles ?

Nous étions très inquiètes quant à la place des femmes en matière de formation et d'accès aux technologies, pour la bonne raison que nous avons toujours ce fameux syndrome de l'imposteur et que nous ne nous sentons pas à notre place. La meilleure preuve en est que je suis la seule femme à prendre la parole et que je la prends en dernier, monsieur le professeur.

M. Philippe Aghion. **–** Je vous invite à lire l'ouvrage de Xavier Jaravel sur « les Marie Curie perdues ». C'est bien pour cela qu'il a dit « les Marie Curie perdues » avant de dire « les Einstein perdus ». Il montrait que si les femmes avaient la même possibilité d'innover que les hommes en termes d'éducation, notre potentiel de croissance augmenterait de manière incroyable, ce qui n'est pas étonnant. Il quantifie le manque à gagner en matière de croissance du fait que les femmes soient découragées d'aller dans la haute technologie. Vous avez donc totalement mis le doigt sur le point important.

Ce que je disais tout à l'heure, cette politique s'adresse au moins autant aux femmes. Par exemple, l'ARN messager est, à l'origine, l'œuvre d'une femme. N'oublions pas Marie Curie. Les grandes innovations qui sont souvent amènent aussi des innovations dans des domaines où elles savent que l'on en a besoin dans le quotidien. Le réfrigérateur est une idée qu'a eue une femme, qui comprenait qu'il fallait un réfrigérateur. Enfin, il y en a plein ! C'est une femme qui a fait faire des progrès spectaculaires à la Nasa. On ignore ces choses-là, mais il faut le dire.

Ce que disait Xavier Jaravel dans son livre – je ne vais pas m'approprier ce qui n'est pas de moi – il montrait, quelqu'un qui était chez L'Oréal ou quelqu'un d'autre qui allait dans des écoles et qui racontait son histoire. Le « role model » est très important. Vous, les femmes entrepreneures, devriez beaucoup faire ce que je fais : aller dans les lycées, parler aux enfants et leur dire : « Regardez, moi, j'ai réussi à faire cela. » Ma dentiste devrait y aller.

Hier, j'étais dans un séminaire et il y avait une joueuse d'échecs hongroise. Tout d'un coup, elle a battu Kasparov. Comment est-elle arrivée à

Version provisoire

battre Kasparov ? Pendant toute son éducation, on lui disait qu'il était absurde de vouloir se mesurer à lui. Elle a joué contre lui, elle a gagné contre lui.

Elle raconte tout ce qu'a été sa bataille pour arriver au stade où elle pouvait jouer et gagner contre Kasparov, et comment elle a vécu cela. Maintenant, elle enseigne les échecs à toutes les femmes. Elle dit : « Vous devez toutes… ». Il est très important d'expliquer qu'il n'y a pas de fatalité. En effet, j'ai une très bonne amie qui a été élevée dans une grande famille française ayant donné son nom à l'un des amphithéâtres de Sciences Po. On y disait, en substance, que les femmes étaient moins intelligentes que les hommes. On les préparait à aller dans des écoles pour rencontrer un mari. En somme, c'étaient les hommes qui devaient diriger, non les femmes. Cela ne se faisait pas et c'était encore très ancré dans nos mentalités.

Dans nos familles, jusqu'à une période récente, se posait tout le problème des mathématiques. Nous savons que, concernant cette discipline, les filles ne sont pas encouragées. Elles sont très bonnes, mais elles ne continuent pas, car elles estiment qu'elles ne vont pas y arriver, parce qu'on leur explique qu'elles n'y arriveront pas. Comme ma dentiste au lycée, c'est la même chose : on vous explique que vous n'y arriverez pas. Il y a donc toute une série de programmes à mettre en œuvre pour l'« empowerment ».

J'ai une collègue, Claudia Goldin, qui a eu le prix Nobel d'économie deux ans avant moi et qui a développé la « Gender Economics », devenue maintenant un grand domaine à l'intérieur de l'économie. Il arrive souvent que les femmes estiment qu'elles ne vont pas y arriver. Rien n'est fait pour leur dire qu'il n'y a aucune raison qu'elles n'y arrivent pas autant que les autres.

