FORMER À L'IA SANS RENONCER À LA DECARBONATION

Note d'analyse - Novembre 2026

DANS LE CADRE DU
PLAN ROBUSTE POUR L'ÉCONOMIE FRANÇAISE



LE THINK TANK DE LA
TRANSITION BAS CARBONE

THE SHIFT PROJECT

Le PREF : un plan robuste pour permettre à la France de réussir la décarbonation et de faire face aux crises



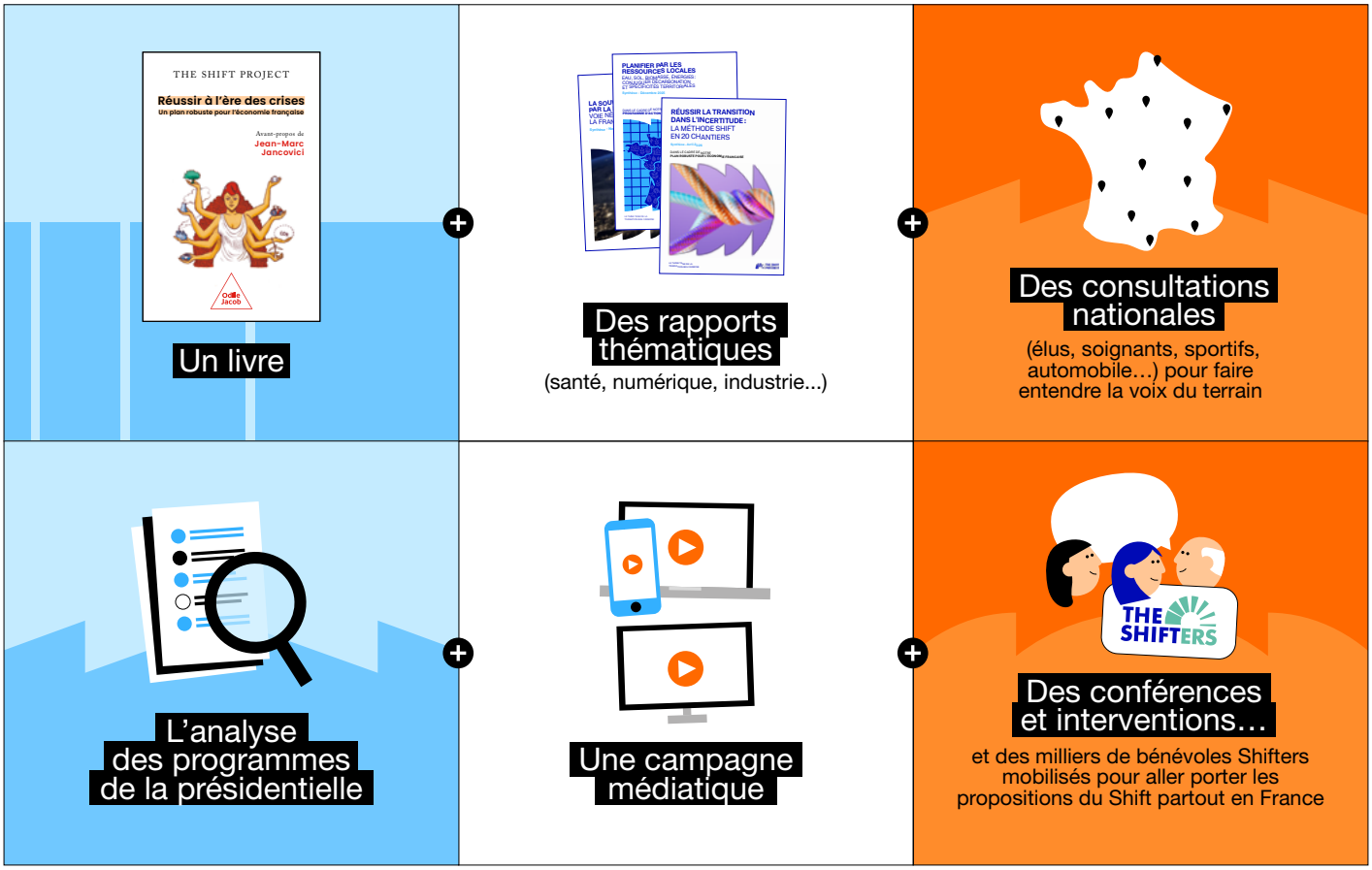
Face aux contraintes énergétiques et climatiques, **la décarbonation est une condition de la réussite économique de la France.** Elle permet de réduire nos vulnérabilités, de préserver notre capacité d'action et devient ainsi une condition de notre souveraineté.

Après le Plan de transformation de l'économie française, publié en 2022, le Shift Project franchit une nouvelle étape avec le **Plan robuste pour l'économie française (PREF).**

Porté par des dizaines de milliers de donateurs, de membres des Shifters et de professionnels engagés, ce travail collectif propose **une vision d'ensemble et des réponses concrètes** pour transformer l'économie française, tout en la préparant aux crises et aux chocs à venir.

À découvrir en librairie : un livre de synthèse, *Réussir à l'ère des crises : un Plan robuste pour l'économie française*, sort le 14 octobre prochain en librairie.

Notre ambition : mettre les enjeux climatiques et énergétiques au cœur de la campagne présidentielle



Le Plan robuste en 7 points

PREF
Plan robuste pour l'économie française



1 **Partir du monde physique**



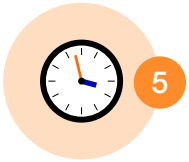
2 **Une vision d'ensemble cohérente de la transition française**



3 **Anticiper les besoins de compétences et d'emploi**



4 **Faire des propositions robustes, opérables** dès à présent et sans regret, pour réussir la décarbonation à l'échelle, dans les temps.



5 **Travailler sur le temps long**



6 **Préparer notre économie aux chocs et aux crises**



7 **Ne pas reposer sur les paris** de la croissance économique, du progrès technologique irréaliste, ou de la transformation radicale de nos modes de vie.

À l'approche de l'élection présidentielle de 2027, le Shift Project poursuit un objectif clair : **donner à la France les moyens de faire face aux crises et reprendre son avenir en main.** Réussir cette transition, ce n'est pas seulement réduire nos émissions : **c'est sécuriser notre économie, renforcer notre souveraineté et retrouver des marges de manœuvre dans un monde instable.**

La décarbonation n'est pas seulement un défi, c'est une opportunité pour la France.

Table des matières

Avant-propos 3
À propos du Shift Project 4
Comité de rédaction 5
Synthèse 6

I. L'IA aggrave le changement climatique et présente de nombreux risques 7
A. Des impacts environnementaux et énergétiques considérables 7
B. D'autres risques liés à l'IA génèrent des inquiétudes 11

II. Les ressources allouées à la formation pour la transition écologique ne doivent pas être préemptées par l'IA 13
A. Former à l'IA est souvent synonyme de former moins pour la transition 13
B. Abandonner les formations à la transition écologique met en péril la transition et les entreprises 14

III. Toute formation à l'IA doit enseigner la mesure de l'empreinte de l'IA et un usage sobre et raisonné 15
A. Des formations à l'IA ne traitant pas la question climatique 15
B. Systématiser l'analyse et la maitrise des impacts délétères de l'IA dans les formations ... 15

IV. La balance bénéfices-risques doit guider l'utilisation de l'IA en formation 22
A. L'utilisation de l'IA en formation est envisagée pour des bénéfices restant souvent à démontrer 22
B. Établir une balance bénéfices-risques multicritères permet de décider d'un recours éventuel à l'IA 23

Bibliographie 24

Avant-propos

Pourquoi évoquer les enjeux d'Intelligence Artificielle (IA) et de formation conjointement, dans un contexte de décarbonation ?

Le Shift Project étudie le tissu économique français sous l'angle de la double contrainte carbone : dépendance à l'énergie notamment fossile d'un côté, nécessité d'adapter nos entreprises et nos territoires au changement climatique et de réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'autre.

Les études menées par le Shift Project sur la formation initiale et continue démontrent l'urgence de déployer des formations permettant de développer les connaissances et compétences indispensables aux actifs pour décarboner leur activité[1]. La formation s'est par ailleurs largement digitalisée ces dernières années, tant avec le développement de l'e-learning[2], de la formation à distance que par la génération de supports pédagogiques incluant des images ou des vidéos.

Différents rapports du Shift Project ont démontré l'empreinte matérielle du numérique et de l'IA et l'augmentation exponentielle de la consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre, ainsi que le risque de conflits d'usage de l'électricité pour la décarbonation d'autres secteurs [3]. Vient s'ajouter à cela le « phénomène IA », entendez IA générative, dont l'utilisation généralisée semblerait inéluctable.

