

Intelligence artificielle, données, calculs : quelles infrastructures dans un monde décarboné ?

Présentation du rapport final
1^{er} octobre 2025



Introduction



Bénédicte Fauvarque-Cosson

Administratrice générale

Cnam

Introduction



Jean-Marc Jancovici

Président

The Shift Project



The Shift Project et le numérique

The Shift Project, c'est quoi ?



Le **think tank** de la **décarbonation**
qui travaille sur le climat et l'énergie



Une **association d'intérêt général**
guidée par la **rigueur scientifique**



Eclairer & influencer les débats
sur la **transition énergétique**

La double contrainte carbone

CLIMAT

D'un côté, le changement climatique nous engage à **réduire nos émissions de gaz à effet de serre** pour réduire son intensité



ÉNERGIE

De l'autre, la contraction inéluctable de l'approvisionnement pétrolier nécessite de l'anticiper, donc de **réduire la consommation de pétrole** avant qu'elle ne diminue de force

Le programme « Numérique » du Shift Project



...



Stratégie de transition robuste

Vision systémique d'un numérique décarboné

2018 - 2023

Vision globale :
impact des usages numériques

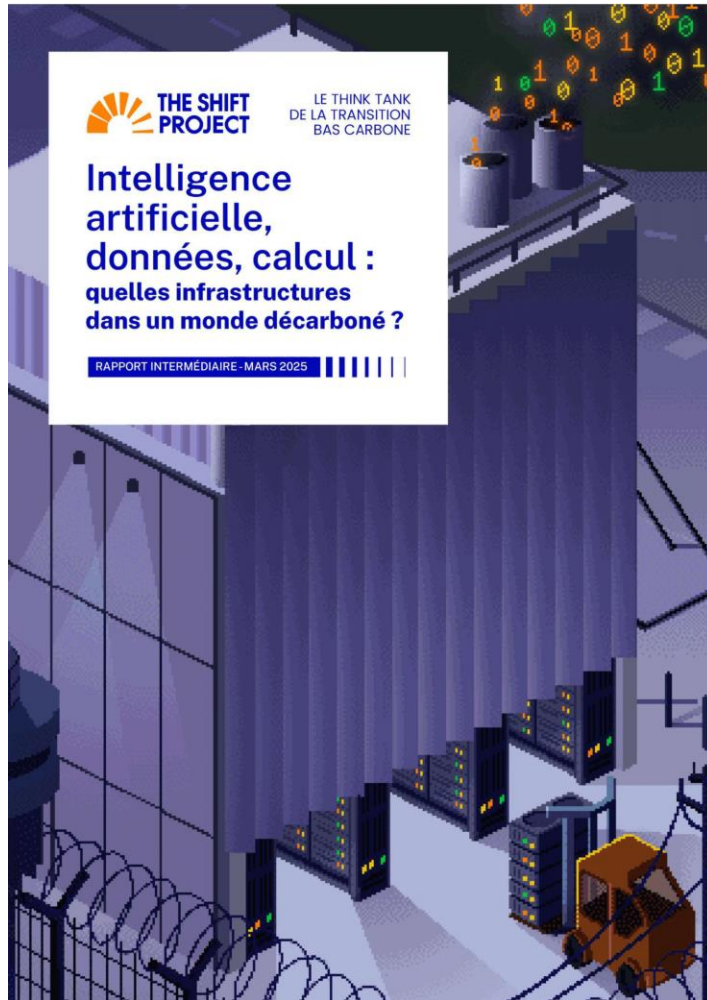
2024 - 2025

Nouvelles dynamiques :
Réseaux mobiles
Satellites
Mondes virtuels

2026 - 2027

Vision systémique :
arbitrages et trajectoires possibles

Pourquoi le Shift travaille sur l'IA ?



**Groupe de travail
15 pers.**



15 mois



70+ entretiens

Les mécènes partenaires du programme « Numérique »

Les mécènes engagés à nos côtés en faveur d'un numérique décarboné, qui rendent possible les travaux de The Shift Project sur ces questions :



Partenaire de l'événement

Pour plusieurs travaux du Shift sur des thématiques clés pour la transition, le Cnam accueille l'événement de publication.

Ce rapport en fait partie, merci !

le cnam

L'équipe projet



Hugues Ferreboeuf
Chef de projet « Numérique »
The Shift Project



Marlène de Bank
Ingénieure de recherche « Numérique »
The Shift Project



Maxime Efoui-Hess
Coordinateur du programme « Numérique »
The Shift Project



Pauline Denis
Ingénieure de recherche « Numérique »
The Shift Project



Groupe de travail
15 membres



Alexandre Theve
Membre du groupe expert « Numérique »
The Shift Project



Lucas Scaltritti
Pilote communication « Numérique »
The Shift Project



Lila Wolgust
Chargée de communication et événementiel
The Shift Project

Programme de la soirée

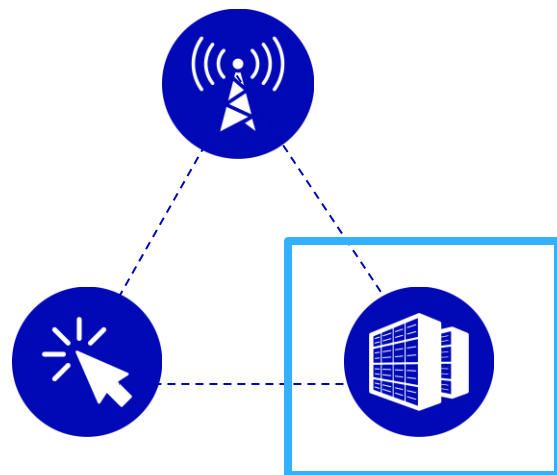
18h30 - Mot d'introduction

- Jean-Marc Jancovici, *The Shift Project*
- **Bénédicte Fauvarque-Cosson**, *Cnam*

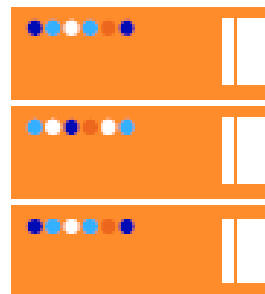


Trajectoires énergétiques et climatiques à l'échelle mondiale

La filière centres de données à l'étude



Le secteur numérique :
réseaux, terminaux et centres de données



Centres de données et
infrastructures de calcul



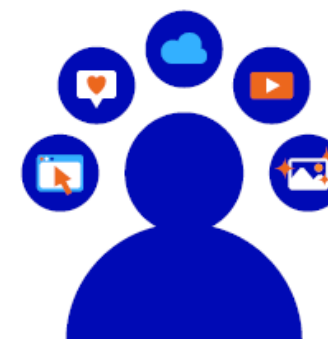
Matériel informatique



Matériel électrique



Construction, gestion,
refroidissement



Usages



Hébergement sites web, réseaux sociaux,
plateforme vidéo, stockage et traitement
de données d'entreprises, cloud, IA
traditionnelle

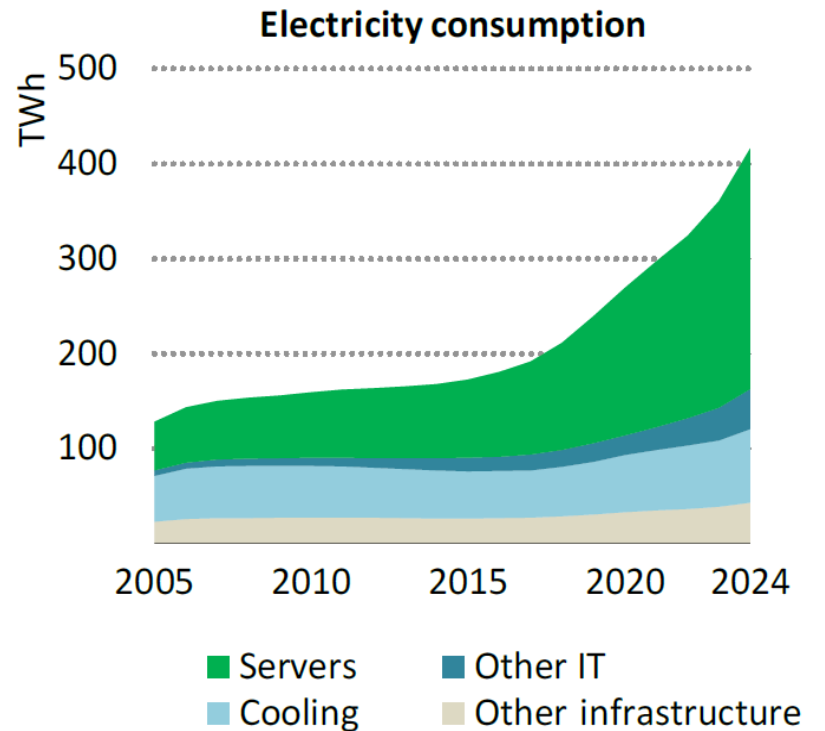


IA générative, IA agentique



Cryptomonnaies

À l'échelle mondiale, la consommation d'électricité des centres de données en phase d'usage n'a pas plafonné



IEA. CC BY 4.0.

Consommation mondiale d'électricité (TWh) en phase d'usage. Source : « Energy and AI », IEA, 2025

Elle a augmenté :
165 TWh en 2014
à 420 TWh en 2024,
sans même compter les
cryptomonnaies 🔄🔥

Elle s'est même accélérée :
+ 7 %/an
sur 2014-2019
à +13 %/an
sur 2019-2024

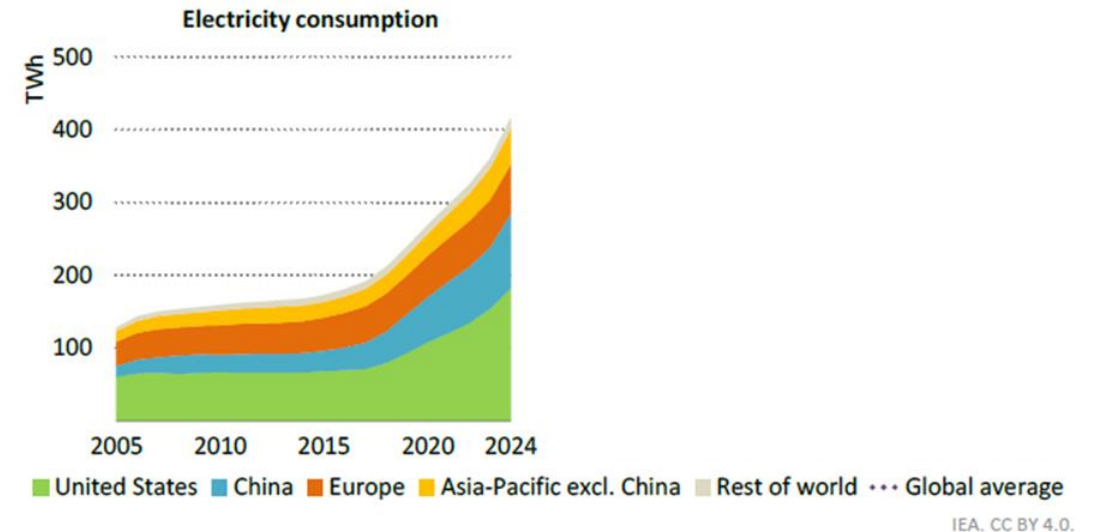


La consommation d'électricité en France : 440 TWh

À l'échelle mondiale, la consommation d'électricité des centres de données en phase d'usage n'a pas plafonné

Dynamique principalement alimentée par les **États-Unis** depuis 2015.

Les États-Unis mobilisent déjà **4,5 % de leur consommation électrique nationale** pour les centres de données.



The acceleration in data centre electricity consumption observed in 2017 was mainly driven by the United States and, to a lesser extent, by China

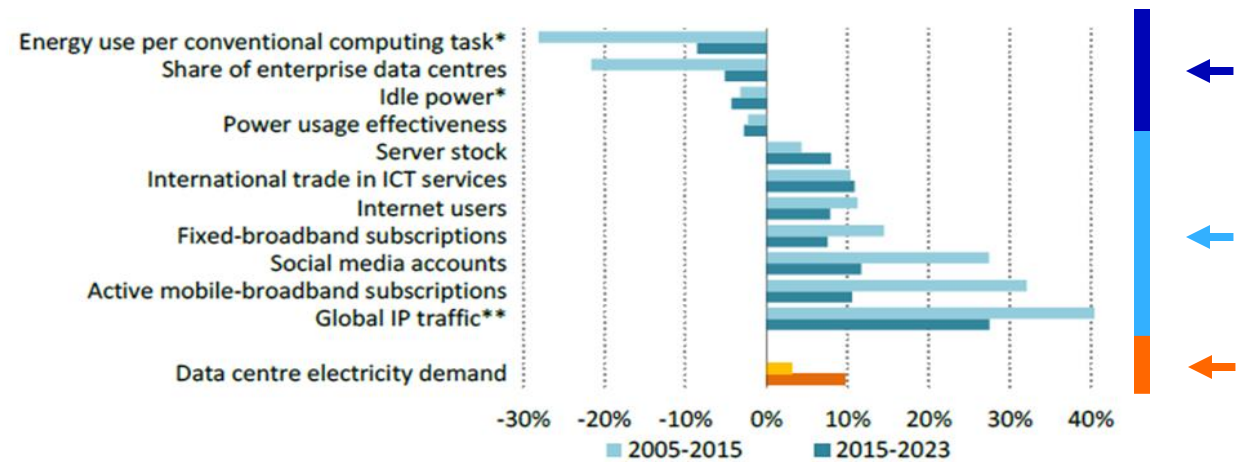
Consommation d'électricité (TWh)
et part dans la demande régionale (%) pour la phase d'usage.
Source : « Energy and AI », IEA, 2025

À l'échelle mondiale, la consommation d'électricité des centres de données en phase d'usage n'a pas plafonné

Ce n'est **pas** parce qu'il n'y a pas eu d'**efficacité énergétique**.

Il y a une **explosion** de l'**offre de puissance IT et de calcul**.

