
L'IA : lucidité et engagement pour un développement soutenable

Note de positionnement de Carbone 4 sur l'IA

Septembre 2026

L'intelligence artificielle occupe désormais une place centrale dans les débats technologiques, économiques et géopolitiques. Pour un cabinet de conseil spécialisé comme Carbone 4, ignorer ce sujet serait une grave erreur stratégique. Le traiter avec enthousiasme naïf ou méfiance stérile serait tout aussi problématique.

Notre positionnement est celui de praticiens exigeants : l'avenir de l'IA n'est pas écrit, et c'est précisément pourquoi il importe d'en analyser les trajectoires possibles avec rigueur.

Des risques réels, des opportunités sérieuses

Les technologies IA, notamment via le *Deep Learning*, génèrent des gains de productivité documentés dans plusieurs domaines. Dans le secteur de l'énergie par exemple, le rapport [Energy and AI](#) de l'AIE (2025) identifie des applications concrètes : la détection automatisée de défauts sur les réseaux électriques peut réduire les durées de coupure de 30 à 50 % ; la maintenance prédictive améliore la disponibilité des infrastructures ; l'intégration des énergies renouvelables est facilitée par une meilleure prévision de production et de demande. Dans les métiers du conseil et du travail intellectuel, les gains sont également mesurables¹. Nous observons des bénéfices comparables dans nos propres activités : benchmarks, préparation de rendez-vous clients, synthèse de rapports volumineux, structuration de livrables, recherche réglementaire, première mise en forme d'analyses quantitatives...

Ces gains sont réels mais asymétriques : l'IA excelle sur certaines tâches et se révèle contre-productive sur d'autres — ce que les chercheurs cités (note 1) ont appelé la « frontière technologique irrégulière » (*jagged technological frontier*). Le développement des « agents IA »² est en cours, mais ses effets sont, en la matière, spéculatifs.

C'est précisément pourquoi l'usage avec discernement n'est pas un slogan, mais une nécessité opérationnelle.

¹ Une étude menée par Harvard, MIT et BCG sur plusieurs centaines de consultants (publiée en 2026), montre que, pour les tâches adaptées à l'IA, les consultants équipés accomplissent 12 % de tâches supplémentaires, 25 % plus vite, avec une qualité évaluée 32 % supérieure — les gains étant plus marqués pour les moins expérimentés. Voir Fabrizio Dell'Acqua et al., 2026 [Navigating the Jagged Technological Frontier: Field Experimental Evidence of the Effects of Artificial Intelligence on Knowledge Worker Productivity and Quality](#), Organization Science

²Systèmes IA autonomes, capables d'enchaîner des actions, d'appeler des outils, de consulter des bases de données, de produire des rapports ou d'interagir avec des systèmes, et ce sans intervention humaine à chaque étape.

Les risques de l'IA sont tout aussi réels :

- **Risques épistémiques et cognitifs** : les grands modèles de langage reproduisent et amplifient les biais des corpus sur lesquels ils sont entraînés — biais anglosaxons, biais en faveur des paradigmes économiques dominants, confusion entre consensus scientifique et consensus médiatique. Pour une entreprise dont la réputation et la valeur ajoutée reposent sur la qualité du jugement et l'indépendance intellectuelle, ce risque est central. De manière aussi insidieuse, l'usage inconsidéré de l'IA peut faire perdre des compétences de base et la capacité à réaliser certaines tâches.