Cette note aborde l'utilisation d'IA en contexte de formation, sur le périmètre restreint mais crucial qu'est celui de l'énergie et du climat, et dans une certaine mesure celui de la pédagogie, sans oublier l'existence d'autres impacts et risques : sur l'environnement, l'emploi, la cognition, la souveraineté, les conditions de travail, l'égalité, etc. Les 3 grandes questions abordées sont :

Faut-il prioriser les formations à l'IA plutôt qu'à la transition écologique ?

Comment former à l'IA dans un contexte environnemental fragile ?

Comment recourir à l'IA pour concevoir ou animer des formations sans sacrifier la transition ?

La note apporte des éclairages chiffrés et des repères méthodologiques pour permettre aux organismes de formation initiale et continue, aux entreprises, aux éditeurs du numérique achetant ou concevant des formations, et aux acteurs publics d'identifier la meilleure façon de former à l'IA ou de mobiliser l'IA en formation, pour contribuer à une économie décarbonée et à la maitrise des impacts socio-environnementaux.

---

[1] The Shift Project, « Formation continue : former les actifs pour la transition écologique »; The Shift Project, « L'emploi : moteur de la transformation bas carbone »; The Shift Project, « ClimatSup INSA »; « ClimatSup Business - Former les acteurs de l'économie de demain »; The Shift Project, « Former pour une finance au service de la transition »; The Shift Project, « Mobiliser l'Enseignement Supérieur pour le Climat ».

[2] Apprentissage en ligne

[3] The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs »; The Shift Project, « Déployer la sobriété numérique ».

À propos du Shift Project

Le *Shift Project* est un *think tank* qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, sa mission est d'**éclairer et d'influencer** le débat sur la transition énergétique et climatique en Europe.

Le *Shift Project* constitue des **groupes de travail** autour des enjeux les plus décisifs de la transition, produit des **analyses** robustes et chiffrées sur ces enjeux et élabore des **propositions** rigoureuses et innovantes. Il mène des campagnes d'**influence** pour promouvoir les recommandations de ses groupes de travail auprès des décideurs politiques et économiques. Il organise également des **événements** qui favorisent les discussions entre parties prenantes et bâtit des **partenariats** avec des organisations professionnelles et académiques, en France et à l'étranger.

Le *Shift Project* a été fondé en 2010 par plusieurs personnalités du monde de l'entreprise ayant une expérience de l'associatif et du public. Il est soutenu par plusieurs **grandes entreprises** françaises et européennes ainsi que par des organismes publics, des associations d'entreprises et, depuis 2020, par des PME et des particuliers.

Depuis sa création, le *Shift Project* a initié **plus de 50 projets d'étude**, participé à l'émergence de deux manifestations internationales (*Business and Climate Summit*, *World Efficiency*) et organisé plusieurs centaines de colloques, forums, ateliers et conférences. Il a pu influencer significativement plusieurs débats publics et décisions politiques importantes pour la transition énergétique, en France et au sein de l'Union européenne.

L'ambition du *Shift Project* est de mobiliser les entreprises, les pouvoirs publics et les corps intermédiaires sur les risques, mais aussi et surtout sur les opportunités engendrées par la « double contrainte carbone » que représentent ensemble **les tensions sur l'approvisionnement énergétique et le changement climatique.** Sa démarche est marquée par un **prisme d'analyse particulier**, fondé sur la conviction que l'énergie est un facteur de développement de premier ordre : dès lors, les risques induits par le changement climatique, intimement liés à l'usage de l'énergie, relèvent d'une complexité systémique et transdisciplinaire particulière. Les enjeux climat-énergie conditionnent l'avenir de l'humanité ; il est donc nécessaire d'intégrer cette dimension le plus rapidement possible à notre modèle de société.

Il est épaulé par un réseau de dizaines de milliers de bénévoles regroupés au sein d'une association loi 1901 : *The Shifters*, créée en 2014 pour apporter un soutien bénévole au Shift Project. Initialement conçu comme une structure permettant d'accueillir toute personne souhaitant aider le Shift par un travail de recherche, de relais ou de soutien, les Shifters réalisent de plus en plus de travaux indépendants, mais toujours avec un objectif : contribuer efficacement à la sortie des énergies fossiles à l'échelle française et européenne.

Comité de rédaction

Les auteurs

Damien Amichaud, chef de projet Formation, The Shift Project
Sylvain Baudoin, membre du groupe expert Numérique, The Shift Project
Vinciane Martin, coordinatrice du programme Emploi et Formation, The Shift Project

Communication et graphisme

Pauline Brouillard, cheffe de projet communication, The Shift Project
Simon Levan, chargé de communication, The Shift Project
Jérémy Garcia Zubialde, graphiste

Remerciements

Le Shift Project remercie sincèrement les contributeurs ayant participé à un entretien, fourni de la documentation, participé à un atelier ou relu nos productions :

Aurélia Bollé – AINOA, Sébastien Darreau - CABINET DANS L'ERE DU TEMPS, Claudia Enrech – TELECOM SUDPARIS, Thomas Grenier – INSA LYON, Louis Hart De Keating - MEDEF, Hélène Lerosier – SYNOFDES, Anne-Laure Ligozat – CNRS, Fabien Marlin – MICHELIN, Virginie Louise – MODEL RH, James Martin – GREEN-IT.FR, Emmanuel Monfrini – TELECOM SUDPARIS, Gaëlle Obrénovitch – ASKALIA, Julie Orgelet - DDEMAIN, Mathilde Piron - L'OPCOMMERCE, Loic Roussel – ESEIA, Christine Solnon – INSA Lyon, Rafael Torres – LICA

Le Shift Project remercie les autres membres du Shift Project et des Shifters ayant contribué à ce projet :

Cécile de Calan, Pauline Denis, Maxime Efoui-Hess, Bruno Foucras, Arnaud Gueguen, Franck Pramotton

SYNTHÈSE

L'IA aggrave le changement climatique et présente de nombreux risques



La trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre des centres de données, composants majeurs des infrastructures soutenant l'IA, **est insoutenable :**

jusqu'à **+9 % par an**

à l'horizon 2030 au niveau mondial, mettant en péril la décarbonation déjà amorcée par le reste de la société.



La part des centres de données dans la consommation électrique pourrait passer en France de 2 % à **7,5 %** en 2035, pouvant limiter la capacité de l'industrie, de la mobilité et des bâtiments à se décarboner en s'électrifiant.



L'IA présente de nombreux autres impacts et risques à considérer, dans **une approche systémique :**

consommation d'eau, pollutions de l'air et de l'eau, risques sociaux, de souveraineté, cyber-attaques… Des impacts bénéfiques sont possibles en fonction des contextes.

Les ressources allouées à la formation pour la transition écologique ne doivent pas être préemptées par l'IA



Face à la montée en puissance des formations des actifs à l'IA, **abandonner ou repousser les formations à la transition écologique limite le déploiement des emplois et compétences indispensables à l'adaptation et à la décarbonation** des territoires et entreprises.

Toute formation à l'IA doit enseigner la mesure de l'empreinte de l'IA et un usage sobre et raisonné

La majeure partie des formations à l'IA sont très techniques, souvent orientées sur le prompting ou la manipulation d'un logiciel, et **n'abordent quasiment jamais les enjeux énergie et climat.**

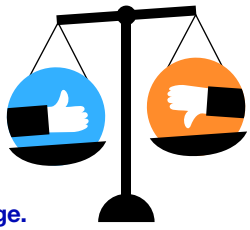
Elles ne proposent que très rarement de méthodologie concrète pour limiter les impacts de l'IA de manière à respecter les objectifs climatiques internationaux.

1. **Intégrer des objectifs pédagogiques en lien avec le changement climatique et la pensée critique**

2. **Former aux liens entre l'IA et l'énergie, le changement climatique et les autres impacts sociaux et environnementaux**

3. **Former à un parcours de décision quant au recours à l'IA :**
   - **S'inscrire dans la stratégie de décarbonation** de son organisation
   - **Caractériser les besoins + Associer plusieurs scénarios de réponses possibles,** avec ou sans IA, à chaque besoin
   - **Évaluer les impacts** énergie-carbone et les autres impacts des scénarios **+ Réduire les impacts** des scénarios
   - **Établir les balances bénéfices/risques** multifactoriels de chaque scénario technique **+ Mobiliser un cadre décisionnel et éthique** pour choisir un scénario

La balance bénéfices–risques doit aussi guider l'utilisation de l'IA en formation



Les recours à l'IA sont en place ou envisagés pour l'ingénierie de formation et l'ingénierie pédagogique, pour personnaliser les parcours, simplifier l'administratif, générer des images et vidéos, automatiser l'évaluation, etc. Les bénéfices de l'IA sont à prouver dans chaque contexte. **Afin de décider en toute connaissance de cause d'un recours éventuel à l'IA, établir une balance bénéfices-risques multicritères permet d'objectiver les conséquences de son usage.**

I. L'IA aggrave le changement climatique et présente de nombreux risques

L'IA générative est une technologie capable de produire du contenu de diverses natures (textes, images, sons, vidéos, etc.), principalement sur la base des LLM[4]. Par IA, est entendu dans cette note l'IA générative comme phénomène majeur entrainant des investissements lourds en infrastructures comme les centres de données, technologies, produits et services.

