

L'adoption des technologies avancées dans l'Union européenne

IA, cloud et big data : que nous apprend le DESI sur les écarts entre États membres et sur la position de la France ?

Charles Vitoux · Mines Paris – PSL · Chaire SHS Région Île-de-France TNEF · Juillet 2026

PRINCIPAUX RÉSULTATS

1. Une adoption hétérogène mais structurée.

Maturité numérique, capital humain, IA et cloud évoluent ensemble : les économies du Nord (Pays-Bas, Suède, Danemark, Finlande) apparaissent comme des leaders numériques, à l'opposé de plusieurs économies de l'Est (Roumanie, Bulgarie, Lettonie, Slovaquie).

2. Les trois technologies ne diffusent pas « en bloc ».

Les écarts d'adoption du cloud entre pays sont bien captés par les déterminants observables (R^2 inter-pays de 0,47) ; ceux de l'IA ne le sont presque pas (0,01). La variable big data ne partage pas la même structure sous-jacente et mérite un traitement particulier.

3. La France, ni leader ni retardataire. Proche de la moyenne européenne pour l'IA (18,2 % des entreprises contre 20,0 % pour l'UE en 2025), elle accuse en revanche un retard marqué pour le cloud (36,5 % contre 46,7 %). Elle se situe au centre de la cartographie des 27 États membres.



INTRODUCTION

Dans le cadre du programme *Digital Decade*, l'Union européenne s'est fixé l'objectif qu'au moins 75 % des entreprises européennes doivent avoir intégré des technologies avancées à l'horizon 2030. Les progrès vers cette cible sont suivis chaque année par le *Digital Economy and Society Index* (DESI), qui rassemble dans un cadre unique les données liées à l'adoption des technologies avancées et les variables structurelles des pays membres.

Cependant, la trajectoire de réalisation de ces objectifs, d'un État à un autre, diffère fortement. Cette note, issue d'un travail de recherche mené dans le cadre de la Chaire TNEF, répond à deux questions : **quels sont les déterminants de l'adoption des technologies avancées au sein de l'Union européenne ?** et **comment se positionne la France vis-à-vis de ses voisins européens ?**

L'approche empirique combine l'utilisation de statistiques descriptives, de statistiques multifactorielles (Analyse en Composantes Principales) et des régressions sur les données de panel. Ainsi, la note explique que le DESI est un outil permettant de comparer, en niveau, l'adoption nationale mais n'identifiant pas, en l'état, un rapport de causalité entre les variables sélectionnées et les technologies étudiées.

Trois technologies « à usage général »

LA QUESTION

Comment sont caractérisées les technologies présentes dans l'étude ?

L'IA, le cloud et le big data ne sont pas des innovations parmi d'autres : ce sont des technologies à usage général, dont la diffusion au sein des économies européennes est inégale.

Les trois technologies étudiées partagent les caractéristiques d'une **technologie à usage général** (General Purpose Technology (GPT), Bresnahan et Trajtenberg, 1995) : elles sont utilisées comme intrants dans de très nombreux secteurs, elles s'améliorent continuellement et leurs rendements augmentent à mesure que des investissements complémentaires sont réalisés autour d'elles, notamment au travers de la réorganisation des processus, des nouvelles compétences ou de nouveaux modèles d'affaires.

Cette dernière caractéristique permet d'expliquer pourquoi l'adoption est inégale : la diffusion d'une GPT suit une logique de **courbe en S** (démarrage lent, expansion rapide, puis saturation). Le point de décollage, entre le démarrage et l'expansion, varie considérablement d'une économie à l'autre (Bresnahan, 2010).

Cette courbe éclaire le phénomène de « **paradoxe de productivité** » : les bénéfices économiques d'une GPT n'apparaissent qu'avec retard, le temps que les entreprises se réorganisent autour d'elle (Brynjolfsson et al., 2021). Le niveau d'adoption observé à un instant donné ne peut donc pas être lu comme une mesure immédiate.

Trois mesures issues d'Eurostat

Intelligence artificielle : Part des entreprises utilisant au moins un outil d'IA : Machine Learning, reconnaissance vocale ou d'images, robotisation des processus, génération de langage naturel, etc.

Cloud : Part des entreprises achetant des services cloud intermédiaires (logiciels de finance ou de comptabilité, ERP...) ou sophistiqués (plateformes de déploiement, sécurité, hébergement de bases de données). Les usages basiques tels que la messagerie ou le stockage de fichiers sont exclus.

Big data : Part des entreprises réalisant des analyses de données, en interne ou en les externalisant (sous-traitance).

LA QUESTION

Que signifie adopter une technologie pour une entreprise ?