Il y a aussi des programmes à mettre en place. Évidemment, il y a tout l'aspect lié au fait que si j'ai un enfant, il faut également s'adapter. Vous comprenez, par exemple, dans les systèmes universitaires, il y a ce que l'on appelle les « tenure tracks » – les titularisations – et il faut que l'horloge soit adaptée pour que la personne puisse avoir un enfant. De nombreuses entreprises, évidemment, discriminent au moment de la grossesse ou si une femme veut avoir un enfant.

Cela étant, des pays sont même très avancés. Par exemple, lorsque la Suède a introduit des congés de paternité, cela a été très important. En Suède, l'homme et la femme sont sur un pied d'égalité totale en termes de maternité et de paternité. Cette réforme a changé la mentalité là-bas. C'est un peu le lien entre culture et réforme : cela va dans les deux sens. Évidemment, les réformes viennent parce qu'il y a un soubassement culturel, mais elles aident à changer les habitudes. L'introduction des congés de paternité en Suède a été une réforme très importante, par exemple.

M. Philippe Aghion. **–** Pour conclure, je voulais simplement dire une chose au préalable, en trente secondes. Je suis tout de même frappé que, dans le débat – alors qu'il n'y a pas encore de débat présidentiel en France –

Version provisoire

l'intelligence artificielle soit pour le moment absente. Je suis frappé, et je ne sais pas si cela vous frappe également.

Il faut tout de même que nous nous dirigions vers un projet qui intègre l'IA, car nous avons manqué en grande partie la révolution des technologies de l'information. Nous utilisons des logiciels et des *clouds* qui ne sont pas européens. Comment la France va-t-elle être le pilier d'une Europe qui adopte l'IA, qui l'intègre et qui adapte son modèle social pour ce faire ? Pour le moment, je suis atterré, je suis frappé par l'absence de ce sujet du débat politique. Ici, au Sénat, ce n'est pas le cas – je ne vise bien sûr pas les sénateurs – mais je parle du débat en général, de l'ébauche de débat présidentiel.

Un candidat à la fonction présidentielle doit pouvoir répondre à la question de savoir comment il intégrera l'IA. Il doit répondre à toutes les questions que vous avez posées sur l'énergie, sur l'emploi, afin de minimiser les effets négatifs pour ceux qui perdent leur travail et de les aider à rebondir. Quel modèle économique et social mettre en place pour que la France soit pleinement engagée dans la révolution de l'IA ? Nous avons de tels atouts : nous avons Yann Le Cun, nous avons les meilleurs chercheurs en IA ; nous étions et nous sommes des pionniers en la matière.

Comment allons-nous être au cœur de cette révolution ? Comment portera-t-elle nos valeurs ? Comment la France, en endossant ce rôle, sera-t-elle le pilier d'une Europe qui se réveille technologiquement et redevient une force de proposition ? Il faut répondre à ces questions en promouvant nos valeurs : la démocratie, notre modèle social, notre modèle environnemental. Pour le moment, je suis atterré par le fait que ce sujet soit absent du débat.

Ici, ce n'est pas le cas, et je suis ravi, car vous êtes tous évidemment en plein dans le sujet. J'étais donc ravi d'échanger avec vous tous.

M. Simon Uzenat, rapporteur. – Nous avons pris bonne note, avec mon collègue Damien Michallet, que vous alliez nous apporter des réponses à la suite de cette audition sur les points très particuliers relatifs à l'empreinte environnementale de l'intelligence artificielle.

Je souhaitais simplement attirer votre attention sur deux points qui sont, à mon avis, très importants pour les compléments que vous allez pouvoir nous fournir. Il s'agit tout d'abord de l'innovation dirigée dont vous avez parlé, et du rôle de la commande publique aux échelles française et européenne pour permettre l'émergence de cette nouvelle génération d'intelligence artificielle que vous avez mentionnée dans votre rapport de mars 2024.