L'IA est au carrefour de très nombreux enjeux touchant l'humanité et son environnement. Si de nombreux acteurs la déploient et l'utilisent en vue de bénéfices de tous ordres (économiques notamment), d'autres sont contraints à ce deploiement ou cette utilisation (obligation contractuelle ou directive interne par exemple). Dans les deux cas, différents types de risques plus ou moins évidents sont à prendre en compte, pouvant affecter aussi bien l'organisation ou son personnel, que la société ou l'environnement.

Bien que cette note ne traite que de l'aspect particulier de son impact énergétique et carbone, **le recours à l'IA doit être envisagé en considérant tous ses impacts possibles. Ceux-ci peuvent être bénéfiques, délétères ou aux conséquences encore inconnues, non maitrisées ou non stabilisées**. La plupart du temps, ces trois catégories d'impacts co-existeront et il s'agira de les caractériser pour décider d'un possible usage d'IA en conscience de ses conséquences.

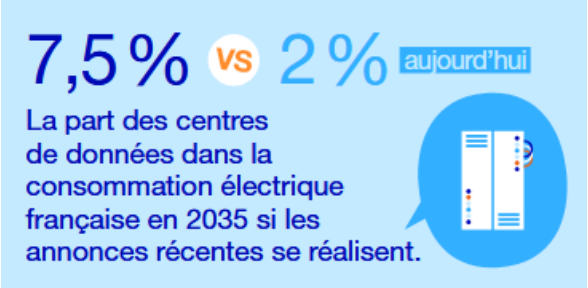
Afin d'éviter de ne penser les impacts de l'IA qu'en termes de carbone et ainsi prendre des décisions insuffisamment éclairées, le Shift Project propose un rappel non exhaustif des nombreux risques du déploiement et de l'utilisation de l'IA, en formation ou dans toute autre situation, sous une forme simplifiée[5].

A. Des impacts environnementaux et énergétiques considérables

1. Une trajectoire énergétique et climatique insoutenable

Le "phénomène IA" alimente et justifie depuis quelques années des dynamiques de croissance de centres de données jamais observées auparavant, et dope en réalité tous les usages qui s'appuient sur des infrastructures de calcul : IA générative mais aussi IA traditionnelle, algorithmique, services cloud, cryptomonnaies, etc.[6] Déployer et recourir à des services d'IA, et particulièrement d'IA générative, alimente aujourd'hui cette croissance insoutenable des impacts des centres de données.

[4] Large Langage Model : modèle de langage de très grande taille capable de générer du texte cohérent en prédisant les mots les plus probables à partir d'un immense corpus d'entraînement.
[5] Pour une analyse approfondie, le MIT a par développé une taxonomie détaillée, identifiant plus de 1600 risques liés à l'IA, classifiés en 7 domaines et 24 sous-domaines. *MIT AI Risk Repository - https://airisk.mit.edu/*
[6] The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs ».

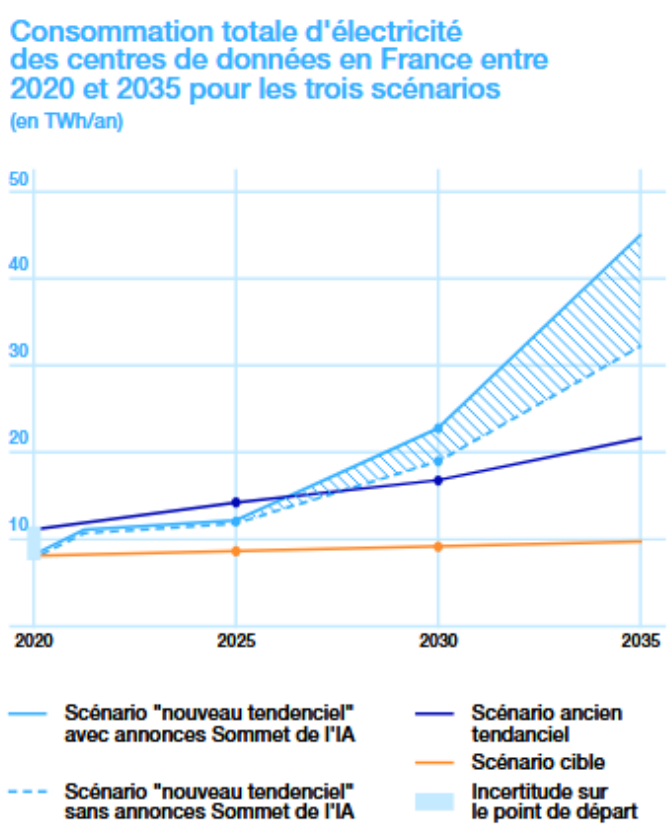


Les centres de données nécessitent de l'énergie pour fonctionner et pour se refroidir, principalement sous forme électrique. Les consommations unitaires des phases d'entraînement et d'inférence[7] dépendent de la taille du modèle (nombre de paramètres, niveau de polyvalence), du type de tâches effectuées (la génération est plus intense que la classification, la génération d'images est plus intense que celle de textes) et de la structuration des étapes de calcul. L'impact de la phase d'inférence peut devenir prépondérant en quelques semaines seulement pour des déploiements généralisés, comme les *chatbots* actuels les plus populaires[8].

La consommation d'électricité des centres de données a augmenté de 250 % en 10 ans dans le monde, passant à 420 TWh en 2024[9], quasiment l'équivalent de la consommation française d'électricité en 2025[10]. Et la consommation s'accélère ; elle pourrait atteindre 1200 à 1500 TWh/an en 2030 si la dynamique actuelle n'est pas enrayée, ce qui représente bien plus que la moitié de la consommation européenne[11].

La production de cette électricité émet des gaz à effet de serre, de manière très variable en fonction de la source énergétique primaire : charbon, gaz et pétrole sont très émissifs ; renouvelables et nucléaire peu émissifs. En Europe et aux Etats-Unis, face à des besoins d'énergie électrique croissant très rapidement, certains centres de données font des demandes de raccordement au réseau de gaz fossile ou à d'autres sources d'énergie parfois plus carbonées que la production électrique nationale, pour des raisons de capacité du réseau, ou de vitesse et complexité administrative de raccordement. Malgré les stratégies des acteurs de l'IA pour améliorer l'efficacité énergétique et carbone des modèles, le bilan carbone de la phase d'entraînement a drastiquement augmenté ces 10 dernières années.

[7] Moment où une IA produit une réponse à partir des données d'entrainement
[8] Mistral AI, « Our contribution to a global environmental standard for AI ».
[9] Sans même intégrer les cryptomonnaies. [9] The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs ».
[10] Qui était de 450 TWh en 2025. [10] The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs ».
[11] Qui était de 2600 TWh en 2025. [11] The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs ».



Conserver la dynamique actuelle rendrait caduque l'atteinte des objectifs de décarbonation du secteur pour 2030, en inventaire national et en empreinte.

Figure 1 : Consommation des centres de données en France entre 2020 et 2035 pour les trois scénarios étudiés par le Shift Project. Voir The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs » pour plus de détails

C'est ainsi que la trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre sur laquelle se trouvent les centres de données est tout à fait insoutenable : elle pourrait être de +9 % /an en 2030, et mener à des émissions de 920 $MtCO_2e$/an d'ici 2030, soit 2 fois les émissions territoriales françaises. S'ajoutant aux émissions de tous les autres secteurs, ces dynamiques rendraient caduques toute une partie des efforts de décarbonation entrepris par le reste de la société[12].

Comme le notait le rapport du Shift Project sur les centres de données[13], l'électricité bas carbone française pourrait être un atout pour développer des infrastructures de centres de données en en limitant une partie de l'impact carbone. Mais la dynamique actuellement prise par ces infrastructures pose des questions de disponibilité de l'électricité. **Leur déploiement capte en effet une part croissante des capacités de raccordement et, à moyen terme, d'approvisionnement en électricité du pays**.

Si bien qu'il pourrait générer des goulots d'étranglement sur la capacité du pays à électrifier son industrie, sa mobilité ou ses bâtiments : à court terme, par des congestions de demandes contractuelles et un rallongement des durées de traitement, et à moyen terme par une baisse de la disponibilité en électricité pour les autres usages suite à la forte montée en puissance de la consommation des centres de données pendant les 5 à 15 premières années de leur existence.

[12] The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs ».
[13] The Shift Project, « Intelligence artificielle, données, calculs ».