Pour la majorité des entreprises, celles dont l'activité principale n'est pas technologique, accéder à l'IA consiste à louer la capacité de calcul via des services cloud, plutôt qu'à acheter le matériel nécessaire pour la développer en interne. Le cloud apparaît comme une condition d'accès aux outils d'IA : les deux technologies semblent structurellement liées. C'est la raison pour laquelle l'analyse les traite comme des variables dépendantes parallèles.

La base de données DESI

La **base DESI** rassemble 42 indicateurs, pour les 27 États membres ainsi que l'agrégat de l'Union européenne, sur la période 2016–2025. Parmi ces 42 indicateurs, 14 ont été retenus pour conduire l'analyse statistique. De plus, trois variables absentes du DESI y ont été ajoutées, issues d'Eurostat : les parts sectorielles, les dépenses nationales de R&D et le coût de l'énergie. La sélection des variables n'est pas arbitraire : elle s'appuie sur la littérature, qui conduit à organiser les déterminants potentiels de l'adoption en quatre familles.

Connectivité : L'infrastructure qui rend les technologies utilisables : couverture 5G et réseaux fixes à très haute capacité (VHCN). Le haut débit est associé à la croissance et à la diffusion des innovations (Czernich et al., 2011).

Capital humain : Les compétences qui rendent l'adoption effective : part des spécialistes Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans l'emploi, part des entreprises formant leurs salariés au numérique. Cette famille renvoie à la « capacité d'absorption » des organisations (Cohen et Levinthal, 1990).

Maturité numérique : L'exposition préalable aux outils numériques : ERP, réseaux sociaux, facturation électronique (Calvino et Fontanelli, 2023 ; Cho et al., 2023).

Structure économique : Le cadre national dans lequel s'inscrit l'adoption : composition sectorielle (primaire, secondaire, tertiaire), effort de R&D (en % du PIB), coût de l'énergie pour les consommateurs non résidentiels (Comin et Mestieri, 2018 ; Masanet et al., 2020).

LA QUESTION

Comment interpréter les écarts par rapport à la moyenne européenne ?

L'interprétation dépend de la dispersion des pays autour de cette moyenne. Celle-ci varie fortement d'une technologie à l'autre.

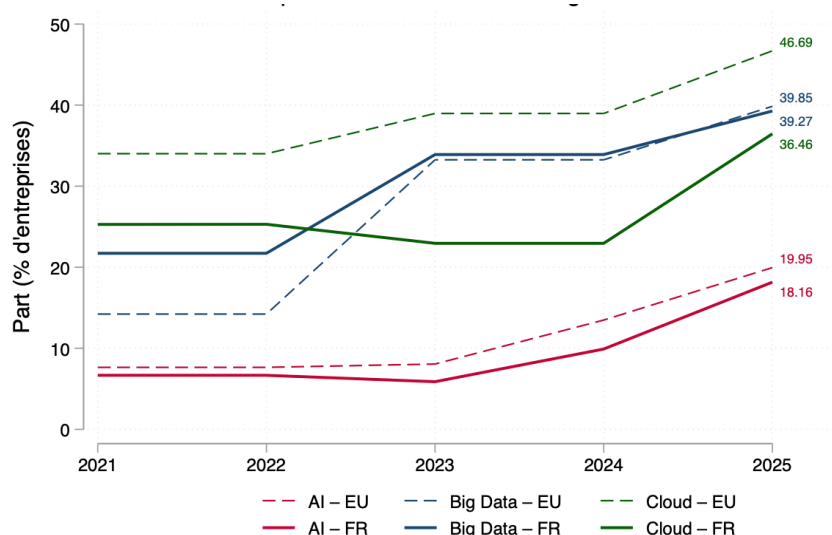
Sur 2021–2025, en moyenne, 11,7 % des entreprises européennes ont adopté l'IA, contre plus de 40 % pour le cloud et 20,9 % pour le big data sur 2016–2025. **Les trois technologies se situent donc à des stades très différents de leur courbe de diffusion** : le cloud est la plus mature, l'IA la plus récente.

Technologie	Couverture	Moyenne	Écart-type
IA	2021–2025	11,7 %	8,3
Cloud	2021–2025	40,4 %	16,1
Big data	2016–2025	20,9 %	13,6

Tableau 1 — Adoption des technologies avancées, part des entreprises, UE-27. Source : Commission européenne, base DESI ; Eurostat

Cette différence de dispersion change la lecture du cas français. Pour l'IA, les États membres sont resserrés autour de la moyenne : la proximité de la France avec l'agrégat européen (18,2 % contre 20,0 % en 2025) la situe près de ses voisins européens. Pour le cloud, au contraire, les pays sont très dispersés : l'écart français (36,5 % contre 46,7 % en 2025) traduit une distance réelle vis-à-vis des leaders. La France n'est donc pas uniformément en retard : sa position relative dépend de la technologie considérée.

Figure 1 — Adoption des technologies avancées : France vs UE, 2021–2025



Source des données : Commission européenne, DESI (2021–2025) ; Eurostat.