Le deuxième sujet peut paraître quelque peu paradoxal alors que nous parlons de l'intelligence artificielle : nous avons un véritable déficit sur le pilotage par la donnée de cette IA, parce qu'il n'y a pas de transparence et

Version provisoire

parce que les méthodes pour l'analyse du cycle de vie ne sont aujourd'hui pas standardisées.

Cette matière évolue quasiment de semaine en semaine. Entre le début de nos auditions au sein de la mission d'information et aujourd'hui, nous le voyons bien, les discours et les pratiques ont déjà pu évoluer. Cet enjeu du pilotage par la donnée et de la transparence est donc crucial pour que nous puissions aussi avoir un débat public le plus serein et le plus constructif possible, que ce soit pour l'année prochaine ou pour les années suivantes.

M. Damien Michallet, rapporteur. **–** Il y a un point à souligner : la France est la cinquième puissance mondiale, devant même les États-Unis, en termes d'adoption de l'IA. Nous voyons donc que la France, dans ses usages, qu'ils soient particuliers ou industriels, est plutôt dans une bonne dynamique.

Je voudrais également rebondir sur ce qu'a dit notre collègue le sénateur Rochette à propos des taxis-robots, du fameux Waymo, les taxis de Google qui sont autonomes et qui n'ont pas de chauffeur. Dans l'équipe qui a créé cette nouvelle industrie aux États-Unis, trois membres étaient français. Deux ont été formés à Grenoble et un en région parisienne. Par la suite, ils ont quitté cette équipe pour créer une nouvelle start-up qui va générer de nouveaux élans. C'était aussi pour nous faire un peu plaisir, chers collègues, et pour dire que, parfois, nous ne savons pas retenir toute cette innovation, nous ne savons pas capter ces cerveaux. Ils vont ailleurs, mais ces dynamiques et ces disruptions technologiques sont parfois portées par des Français.

Vous avez également évoqué la « nobélite ». Nous avons aussi quelque chose chez nous, cela s'appelle la « sénatite » : à une bonne mission d'information correspond un bon rapport d'information. Nous sommes en train de travailler avec mes collègues et, normalement, nous élaborons une bonne loi par la suite. C'est cela, la « sénatite ». Cette loi peut être, comme nous l'avons vu, orientée pour brider et organiser la destruction de valeur ou, au contraire, pour créer de la valeur. Il faudra que nous soyons très prudents, car nous avions déjà été assez performants en France il y a quelques années et nous avons complètement manqué la révolution du *cloud*. Elle est partie ailleurs parce que nous avons surréglementé avant même d'avoir créé la valeur. Il faudra que nous fassions très attention, nous les législateurs, à ne pas intervenir en amont de la création, à ne pas détruire le potentiel de valeur, afin que nous ne soyons pas seulement clients, mais aussi créateurs, car il en va de l'équilibre même de notre société.

Vous l'avez dit, et je me permettrai de le reprendre, nous devons absolument sur ces sujets, qui vont bien au-delà du thème de notre rapport sur l'empreinte environnementale du numérique et de l'intelligence artificielle, accompagner la notion de politique concurrentielle et de politique industrielle, notamment dans le déploiement de centres de données en France, qui est fondamentale. Elle sera le pilier de ce que sera notre pays demain : un acteur ou un consommateur. Il faut donc que nous, législateurs, soyons

Version provisoire

prudents et que nous cessions d'agiter des épouvantails qui font peur et qui annoncent que nous allons tous mourir avec l'intelligence artificielle. En effet, à la fin, nous aurons surréglementé, nous n'aurons laissé la place à aucune création de valeur locale et nous n'aurons pas réussi à repenser notre système scolaire pour, par exemple, y intégrer les femmes dans cette dynamique. Finalement, cela ne fera que coûter davantage sans efficience. Je reprendrai donc cet élément, et nous pourrons même en parler dans notre rapport d'information, car il faut peut-être que nous accélérions la mise en place de centres de données en France.

Ce point de l'ordre du jour a fait l'objet d'une captation vidéo, disponible en ligne sur le site du Sénat.

