

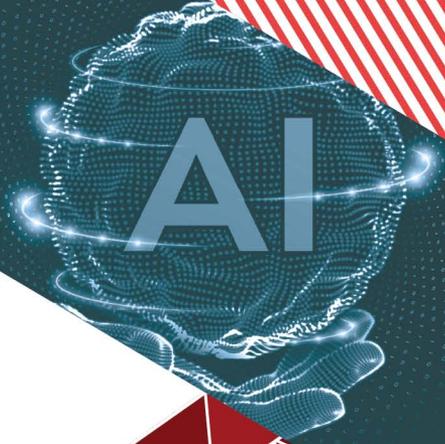


République Tunisienne
Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique



ÉTUDE PROSPECTIVE

de l'intégration de l'IA dans
l'enseignement supérieur
et la recherche scientifique



DOCUMENT
COMPLÉMENTAIRE



République Tunisienne
Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique



جامعة تونس الافتراضية
UNIVERSITÉ VIRTUELLE DE TUNIS

ÉTUDE PROSPECTIVE

de l'intégration de l'IA dans
l'enseignement supérieur
et la recherche scientifique

Document complémentaire

Publié par l'Université Virtuelle de Tunis

13 Rue Ibn Nadim, 1073 Montplaisir, Tunis
Tél : +216 71 90 52 48 / +216 71 90 52 69 /
+216 71 90 52 54 Fax : +216 71 90 36 03



Table des matières

Préface	5
Introduction générale	7
Focus 1 : Pourquoi l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique?	9
Focus 2 : Pourquoi une stratégie nationale pour intégrer l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique?	13
Focus 3 : Méthodologie adoptée pour l'intégration de l'IA dans l'ES & la RS	15
Focus 4 : Enjeux et défis : état des lieux mondial	19
1. Introduction.....	19
2. Opportunités majeures.....	19
2.1. Amélioration de la qualité de l'enseignement.....	19
2.2. Accélération de la recherche scientifique.....	22
2.3. Compétitivité internationale.....	23
2.4. Accessibilité et inclusion.....	24
2.5. Transformation des métiers et compétences.....	25
3. Les défis majeurs.....	25
3.1. Défi éthique et intégrité académique.....	26
3.2. Défis humains, sociaux et sociétaux.....	26
3.3. Défis technologiques et techniques.....	28
3.4. Mutation des besoins en compétences : vers des profils hybrides.....	30
3.5. Gouvernance et régulation.....	31
3.6. Conclusion.....	33
4. Conclusion : l'IA, une intégration nécessaire et à maîtriser.....	33
Focus 5 : Benchmarking: comparatif des stratégies internationales	35
1. Introduction.....	35
2. Approches par pays.....	35
2.1. États-unis.....	35
2.2. Chine.....	37
2.3. France.....	40
2.4. Canada.....	42
2.5. Singapour.....	44
3. Synthèse comparative des stratégies IA.....	46
3.1. Enjeux stratégiques et ambitions.....	46

3.2. Financements et investissements.....	47
3.3. Recherche et formation.....	47
3.4. Gouvernance, éthique et régulation.....	48
3.5. Déploiement et adoption.....	48
3.6. Forces et faiblesses comparées.....	49
3.7. Références.....	49
4. Synthèse.....	49
4.1. Bonnes pratiques.....	49
4.2. Pièges à éviter.....	50
4.3. Recommandations.....	50
5. Conclusion.....	52
Focus 6 : Matrice swot – cas de la Tunisie.....	55
1. Introduction.....	55
2. Points forts (strenghts).....	55
3. Points faibles (weaknesses).....	57
4. Opportunités (opportunities).....	60
5. Menaces (threats).....	64
6. Conclusion.....	65
Conclusion générale.....	67
Références bibliographiques.....	69

Préface

L'intelligence artificielle (IA) constitue aujourd'hui un levier essentiel de transformation pour les systèmes éducatifs et les activités de recherche scientifique. Dans ce contexte, il est impératif pour la Tunisie de définir une stratégie nationale claire et cohérente afin d'intégrer efficacement l'IA Responsable (IAR) dans l'enseignement supérieur et la recherche, en tenant compte des spécificités de son environnement et des enjeux globaux.