LA QUESTION

Comment comparer 27 pays sur 14 indicateurs à la fois ?

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) résume l'information dans un petit nombre d'axes, sur lesquels pays et variables peuvent être positionnés ensemble. Autrement dit, elle permet de conserver l'information statistique essentielle parmi les données.

MÉTHODE — L'ACP EN BREF

L'ACP identifie des combinaisons linéaires des variables, appelées les composantes principales, classées selon la part de variance totale qu'elles expliquent. Plus la composante capte de variance, plus la dimension est importante dans la base de données. L'analyse porte sur les données de 2023, seule année où les quatorze indicateurs sont simultanément disponibles. L'étude retient trois composantes identifiant les relations sous-jacentes entre variables du DESI et pays européens.

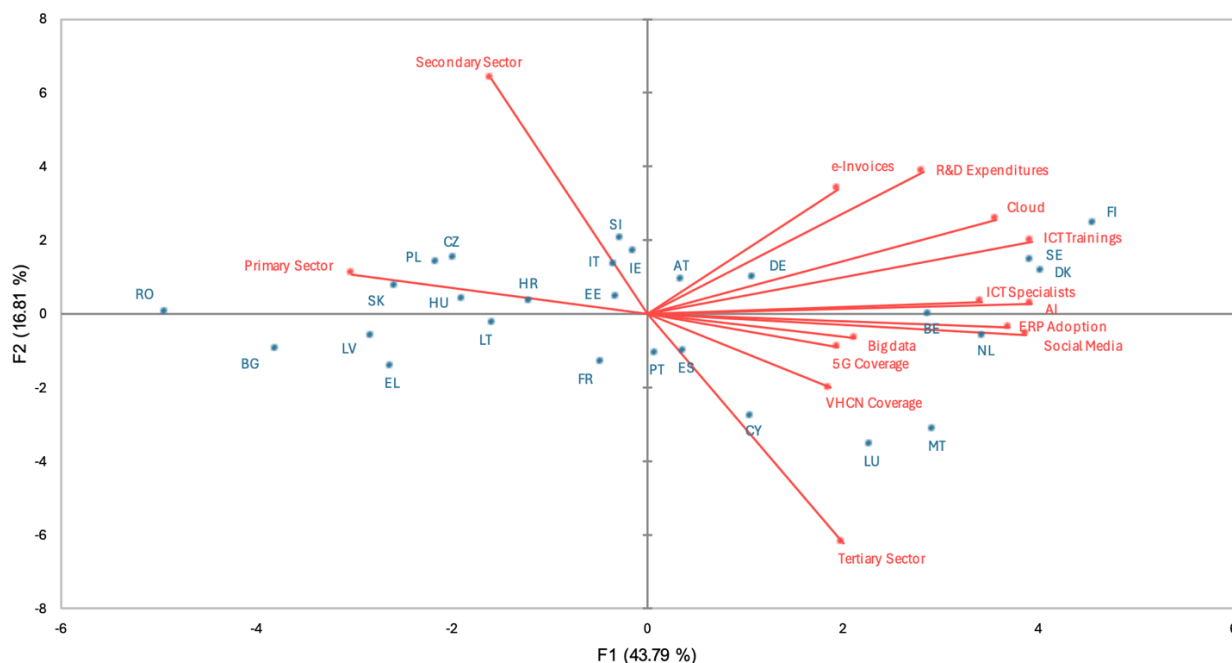
F1 — Un axe « infrastructure et capital numériques »

Le premier axe, qui capte plus de **40 % de l'information totale**, oppose un bloc formé par la maturité numérique, le capital humain, l'IA et le cloud, au poids du secteur primaire

dans l'économie, ce qui signifie que les pays où les entreprises forment leurs salariés, emploient des spécialistes TIC et ont numérisé leurs processus sont aussi ceux où l'adoption de l'IA et du cloud est élevée. Cet axe fait émerger deux profils de pays : les économies du Nord de l'Europe (représentées par les Pays-Bas, la Suède, le

Danemark et la Finlande) en leaders du numérique, et les économies de l'Est de l'Europe (Roumanie, Bulgarie, Lettonie et Slovaquie), retardataires, davantage caractérisées par une part importante tournée vers l'agriculture.

Figure 2 — Cartographie des 27 pays membres (60,6 % de l'information)



Source des données : base DESI (coupe 2023).

F2 et F3 — Structure de l'économie et connectivité

Le deuxième axe oppose principalement le secteur secondaire et le secteur tertiaire. Fait notable : aucune des trois technologies avancées ne contribue à cet axe, ce qui signifie que la structure sectorielle d'un pays est largement indépendante de son niveau d'adoption.