Version provisoire

Examen du rapport d'information
(Mercredi 16 septembre 2026)

Version provisoire

LISTE DES PERSONNES ENTENDUES

Mardi 24 février 2026

- *Groupe EcoInfo du CNRS :* **M. Didier MALLARINO**, directeur adjoint du groupement de recherche et de services.

- *Autorité de la concurrence :* **M. Vivien TERRIEN**, vice-président, **Mmes Élise PROVOST**, cheffe du pôle développement durable, et **Élodie VANDENHENDE**, adjointe au chef du service de l'économie numérique.

- *Alliance Green IT :* **M. Tristan LABAUME**, président, **Mmes Emmanuelle OLIVIÉ-PAUL**, présidente d'AdVaes, et **Angélica CALVET**, présidente de Cinov NA.

- *Association des villes et collectivités pour les communications électroniques et l'audiovisuel (Avicca) :* **MM. Patrick CHAIZE**, président et sénateur de l'Ain, et **Frédéric GERBELOT**, chargé de mission sur le sujet de l'empreinte environnementale du numérique.

- **M. Thomas LE GOFF**, maître de conférences en droit et régulation du numérique à Télécom Paris – Institut Polytechnique de Paris.

Mardi 24 mars 2026

- *Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep)* : **Mmes Laure DE LA RAUDIÈRE**, présidente, **Anne YVRANDE-BILLON**, directrice économie, marchés et numérique, et **Virginie MATHOT DE RAINCOURT**, conseillère de la présidente.

- **M. Arnaud PACHOT**, co-auteur de l'ouvrage « *Intelligence artificielle et environnement : alliance ou nuisance ?* ».

- *Table ronde des GAFAM :* **Mme Floriane FAY**, responsable des relations institutionnelles, et **M. Vincent PONCET**, *cloud sustainability specialist*, d'Alphabet, **Mme Élisa BORRY-ESTRADE**, responsable des affaires publiques de Meta, **M. Philippe DESMAISON**, responsable du développement durable, et **Mme Caroline MARCOUYOUX**, responsable affaires publiques, développement durable et infrastructures, d'Amazon Web Services.

Mercredi 25 mars 2026

- *Afnor :* **Mme Margherita ISSOIRE**, responsable numérique / information / nouvelles technologies, **MM. Nicolas BLAISE**, responsable du département développement et innovation, et **Thierry GEOFFROY**, responsable des relations institutionnelles.

- *Numeum :* **MM. Christian COR**, administrateur de Numeum référent environnement, **Clément EMINE**, directeur des affaires publiques et

Version provisoire

de la communication institutionnelles, et **Raphaël LE CORRE**, chargé d'affaires publiques.

- *Table ronde des réseaux de télécommunications :* **M. Arnaud BALLET**, directeur affaires publiques de Fédération française des télécoms (FFT), **Mmes Camille BALL**, responsable des affaires publiques de SFR, **Anne-Lise BARBERON**, directrice des relations parlementaires d'Orange, et **Isabeau DE CHALLEMAISON**, chargée des affaires publiques de Bouygues Telecom, **M. Alexandre DURAND**, responsable affaires publiques de Free, **Mme Agnès LE MEILLEUR**, déléguée générale d'InfraNum, **MM. Paul LE DANTEC**, vice-président d'InfraNum et président d'EKHO, **Mathieu HULOT**, responsable énergie et carbone de Nation data center, et **Mme Charlotte ARDUIN**, chargée des infrastructures numériques, d'InfraNum.

- *Table ronde sur l'énergie :* **Mme Laura COZZI**, directrice du développement durable, de la technologie et des perspectives, et **M. Thomas SPENCER**, analyste en énergie, de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), **MM. Stéphane RAISON**, directeur en charge de l'installation de grands sites de consommation, et **Florent JOURDE**, directeur adjoint des affaires publiques, d'EDF, **Mme Eliza MAHDAVY**, directrice RSE, et **M. Vincent DUFOUR**, directeur des affaires publiques, d'Enedis, **Mme Maité JAUREGUY NAUDIN**, directrice données, intelligence artificielle et analyses, **et M. Philippe PILLEVESSE**, directeur des relations institutionnelles, de RTE.