- **Risques de dépendance économique et financière** : la concentration du secteur autour de quelques acteurs américains crée des vulnérabilités structurelles pour les organisations qui externalisent leur capacité de raisonnement. L'IA ne crée pas à elle seule la dépendance numérique européenne, mais elle l'accélère et la rend plus profonde, car elle imbrique davantage les infrastructures cloud, les logiciels, les données et les outils d'aide au raisonnement. Un rapport publié le 28 mai 2026³ en documente la dimension économique avec précision : les dépenses des organisations européennes en cloud et logiciels — 400 milliards d'euros par an — ont subi une hausse de 8,7 % par an sur les trois dernières années, projetée à 12 % par an d'ici 2030, largement alimentée par l'intégration par défaut de fonctions d'IA. Un Directeur des Systèmes d'Information sur deux ne parvient pas à mesurer ce que cette IA embarquée lui apporte réellement. 264 de ces 400 milliards bénéficient à l'économie américaine donc au développement de leurs acteurs de l'IA, au détriment des acteurs européens. La dépendance technologique est en train de devenir une captation économique structurelle.

- **Risques géopolitiques** : la dépendance aux acteurs américains est d'autant plus préoccupante du fait de l'extraterritorialité du droit américain, dans un contexte où les Etats-Unis changent de posture et ne se comportent plus comme des alliés indéfectibles de l'Europe.

- **Risques systémiques** : une adoption non maîtrisée de l'IA dans les décisions d'investissement climatique ou énergétique pourrait amplifier les éventuelles erreurs d'allocation à grande échelle, du fait d'un mécanisme d'homogénéisation du jugement : lorsque des acteurs multiples s'appuient sur les mêmes modèles entraînés sur les mêmes données, leurs erreurs deviennent corrélées et simultanées, au lieu de se compenser. Ce

³ Réalisé par le cabinet Astères pour le CIGREF : [De la dépendance technologique à la captation économique : ce que les hausses tarifaires du cloud-logiciel coûtent à l'Europe](#)

phénomène, bien documenté dans la littérature sur le risque systémique financier⁴, est particulièrement préoccupant dans la transition énergétique, où la diversité des stratégies d'allocation constitue un facteur de résilience. Les modèles peuvent tendre également à concentrer les flux de capitaux sur un nombre restreint de technologies ou de géographies jugées "optimales", créant des dynamiques de bulle et laissant sous-financées des solutions complémentaires. Enfin, en cas de choc exogène, la réactivité synchronisée des modèles peut provoquer des retraits massifs et simultanés, précisément au moment où les secteurs de la transition ont besoin de capitaux stables. Ce risque d'amplification n'est pas sans rappeler le rôle des algorithmes dans la crise de 2008⁵, et appelle des réponses de gouvernance : transparence sur les modèles utilisés dans les décisions d'investissement à impact systémique, et vigilance réglementaire sur leur concentration.

Plusieurs scénarios pour l'avenir

L'avenir de l'IA reste profondément incertain. On peut imaginer entre autres plusieurs scénarios. Un **déploiement accéléré et non régulé**, où la course technologique prime sur la gouvernance. Les gains de productivité seraient réels mais inégalement distribués. Les risques environnementaux (consommation énergétique, eau, minerais) et les risques de concentration de pouvoir cognitif s'aggravaient. On peut imaginer un scénario de « **régulation** » **par la crise**. Un ou plusieurs incidents majeurs (crash boursier, désinformation massive, erreur systémique dans un secteur critique, tensions géopolitiques liées à la souveraineté des données) provoquent une réaction réglementaire forte. Ce scénario freinerait temporairement le déploiement de l'IA mais consoliderait les acteurs les mieux gouvernés. Enfin, on ne peut exclure un scénario de **bifurcation maîtrisée**. Une partie des acteurs (institutions, États, grandes entreprises) développerait des usages souverains et raisonnés de l'IA, articulés autour d'exigences de transparence, de traçabilité, de maîtrise des impacts environnementaux et d'adéquation aux besoins réels. Ce scénario, moins probable spontanément, est celui que nous cherchons à favoriser.

Les impacts en termes d'emplois

L'impact de l'intelligence artificielle sur l'emploi demeure l'un des débats centraux de l'économie contemporaine, et les études de référence invitent à une lecture prudente et nuancée. L'Organisation

⁴ Voir Haldane, A. & May, R. (2011). *Systemic risk in banking ecosystems*. Nature, 469, 351–355 — qui montre comment la standardisation des pratiques amplifie la contagion.