Qui résulte en un **non-plafonnement**, une **augmentation** et une **accélération** de la consommation totale d'électricité.



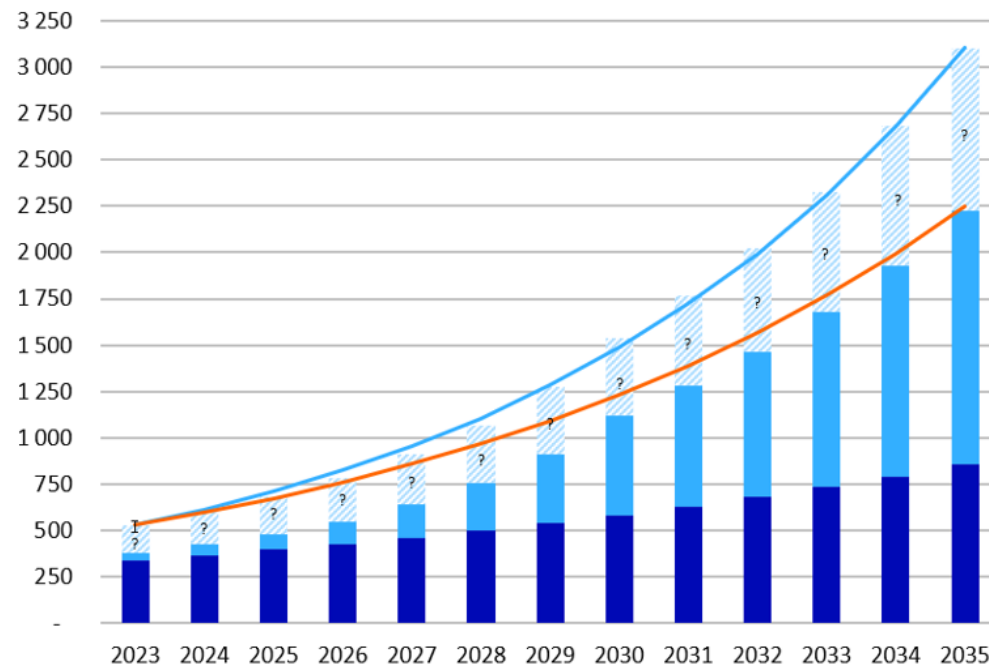
Robust service demand growth, an acceleration in the total number of servers and a slowdown in some efficiency indicators led to faster electricity consumption growth

* Data starts in 2007. ** Data ends in 2022, estimated for 2022.

Variation des principaux facteurs influant sur la consommation d'électricité.
Source : « Energy and AI », IEA, 2025

À l'échelle mondiale, la consommation d'électricité des centres de données en phase d'usage **continue de décoller**

Pour atteindre en 2030, **entre 1250 et 1500 TWh** : une **multiplication par 3 par rapport à 2023**.



Consommation mondiale d'électricité en phase d'usage (TWh).
Source : The Shift Project, 2025

Trois dynamiques :

 Cryptomonnaies

 « Phénomène IA générative »

 Usages traditionnels :
hébergement site web,
réseaux sociaux,
plateformes vidéo, cloud

Deux scénarios :

 Scénario de déploiement indifférencié de l'offre de calcul et de son adoption généralisée

 Scénario tendanciel :
taux de croissance maintenu à 13 %
(valeur 2019-2024)

Proche d'une projection à horizon 2027 – 2028 :

Investissements déjà engagés, permis et raccordements accordés, infrastructures en cours de construction

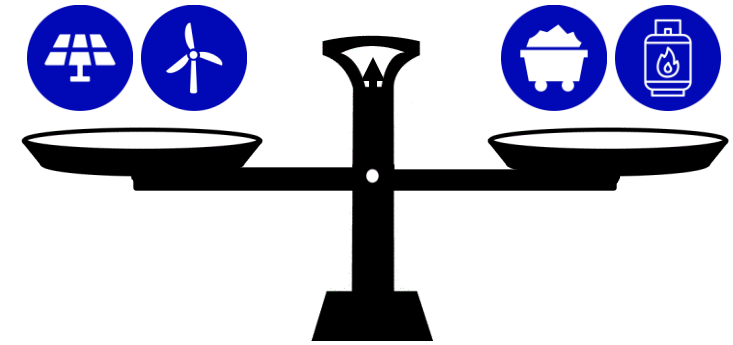
La filière centre de données entretient la dépendance aux infrastructures fossiles

Cette consommation exerce une pression et **déstabilise le secteur de l'énergie**.

Il y a certes des volontés d'approvisionnement bas-carbone **mais** :

En 2024, > **50 %** de la consommation mondiale d'électricité des centres de données en phase d'usage est d'**origine fossile**.

En 2035,

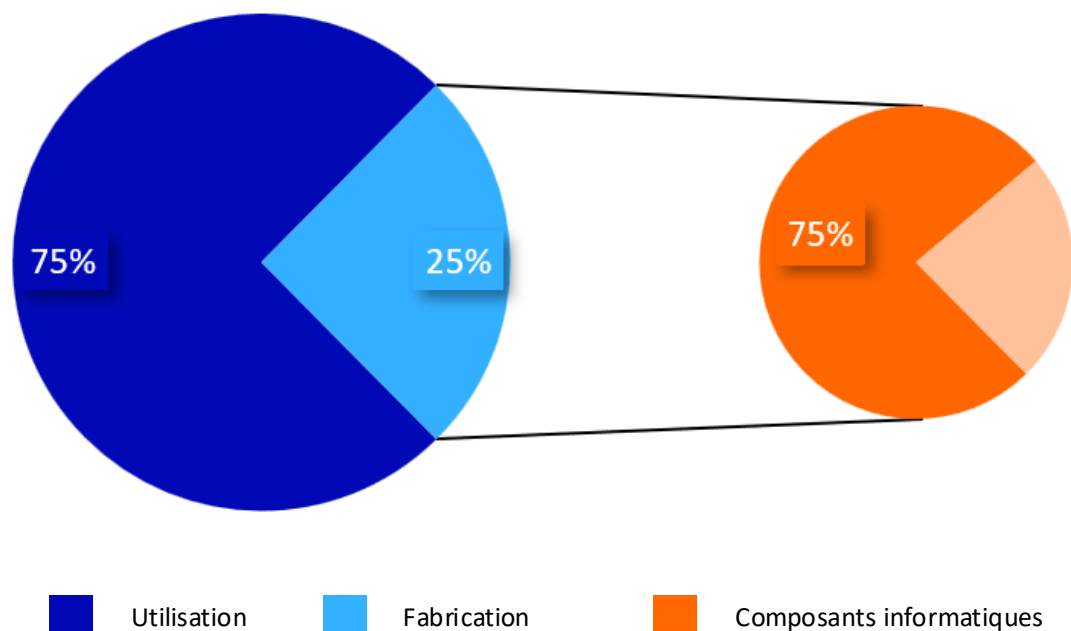


Rareté énergétique : une **contrainte à contourner** plutôt qu'une incitation à la modération de l'offre.

Aux États-Unis, le recours au gaz vient contrarier la transition énergétique.

Source : Scénario Lift-off, « Energy and AI », IEA, 2025

L'empreinte embarquée tout au long de la chaîne de valeur est un facteur déterminant



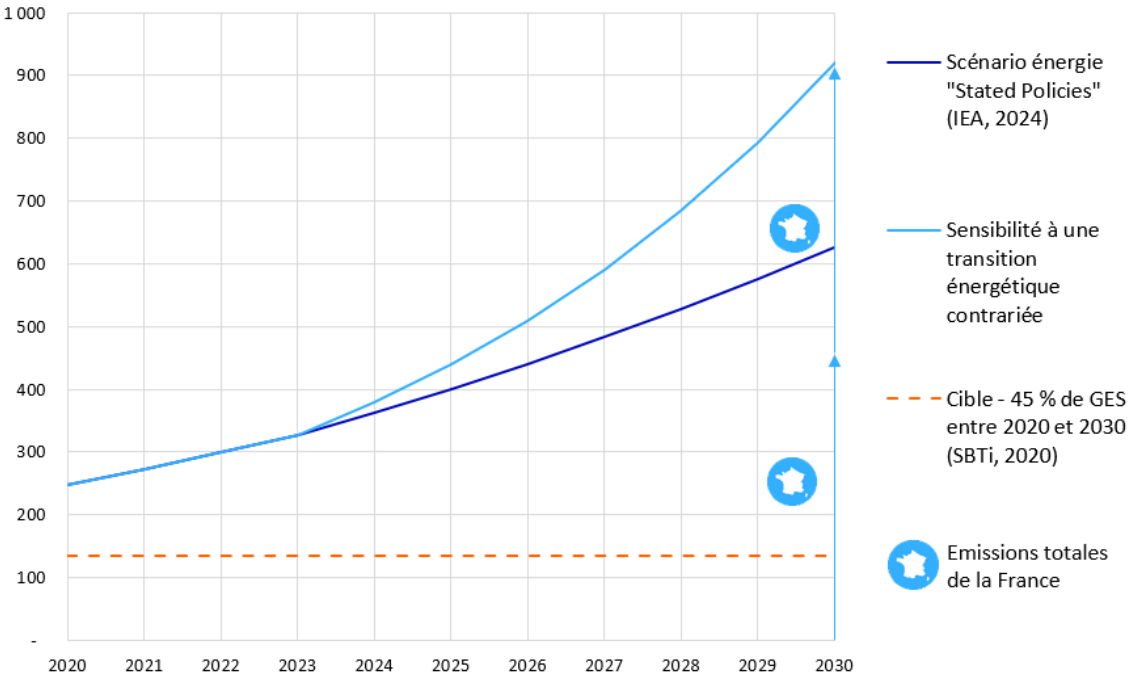
Distribution des émissions de gaz à effets de serre (monde)

La décarbonation s'annonce complexe :

En tendance, les **nouvelles puces plus complexes** demandent plus d'énergie à être fabriquées.

La **décarbonation des chaînes industrielles** et la baisse de l'intensité carbone de l'**extraction de matières premières** ne font pas encore l'objet d'une **planification** claire ni largement partagée.

La trajectoire de développement de la filière mondiale des centres de données s'écarte des objectifs carbone



Jusqu'à 920 MtCO₂e/an, soit jusqu'à

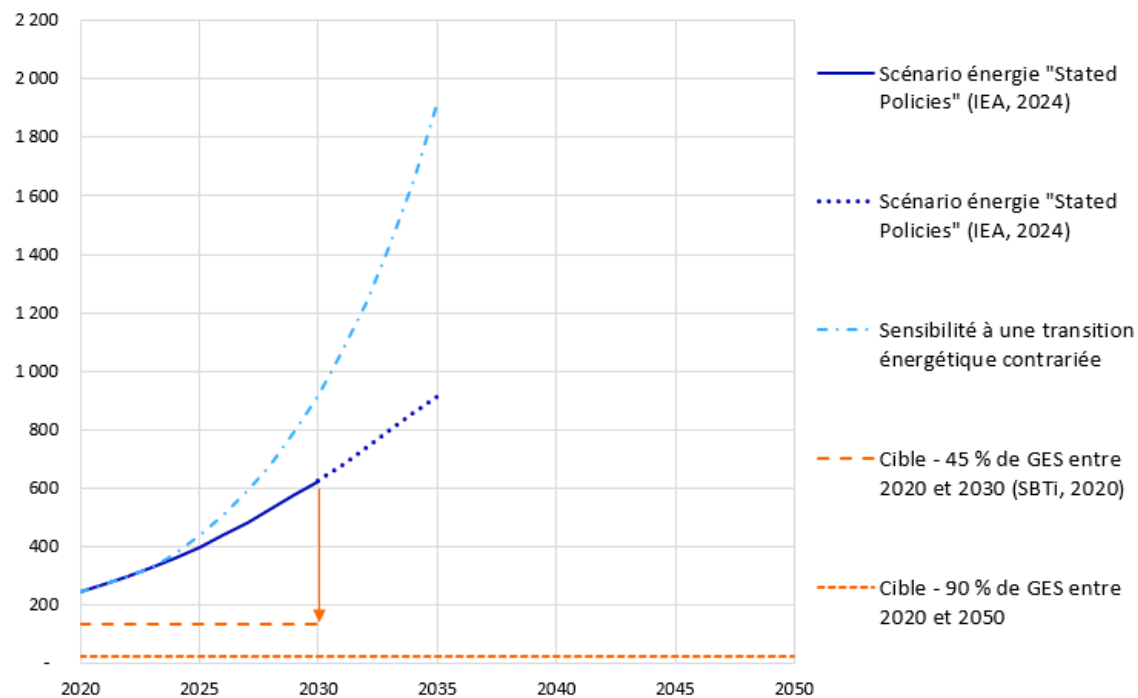
2 fois les émissions annuelles de la France.



Contribuant au dérèglement climatique **plus qu'anticipé**

Emissions de gaz à effet de serre (MtCO₂e) de la filière mondiale centres de données.
Source : The Shift Project, 2025

La trajectoire de développement de la filière mondiale des centres de données s'écarte des objectifs carbone



Emissions de gaz à effet de serre (MtCO₂e) de la filière mondiale centres de données.