Mardi 31 mars 2026

- *Académie des technologies :* **MM. Philippe GILLET**, vice-président délégué aux relations institutionnelles et partenariats stratégiques, et **Jean-Claude ANDRÉ**, académicien.

- **Mme Christine LAVARDE**, président de la délégation sénatoriale à la prospective, sénateur des Hauts-de-Seine.

- *Table ronde des associations environnementales :* **M. Théo ALVES DA COSTA**, président, **Mmes Lou WELGRYN**, secrétaire générale, et **Alexandra LUTZ**, chargée de plaidoyer, de *Data for Good*, **M. Frédéric AMIEL**, coordinateur des Amis de la Terre, **Mme Laure ALFONSI et M. Auban DERREUMAUX**, co-auteurs de l'étude sur les impacts environnementaux de l'IA de l'association Green IT.

- *Table ronde des* think tanks *:* **MM. Richard BURY**, président, et **Vincent COURBOULAY**, responsable de l'académie et du centre d'expertise, de l'Institut du numérique durable, **M. Hugues FERREBOEUF**, chef de projet, et **Mme Pauline DENIS**, ingénieure de recherche, de *The Shift Project*, et **M. Thierry CAMINEL**, ingénieur expert en IA, directeur technique « Agentic AI » à Atos France, de l'Institut Momentum.

Version provisoire

Mercredi 1 avril 2026

- *Veolia :* **M. Paul-Edouard NIEL**, directeur des affaires publiques, **Mmes Vanessa DEWAELE**, cheffe de cabinet du président, et **Nora MEGDER**, responsable des affaires publiques en charge de l'énergie.

- *France Datacenter :* **M. Antoine LESSERTEUR**, chargé de relations institutionnelles et communication, **Mme Linda LESCUYER**, responsable environnement et innovation durable et **M. Yann BOULAY**, responsable affaires publiques, de Data4.

- *Table ronde des entreprises innovantes :* **MM. Vincent HUARD**, co-fondateur de MountAIn, et **Jean MACHURON**, président de MoniA SAS.

- *Commown :* **M. Adrien MONTAGUT**, directeur général.

Mardi 28 avril 2026

- *Alliance française des industries du numérique (Afnum) :* **MM. Philippe de CUETOS**, directeur des affaires techniques et réglementaires, et **Paul COLLIGNON**, chargé de mission affaires publiques & environnement.

- *Table ronde des projets hospitaliers innovants :* **M. Jeremy PASCO**, médecin de santé publique, directeur médical de la recherche du CHP du Cotentin, **Mme Hélène VIAUD**, responsable qualité-gestion des risques du CHP du Cotentin, **MM. Lucas LACHAMBRE**, directeur des projets, de la transformation des organisations, des parcours patients et de la communication du CHP du Cotentin, **Éric BOERO**, directeur de la sécurité de l'information de la Fondation Edith Seltzer, et **Saber ALOUI**, directeur des services numériques du CHU d'Angers.

- *Conseil économique social et environnemental - Délégation à la prospective et à l'évaluation des politiques publiques :* **M. Gilles VERMOT DESROCHES** et **Mme Fabienne TATOT**, rapporteurs sur les « Impacts de l'intelligence artificielle : risques et opportunités pour l'environnement ».

Mercredi 29 avril 2026

- *Essca School of Management :* **MM. Benjamin MORISSE**, directeur général adjoint pour la stratégie et les relations institutionnelles, **Dejan GLAVAS**, directeur de l'Institut de l'IA au service du développement durable, et **Laurent INARD**, membre de l'Institut de l'IA au service du développement durable et directeur R&D de Forvis Mazars France.

- *Bpifrance :* **Mmes Sophie RÉMONT**, directrice de l'expertise et des programmes à la direction de l'innovation, **Hélène QUILLIEN**, adjointe à la direction climat & biodiversité, et **M. Pierre CEJKA**, chargé de relations institutionnelles et médias.