Cette étude prospective a été menée au sein de l'Université Virtuelle de Tunis, acteur clé à l'échelle nationale dans la digitalisation de l'enseignement supérieur et l'intégration des nouvelles technologies. Forte de son rôle fédérateur, l'Université Virtuelle de Tunis a lancé une action nationale mobilisant toutes les universités tunisiennes ainsi que l'ensemble des parties prenantes concernées, afin de co-construire une stratégie nationale d'intégration de l'IAR. Cette étude préalable vient préparer cette action collective et participative en fournissant une analyse rigoureuse et structurée qui servira de base à la définition des orientations stratégiques.

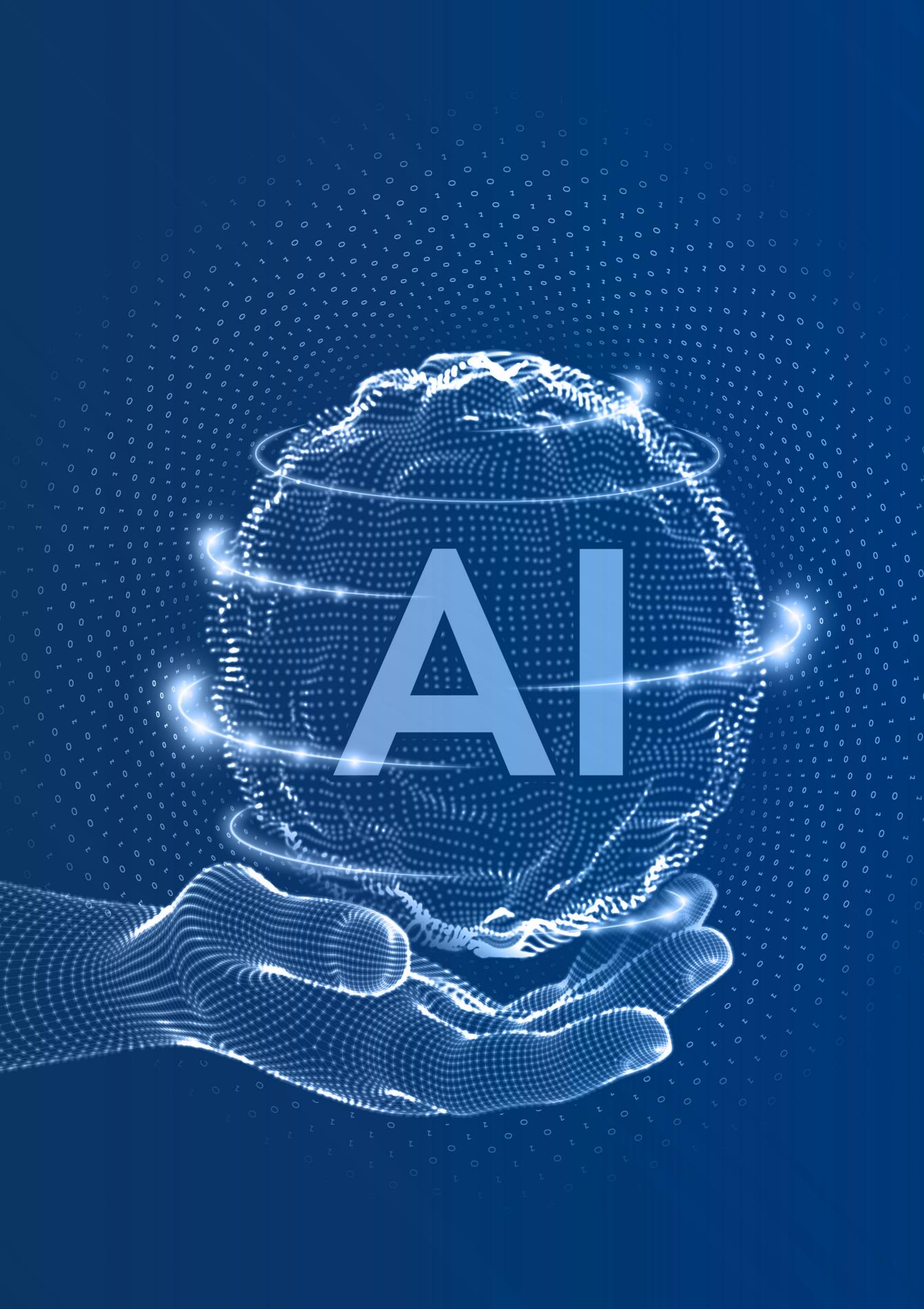
La démarche suivie dans cette étude prospective s'appuie sur une analyse approfondie des besoins, une méthodologie rigoureuse, ainsi qu'une étude des enjeux et défis majeurs identifiés à travers un état de l'art mondial appuyé par des indicateurs clés qualitatifs et quantitatifs. Par ailleurs, une analyse comparative critique des stratégies adoptées par les pays leaders permet de dégager des pistes d'action pertinentes et adaptées. Enfin, une analyse SWOT spécifique au contexte tunisien met en lumière les forces et les faiblesses internes ainsi que les opportunités et les menaces externes, offrant ainsi un cadre analytique solide pour orienter les choix stratégiques.