⁵ Voir les travaux de la Financial Crisis Inquiry Commission (2011) sur le rôle des modèles de scoring standardisés (VaR, CDO pricing) dans la propagation systémique de la crise.

internationale du travail, dans sa révision 2025⁶, estime qu'un emploi sur quatre est exposé à une transformation liée à l'IA générative, en soulignant qu'il s'agit d'une évolution des tâches plutôt que d'une disparition des postes. Dans le même esprit, l'OCDE⁷ rappelle que l'exposition à l'automatisation ne se traduit pas mécaniquement par des destructions d'emplois, mais par une recomposition du contenu des activités.

À l'échelle macroéconomique, le rapport *Future of Jobs 2025*⁸ du Forum économique mondial anticipe la création d'environ 170 millions d'emplois d'ici 2030 contre 92 millions de postes susceptibles de disparaître, soit un solde net globalement positif. Toutefois, ces dynamiques agrégées masquent (2025) une baisse d'environ 16 % de l'emploi des 22–25 ans dans les métiers les plus exposés à l'IA générative, suggérant que les postes d'entrée de carrière, plus routiniers, constituent une première zone d'ajustement.

Dans cette perspective, le Conseil économique, social et environnemental⁹ estime que 62 % des emplois dans les économies avancées présentent une forte exposition à l'IA, ce qui souligne l'ampleur des besoins d'adaptation et de reconversion. Par ailleurs, le *Jobs AI Barometer 2025*¹⁰ de PwC, fondé sur l'analyse d'un milliard d'offres d'emploi, observe que les secteurs les plus exposés à l'IA connaissent une croissance de productivité trois fois supérieure à celle des autres, traduisant une recomposition des gains entre organisations.

À l'échelle nationale, ces dynamiques se retrouvent également en France, où seuls 24 % des cadres déclarent avoir bénéficié d'une formation formelle à l'IA, alors que 72 % expriment un besoin en ce sens, révélant un décalage significatif entre diffusion technologique et adaptation des compétences.

En somme, les travaux disponibles convergent moins vers un scénario de destruction massive de l'emploi que vers une transformation profonde et différenciée du travail. L'enjeu central réside ainsi dans la capacité des économies à organiser cette recomposition, notamment par la formation, la mobilité professionnelle et le partage des gains de productivité. Cette recomposition concerne aussi les métiers de Carbone 4 : l'IA peut accélérer fortement certaines tâches de production, de recherche, de structuration ou de mise en forme, mais elle ne remplace ni le cadrage d'une problématique client, ni le jugement méthodologique, ni l'interprétation stratégique, ni la qualité de la recommandation.

⁶ Gmyrek, P., Berg, J., Kaminski, K., Konopczyński, F., Ładna, A., Nafradi, B., Rosłaniec, K. & Troszyński, M. (2025). [Generative AI and jobs: a 2025 update](#) [Research Brief]. Organisation internationale du travail (OIT) & NASK.

⁷ OCDE (2023, actualisé 2024). [Perspectives de l'emploi de l'OCDE — IA et automatisation](#). Paris : OCDE.

⁸ World Economic Forum (2025). [The Future of Jobs Report 2025](#). Janvier 2025. Genève : WEF.

⁹ CESE, rapporteur : Truffat, J.-M. (2025). [Intelligence artificielle, travail et emploi : co-construire](#) [Étude 2024-001]. Adopté le 14 janvier 2025. Paris : CESE.

¹⁰ PwC (2025). [The Fearless Future: 2025 Global AI Jobs Barometer](#). Publié le 3 juin 2025. Londres : PwC.

Pour Carbone 4, l'enjeu sera donc d'organiser cette transformation par la formation, l'encadrement des usages, l'évolution des parcours juniors et le réinvestissement d'une partie des gains de productivité (ceux qui ne sont pas cédés aux clients) dans ce qui fait notre valeur : la qualité du diagnostic, la rigueur des métriques et des quantifications, la finesse des recommandations et la capacité à accompagner les décisions de transition.