Source : The Shift Project, 2025

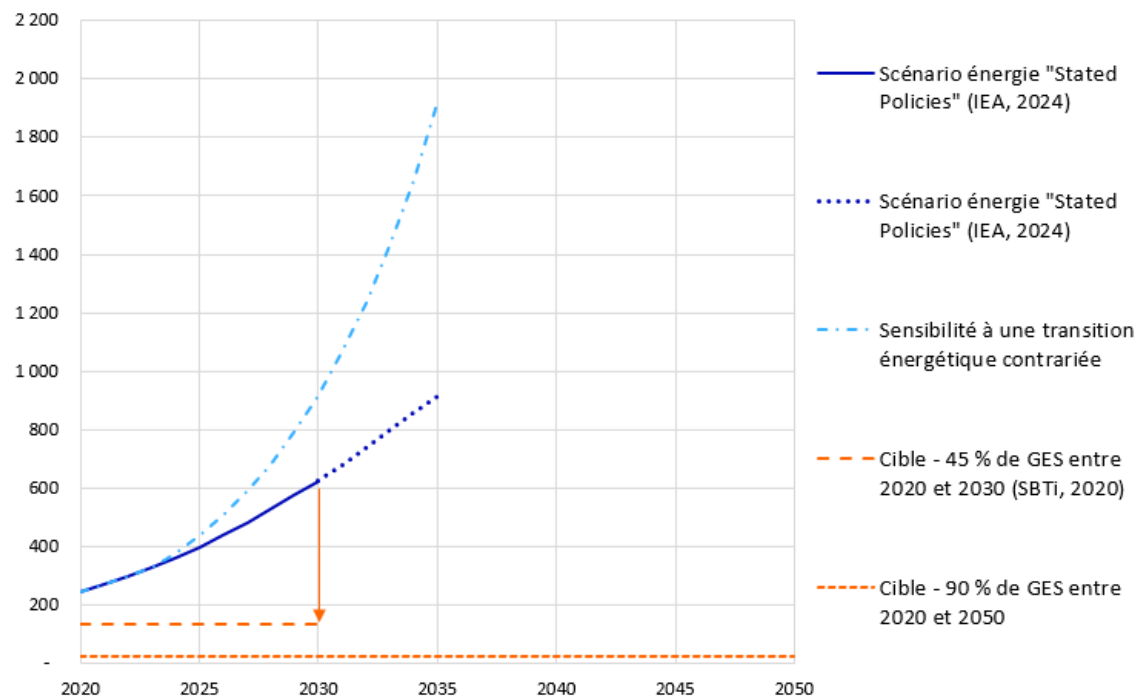
À l'horizon 2030, la trajectoire dans laquelle se projette la filière centres de données est insoutenable.

+9% de GES/an
malgré décarbonation
du mix électrique

VS

-5% de GES/an
pour atteindre l'objectif
de zéro émission nette

La trajectoire de développement de la filière mondiale des centres de données s'écartera des objectifs carbone



Emissions de gaz à effet de serre (MtCO₂e) de la filière mondiale centres de données.

Source : The Shift Project, 2025

Il faut fixer des objectifs et des mécanismes carbone pour cette filière.

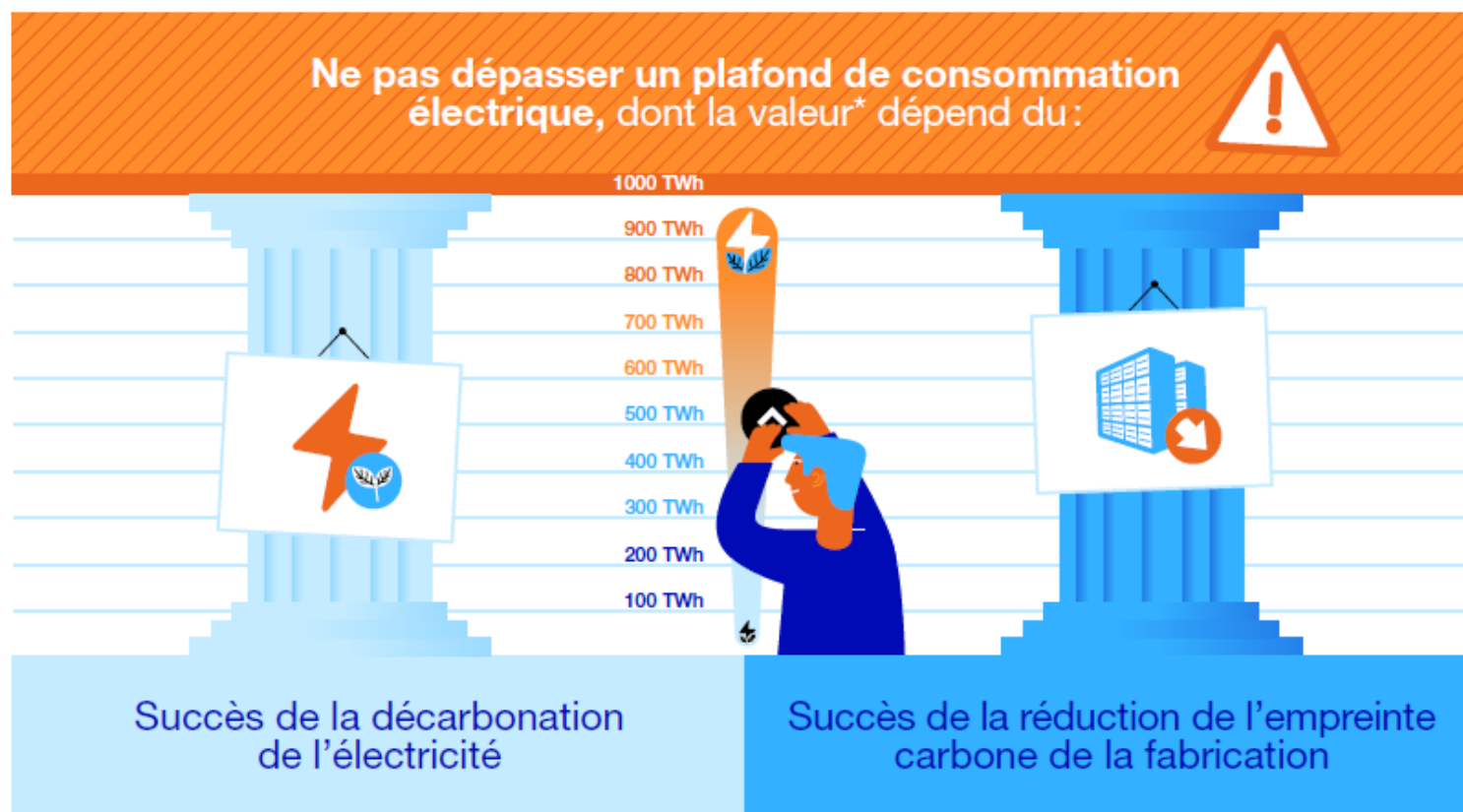
Plus le retard s'accumule, plus l'inertie s'installe : un centre de données espère être rentabilisé pendant 15 - 25 ans.



Retarder d'une année la mise en place de tels mécanismes revient à accepter **50 nouvelles MtCO₂e annuelles, l'équivalent de l'élevage français.**

Réussir la décarbonation de la filière mondiale centre de données, c'est :

Réduire de 90 % les émissions de gaz à effet de serre entre 2020 et 2050 implique de :



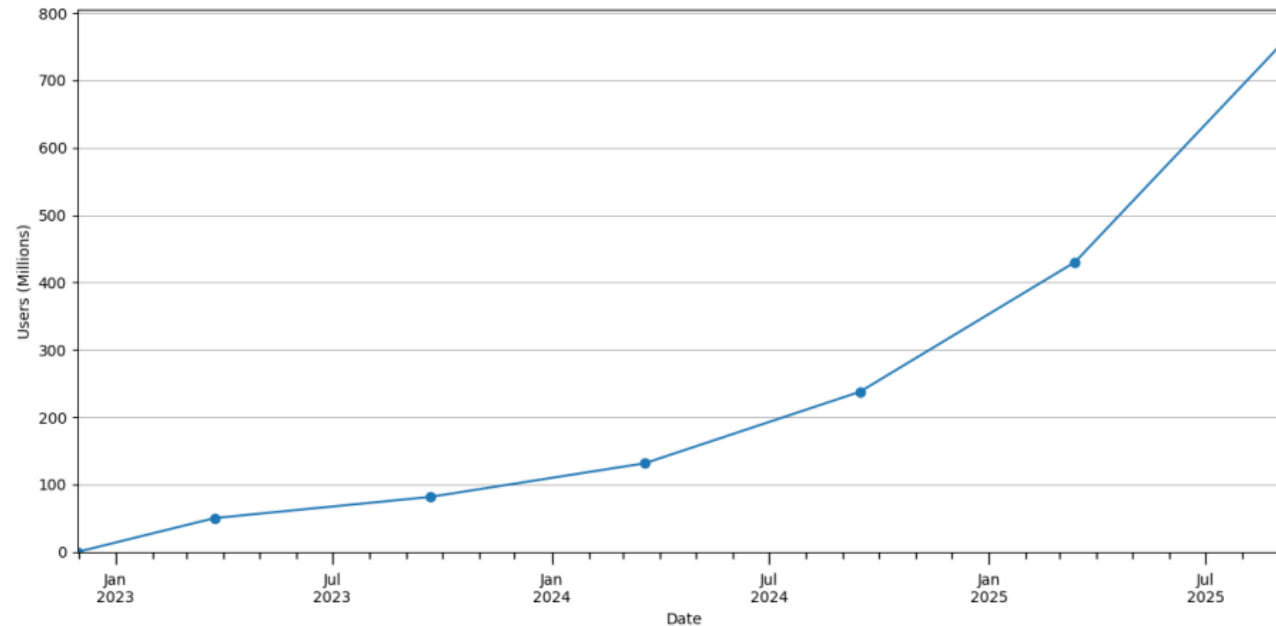


Estimer
la part de l'IA
dans cette
augmentation

Quelle approche pour modéliser l'électricité nécessaire à l'IA ?



S'intéresser à l'évolution des usages de l'IA est pertinent



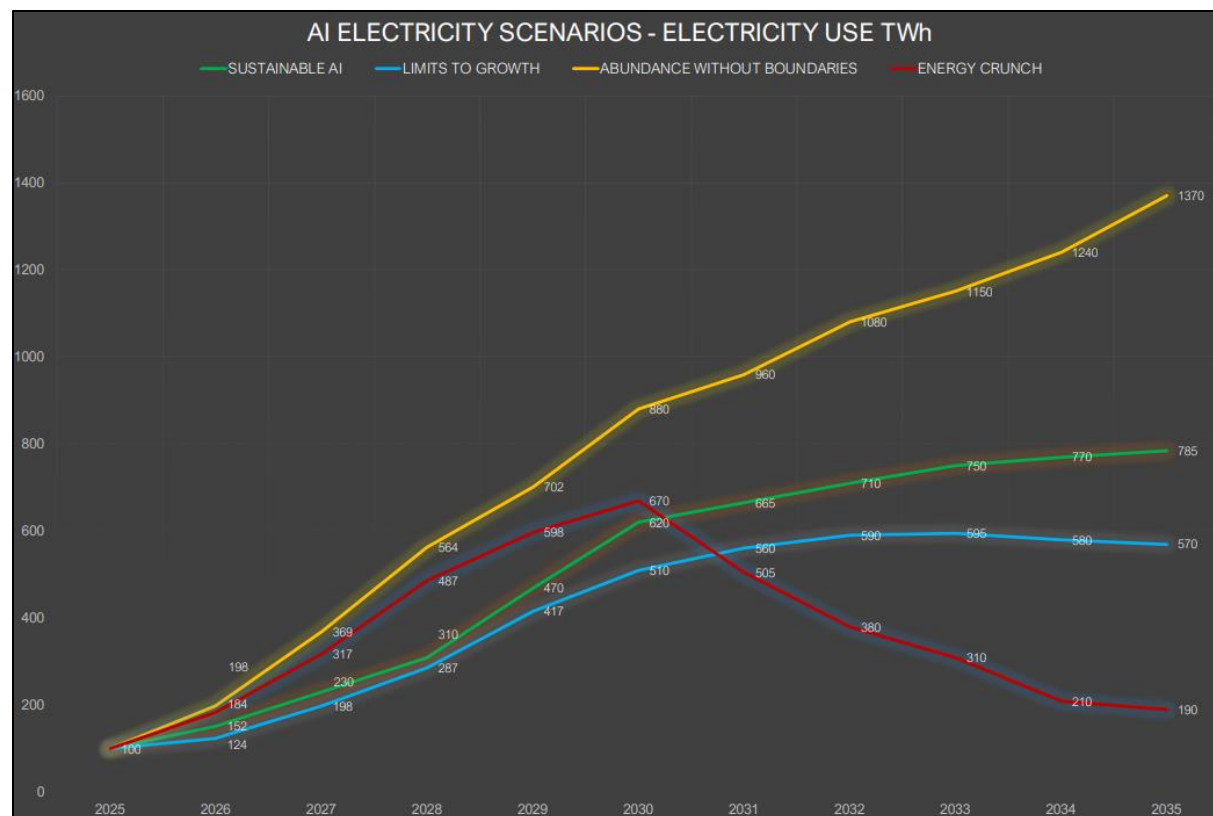
Utilisateurs actifs hebdomadaires de ChatGPT (photographie tous les 6 mois),
novembre 2022, septembre 2025

Source : « How people use ChatGPT », OpenAI, 2025

L'adoption de l'IA générative a été fulgurante :

- **1 million** d'utilisateurs inscrits sur ChatGPT en 5 jours
- **100 millions** d'utilisateurs hebdomadaires au bout d'un an
- Aujourd'hui, ce chiffre serait de plus de **700 millions**

Scénarios d'évolution basés sur l'usage, l'approche Schneider



En 2030, la consommation électrique imputable directement à l'IA pourrait atteindre entre **620 et 880 TWh**.

Dans le scénario « Abondance sans limite », la « **Trad AI** » ne représente que **6%** de la consommation d'électricité de l'IA en 2030.

La moitié de l'énergie nécessaire à l'IA générative est allouée à **l'entraînement**, l'autre moitié pour **l'inférence**.