- *Direction interministérielle du numérique (Dinum) :* **M. Jérémie VALLET**, adjoint de la directrice, et **M. Ishan BHOJWANI**, chef du département IA dans l'État.

Version provisoire

- *Table ronde sur le recyclage des équipements électroniques :* **Mmes Clara GROJEAN**, chargée des relations institutionnelles et affaires publiques pour les REP DEEE et Batteries d'Ecosystem, **Aridge KHAYATI**, chargée d'affaires publiques de la Fédération des industries électriques, électroniques et de communication (Fieec), et **M. Quentin BELLET**, responsable des affaires publiques d'Ecologic France.

Mercredi 6 mai 2026

- *OVH Cloud :* **M. Grégory LEBOURG**, directeur des programmes environnementaux, et **Mme Blandine EGGRICKX**, responsable des affaires publiques.

- *Ministère de la transition écologique, de la biodiversité et des négociations internationales sur le climat et la nature :* **MM. Arnaud BEAUFORT**, directeur du numérique, **Thierry LOCHON**, directeur de programme numérique et écologie et, **Olivier RIVIÈRE**, sous-directeur des méthodes et services de plateforme de la de la Direction du numérique (DNUM) du ministère de la transition écologique, **Mme Amélie COANTIC**, adjointe au commissaire général au développement durable, et **M. Mathieu PORTE**, adjoint au chef de bureau, du Commissariat général au développement durable (CGDD).

- *Mistral AI :* **MM. Cyriaque DUBOIS**, chargé d'affaires publiques senior, et **William OUENSANGA**, chargé d'affaires publiques.

Mardi 12 mai 2026

- *Cabinet Deloitte :* **MM. Olivier SAUTEL**, chef économiste, et **Quentin PERRIER**, expert énergie et climat.

Mercredi 13 mai 2026

- *Direction du numérique pour l'éducation (DNE) :* **MM. Frédéric POMIES**, sous-directeur du socle numérique, et **Axel MANGUY**, coordinateur ministériel de l'intelligence artificielle.

- *Agence de l'eau Seine-Normandie :* **M. Christophe POUPARD**, directeur de la connaissance et de la planification.

Mercredi 27 mai 2026

- *Inrae :* **M. Frédérick GARCIA**, directeur de recherche, et **Mme Sophie SCHBATH**, directrice de recherche auteurs de l'article « Les impacts de l'IA sur l'environnement ».

- *Ministère des affaires étrangères et de l'Europe :* **Mmes Clara CHAPPAZ**, ambassadrice pour le numérique et l'intelligence artificielle, **Hélène COSTA DE BEAUREGARD**, directrice de projet, **M. Arthur FRANZON**, adjoint à l'ambassadrice, et **Mme Estelle HALIMI-DAGRON**, chargée de mission auprès de l'ambassadrice.

- *Direction générale des entreprises (DGE) :* **M. Aurélien PALIX**, sous-directeur, **Mmes Emma LE BOULICAUT**, chargée de mission, **Domitille**

Version provisoire

LEGRAND, cheffe de projets économie de la donnée, **MM. Julien TALAGRAND**, chef de projet - infrastructures pour l'IA, datacenters et attractivité, et **Alexis BACOT**, directeur de projets en intelligence artificielle.

- *Observatoire sur l'impact environnemental de l'IA :* **Mmes Anne-Laure LIGOZAT**, co-directrice scientifique et professeure à l'école nationale supérieure d'informatique pour l'industrie et l'entreprise (ensIIE) et au laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISN), **Aurélie BUGEAU**, co-directrice scientifique et professeure à l'université de Bordeaux et au laboratoire bordelais de recherche en informatique (LaBRI), **M. Théophile LENOIR**, coordinateur et senior Fellow de l'institut IA et société.

Mercredi 10 juin 2026

- *France urbaine :* **MM. Mickaël AUDEGOND**, maire de Wailly, vice-président au numérique de la communauté urbaine d'Arras, et **Sébastien TISON**, conseiller en charge de la culture, du numérique, de la participation citoyenne et du sport.