Comme beaucoup de technologies, l'IA permet l'optimisation : l'optimisation de flux, de données, de processus, de consommation, etc. Ces effets d'optimisation peuvent avoir un effet direct bénéfique vis-à-vis du critère optimisé, principalement à court terme : coût de fabrication d'un produit, temps de transport, consommation électrique d'un objet électronique pour un service donné… mais provoquant également des effets indirects, des effets rebonds[14], souvent mal ou pas maitrisés et susceptibles de se déployer sur un temps plus long. Ces effets peuvent être de différents ordres et d'ampleurs variables. **Les améliorations de l'efficacité des IA pourraient ainsi engendrer par effet rebond une augmentation de ses usages et donc de la consommation énergétique globale.** Quant aux potentiels gains pouvant provenir de l'utilisation de l'IA pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, comme des systèmes d'optimisation énergétique des bâtiments ou des *smart grids*[15], ils ne sont pas évaluables de manière globale. Il s'agit à chaque fois de vérifier la possibilité de bénéfices climatiques dans chaque contexte, et de ne pas trop faire de paris sur des technologies non matures.

2. Autres impacts environnementaux

Les infrastructures de l'IA, notamment les centres de données, augmentent la consommation de ressources du numérique : en plus des surfaces artificialisées pour la construction massive des nouveaux centres de données et de l'eau utilisée pour le refroidissement de certaines de ces infrastructures, les serveurs dédiés à l'IA ont aujourd'hui des durées de vie moyennes plus faibles que les autres serveurs, ce qui mobilise d'autant plus de **métaux** pour la production et le renouvellement des processeurs (notamment les GPU[16]) et des composants[17].

Les infrastructures de l'IA polluent l'air et l'eau, consomment des ressources, artificialisent des sols et impactent ainsi la santé des humains et la biodiversité, lorsque l'on considère leur cycle de vie, notamment la production des composants, la construction de centres de données et la production d'électricité[18].

[14]Effet rebond : augmentation de la consommation induite par la réduction des limites (monétaire, disponibilité, physique, etc.) à l'utilisation d'une technologie. Les améliorations d'efficacité entraînent souvent par effet rebond une augmentation des usages et donc de la consommation énergétique globale

[15] Réseaux d'électricité « intelligents » ajustant les flux d'électricité entre fournisseurs et consommateurs

[16] Processeurs graphiques (GPU), massivement utilisés dans les serveurs pour l'IA

[17] ADEME, « Etude numérique et métaux ».

[18] Collectif Green IT, « Quels sont les impacts environnementaux et sanitaires de l'IA ? »

B. D'autres risques liés à l'IA génèrent des inquiétudes

1. Risques géostratégiques, politiques et de souveraineté

Avertissement : les éléments présentés dans cette partie portent sur des risques liés à l'IA autres que les impacts environnementaux et énergétiques, domaines de risques sur lesquels le Shift Project ne dispose pas d'expertise. De plus, les connaissances disponibles demeurent encore instables pour certains de ces sujets, probablement en raison d'un déploiement technologique encore récent et non stabilisé, d'effets non stabilisés et d'un état de la recherche encore en évolution. Toutefois, la grande majorité des acteurs consultés pour la production de cette note ont jugé indispensable d'établir une analyse globale des impacts de l'IA avant de décider de son déploiement ou utilisation, en dépassant les seules dimensions énergie-climat. Afin d'appuyer ce besoin, le Shift Project propose une synthèse des principaux risques identifiés, sans prétendre à une expertise spécialisée ni à une évaluation définitive. Quant aux bénéfices attendus par le déploiement d'IA, ils peuvent être très divers : économiques (gain de productivité), environnementaux (prédiction météorologique), ergonomiques (formulaires simplifiés), etc. Ils sont souvent spécifiques à une situation donnée et parfois encore à prouver et sont donc difficilement généralisables, ce qui explique qu'ils ne soient pas détaillés ici.

Recourir massivement à l'IA interroge sur le renforcement d'une **dépendance déjà présente au secteur numérique, dont les infrastructures et services sont dominés par quelques très grandes entreprises** principalement états-uniennes, et dépendent de la production de matériaux et d'équipements, comme les métaux rares, pour lesquels la Chine joue un rôle critique dans la chaine d'approvisionnements[19]. En Europe, l'IA est en forte croissance, ce qui accroit ses besoins en énergie, renforce le risque de dépendance aux importations, en particulier si elle se développe grâce au gaz fossile, comme cela se profile actuellement. L'accumulation de puissance par quelques firmes soulève la question de l'IA comme un instrument de géopolitique mondiale.

Les entreprises qui développent le recours à l'IA augmentent ainsi leur dépendance et leurs vulnérabilités à de nombreux acteurs de la chaîne de valeur.

2. Risques sociaux et sociétaux

Les risques sociaux et sociétaux, actuels et futurs sont nombreux et évolueront probablement rapidement car l'IA, ses technologies et ses usages sont en perpétuel mouvement. Parmi les risques à considérer, citons par exemple **l'exploitation d'une main-d'œuvre précaire** pour l'annotation et le tri des données[20], la cybersécurité et la **protection des données personnelles**[21], le risque d'amplifier **les biais et discriminations** par les algorithmes (stéréotypes de genre, d'origine ou de statut social)[22], **la désinformation à**

[19] Dwayne Woods, « A Stackelberg Model of China's Rare Earths Strategic Lead ».
[20] Bostancı et Yılmaz, « Labour And Exploitation Processes in Artificial Intelligence ».
[21] Zou, « Research on Ethical Issues, Data Privacy Protection, Algorithmic Bias, and Regulatory Policy of Artificial Intelligence Technology in Digital Transformation ».
[22] Zou, « Research on Ethical Issues, Data Privacy Protection, Algorithmic Bias, and Regulatory Policy of Artificial Intelligence Technology in Digital Transformation ».

grande échelle ou la manipulation de l'opinion (fausses vidéos plus vraies que nature)[23], **les risques d'IA aux capacités dangereuses** (cyber-attaques sur des infrastructures…)[24]. N'oublions pas que l'IA est à ce jour sujette à des « **hallucinations** », c'est-à-dire la production de fausses informations présentées avec une assurance trompeuse.

3. Risques sur l'emploi et les compétences

Les conclusions des études divergent au sujet des effets d'un déploiement massif de l'IA sur l'emploi et les compétences des actifs[25]. Les effets de l'introduction de cette technologie sont encore récents et non stabilisés.

Une étude de Goldman Sachs estime que l'équivalent de 300 millions d'emplois temps plein pourraient être automatisés à l'échelle mondiale si l'IA générative tenait ses promesses, touchant particulièrement les emplois de bureau et les cadres[26] - l'étude met également en avant des bénéfices attendus en termes de productivité du travail. Par ailleurs un frein immédiat à l'emploi des jeunes est constaté aux États-Unis avec une chute de 16 % de l'emploi des 22-25 ans dans les métiers les plus exposés à l'IA (développeurs, service client) entre janvier 2024 et janvier 2026, par rapport aux personnes du même âge dont les métiers sont les moins exposées à l'IA[27].

Selon une étude MIT, les effets sur l'emploi pourraient être importants si l'on considère le recoupement possible de certaines compétences professionnelles avec les capacités des outils d'IA, dans tous les secteurs – en s'appuyant sur une modélisation qui anticipe des effets potentiels, pas encore observés. C'est près de 12 % du marché du travail américain (en valeur) qui serait concerné. [28]. Le FMI quant à lui estime que 33 % des emplois comportent des tâches partiellement substituables par l'IA[29].

Le déploiement de l'IA peut aussi être parfois une excuse qui cache des restructurations pour cause de mauvais résultats financiers, c'est l'« AI washing »[30].

Les risques sur les compétences des actifs peuvent être de déqualifier certains salariés en leur ôtant la maîtrise des processus fondamentaux de leur métier à force de déléguer ces tâches, les faisant devenir des superviseurs de l'IA, **tandis que d'autres pourraient voir leur qualification augmenter** grâce à l'assistance de l'IA[31] [32]. Une fracture des compétences pourrait advenir**,** entre ceux qui maîtrisent l'IA et ceux qui en sont exclus par leur manque de formation ou d'accès à l'outil, par exemple.

---

[23] Ahmad et al., « Bias in AI Systems ».
[24] MIT, « MIT AI Risk Repository ».
[25] Le Monde, « IA : derrière la peur d'une « jobs apocalypse », le débat monte concernant son impact sur l'emploi».
[26] Briggs/Kodnani, « The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth ».
[27] Stanford University, « AI INDEX REPORT 2026 ».
[28] Chopra et al., « The Iceberg Index: Measuring Skills-Centered Exposure in the AI Economy ».
[29] Dans les pays classés "advanced economies". Il s'agit des emplois catégorisés "haute exposition, faible complémentarité", pour lesquels il est le plus probable que l'IA remplace des tâches humaines. Cazzaniga M. et al., « Gen-AI : Artificial Intelligence and the Future of Work ».
[30] Jaafar Noor, « AI Washing: How Firms Use Artificial Intelligence Narratives to Mask Offshoring, Recessionary Cost-Cutting, and Post-Pandemic Restructuring ».
[31] Juan Sebastian Carbonell, « "Un taylorisme augmenté" ».
[32] France Stratégie, « Intelligence artificielle et travail ».