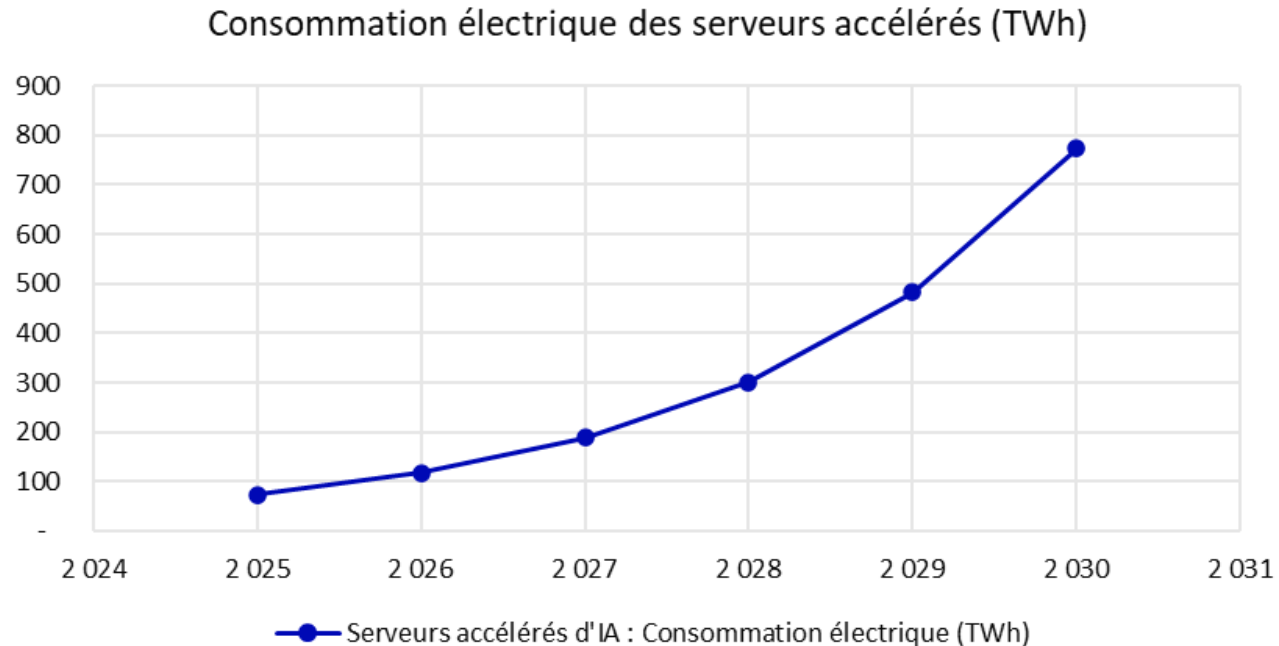
Prévisions de la consommation mondiale d'électricité de l'IA de 2025 à 2035, en TWh

Source : « Artificial Intelligence and Electricity, A System Dynamics Approach », Schneider Electric, 2024

L'offre semble précéder la demande dans le cas de l'IA Générative



Scénarios d'évolution basés sur l'offre : l'approche du Shift Project

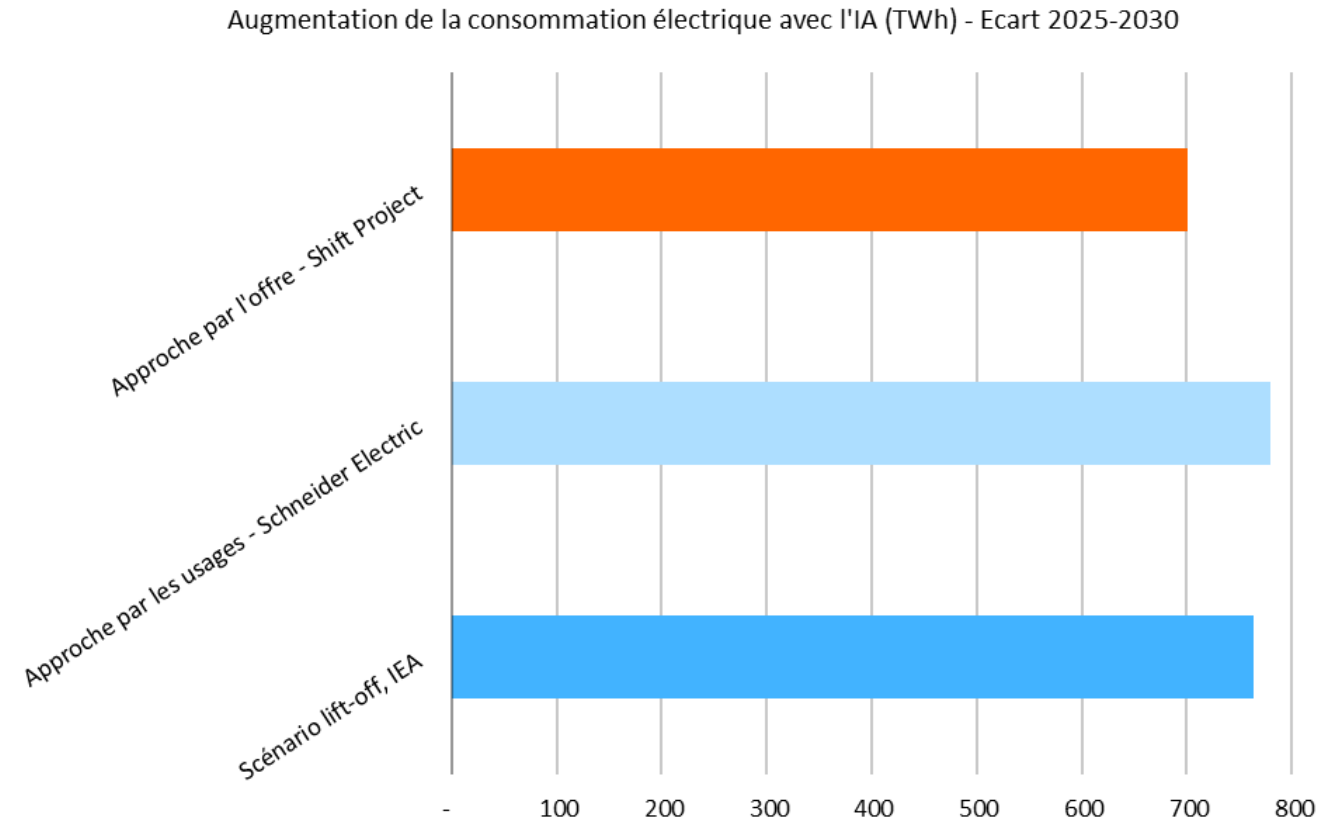


En 2030, la consommation électrique imputable directement à l'IA pourrait atteindre **800 TWh**.

Consommation électrique mondiale pour l'ensemble des serveurs accélérés (TWh)

Source : The Shift Project, 2025

L'IA, principal moteur de la croissance des centres de données



Ecart de la consommation électrique de l'IA entre 2020 et 2030 selon les différentes approches

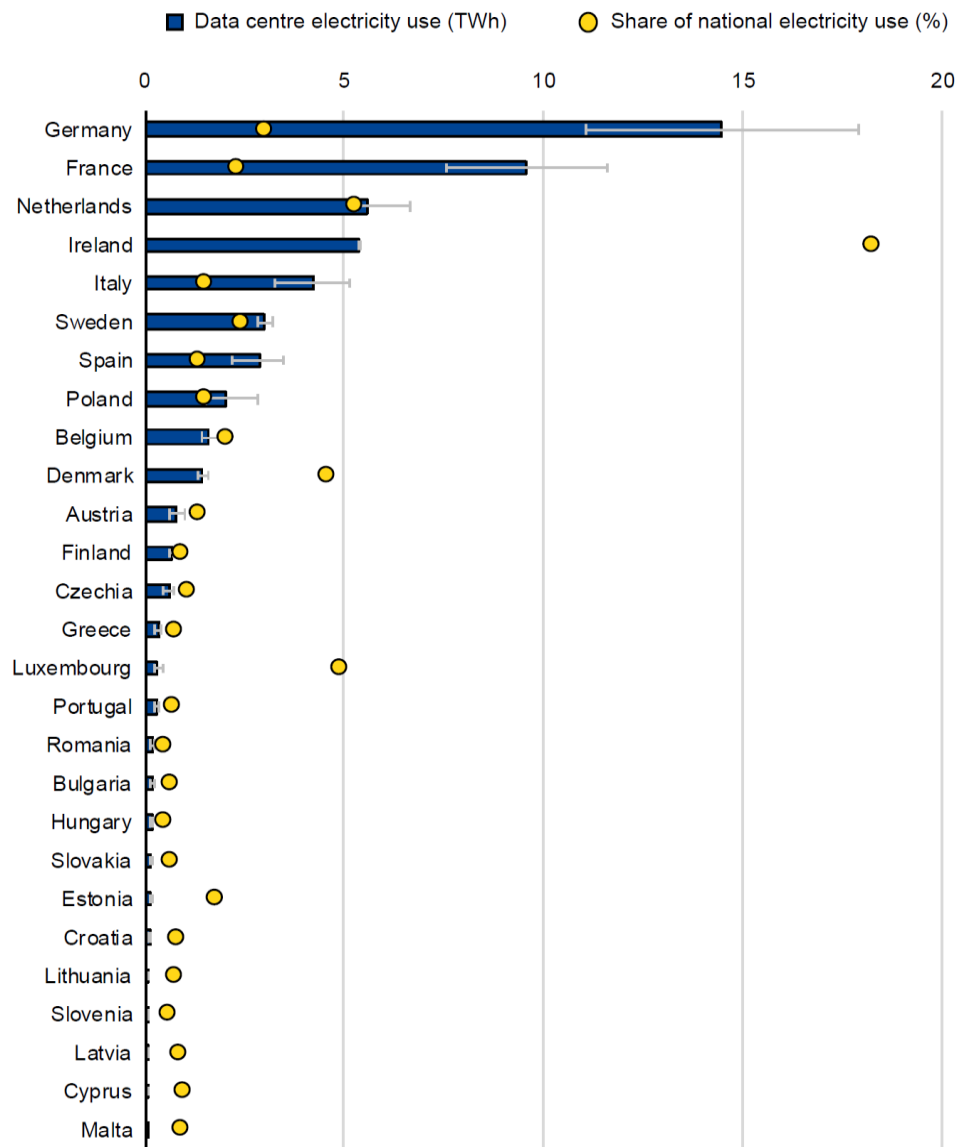
Source : The Shift Project, 2025

Les **infrastructures d'IA** pourraient être un **paramètre dimensionnant** l'évolution de la consommation électrique des centres de données d'ici 2030.



Le cas de l'Europe :
des situations
différenciées mais
une dynamique
commune

Consommation énergétique pré-IA : hétérogène et relativement modérée



Source : JRC (2024), données pour l'année 2022

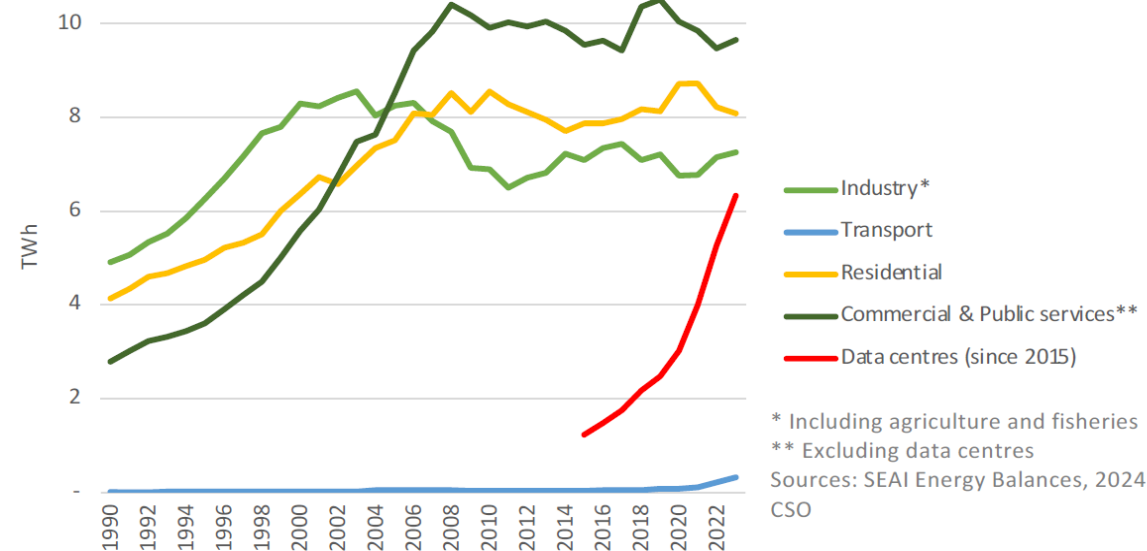
	Europe	USA
Part de l'électricité	2,5 %	4,5 %
Croissance	+ 7 %/an	+ 18 %/an



- Inférieure aux USA mais très variable d'un pays à l'autre
- Délais de raccordement et mis en exploitation ++
- Forte concentration des sites (Francfort, Londres, Amsterdam, Paris, Dublin)
- Peu de données de marché et pas de prospective

Consommation énergétique : l'Irlande, un cas extrême... aujourd'hui

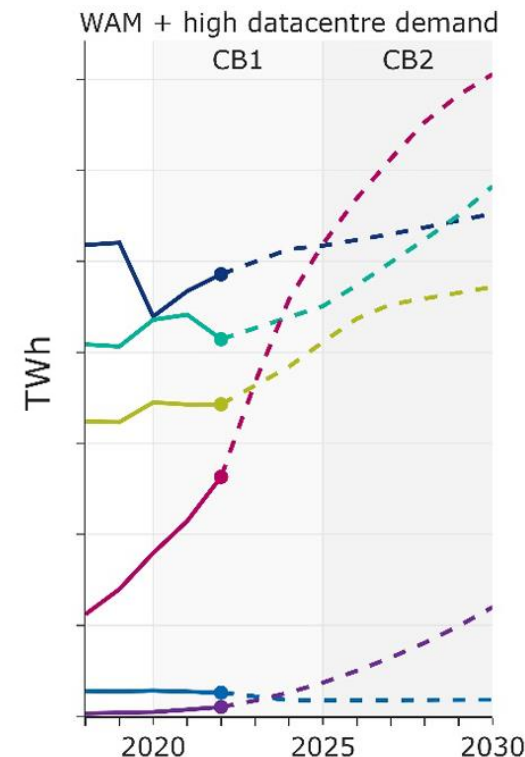
Electricity demand by sector, Ireland, 1990-2023