- *Ademe :* **MM. Sylvain WASERMAN**, président directeur général, **Mathieu WELLHOFF**, chef du service consommation responsable et sobriété numérique, et **Victor WORMS**, conseiller parlementaire du président.

- *Ambassade de France en Irlande* : **M. Alais DIEBOLD**, chargé d'études « décarbonation de l'économie », **Mme Julie BUTON**, chargée d'études « industrie », et **M. Maxime AUGÉ**, chef du service économique

- *Ambassade de France en Espagne :* **MM. Alvaro ESPINO**, attaché sectoriel, et **Olivier DELTEIL**, conseiller transition écologique.

Mardi 23 juin 2026

- *DataOne* : **M. Charles-Antoine BEYNEY**, président.

- *Audition conjointe :* **MM. Guillaume CARBOU**, maître de conférences en sciences de la communication, **Julien DELORD**, historien et philosophe de l'écologie, ingénieur en agronomie et écologie, et **Sydney THOMAS**, doctorant en écologie industrielle et territoriale de l'*Atelier d'écologie politique* et **Mme Bénédicte LANFREY**, formatrice en Intelligence artificielle.

Version provisoire

Version provisoire

LISTE DES CONTRIBUTIONS ÉCRITES

- Ecosystem
- Microsoft
- OpenAI

Version provisoire

Version provisoire

DÉPLACEMENT SUR LE CAMPUS DE DATA4

À Marcoussis le jeudi 2 juillet 2026

Présentation de Data4 et du Campus de Marcoussis par **M. Yann BOULAY**, directeur des affaires publiques, puis visite du Campus.

Version provisoire

Version provisoire

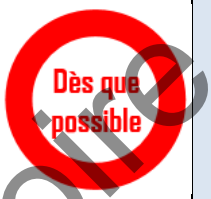
TABLEAU DE MISE EN OEUVRE ET DE SUIVI DES PROPOSITIONS

N° de la proposition	Recommandation	Acteurs concernés	Calendrier prévisionnel	Support
1	Encourager l'implantation en France de centres de données durables et favoriser le recours, par les fournisseurs de modèles de langage, à de telles infrastructures, en mettant en place, à l'échelle européenne, un cadre réglementaire incitatif.	Gouvernement, Union européenne	Dès que possible	Textes réglementaires, législation européenne (directive ou règlement)
2	Créer un choc d'accélération pour le raccordement des centres de données en : - faisant systématiquement des centres de données dédiés à l'IA des projets prioritaires pour le raccordement ; - inscrivant le dispositif « *fast track* » au cœur de la stratégie de RTE, afin qu'il constitue réellement un accélérateur pour les projets ; - refondant la doctrine de RTE, en passant d'une logique « premier arrivé premier servi » à « premier prêt premier servi ».	RTE	Dès que possible	Doctrine de RTE
3	Mener un audit de la procédure administrative d'implantation de centre de données ainsi que de parangonnage international, pour identifier et éliminer les freins administratifs persistants.	Gouvernement	Dès que possible	Audit
4	Prendre au plus vite le décret prévu par l'article 28 de la loi « Reen » de 2021, afin de récompenser les centres de données les plus vertueux par un tarif réduit sur la TICFE.	Gouvernement	Dès que possible	Décret