4. Risques sur le développement humain et la santé

L'utilisation d'outils d'IA déplace l'effort cognitif, avec des risques d'érosion de la pensée critique et de dépendance cognitive, soulevant des questions sur les effets cognitifs de l'usage de ces outils sur le long terme [33] [34].

Cette reconfiguration risque de s'accompagner d'effets ambivalents liés à la relation humain-IA : fascination, confiance excessive envers les réponses fournies, confidences comme à un ami ou à un psychologue, etc.[35] [36]

II. Les ressources allouées à la formation pour la transition écologique ne doivent pas être préemptées par l'IA

A. Former à l'IA est souvent synonyme de former moins pour la transition

La transition écologique ne se fera pas sans compétences[37]**.** Les 30 millions d'actifs français et les étudiants futurs actifs auront tous un rôle à y jouer, à des degrés divers. Du plombier-chauffagiste devant développer des compétences pour installer des pompes à chaleur en plus d'entretenir les chaudières au gaz, à l'ingénieur projet devant écoconcevoir ses produits, en passant par le conseiller commercial devant argumenter de la valeur ajoutée écologique de ses offres, les besoins en formation sont nombreux.

Les métiers vont évoluer, certains vont disparaitre comme dans la production d'énergie carbonée, ou au contraire se développer comme dans les énergies renouvelables ou le nucléaire. Les reconversions devraient se multiplier. Les modèles d'affaire sont également de plus en plus impactés et doivent prendre en compte des attentes supérieures de la part des citoyens et de l'Etat, pour s'adapter aux effets du changement climatique, aux prix fluctuants des ressources comme l'énergie, l'eau et le cuivre.

L'acculturation et la formation à de nouvelles pratiques professionnelles sont nécessaires, grâce aux formations initiales et continues, pour permettre aux territoires, entreprises et administrations de se décarboner et de protéger leurs ressources, mais aussi pour protéger les professionnels et les organisations des effets du changement climatique et de la raréfaction des ressources.

En parallèle, se développe un phénomène autour de la formation à l'IA. L'engouement pour l'IA est un phénomène d'ampleur qui pressurise les organisations à investir rapidement

[33] MIT, « MIT AI Risk Repository ».
[34] Kosmyna et al., « Your Brain on ChatGPT ».
[35] ARCEP, « Baromètre du numérique, édition 2026 ».
[36] MIT, « MIT AI Risk Repository ».
[37] The Shift Project, « Formation continue : former les actifs pour la transition écologique ».

dans cette dernière technologie, promettant *a priori* un facteur de croissance économique rapide dans un contexte de compétition.

Le corollaire de cette dynamique forte autour de l'IA est un investissement rapide et massif dans la formation des personnels. **On constate une montée en puissance des formations à l'IA et dans le même temps un certain désengagement vis-à-vis de sensibilisations et formations à la transition écologique**, **surtout dans les entreprises**, sans pouvoir poser de chiffres sur le phénomène[38]. Les soutiens publics et privés financent facilement les technologies et les mettent, souvent involontairement, en concurrence avec les soutiens à la transition écologique, en agrégeant des lignes budgétaires pour les différents types de transition : écologique, numérique et démographique.

Face à l'impératif ressenti de former à l'IA, les ressources, les budgets de formation continue aussi bien que le temps des salariés sont parfois réorientés au détriment de la formation à la transition écologique.

B. Abandonner les formations à la transition écologique met en péril la transition et les entreprises

Quels que soient les gains, réels ou supposés, de former massivement à l'IA des actifs, quand cela est fait au détriment de la formation aux enjeux ou aux compétences de la transition, **des risques pourraient bien se concrétiser rapidement, aussi bien pour la transition écologique elle-même que pour les organisations la dépriorisant dans l'allocation de leurs ressources de formation**.

Les salariés pourraient assimiler ces réorientations à un désengagement de leur organisation vis-à-vis de leur stratégie de transition écologique. Alors que la mobilisation des salariés est clé dans ces stratégies et nécessite une vision long terme de nombreuses étapes, toute réorientation forte de ressources au détriment de cette stratégie est contreproductive, d'autant plus que les salariés ont souvent une appétence naturelle pour la formation à l'IA et l'envisagent comme le deuxième facteur pouvant transformer leur travail[39]. Ils estiment aussi que la transition écologique en est le troisième facteur mais ils ne s'y forment déjà que peu via le CPF (Seul 1 % des CPF[40] réalisés en 2023 portaient sur des certifications préparant aux compétences de la transition écologique[41]).

Moins acculturer et moins former les salariés à la transition écologique retarde la transformation d'une organisation et son adaptation aux enjeux climatiques. Comment une entreprise ou un territoire pourraient-ils décarboner les logements s'ils ne disposent pas de suffisamment de conducteurs de travaux et de chefs de chantiers formés à la rénovation thermique ?

Du coté des organismes de formation, on pourrait interroger les conséquences de ces réorientations. Si elle attirait moins de stagiaires, l'offre de formation à la transition écologique

[38] Sur la base d'entretiens qualitatifs et d'ateliers menés en 2025 et 2026 avec des acteurs de la formation
[39] IFOP, *Mon CEP Baromètre territorial 2023*.
[40] Compte personnel de formation
[41] The Shift Project, « Formation continue : former les actifs pour la transition écologique ».

pourrait être dépriorisée. Les investissements en équipements ou conceptions de formations déjà réalisés par des organismes de formation pourraient être perdus. Les concepteurs de formations et les formateurs risqueraient se désintéresser de la création de nouvelles offres ou de l'adaptation des formations actuelles, retardant ainsi l'intégration des enjeux de transition écologique.

III. Toute formation à l'IA doit enseigner la mesure de l'empreinte de l'IA et un usage sobre et raisonné

A. Des formations à l'IA ne traitant pas la question climatique

La majeure partie des formations à l'IA sont très techniques[42], souvent orientées sur le *prompting*[43] ou la manipulation d'un logiciel, et n'abordent quasiment jamais les enjeux énergie et climat. Les mentions de la matérialité bien réelle de l'IA (centres de données composés de serveurs, infrastructures réseaux, bâtiments, etc.), la consommation électrique des centres de données, les pratiques les plus émissives de gaz à effet de serre ou l'impact sur la consommation d'eau sont aux abonnés absents. Elles donnent encore plus rarement des recommandations techniques et concrètes pour pouvoir minimiser ces impacts délétères pour notre environnement.

La plupart des formations à l'IA abordant les enjeux énergie, climat, environnementaux ou éthiques sont des formations dédiées à l'analyse de ces enjeux. Elles les approfondissent souvent sur un ou deux jours maximum dans le cas de la formation continue. Ces formations spécifiques sont donc demandées plutôt par des responsables de développement des compétences, RH, directions, managers ou stagiaires déjà conscients du besoin de limiter les impacts délétères de l'IA.

De formations de 3 heures pour les salariés aux masters de 2 ans, la majorité des formations invisibilisent les conséquences climatiques et énergétiques de l'IA et ne proposent pas de méthodologie concrète pour limiter les impacts de l'IA de manière à respecter les objectifs climatiques internationaux et maîtriser la consommation d'énergie.

B. Systématiser l'analyse et la maitrise des impacts délétères de l'IA dans les formations

Il est fondamental de rendre visibles les impacts de l'IA sur l'environnement et au-delà dans toute formation à l'IA, même technique, au lieu de n'aborder ces impacts que dans des formations spécifiques. Il est nécessaire de proposer également une méthode pour limiter le recours à l'IA au juste besoin, et maitriser ses impacts délétères sur la société

[42] Parmi un ensemble de formations diversifiées dont les objectifs pédagogiques ont été analysés : formations continues et formations initiales, avec des durées de formations de quelques heures à plusieurs années, en ligne en français ou en présentiel en France

[43] Action d'écriture de requête à une IA, souvent générative

et l'environnement. Disposer de formations dédiées à l'analyse approfondie de ces enjeux reste bien sûr pertinent en fonction des responsabilités professionnelles actuelles ou futures des apprenants.

Pour concevoir des formations à l'IA intégrant les conséquences sur l'énergie et le climat, le Shift Project propose une méthodologie[44] sous forme d'étapes afin de guider les concepteurs et enseignants et *in fine* permettre des choix éclairés quant au recours à l'IA. Cette méthodologie ne propose pas de contenus détaillés car elle a vocation à s'appliquer à différents types de formations et de publics, de la formation continue courte non certifiante aux formations initiales longues dans l'enseignement supérieur. **Chaque étape a vocation à déclencher une interrogation à laquelle répondre dans un contexte donné, avant de passer à la suivante.**

Toute formation à l'IA devrait intégrer les étapes suivantes afin d'assurer la compatibilité des usages futurs de l'IA par les apprenants avec la transition énergie-climat, y compris pour des formations principalement techniques.