2015
5 %
 de l'électricité

+ 23 %/an

2022
18 %
 de l'électricité



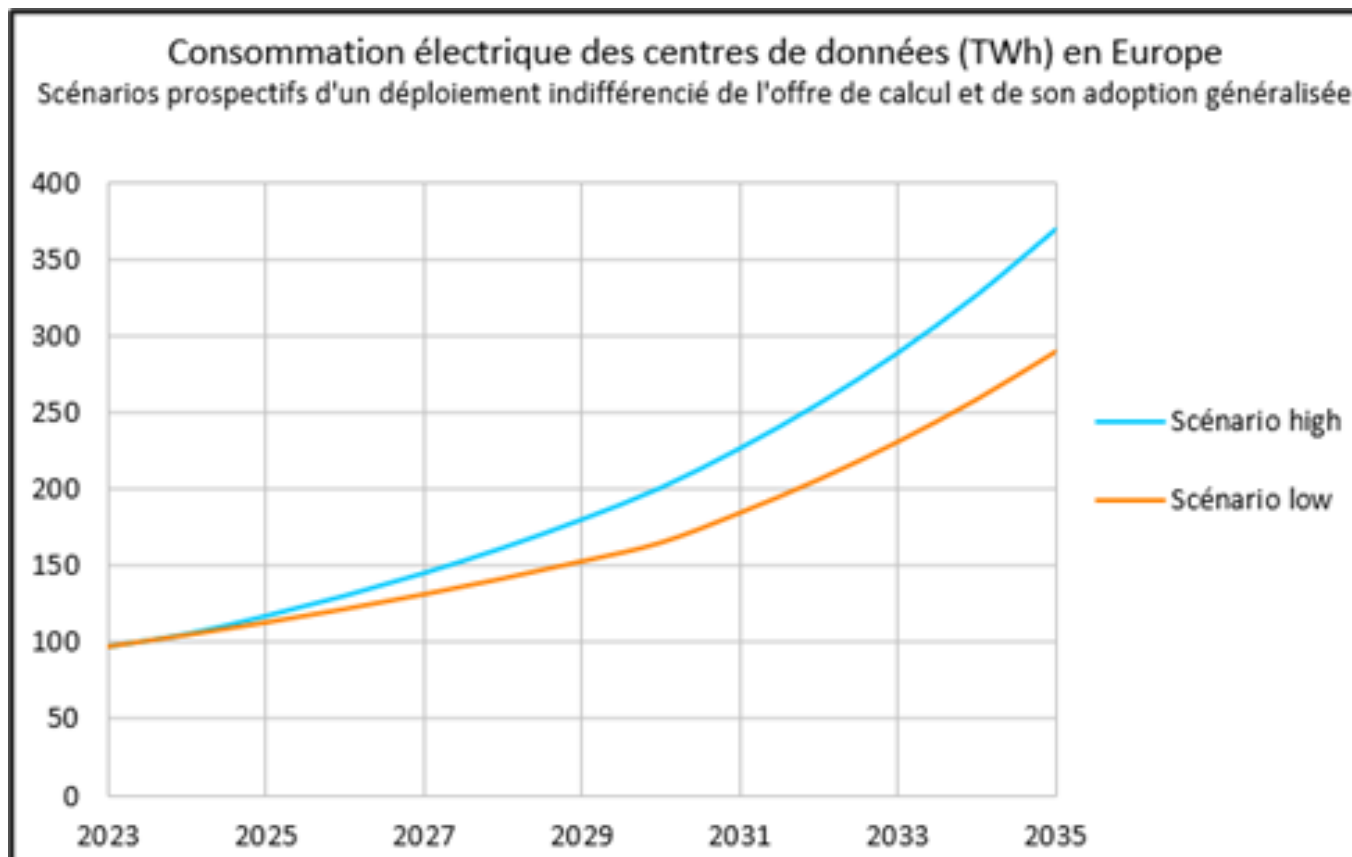
2030
32 % ?
 de l'électricité

Source : SEAI national energy projections (2024)

Une croissance forte, non anticipée et déstabilisante

- Tension sur le réseau électrique et concurrence d'usages
- Moratoire de fait depuis 2022 d'où recours à des centrales électriques dédiées raccordées au réseau de gaz
- Impact sur la trajectoire de décarbonation du pays

Consommation énergétique avec IA : une rupture majeure en cours



2030

x 2 depuis 2023



2035

x 3 depuis 2023
8 % de l'électricité



Croissance : 2 x plus vite

1

Risque d'obstacle à la décarbonation
200 TWh de gaz, c'est 100 MtCO₂e

2

Prolongement dépendance énergétique de l'EU
Notamment au GNL des Etats-Unis



La filière centres de
données **en France** :
trajectoires
énergétiques et
climatiques,
piloter ou subir ?

Consommation des centres de données pour l'année de référence : les estimations divergent

Dernières publications à ce sujet :

- **3 TWh** en 2019 (*RTE, Futurs énergétiques, 2022*)
- **11,6 TWh** en 2020 (*ADEME-Arcep, 2023*)
- **10 TWh** en 2020 (*RTE, Bilan Prévisionnel 2023-2035, 2023*)

Ces divergences s'expliquent :

- **Périmètres** et **méthodes** : variables
- **Identification** exhaustive des centres de données dédiés : jamais réalisée
- **Manque** de **transparence** vis-à-vis des consommations et capacités installées

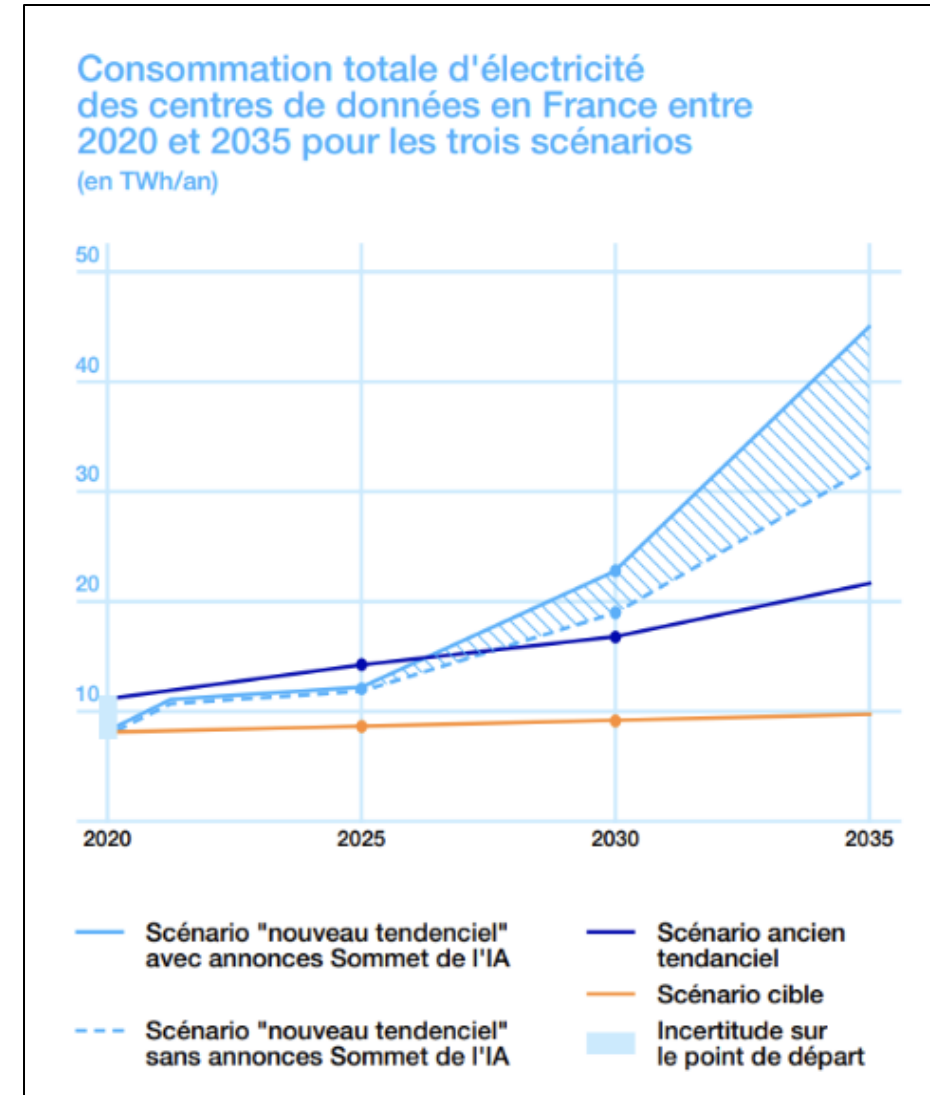
Selon notre modélisation :

- **11,6 TWh** en 2024 soit environ **2%** de la consommation totale d'électricité

Quelques scénarios pour les centres de données

3 scénarios étudiés :

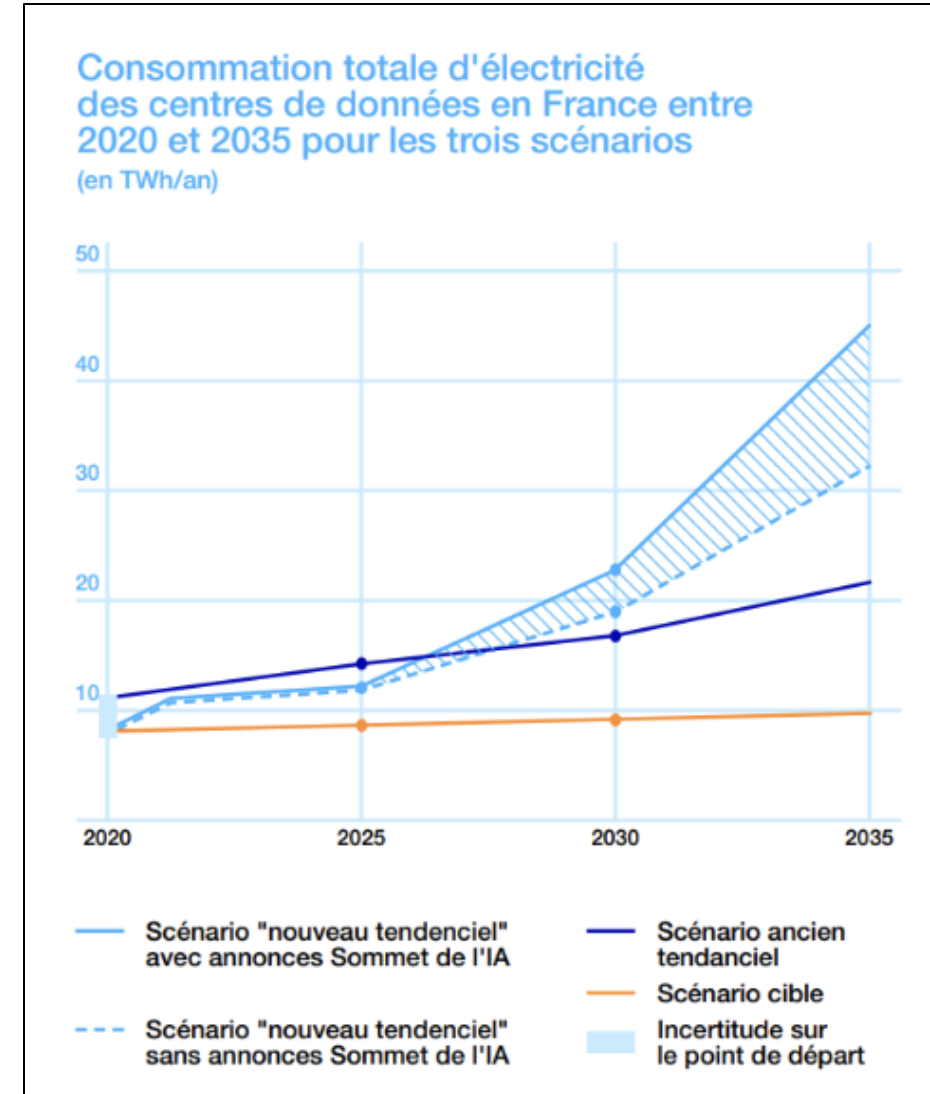
- Le scénario « nouveau tendanciel »
- Le scénario « ancien tendanciel »
- Le scénario « cible »



Quelques scénarios pour les centres de données

Quelques **enseignements** de ces scénarios :