Les impacts environnementaux : un non-dit majeur du discours IA

La consommation d'énergie et d'eau des infrastructures d'IA est structurellement sous-estimée dans le débat public¹¹. Les centres de données nécessaires à l'entraînement et à l'inférence des grands modèles représentent des charges électriques considérables et croissantes, ainsi que des besoins en eau de refroidissement qui entrent en tension avec d'autres usages locaux dans de nombreux territoires.

Cette réalité physique n'est pas une raison de rejeter en bloc l'IA, mais elle oblige à un usage raisonné et sélectif : toutes les tâches ne justifient pas le recours à des modèles d'IA et en particulier à des modèles lourds. Tous les usages de l'IA n'ont pas le même niveau d'impact. Une requête courte, une synthèse documentaire, un agent autonome, une génération vidéo ou un *fine-tuning* régulier ne relèvent pas du même ordre de grandeur. Les usages des « agents IA » posent des questions spécifiques : multiplication des appels / requêtes, risque de boucles, consommation accrue, erreurs d'exécution, absence de validation humaine, défaut de responsabilité.

Le principe de sobriété numérique — que nous défendons de longue date dans nos travaux — s'applique pleinement ici. La sobriété IA pourrait donc être formulée comme un principe d'adéquation : utiliser le plus petit modèle suffisant, sur le plus petit volume de données nécessaire, avec le moins d'itérations possibles, pour une valeur d'usage clairement identifiée. Elle ne concerne pas seulement le choix du modèle, mais d'abord le questionnement de l'usage et de sa finalité, son architecture, puis le nombre d'itérations et le degré d'autonomie accordé au système (voir tableau).

¹¹ Voir l'étude d'Aczel M. et al. (2026). [Environmental Cost of AI's Energy Use: Carbon, Water and Land Footprints](https://unu.edu/inweh/news/environmental-cost-of-AIs-Enrgy-use-carbon-water-and-land-footprints). United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU-INWEH), Etude présentée ici : <https://unu.edu/inweh/news/environmental-cost-of-AIs-Enrgy-use-carbon-water-and-land-footprints>

Différents usages de l'IA classés par impact environnemental croissant

- les usages à impact unitaire faible, mais potentiellement importants en volume : requêtes courtes, classification simple, correction locale ;
- les usages à impact intermédiaire : rédaction de contenu, recherche assistée, conversations longues, génération de code ou structuration de fichiers ;
- les usages à impact élevé selon la configuration : analyse de longs documents, rag¹², bases vectorielles¹³, traitement de documents avec images ou graphiques ;
- les usages à impact potentiellement très élevé : agents autonomes, génération vidéo, avatars temps réel, fine-tuning fréquent¹⁴, vectorisation massive et continue¹⁵.

Dit de manière synthétique, au niveau collectif, l'IA utile n'est pas celle qui fait plus vite ce que nous faisons déjà avec Internet : c'est celle qui, pour des finalités qui en valent la peine, déplace réellement la frontière de ce que nous savons et pouvons faire.

Notre rôle dans ce domaine : transparence et lutte contre le greenwashing

Les discours des opérateurs de datacenters sur l'efficacité énergétique — centrés sur le PUE¹⁶, le recours aux énergies renouvelables ou des engagements « net zéro » peu crédibles — comportent des risques réels de greenwashing : indicateurs relatifs dissimulant une hausse des consommations absolues, périmètres comptables incomplets, effets de substitution ignorés.

Carbone 4 œuvre pour une transparence accrue des impacts environnementaux de l'IA — carbone, eau, biodiversité — en contribuant à la définition et à l'évaluation d'indicateurs pertinents et robustes. Cela implique notamment :

¹² Retrieval-Augmented Generation : technique qui consiste à interroger une base de documents externes pour enrichir les réponses d'un modèle d'IA, au lieu de s'appuyer uniquement sur ses données d'entraînement.