[44] Basée sur les travaux du Shift Project sur le numérique et la formation, sur des ressources bibliographiques et sur des entretiens et ateliers menés avec des experts du numérique et de la formation.

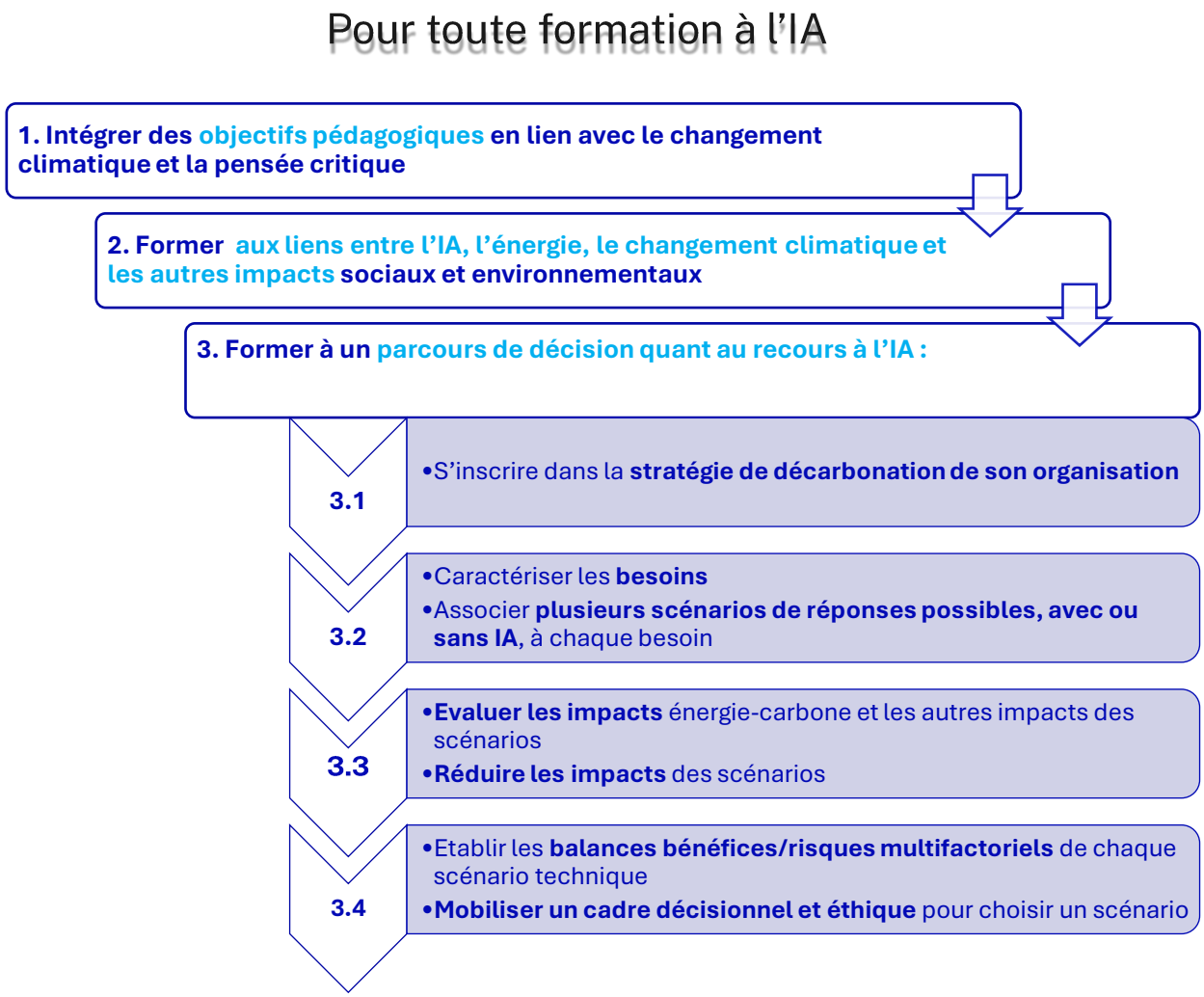


Figure 2 : Etapes à suivre pour intégrer les enjeux énergie-climat dans une formation à l'IA, décrites par la suite dans le texte

1. Intégrer des objectifs pédagogiques en lien avec le changement climatique et la pensée critique

Intégrer des objectifs pédagogiques aux formations[45] ayant explicitement pour but d'analyser les impacts énergie, climat, environnementaux et sociaux, **ainsi que d'en maitriser leur portée**, est une bonne manière de s'assurer que la formation considérera ces impacts avec l'importance nécessaire et disposera d'un temps dédié pour cela. Les expliciter aux apprenants permet également de valoriser les compétences qu'ils vont acquérir.

D'une manière plus générale, afin de limiter le réchauffement climatique dans le contexte d'utilisation d'outils numériques, **les compétences de pensée critique, d'analyse systémique, d'éthique et d'arbitrage multicritères (comme le climat, biodiversité, santé**

[45] Par exemple dans les référentiels de compétences pour le cas de l'enseignement supérieur ou d'une certification, ou dans les objectifs pédagogiques d'un module de formation continue non certifiant

mentale, souveraineté, économie, etc.) font partie des fondamentaux pour des recours éclairés à ces technologies.

Exemples d'objectifs pédagogiques, à adapter en fonction des situations :

- Comprendre les enjeux énergétiques et environnementaux et les impacts que pourrait avoir le déploiement d'une IA sur ces enjeux
- Utiliser une approche systémique pour analyser la complexité et l'interaction des impacts d'une IA
- Utiliser les scénarios de transition énergétique et climatique de référence pour éclairer le recours à l'IA
- Mobiliser la pensée critique lors d'un arbitrage multicritère
- Etc.

2. Former aux liens entre l'IA et l'énergie, le changement climatique et les autres impacts sociaux et environnementaux

Il est indispensable de présenter les preuves scientifiques disponibles démontrant les liens entre l'IA et ses impacts délétères, les incertitudes persistantes dans certains domaines, ainsi que les limites possibles des bénéfices attendus. Voir I.B D'autres risques liés à l'IA génèrent des inquiétudes.

Cette démonstration peut être commune à différentes formations afin de créer un socle de connaissances commun aux salariés d'une entreprise par exemple, contribuant ainsi à développer la culture d'un recours raisonné à l'IA dans toute l'organisation.

3. Former à un parcours de décision quant au recours à l'IA

Une fois le socle de connaissance des impacts assimilé et le cadre éthique et décisionnel établi**, les futurs responsables ou utilisateurs d'une IA auront besoin d'être guidés pour prendre les meilleures décisions quant au recours à l'IA. Les former à une méthode en plusieurs étapes leur facilitera la tâche et permettra de justifier leurs décisions**. Ce processus en étapes est proposé comme un soutien méthodologique permettant de se poser les questions indispensables. Il s'agira de l'adapter à chaque contexte. Voir également le chapitre « XV. Energie, carbone - Orienter ses choix technologiques pour construire une IA soutenable : objectifs et méthode » du rapport du Shift Project « Intelligence artificielle, données, calculs ».

3.1 S'inscrire dans la stratégie de décarbonation de son organisation

Comme le précise le rapport du Shift Project « Intelligence artificielle, données, calculs » :

La première composante incontournable pour orienter les choix technologiques liés à l'IA est un cadre énergie-climat de référence macroscopique et quantitatif :

- Trajectoire du secteur numérique et de la filière centres de données au niveau territorial, national ou mondial pour la rendre compatible avec la double contrainte carbone ;

- Trajectoire carbone de l'organisation et/ou de son système informatique ;
- Trajectoire de consommation d'énergie des équipements numériques d'une organisation qui soit compatible avec ses objectifs climatiques ; etc.

Sans ces références chiffrées et macroscopiques, les évaluations quantitatives des impacts du service d'IA n'auront aucun cadre et seront de fait caduques, puisque resteront sans réponse les questions décisives pour piloter les choix technologiques : le service tel qu'il est conçu est-il compatible avec nos objectifs carbone-énergie ? Quand est-ce que nos choix de déploiement sont cohérents avec les enjeux de décarbonation ? Ces trajectoires et les objectifs de décarbonation qui les structurent sont donc les points de repère indispensables, qui rendent ensuite pertinent de mener les analyses de coûts énergie-carbone des solutions pour éclairer les choix technologiques.

3.2 Caractériser les besoins et y associer une solution, avec ou sans IA

Prenons une organisation ayant identifié un besoin et envisageant de recourir à l'IA pour y répondre. Avant d'avoir le réflexe de penser « outil » (par exemple une IA grand public), il est bien souvent plus intéressant et pertinent, économiquement et écologiquement parlant, de penser « besoins », afin de bien caractériser les besoins réels à couvrir et d'y associer un outil adapté.