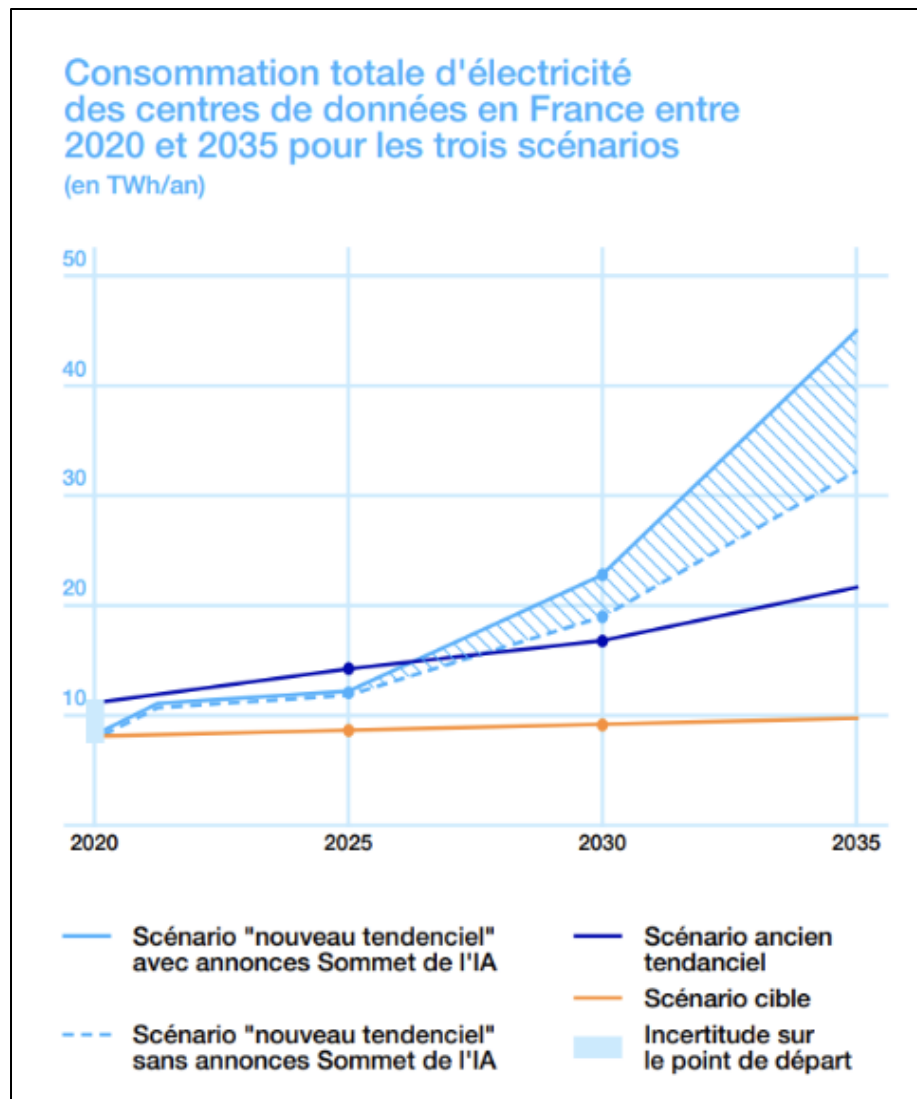
- En **2035**, les centres de données pourraient consommer **x4** plus qu'aujourd'hui
- Conserver la dynamique actuelle **rendrait caduque** l'atteinte des **objectifs de décarbonation du secteur pour 2030**
- Conserver la dynamique actuelle **rendrait caduque** l'atteinte des **objectifs de décarbonation du secteur pour 2050**
- Le **manque de données disponibles** rend difficile l'anticipation de la croissance du secteur



Quelques scénarios pour les centres de données

Fixer des objectifs pour le secteur :

- pour **2030** : - 30 % d'émissions territoriales et - 45 % d'émissions pour les usages français à l'étranger
- pour **2050** : - 90 % d'émissions territoriales et usages français sur des centres de données situés à l'étranger



Conflit d'usage : entre centres de données et transition énergétique

Potentiel conflit d'usage de l'électricité :

7,5% **vs** 2% aujourd'hui

La part des centres de données dans la consommation électrique française en 2035 si les annonces récentes se réalisent.



Jusqu'à **23 %** du supplément d'électricité consommée en 2035 par rapport à 2020 pourrait l'être par les **centres de données**.

Concurrence d'usage avec les secteurs dont la décarbonation complète ne peut passer que par leur électrification :



Cette consommation **n'est pas anticipée** par les scénarios de transition



Les raccordements validés aujourd'hui auront une pleine capacité dans **10 à 15 ans**

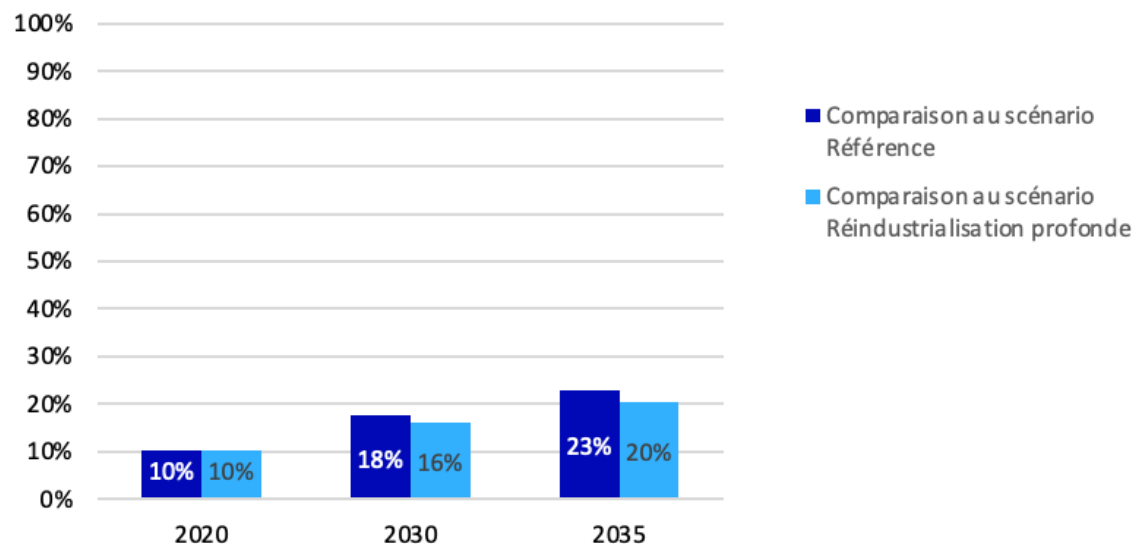
.....→
Zoom sur le cas du secteur industriel

Conflit d'usage : entre centres de données et transition énergétique

Consommation d'électricité pour les centres de données vis-à-vis de la consommation anticipée pour l'industrie

Données centres de données : Bilan Prévisionnel 2035 - borne haute (RTE, 2023)

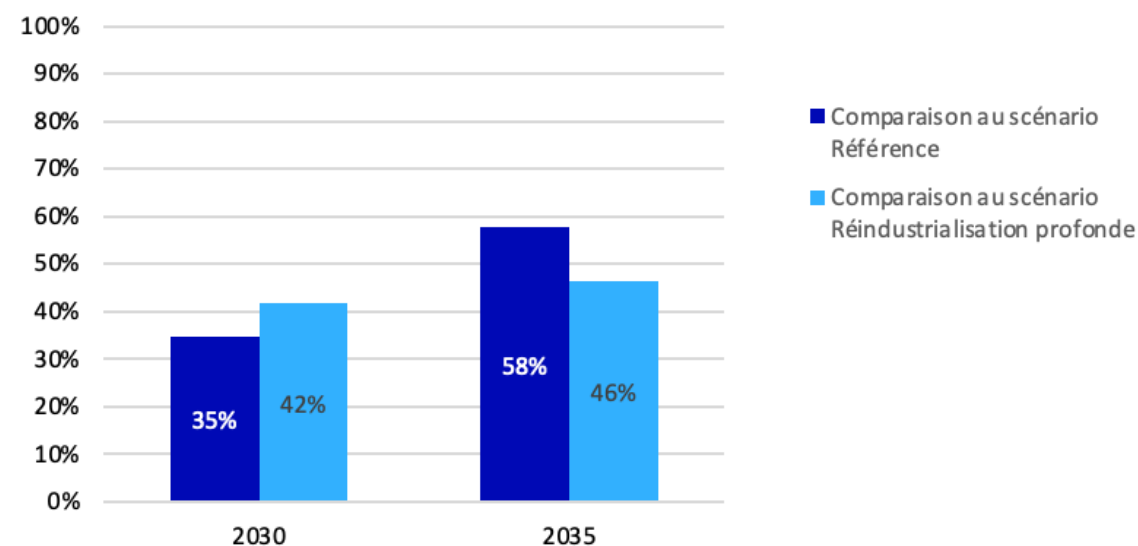
Données industrie : Futur(s) énergétique(s) 2050 - 2 scénarios (RTE, 2022)



Consommation supplémentaire (par rapport à 2020) d'électricité pour les centres de données vis-à-vis de la consommation supplémentaire (par rapport à 2020) d'électricité anticipée pour l'industrie

Données centres de données : Bilan Prévisionnel 2035 - borne haute (RTE, 2023)

Données industrie : Futur(s) énergétique(s) 2050 - 2 scénarios (RTE, 2022)



Conflit d'usage : entre centres de données et transition énergétique

Nécessaire **arbitrage** vis-à-vis de cette concurrence :

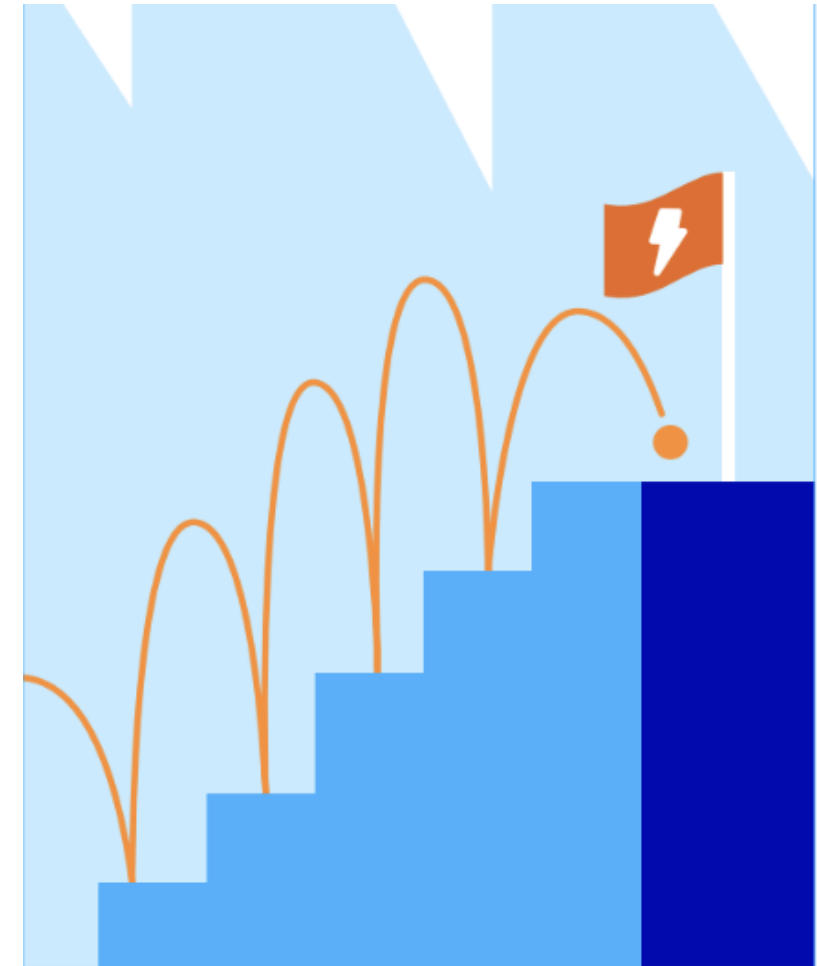
- pour ne pas reproduire les cas de Dublin ou Amsterdam en induisant des **tensions** sur le système électrique
- pour ne pas **rendre caduque l'atteinte des objectifs de décarbonation du secteur** (objectifs à fixer pour 2030 et 2050)

Assurer une **transition robuste** : la filière des centres de données ne doit pas compromettre la décarbonation de l'économie

Planifier la transition énergétique de la filière via l'existence d'une **trajectoire pour cette filière dans la Stratégie Nationale Bas Carbone 3**

Recenser les centres de données et mesurer leurs consommations

Assurer le respect de la **directive européenne EED**



Enjeux locaux des centres de données et de leur répartition inhomogène

Constat :

- **Répartition géographique inégale** des infrastructures
- **Pression** accrue sur les réseaux locaux lorsque cela n'a pas été anticipé

Dans un contexte d'**évolutions réglementaires** récentes qui pourraient modifier les conditions d'installation des centres de données

Externalités des centres de données au niveau local :

- Concurrence d'usage de **l'électricité** et de **l'eau** (industrie, agriculture)
- Intensification des **événements climatiques extrêmes**
- Création **d'emplois**
- **Attractivité** économique des territoires



IA & climat :
réorienter nos
choix technologiques
jusqu'à la
compatibilité carbone

L'intelligence artificielle : de l'offre et des usages



Centres de données et infrastructures numériques



Matériel informatique



Matériel électrique



Construction, gestion, refroidissement



Usages



Hébergement sites web, réseaux sociaux, plateforme vidéo, stockage et traitement de donnée d'entreprises, cloud, IA traditionnelle

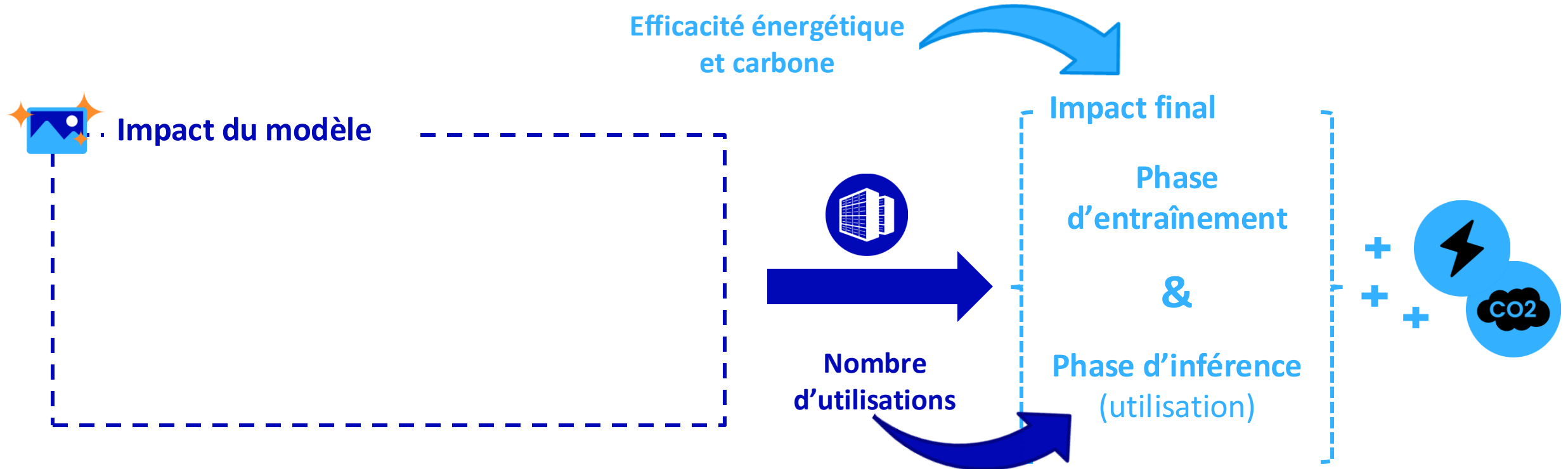


IA générative, IA agentique



Cryptomonnaies

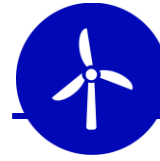
IA générative : impacts unitaires



L'optimisation ne suffit pas, il faut différencier les cas d'usage

Insoutenables usages de l'intelligence artificielle

«AI for Brown»