¹³ Bases de données spécialisées qui stockent des représentations numériques — appelées « vecteurs » — de textes, images ou documents, permettant des recherches par similarité sémantique plutôt que par mots-clés exacts.

¹⁴ Processus de ré-entraînement d'un modèle d'IA sur des données spécifiques pour l'adapter à un usage particulier — opération coûteuse en énergie et en calcul.

¹⁵ Conversion en temps réel et à grande échelle de données en vecteurs numériques exploitables par une base vectorielle.

¹⁶ Le PUE (Power Usage Effectiveness) est l'énergie totale du data center / énergie consommée par les seuls équipements IT. Un PUE de 1 serait théoriquement idéal. De gros progrès ont été faits dans les 15 dernières années. Mais la consommation mondiale des datacenters a explosé, passant de 153 TWh en 2005 (voir Masanet, E. et al. (2020). *Recalibrating global data center energy-use estimates*. *Science*, 367(6481), 984–986. (étude du Lawrence Berkeley National Laboratory) à 415TWh en 2024 (voir le rapport de l'AIE IEA, *Energy and AI*, 2024/2025. (<https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>)). Depuis 2017, la consommation des datacenters croît à un taux annuel composé d'environ **12 %**, soit plus de quatre fois plus vite que la croissance totale de la consommation mondiale d'électricité cf <https://www.brookings.edu/articles/global-energy-demands-within-the-ai-regulatory-landscape/>

-
- une analyse par modèles et par usages, distinguant entraînement et inférence, modèles généralistes et modèles spécialisés et analysant de manière spécifique le cas des agents IA ;
 - une évaluation géographiquement différenciée des datacenters, tenant compte de l'intensité carbone du réseau électrique local, du stress hydrique territorial et des conditions climatiques qui déterminent les besoins réels de refroidissement ;
 - une contribution active aux référentiels sectoriels et aux débats réglementaires européens sur les métriques environnementales du numérique.
 - une analyse par scénarios quand nous aidons nos clients à réfléchir de manière prospective

Nous accompagnons également nos clients dans la réduction concrète de ces impacts : définition de politiques d'achat de services cloud intégrant des critères environnementaux, choix de fournisseurs et de localisations, sobriété dans les usages, et mesure de l'empreinte réelle de leurs systèmes d'IA.

Une opportunité stratégique pour la France

La France dispose d'un atout structurel rare dans ce contexte : une électricité largement décarbonée, grâce au parc nucléaire et au développement des énergies renouvelables. À l'heure où la décarbonation des datacenters devient un critère de compétitivité réglementaire et de réputation, cette caractéristique constitue un avantage comparatif tangible pour attirer des infrastructures d'IA, qui émettront ainsi moins de gaz à effet de serre en exploitation qu'en s'implantant dans d'autres géographies. La France a également une maturité sur la transition écologique et un vivier de talents dans le domaine de la tech.

Ces trois atouts ouvrent une opportunité de positionnement dans la chaîne de valeur mondiale de l'IA, pas nécessairement sur les semi-conducteurs ou les modèles de base où le retard est difficile à combler, mais sur les couches intermédiaires comme :

- infrastructures d'hébergement bas-carbone ;
- développement de modèles spécialisés moins énergivores et/ou dont les applications servent la transition écologique ;
- services d'audit et de certification environnementale des systèmes d'IA, de conseil dans l'usage aussi écologique que possible de l'IA et dans sa gouvernance ;
- ...

La France peut ainsi jouer un rôle de référence européenne sur l'IA sobre et bas-carbone, en cohérence avec ses atouts énergétiques. Ce faisant, elle doit néanmoins accélérer sa transition pour respecter ses engagements climatiques, avec un nécessaire vase communicant des budgets carbone sectoriels.