Commencer donc par caractériser les besoins, **souvent multiples, auxquels on souhaite répondre en envisageant un service d'IA.** Le Référentiel général pour l'IA frugale - Mesurer et réduire l'impact environnemental de l'IA de l'AFNOR y dédie une section.

Rechercher ensuite différents scénarios de solutions pour répondre à ces besoins :

- **Y a-t-il une solution non technologique qui pourrait y répondre au moins en partie ?** Une solution numérique est-elle indispensable ?
- **Une solution numérique plus traditionnelle, sans IA, peut-elle répondre aux besoins ?**
- Dans le cas d'une IA, quelles fonctions sont mobilisées pour répondre aux besoins ?
- Investiguer différents types d'IA : Machine Learning[46], IA générative, IA agentique[47], mais aussi des modèles plus sobres et parfois autant ou plus efficaces : IA symbolique[48], Modèles MoE (Mixture of Experts)[49], IA téléchargeables[50] avec des petits modèles, IA open source, IA aux nombres de paramètres les plus faibles possibles, etc.

[46] IA axée sur les algorithmes capables de prédire ou décider sans instructions explicites
[47] IA capable d'agir de façon autonome en se coordonnant avec d'autres systèmes
[48] IA raisonnant à partir de règles explicites et de représentations logiques, plutôt que d'apprendre à partir de données
[49] modèle d'IA divisé en sous-réseaux distincts (ou « experts »), chacun spécialisé dans un sous-ensemble de données d'entrée
[50] Non localisées dans le cloud, tournant en local

3.3 Évaluer et maitriser les impacts énergie-carbone et les autres impacts des scénarios

Sur la base des scénarios de solutions envisagées, avec ou sans IA, il est désormais nécessaire d'évaluer quels seront les impacts bénéfiques et délétères de chacun d'entre eux sur les besoins identifiés, l'environnement et la société. Dans certains cas, la tâche peut être délicate : manque de transparence sur les données, faible granularité et standardisation des données accessibles, méthodologie non reconnue sur certains impacts, difficultés à chiffrer les impacts sur certains types d'impacts. Il s'agira dans ces cas de suivre l'état de l'art, poser des hypothèses en toute transparence, mesurer ou estimer les impacts bénéfiques et délétères, s'appuyer sur les données disponibles comme la consommation de *tokens*[51] ou d'énergie, raisonner en ordres de grandeur ou à l'aide d'une échelle qualitative.

a) Évaluer les impacts énergie-carbone de chacun des choix technologiques effectués :

- En évaluant les impacts carbone-énergie d'une solution d'IA (cf. «XIII. Évaluer les impacts carbone-énergie : complexité et diversité technique de l'IA » du rapport du Shift Project « Intelligence artificielle, données, calculs »), et si possible en évaluant les bénéfices d'une solution d'IA (cf. « XIV. Évaluer les bénéfices énergie-carbone liés à une solution d'IA ? » du rapport du Shift Project « Intelligence artificielle, données, calculs »).
- Et en cartographiant les effets que chaque solution technique va avoir sur les supports physiques du numérique une fois déployée (sollicitations des réseaux et centres de données, déploiement de nouveaux équipements) et sur leurs dynamiques macroscopiques (alimentation de la croissance des besoins, compatibilité avec une trajectoire de sobriété etc.)

b) Évaluer les autres impacts de chacun des choix technologiques effectués :

Impacts sur la consommation d'eau, la biodiversité, la souveraineté énergétique ou des données, risques de cybersécurité, impacts sur l'emploi ou la santé mentale… La partie « D'autres risques liés à l'IA génèrent des inquiétudes » liste de manière non exhaustive l'ampleur des conséquences possibles des recours à l'IA, en fonction des contextes. Il serait possible d'y ajouter des critères de performance, de robustesse[52], ou d'autres critères intéressant l'organisation, notamment les bénéfices attendus par l'usage de l'IA dans le contexte donné. Pour évaluer chacun de ces impacts, il n'existe pas toujours de quantification possible et de méthode reconnue. Dans ce cas, il faudra établir sa méthodologie du mieux possible en tant compte de l'état de l'art et en explicitant les hypothèses retenues.

[51] Plus petite unité textuelle et conceptuelle utilisée en IA.
[52] La robustesse désigne la capacité d'un système à remplir ses fonctions malgré un certain nombre d'aléas extérieurs.

c) Réduire l'impact des solutions

Cette étape consiste à améliorer chaque solution afin de réduire ses impacts délétères et ainsi rendre son déploiement compatible avec la trajectoire de référence, en activant les **leviers de conception** (optimisation, altération ou abandon de certaines fonctionnalités) et **les leviers de déploiement** (adapter l'échelle de déploiement, voire ne pas déployer la solution si aucun scénario n'est compatible avec la contrainte de référence une fois tous les leviers possibles activés).

Il est recommandé de se référer à des méthodologies reconnues, comme le Référentiel général pour l'IA frugale - Mesurer et réduire l'impact environnemental de l'IA de l'AFNOR ou le Référentiel de bonnes pratiques de GreenIT.fr.

3.4 Décider d'un scénario à l'aide d'une balance bénéfices-risques multifactorielle et d'un cadre éthique et décisionnel

Une fois les impacts évalués, il s'agira de décider du scénario répondant aux besoins tout en maitrisant les impacts délétères sur le climat, mais aussi sur l'organisation et ses salariés, ainsi que sur la société et l'environnement en général. Comparer des critères incomparables requiert d'établir clairement les bénéfices de chaque solution, et les risques ou les impacts auxquels il faut concéder pour pouvoir en bénéficier. L'établissement d'une balance bénéfices-risques présente donc le bilan de chaque solution possible.

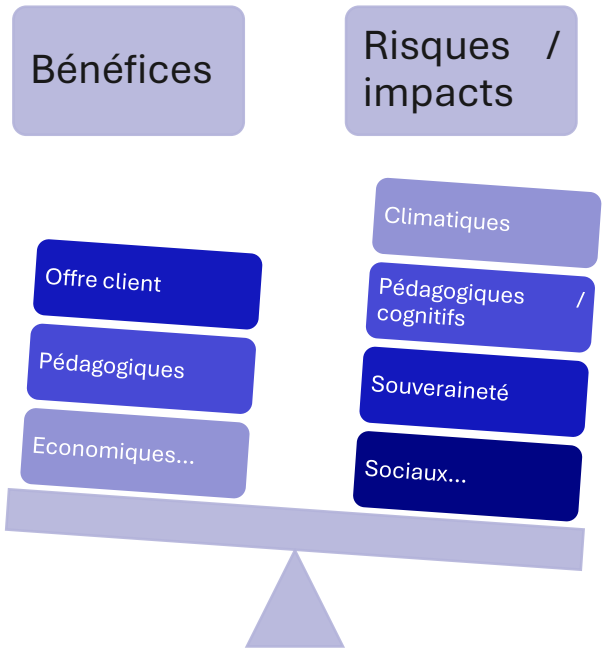


Figure 3 : Balance bénéfices-risques

Décider d'un scénario pourrait être complexe à cause de nombreuses incertitudes ou difficultés à évaluer les impacts, et du fait de critères incomparables entre eux et de temporalités différentes. L'intégration d'une IA dans un service numérique pourrait augmenter la satisfaction des usagers, mais cette prévision peut être peu fiable ou pérenne. Les effets rebonds sur le climat difficiles à estimer et à maitriser. L'évolution du coût des abonnements à l'IA est imprévisible. Les risques de cybersécurité sont importants mais non quantifiables. Il est possible que des risques soient estimés à l'aide d'ordres de grandeur, ou uniquement

qualitativement. Dès lors, un cadre éthique et décisionnel préalablement établi se révèlera nécessaire pour arbitrer.

Un tel cadre clair, connu et aligné avec les réglementations et les objectifs et valeurs d'une organisation est nécessaire pour éviter les impacts non maitrisés. **Si l'organisation ne dispose pas d'un cadre ou d'une gouvernance tenant compte des différents impacts, il est temps de mettre un système en place.** Cela peut même, pour débuter, se faire au sein d'un petit groupe ou d'un service, celui en charge du déploiement de l'IA, par exemple à l'aide d'une « charte IA responsable ».

Dès lors, c'est le cadre décisionnel et éthique défini précédemment qu'il s'agira de mobiliser afin d'arbitrer en faveur de la solution présentant la balance bénéfices-risques la plus alignée avec les réglementations, objectifs et valeurs de l'organisation.

Il est important de prévoir régulièrement des évaluations actualisées des impacts afin de vérifier la pertinence de la solution initialement choisie[53]. Cela permettra de réajuster les choix techniques si besoin, voire de renoncer si la balance devient inacceptable.