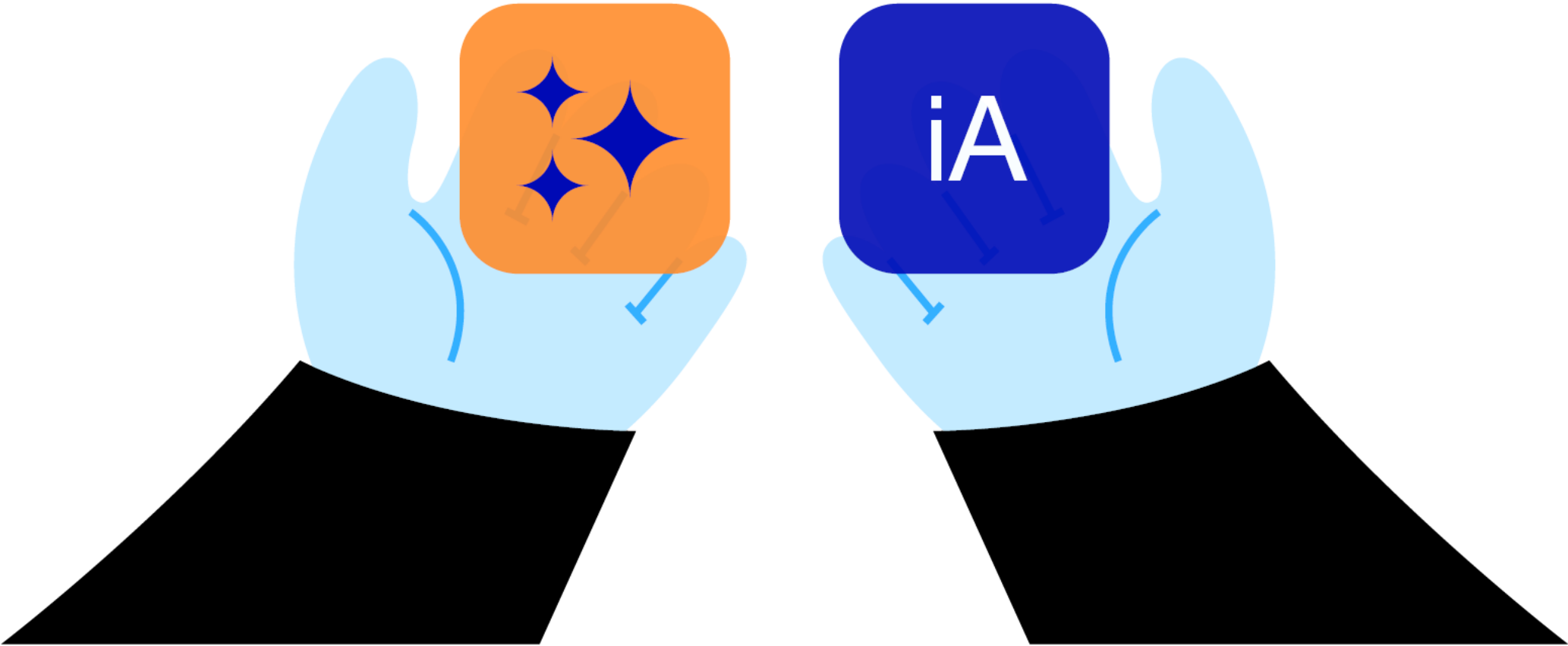


L'IA catalyse le système dans lequel on l'intègre.

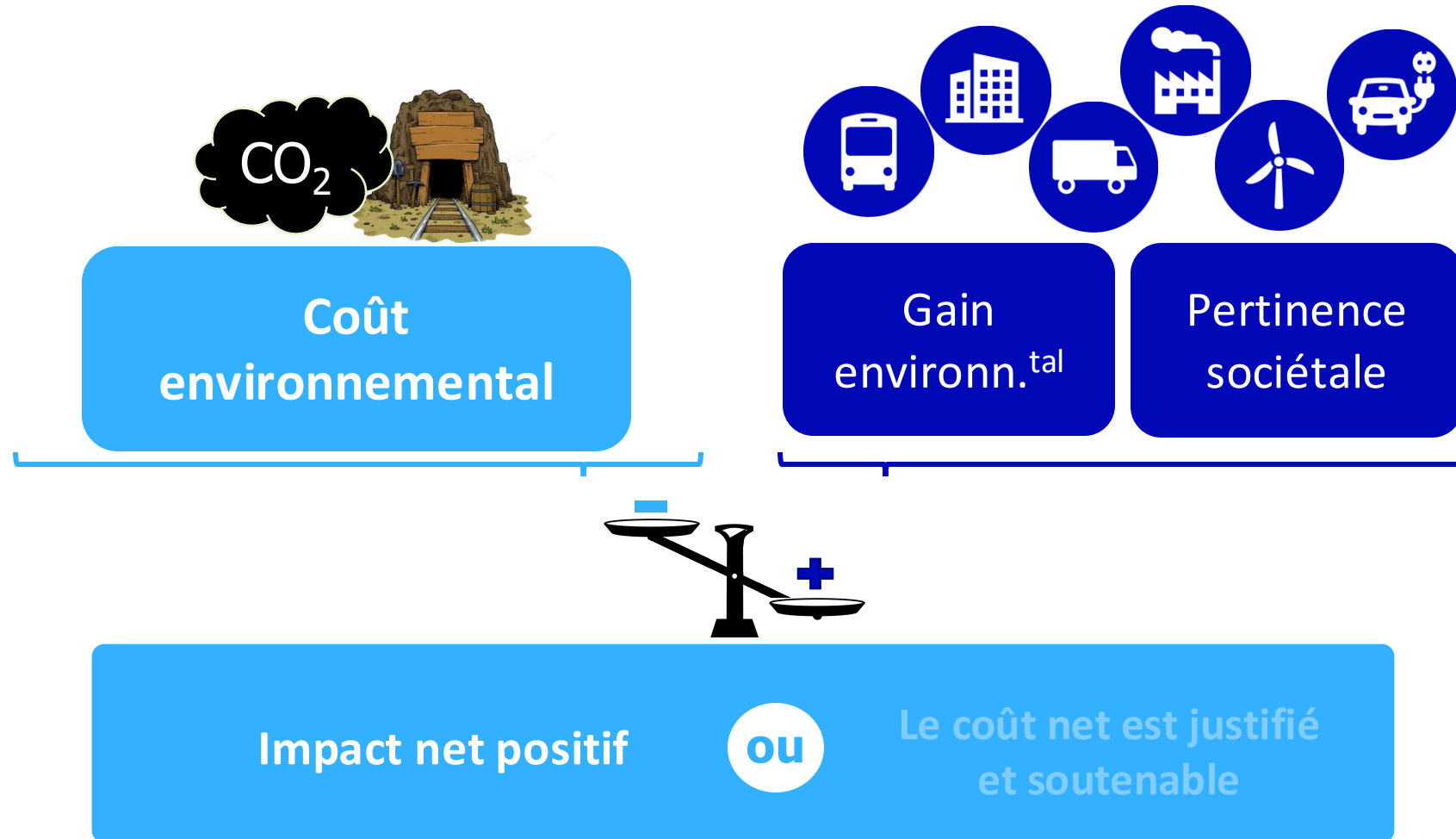
(amélioration de l'efficacité, de la rapidité d'exécution, de la productivité etc.)

**La déployer sans différencier, c'est construire
une IA tout autant fossile que l'économie dans laquelle on la place.**

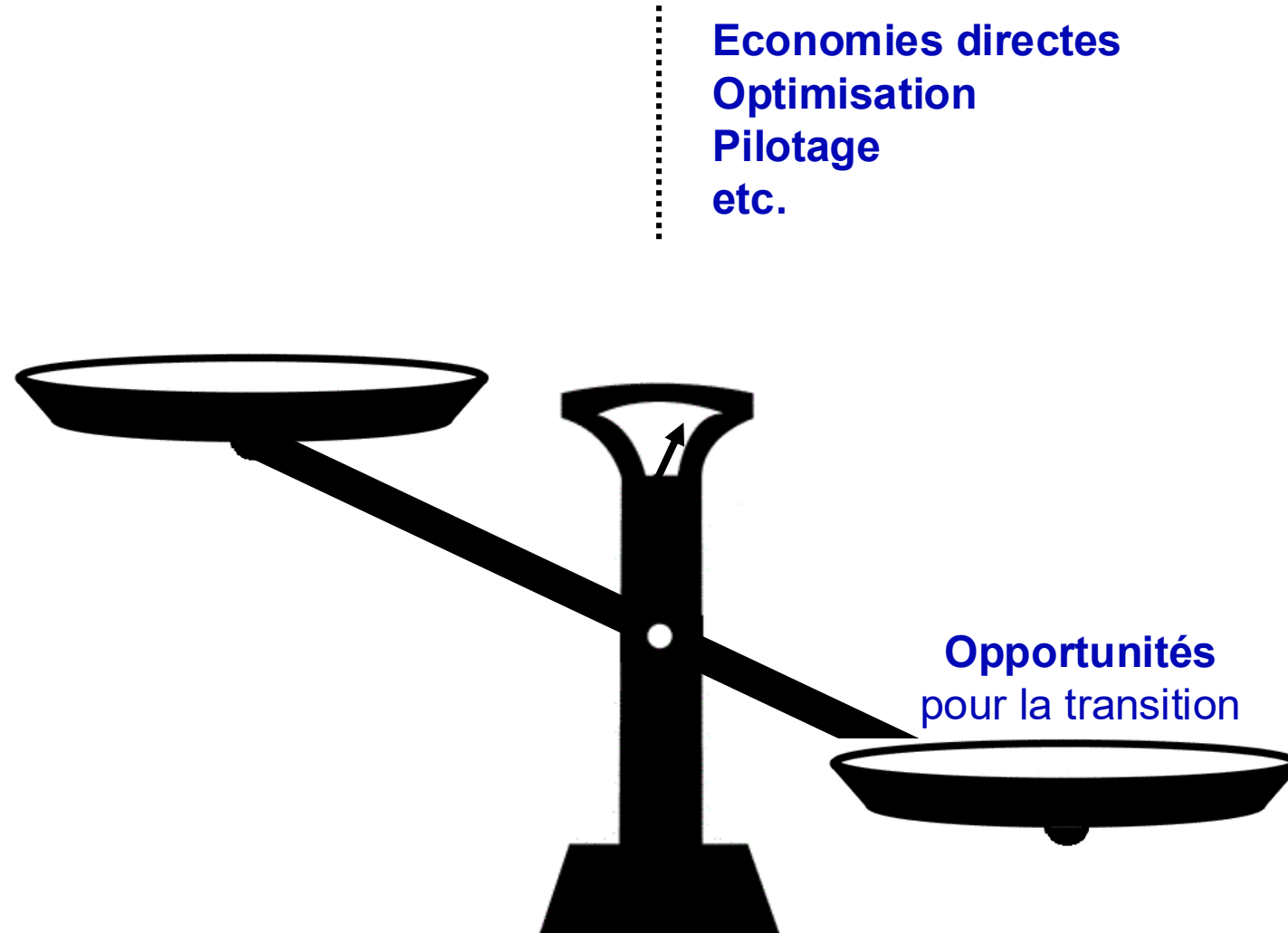
Orienter nos choix technologiques



Différencier les cas d'usage ?



Différencier les cas d'usage ?



Différencier les cas d'usage ?

Energie pour la production
Consommation en utilisation
Ressources minières
etc.

Economies directes
Optimisation
Pilotage
etc.

Opportunités
pour la transition

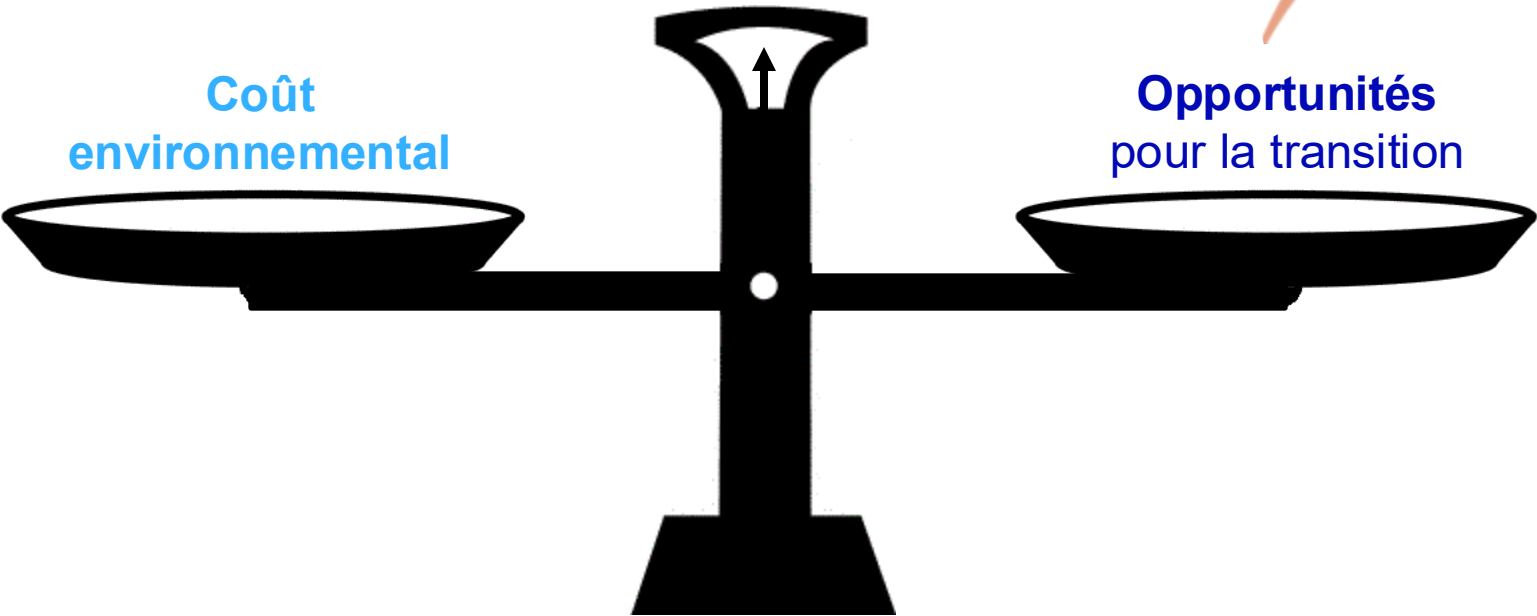
Coût
environnemental



Différencier les cas d'usage ?