La souveraineté cognitive : l'enjeu de fond

Au-delà des questions techniques et énergétiques, l'IA soulève un enjeu politique et civilisationnel que nous considérons comme central : la souveraineté cognitive, à savoir la capacité à garder la maîtrise des sources, des hypothèses, des méthodes et des cadres d'analyse utilisés pour produire des diagnostics et des recommandations. Qui contrôle les modèles qui structurent nos représentations du monde, nos diagnostics, nos recommandations ? Qui décide des données d'entraînement, des fonctions objectif, des garde-fous ?

Si l'ensemble de la production intellectuelle européenne — dans les domaines du droit, de l'économie, de l'écologie, de la politique — passe par des systèmes conçus ailleurs, selon d'autres valeurs et d'autres intérêts, alors la dépendance ne sera pas seulement énergétique ou technologique : elle sera cognitive. C'est-à-dire structurelle et difficilement réversible.

Prendre une place active dans la chaîne de valeur de l'IA, c'est aussi se donner les moyens d'avoir voix au chapitre sur la manière dont ces systèmes sont conçus, gouvernés et déployés. C'est l'une des raisons pour lesquelles nous accompagnons nos clients non seulement sur l'usage de l'IA, mais sur la gouvernance de leurs systèmes d'information et la définition de leurs politiques d'usage dans une logique de rigueur scientifique et de sobriété.

L'IA générative et le besoin de tiers de confiance

La dynamique de diffusion de l'IA générative rappelle celle des réseaux sociaux : une adoption rapide et massive, portée par des effets de réseau et une accessibilité croissante, avant que les effets systémiques — désinformation, polarisation, manipulation, impact sur la santé mentale (des jeunes notamment) — ne deviennent visibles et ne suscitent des demandes de régulation et de fiabilité.

Comme les réseaux sociaux ont créé un besoin structurel de fact-checking, de médias de référence et d'institutions capables d'opposer une information vérifiée au flux des contenus non fiables, la généralisation de l'IA va créer une demande croissante de tiers de confiance : des sources d'information dont la fiabilité, l'indépendance et la méthode sont reconnues, capables d'ancrer les raisonnements assistés par IA dans des faits solides et des analyses rigoureuses.

Dans nos domaines d'expertise — transition énergétique, économie du climat, empreintes carbone eau et biodiversité, politiques publiques environnementales — Carbone 4 peut légitimement revendiquer cette place. Notre production intellectuelle, nos bases de données, nos méthodologies de référence constituent précisément le type de corpus fiable et documenté dont les systèmes d'IA ont besoin pour ne pas reproduire les biais et les approximations des sources dominantes. Être un tiers de confiance dans l'écosystème IA, c'est aussi une façon concrète de peser sur la qualité épistémique des modèles qui structureront demain les décisions de nos clients.

Notre engagement

Nous utilisons l'IA comme outil au service de notre expertise, avec discernement et esprit critique. Nous ne la déléguons pas comme substitut au jugement. Nous travaillons à développer des approches qui corrigent les biais des modèles généralistes sur les sujets qui nous sont propres — transition énergétique, économie du climat, politiques publiques — et nous conseillons nos clients pour qu'ils fassent de même dans leurs organisations.

Cela se traduit concrètement par trois axes :

- **Transparence et mesure** : contribution à la définition d'indicateurs environnementaux robustes pour l'IA et les datacenters, analyse géographiquement différenciée, résistance au greenwashing par sélection d'indicateurs.
- **Accompagnement des clients** : réduction des impacts carbone, eau et biodiversité liés aux usages numériques, sobriété dans le recours aux modèles lourds, critères environnementaux dans les choix d'infrastructures.
- **Positionnement comme tiers de confiance** : valorisation de notre corpus de référence dans l'écosystème IA, pour que nos domaines d'expertise soient représentés avec rigueur dans les modèles et les usages qui en découlent.

L'IA bien gouvernée peut amplifier les capacités humaines. Mal gouvernée, elle les atrophie. Notre rôle est d'aider à tracer cette ligne.