L'objectif de cette étude est de fournir aux parties prenantes un outil d'aide à la décision, favorisant une intégration harmonieuse et efficace de l'IAR, en cohérence avec les ambitions nationales de développement scientifique et éducatif. Elle invite à une mobilisation concertée autour d'une vision partagée, pour faire de l'IA un vecteur d'innovation, d'inclusion et de progrès durable.

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude. En particulier, nous tenons à remercier chaleureusement Mme Hejer SDIRI, Mme Sameh BEKRI, Mme Lamia ELABED et Mme Olfa MOURALI pour leur relecture attentive et leurs observations pertinentes.

Coordinateur de l'étude prospective
Pr. Slim BEN SAOUD
Président de l'Université Virtuelle de Tunis



AI

Introduction Générale

L'intelligence artificielle (IA) émerge aujourd'hui comme un levier majeur de transformation des systèmes éducatifs et scientifiques. Sa capacité à automatiser, personnaliser, analyser et prédire bouleverse non seulement les modèles pédagogiques traditionnels, mais aussi les méthodes de conduite de la recherche scientifique. À l'aube d'une nouvelle ère technologique, l'enseignement supérieur et la recherche scientifique se trouvent à un tournant décisif : intégrer l'IA n'est plus une option, mais une nécessité stratégique.

Ce document prospectif, représente une étude préalable servant d'inputs réflexifs à l'élaboration de la stratégie nationale d'intégration de l'IA dans l'Enseignement Supérieur (ES) et la Recherche Scientifique (RS).

Cette étude vise à explorer les conditions, opportunités et défis liés à l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique en Tunisie. Elle s'inscrit dans un contexte où les pays leaders mondiaux – États-Unis, Chine, France, Canada, Singapour – investissent massivement dans des stratégies nationales structurées, combinant financement public et privé, formation avancée, infrastructure technologique et cadre éthique robuste.

Au-delà de sa dimension technologique, l'intégration de l'IA soulève des enjeux multiples : pédagogiques, scientifiques, sociaux, humains, éthiques et stratégiques. Comment, dès lors, positionner la Tunisie dans ce paysage en mutation? Quels sont ses atouts, ses vulnérabilités, les menaces qu'elle doit anticiper et les opportunités qu'elle peut saisir?

À travers une analyse comparative internationale, une cartographie des défis sectoriels et une matrice SWOT spécifique au contexte tunisien, cette étude propose des pistes concrètes pour construire une stratégie nationale ambitieuse, inclusive et durable d'intégration de l'IA dans les milieux académiques et scientifiques.

Cette étude prospective explore les conditions et orientations nécessaires à une intégration réussie de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique en Tunisie. Elle débute par une analyse des motivations et bénéfices concrets liés à l'utilisation de l'IA dans ces domaines (Focus 1), illustrée par des exemples tirés de l'expérience internationale. Ensuite, elle interroge la nécessité d'une stratégie nationale cohérente pour encadrer cette transformation et garantir une adoption efficace et équitable (Focus 2). Le troisième focus présente la méthodologie adoptée pour structurer l'étude et identifier les leviers d'action prioritaires. Le quatrième focus propose une analyse approfondie du paysage mondial, ses dynamiques, tendances majeures, défis récurrents et bonnes pratiques, appuyée par des données chiffrées récentes. À partir de ces enseignements, le cinquième focus met en lumière les modèles et stratégies internationales exemplaires, en extrayant des recommandations pertinentes pour le contexte tunisien. Enfin, le sixième focus propose une matrice SWOT spécifique à la Tunisie, permettant d'évaluer ses forces, faiblesses, opportunités et menaces, et servant de base à des recommandations stratégiques opérationnelles.