Le troisième axe est un axe à interpréter avec prudence. Il oppose les variables liées à la connectivité (5G contre la connexion haut débit), auquel se rattache le big data : contrairement à l'IA et au cloud, celui-ci ne partage pas la même structure sous-jacente. Les trois technologies, souvent étudiées conjointement, ne se diffusent donc pas en bloc.

Et la France ?

La France se situe près de l'origine du plan factoriel, et sa qualité de représentation sur l'axe numérique F1 est très faible ($\cos^2$ de 0,045) : cet axe ne représente pas correctement sa position. Elle est mieux captée par l'axe de structure économique F2 ($\cos^2$ de 0,376), en cohérence avec une économie tertiarisée. Ce résultat confirme le caractère intermédiaire du profil français : ni leader numérique, ni retardataire.

ÉCONOMÉTRIE

05

Quelle est la nature du lien entre nos indicateurs et les technologies ?

LA QUESTION

Quelles ont été les approches économétriques employées ?

L'approche économétrique relie la part d'entreprises adoptantes aux variables des quatre familles de déterminants. Trois spécifications ont été adoptées dans le cadre de cette analyse : une régression de panel sans aucun contrôle, avec effets fixes temporels, puis avec effets fixes temporels et pays.

L'idée est de progressivement contrôler pour les chocs communs à toute l'Union (par exemple, l'arrivée d'un nouvel outil IA) puis pour les caractéristiques nationales invariantes dans le temps. Cette décomposition permet d'identifier la nature de la relation qu'entretient la variable explicative avec la technologie considérée.

Déterminant	IA	Cloud
Couverture 5G	n.s.	n.s.
Couverture haut débit	n.s.	-0,198 *
Spécialistes TIC	n.s.	+4,286 *
Formations TIC	n.s.	+1,290 ***
Dépenses de R&D	+1,877 **	-5,223 *
R² inter-pays (modèle à effets fixes)	0,011	0,467

Tableau 2 — Coefficients de la spécification avec effets fixes temporels ; « n.s. » : non significatif. Seuils : * $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. En revanche, le R^2 inter-pays provient du modèle à effets fixes pays et année. Source des données : base DESI, Commission européenne.

Les résultats du Tableau 2 proviennent de la spécification contenant uniquement les effets fixes temps, puisque dès lors que le contrôle pour les pays est ajouté, chaque déterminant perd sa significativité.

D'abord, les variables de connectivité perdent leur significativité dès l'introduction des effets fixes temporels : leur lien avec l'adoption relève d'une tendance commune à l'ensemble de l'Union, non d'une caractéristique structurelle propre à certains pays.

Ensuite, pour l'IA, seules les dépenses de R&D restent associées positivement à l'adoption une fois les effets fixes temps ajoutés. Cette association traduit des écarts structurels entre pays, construits sur le long terme, plutôt qu'un effet de court terme : les variations annuelles de l'effort de R&D ne s'accompagnent pas d'une hausse de l'adoption.

Pour le cloud, ce sont les variables liées au capital humain (formations et spécialistes TIC) qui ressortent, selon la

même logique de niveaux accumulés dans la durée. Le coefficient négatif de la R&D, qui ne reflète que des différences entre pays, ne se prête pas à une lecture causale.

Enfin, **le contraste des R^2 inter-pays** est le résultat le plus informatif : les caractéristiques observables captent près de la moitié des différences d'adoption du cloud entre pays (0,467), mais presque rien de celles de l'IA (0,011). **Le cloud, technologie la plus mature, répond à des déterminants structurels identifiables, à l'inverse de l'adoption de l'IA, plus récente.**

06

CONCLUSION

Ce qu'il faut retenir

L'adoption des technologies avancées dans l'UE-27 est hétérogène, opposant leaders du Nord de l'Europe aux économies de l'Est de l'Europe. De plus, les trois technologies ne diffusent pas en bloc, notamment par différents niveaux de maturité.

La position française est dite, au terme de l'analyse, intermédiaire : son positionnement est mal représenté par l'axe numérique européen. Les déterminants observables du DESI ne permettent pas d'en identifier les causes.

Ce constat est lié aux limites de l'outil : couverture temporelle réduite et déséquilibrée, ruptures de série et endogénéité de plusieurs indicateurs limitent la variation exploitable. En l'état, la base DESI offre un cadre descriptif précieux pour comparer les performances numériques des États membres, mais elle ne suffit pas, à elle seule, à identifier une interprétation causale.

CHAIRE DE RECHERCHE, TNEF

Transformation Numérique des Entreprises Françaises

Ambre Elsas-Nicolle, titulaire (ambre.elsas-nicolle@minesparis.psl.eu)

Charles Vitoux, stagiaire (charles.vitoux@minesparis.psl.eu).

La note s'appuie sur le mémoire de recherche « The Determinants of Artificial Intelligence, Cloud Computing and Big Data Adoption in the European Union: Empirical Evidence from the DESI » (juillet 2026).