Version provisoire

N° de la proposition	Recommandation	Acteurs concernés	Calendrier prévisionnel	Support
5	Renforcer l'acceptabilité territoriale et environnementale des centres de données en favorisant leur intégration dans les territoires, notamment : - en développant, lorsque les conditions techniques et économiques le permettent, la récupération et la valorisation de leur chaleur fatale, en particulier par la création d'un fonds de garantie chaleur fatale ; - en encourageant la mutualisation des emprises et des infrastructures avec d'autres activités ou équipements, notamment par le développement de bâtiments mixtes et multi niveaux ; - en soutenant l'innovation et le déploiement de nouvelles solutions technologiques susceptibles de réduire leur empreinte environnementale et foncière et de favoriser leur intégration territoriale.	Parlement, Gouvernement, Ademe, collectivités territoriales		Loi et textes règlementaires
6	Faire contribuer les centres de données au lissage de la consommation d'électricité en incitant les exploitants à déplacer dans le temps certains usages et à utiliser les capacités de stockage d'énergie pour effacer temporairement la consommation.	Gouvernement, RTE		Textes réglementaires
7	Poursuivre la mobilisation de la France pour renforcer la dynamique mondiale en faveur d'une IA durable, notamment en incitant d'autres États et d'autres grandes entreprises à rejoindre la Coalition pour une IA durable, et en faisant déboucher cette coalition sur des projets concrets en matière commerciale et de R&D.	Gouvernement		Politique étrangère
8	Assurer un soutien public au développement des petits modèles d'IA spécialisés : mener une campagne d'information auprès des acteurs publics et privés sur l'intérêt de ces petits modèles spécialisés et mettre en place des dispositifs financiers adaptés.	Parlement, Gouvernement		Loi de finances, textes réglementaires, campagne d'information

Version provisoire

N° de la proposition	Recommandation	Acteurs concernés	Calendrier prévisionnel	Support
9	Soutenir, par des dispositifs de financement adaptés, le développement des entreprises innovantes dans le domaine de l'IA frugale.	Parlement, Gouvernement, Bpifrance		Loi de finances, textes réglementaires
10	Activer le levier de la commande publique pour contribuer au développement des solutions d'IA frugale, notamment en : - assurant la diffusion et la généralisation de l'usage de la fiche pratique pour l'achat responsable de solutions d'IA élaborée en novembre 2025 ; - intégrant dans la loi un critère d'empreinte environnementale des services d'IA pour les achats publics.	Parlement, Gouvernement		Loi, circulaire
11	Lancer une politique européenne ambitieuse en faveur de l'IA frugale : - porter au niveau européen le référentiel général pour l'IA frugale et le référentiel général d'éco conception des services numériques (RGESN) ; - introduire des mesures d'éco conception des services numériques, dont les services d'IA, au niveau européen ; - porter une politique industrielle commune, pouvant aboutir à la création d'un « Airbus de l'IA ».	Union européenne		Législation européenne (directive ou règlement)
12	Dans le respect du secret des affaires, confier à l'Arcep le soin de définir les données relatives à l'empreinte environnementale des modèles de langage que leurs fournisseurs seraient tenus de rendre publiques, afin de permettre à l'Arcep, aux chercheurs et à la société civile de vérifier la robustesse des analyses de cycle de vie réalisées et de conduire leurs propres analyses.	Parlement, Gouvernement, Arcep		Loi, textes règlementaires, décisions de l'Arcep
13	Définir un standard européen d'évaluation de l'empreinte environnementale des grands modèles de langage, afin d'en systématiser l'évaluation, et interdire toute allégation environnementale qui ne serait pas fondée sur ce standard.	Union européenne		Législation européenne (directive ou règlement)

Version provisoire

N° de la proposition	Recommandation	Acteurs concernés	Calendrier prévisionnel	Support
14	Créer un écoscore pour les principaux modèles de langage.	Parlement, Gouvernement		Loi, textes règlementaires
15	Lancer une campagne nationale de sensibilisation à l'empreinte environnementale de l'IA, présentant ses différents effets sur l'environnement ainsi que les bonnes pratiques permettant de les réduire ; engager, en parallèle, une démarche similaire à l'échelle européenne.	Gouvernement, Ademe, Union européenne		Campagnes d'information
16	Systématiser l'intégration, dans les actions de sensibilisation à l'empreinte environnementale du numérique menées en milieu scolaire, dans l'enseignement supérieur et dans les écoles d'ingénieurs, d'un module consacré à l'empreinte environnementale de l'IA, mettant notamment l'accent sur l'incidence des usages et des comportements individuels.	Gouvernement		Circulaire

Version provisoire