Energie pour la production
Consommation en utilisation
Ressources minières
etc.

Economies directes
Optimisation
Pilotage
etc.



« AI for Brown »

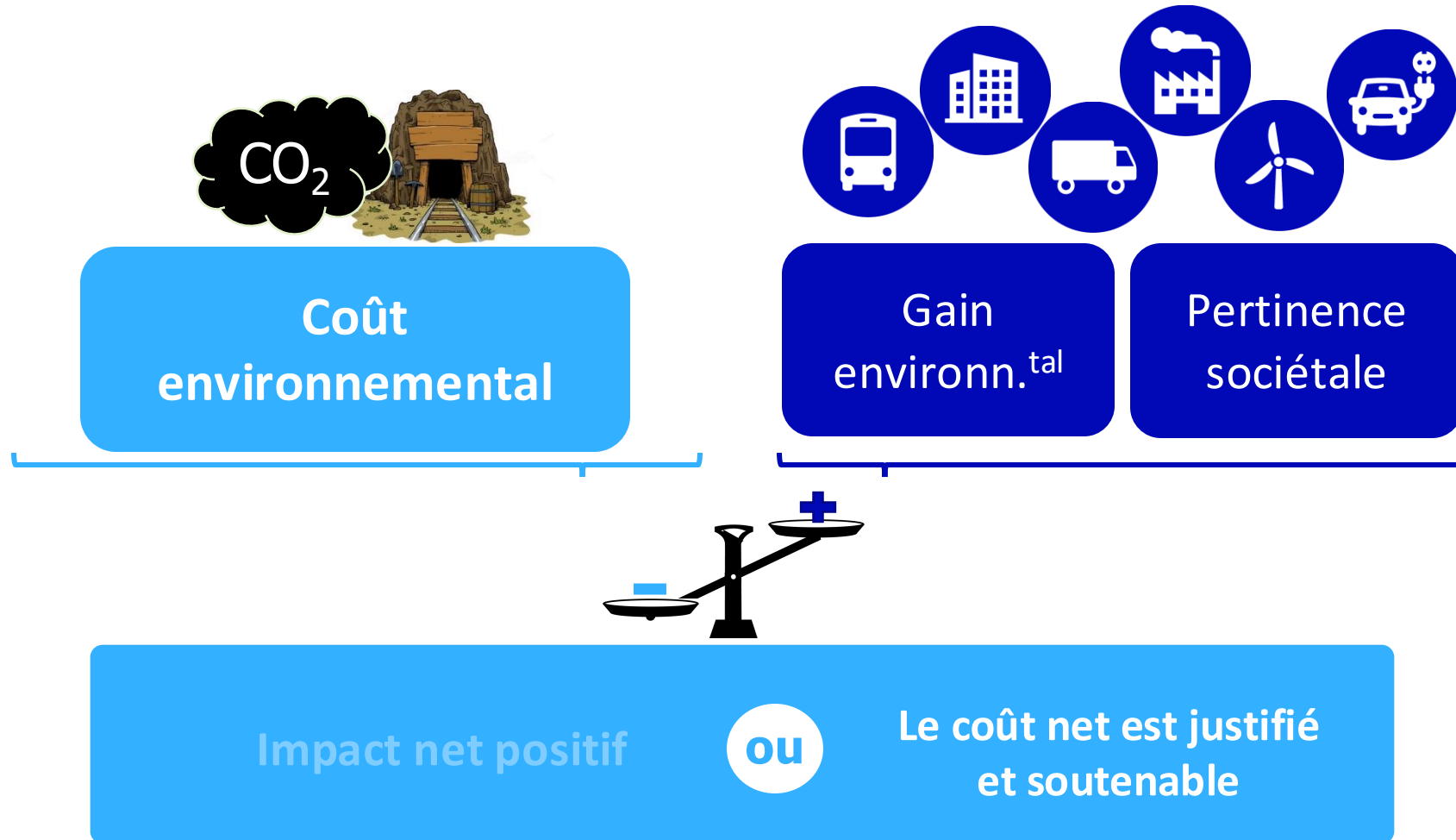
Différencier les cas d'usage ?

Energie pour la production
Consommation en utilisation
Ressources minières
etc.

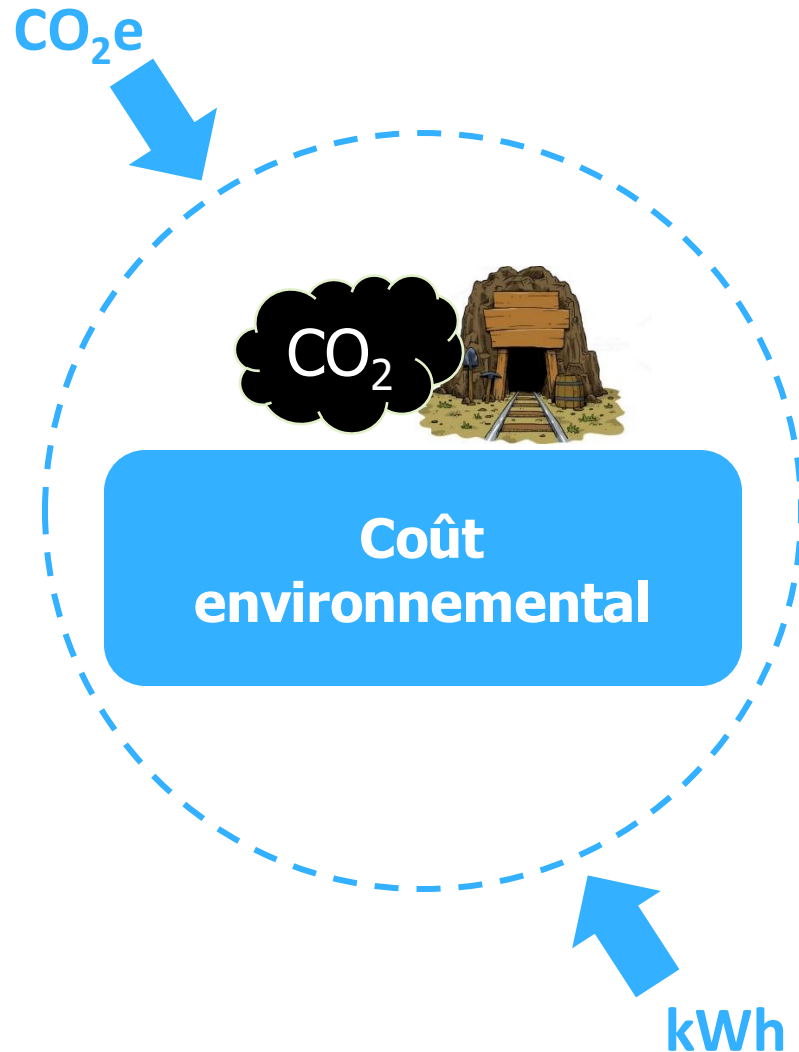
Economies directes
Optimisation
Pilotage
etc.

**Systématique :
à effectuer pour chaque choix de déploiement**

Différencier les cas d'usage ?



Différencier les cas d'usage ?

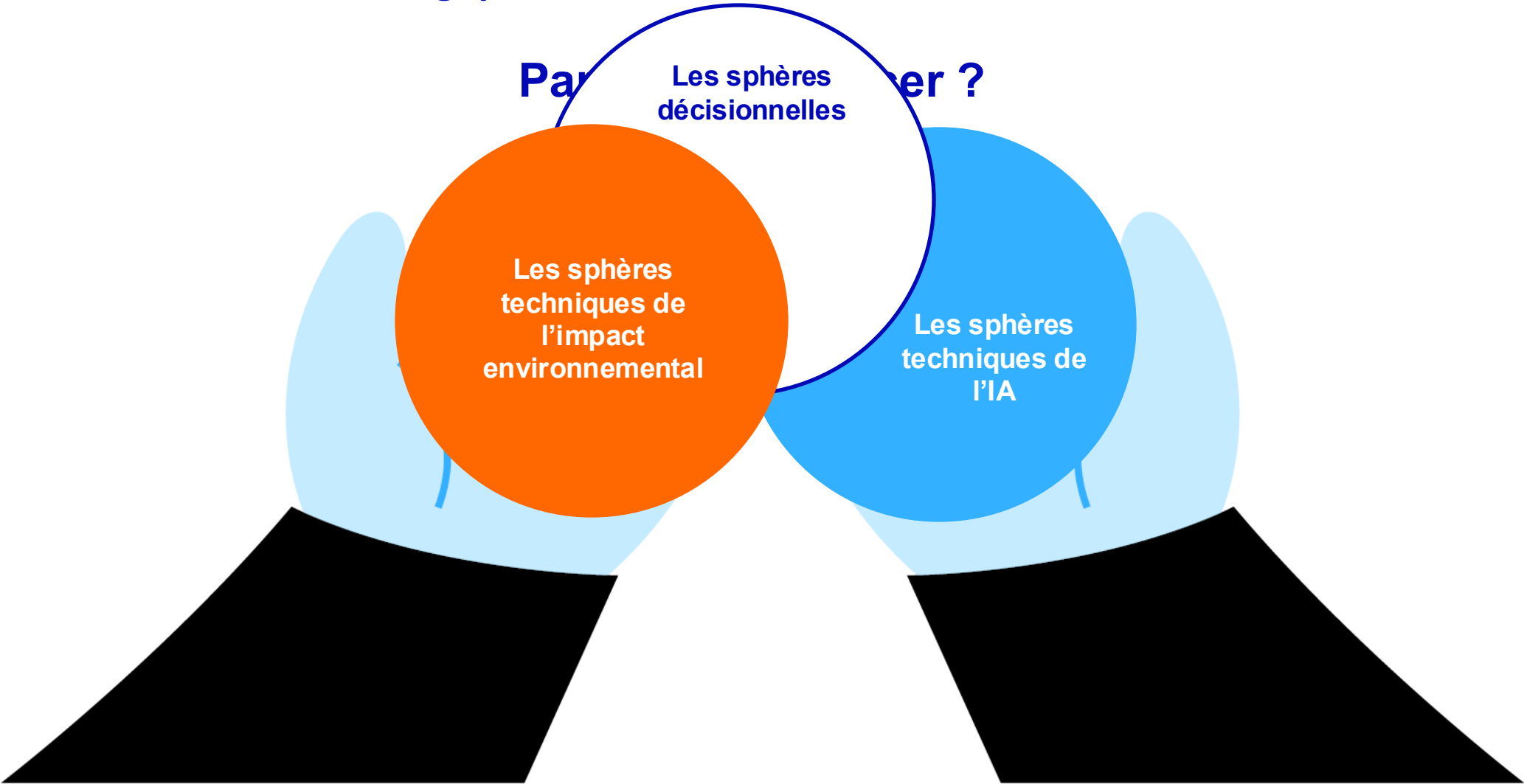


« **Soutenable** » : compatible avec la trajectoire de référence

Et si ça ne suffit pas ?

Abandon des fonctionnalités « IA »
(remplacer par des solutions moins intenses)

Orienter nos choix technologiques



Orienter nos choix technologiques

Suivre une méthode





Conclusion et recommandations

Anticiper, discerner et réorienter



Les risques environnementaux sont avérés et majeurs

- Consommation énergétique et empreinte carbone propre
- Déstabilisation du secteur énergétique; le gaz, solution court terme aux conséquences long terme



L'IA est un catalyseur ambivalent

- Pour le meilleur (AI for Green) ou pour le pire (AI for Brown)
- Approche différenciée et méthodique au-delà des promesses du marketing



Une action systémique est nécessaire et urgente

- Les projets d'infrastructures d'aujourd'hui peuvent être des impasses énergétiques demain
- La dynamique actuelle organisée par les Big Tech crée et renforce nos dépendances numérique et énergétique
- Une stratégie alternative d'IA frugale et segmentée est nécessaire et possible

Des recommandations à portée systémique

1 Mesure et transparence

Assurer un suivi public de la filière et la transparence des services d'IA.

3 Réorganisation collective vers la sobriété

Définir et faire respecter une trajectoire plafond de consommation électrique des centres de données.

2 Optimisation

Limiter l'empreinte environnementale des solutions d'IA et des équipements associés; suivre les référentiels sur *l'IA frugale*.

4 Formation & compétences

Ne pas réorienter les ressources de formation et le débat public vers l'IA plutôt que vers la transition environnementale.

Organiser un débat citoyen informé sur la juste place du numérique et de l'IA dans la société.



Réactions

Réaction



Axelle Lemaire

**Directrice Responsabilité d'entreprise
et développement durable**

Sopra Steria

Réaction



Aurélie Bugeau

Professeure en informatique

Université de Bordeaux et au LaBRI;

membre junior de l'IUF;

Observatoire sur l'impact environnemental de l'IA,

Institut IA et

Société, ENS



Questions & Réponses



Merci !



The Shift Project



TheShiftProjectThinkTank



@theShiftPROJECT



TheShiftProjectThinkTank



@theshiftproject__



et à bientôt
dans notre newsletter !

Contact : maxime.efoui@theshiftproject.org