IV. La balance bénéfices-risques doit guider l'utilisation de l'IA en formation

A. L'utilisation de l'IA en formation est envisagée pour des bénéfices restant souvent à démontrer

L'irruption de l'IA provoque des interrogations dans de nombreux domaines et celui de la formation, initiale comme continue, ne fait pas exception. Certains y voient des opportunités, d'autres des risques, et d'autres pensent ne pas en avoir besoin ou nécessiter plus de recul avant de l'utiliser. Il est possible de trouver de nombreux articles ou billets de blogs, ainsi que des études scientifiques, évaluant les opportunités et les risques de ces recours à l'IA en formation.

Cette note n'a pas vocation à trancher sur les bons ou mauvais usages de l'IA en formation. Elle cherche à poser le débat et à proposer une méthode permettant de pouvoir décider de recourir ou non à l'IA dans la conception et la mise en œuvre de formations, à l'aune des enjeux environnementaux, sociaux et pédagogiques, en se concentrant sur l'énergie et le climat.

Dans l'ingénierie de formation, les recours à l'IA sont envisagés pour personnaliser les parcours de formation et espérer gagner du temps de formation ou renforcer l'efficacité pédagogique ; pour diminuer le temps de formation en centres de formation ou en école au profit de davantage de formations en ligne, laissant espérer une diminution des déplacements et de la charge des formateurs, ou pour faciliter la gestion administrative, comme les inscriptions ou paiements des formations. Les effets délétères possibles vont de la

[53] AFNOR, « Référentiel général pour l'IA frugale - Mesurer et réduire l'impact environnemental de l'IA ».

déshumanisation des formations et de l'isolement social aux conséquences sur les emplois des formateurs et enseignants, sans exhaustivité.

Dans l'ingénierie pédagogique, les utilisations d'IA sont envisagées à toutes les étapes du cycle de formation (pas forcément par les mêmes personnes ou organisations). De l'aide à la conception de formation sur le fond et pour les supports (notamment par la génération d'images et vidéos), à l'aide à l'évaluation des apprenants ou à l'animation des formations, les possibilités sont nombreuses et promettent souvent gain de temps ou d'efficacité pédagogique. Les risques sont également nombreux : impacts énergie-climat non maitrisés, perte de savoir ou d'emploi pour les formateurs ou ingénieurs pédagogiques, risques cognitifs pour les apprenants, partage de données confidentielles à des acteurs du numérique, déshumanisation des formations, là encore sans exhaustivité.

Du point des vue des apprenants, qu'ils soient en activité ou étudiants, se déploie une utilisation incontrôlée puisqu'à la discrétion de chacun. Avec ou sans abonnement, les témoignages d'enseignants ou managers sont nombreux quant au recours à une IA « personnelle » dans un contexte estudiantin ou professionnel, sans toujours disposer d'un cadre clair ni d'une mesure de cette utilisation, ce qui peut ajouter une difficulté pour pouvoir mesurer les impacts indirects réels d'une activité étudiante ou professionnelle.

Il est pour l'instant difficile d'affirmer fermement quels sont les bénéfices et risques avérés, notamment d'ordre pédagogique, pour chaque type de recours à l'IA. Pour une vision globale des risques liés à l'IA, notamment sur l'emploi, les compétences, le développement humain – dont la cognition, et la santé dont la santé mentale –, voir la partie « I.B D'autres risques liés à l'IA génèrent des inquiétudes ».

B. Établir une balance bénéfices-risques multicritères permet de décider d'un recours éventuel à l'IA

Dans ce cadre de promesses et de risques nombreux, comment décider de recourir à l'IA ou non, et si oui selon quelles modalités techniques ?

S'interroger selon un processus similaire que celui présenté en partie III.B Systématiser l'analyse et la maitrise des impacts délétères de l'IA dans les formations, permet de disposer d'une méthode pour pouvoir *in fine* établir une balance bénéfices-risques multicritères (pédagogiques, climatiques, économiques, etc.) et d'arbitrer selon un cadre éthique et décisionnel préétabli. Il est possible de reprendre ce processus à partir de l'étape 2.

Un préalable sera de former les ingénieurs pédagogiques, formateurs et enseignants aux impacts et à la maitrise des impacts de l'IA.

Enfin, le suivi des actions mises en place permettra de mesurer les gains réels et l'ampleur des risques évalués préalablement, afin d'ajuster le recours à l'IA par la suite.

Bibliographie

ADEME. « Etude numérique et métaux ». 2024.

AFNOR. « Référentiel général pour l'IA frugale - Mesurer et réduire l'impact environnemental de l'IA ». s. d.

Ahmad, Amar, Yvonne Vallès, et Youssef Idaghdour. « Bias in AI Systems: Integrating Formal and Socio-Technical Approaches ». *Frontiers in Big Data* 8 (janvier 2026).

ARCEP. « Baromètre du numérique, édition 2026 ». CREDOC, février 2026.

Bostancı, Meltem, et Özgür Yılmaz. « Labour And Exploitation Processes in Artificial Intelligence: Example of Digital Taylorism in Data Labelling ». *Toplum ve Kültür Araştırmaları Dergisi*, publication en ligne anticipée, 1 janvier 2025.

Briggs/Kodnani. « The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth ». 2023.

Cazzaniga M. et al. « Gen-AI : Artificial Intelligence and the Future of Work ». 2024.

Chopra, Ayush, Santanu Bhattacharya, DeAndrea Salvador, et al. « The Iceberg Index: Measuring Skills-Centered Exposure in the AI Economy ». s. d.

Collectif Green IT. « Quels sont les impacts environnementaux et sanitaires de l'IA ? » *Green IT*, 21 octobre 2025.

Desnoyers, François. « "Un taylorisme augmenté" : comment l'IA dégrade l'organisation du travail ». Emploi, Livres. *Le Monde*, 6 octobre 2025.

Dwayne Woods. « A Stackelberg Model of China's Rare Earths Strategic Lead ». 2025.

France Stratégie. « Intelligence artificielle et travail ». 2018.

IFOP. « Mon CEP Baromètre territorial 2023 ». 2023.

Jaafar Noor. « AI Washing: How Firms Use Artificial Intelligence Narratives to Mask Offshoring, Recessionary Cost-Cutting, and Post-Pandemic Restructuring ». 2026.

Kosmyna, Nataliya, Eugene Hauptmann, Ye Tong Yuan, et al. « Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt When Using an AI Assistant for Essay Writing Task ». arXiv.Org, 10 juin 2025.

Le Monde. « IA : derrière la peur d'une "jobs apocalypse", le débat monte concernant son impact sur l'emploi ». Economie, Intelligence Artificielle. *Le Monde*, 18 décembre 2025.

Mistral AI. « Our contribution to a global environmental standard for AI ». Mistral AI, 2025.

MIT, « MIT AI Risk Repository ». Consulté le 21 avril 2026.

Stanford University. « AI INDEX REPORT 2026 ». 2026.

The Shift Project. « ClimatSup Business - Former les acteurs de l'économie de demain ». 2024

The Shift Project. « ClimatSup INSA : Former l'ingénieur du XXIe siècle ». 2022

The Shift Project. « Déployer la sobriété numérique ». 2020

The Shift Project. « Formation continue : former les actifs pour la transition écologique ». 2025

The Shift Project. « Former pour une finance au service de la transition ». 2022.

The Shift Project. « Intelligence artificielle, données, calculs : quelles infrastructures dans un monde décarboné ? ». 2025.

The Shift Project. « L'emploi : moteur de la transformation bas carbone. Dans le cadre du Plan de transformation de l'économie française ». 2021.

The Shift Project. « Mobiliser l'Enseignement Supérieur pour le Climat ». 2019

United Nations University. « Critical Minerals, Water Insecurity and Injustice ». 2026.

Yamada, Yutaro, Robert Tjarko Lange, Cong Lu, et al. « Le plus grand danger de l'IA à l'université n'est pas la triche, c'est l'érosion de l'apprentissage lui-même ». Prépublication, arXiv, 2025.

Zou, Runlong. « Research on Ethical Issues, Data Privacy Protection, Algorithmic Bias, and Regulatory Policy of Artificial Intelligence Technology in Digital Transformation ». In *Proceedings of the 8th International Conference on Economic Management and Green Development*, édité par Xiaolong Li, Chunhui Yuan, et Lukáš Vartiak. Springer Nature, 2025.

The Shift Project est un groupe de réflexion qui vise à éclairer et influencer le débat sur les défis climat-énergie.

Nous sommes une association d'intérêt général. Nos membres financeurs sont pour la plupart des entreprises. Guidé par l'exigence de rigueur scientifique et technique, notre regard sur l'économie est avant tout physique et systémique.
www.theshiftproject.org

Contacts

Vinciane Martin
Coordinatrice Emploi & Formation
vinciane.martin@theshiftproject.org

Graphisme
Jérémy Garcia-Zubialde