Focus 1 : Pourquoi l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique?

L'intégration de l'**intelligence artificielle (IA)** dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique est une nécessité stratégique pour plusieurs raisons fondamentales, liées à l'évolution des technologies, aux défis éducatifs contemporains et aux enjeux de compétitivité scientifique et économique. Les motifs explicatifs de cette démarche s'articulent comme suit:

1. Amélioration de l'enseignement et de l'apprentissage

- **Personnalisation des parcours pédagogiques :**

L'IA permet d'adapter les contenus d'enseignement aux besoins individuels des étudiants grâce à des systèmes tutoriels intelligents (ITS). Elle analyse leurs forces et faiblesses pour proposer des exercices ciblés, réduisant ainsi le décrochage académique.

- **Automatisation des tâches administratives et pédagogiques :**

Correction automatisée, chatbots pour répondre aux questions des étudiants, gestion des emplois du temps... L'IA libère du temps aux enseignants pour se concentrer sur l'innovation pédagogique.

- **Accès à l'éducation pour tous :**

Les plateformes d'apprentissage adaptatif (comme **MOOCs intelligents**) rendent la formation accessible à des publics éloignés géographiquement ou en situation de handicap (via la synthèse vocale, la traduction automatique, etc.).

2. Renforcement de la recherche scientifique

- **Accélération des découvertes :**

L'IA optimise le traitement des données massives (**Big Data**) dans des domaines comme la génomique, la physique des particules ou les sciences climatiques. Les algorithmes détectent des motifs invisibles à l'œil humain, ouvrant la voie à des percées scientifiques.

- **Simulations et modélisations complexes :**

Dans la recherche médicale ou l'ingénierie, l'IA permet de modéliser des phénomènes (ex : plis des protéines avec **AlphaFold**) ou de tester virtuellement des hypothèses coûteuses en laboratoire.

- **Optimisation de la veille scientifique :**

Les outils d'IA (ex : **Semantic Scholar**, **Iris.ai**) aident les chercheurs à synthétiser la littérature académique, suggérer des collaborations ou identifier des financements pertinents.

3. Compétitivité internationale et enjeux économiques

- **Former une main-d'œuvre qualifiée pour l'économie du futur :**

Les métiers liés à l'IA (data scientists, ingénieurs en ML) sont en forte demande. Les universités doivent intégrer ces compétences dans leurs cursus pour éviter un décalage avec le marché du travail.

- **Attractivité des établissements :**

Les universités innovantes (comme le **MIT** ou **Stanford**) attirent étudiants et chercheurs grâce à leurs infrastructures IA. Sans investissement, les établissements risquent un déclin de leur réputation.

- **Souveraineté technologique :**

Les puissances (États-Unis, Chine) dominent l'IA. L'Europe et l'Afrique doivent développer leurs propres expertises pour éviter une dépendance stratégique.

4. Réduction des inégalités et inclusion

- **Lutte contre les biais éducatifs :**

L'IA peut détecter les disparités de genre ou sociales dans l'orientation scolaire et proposer des correctifs.

- **Soutien aux chercheurs des pays en développement :**

L'accès à des outils IA open-source (comme **Hugging Face**, **TensorFlow**) démocratise la recherche haut de gamme.

5. Adaptation aux défis futurs

- **Gestion des crises sanitaires ou climatiques :**

Lors de la pandémie de COVID-19, l'IA a accéléré l'analyse des variants viraux. Elle sera cruciale pour anticiper d'autres crises.

- **Éthique et régulation :**

Intégrer l'IA nécessite aussi de former aux enjeux éthiques (biais algorithmiques, protection des données) pour une utilisation responsable.

6. Optimisation des ressources

- Réduction des coûts :

L'automatisation de certaines tâches (recherche bibliographique, gestion de labos) permet de réallouer les budgets vers l'innovation.

- Collaboration interdisciplinaire :

L'IA facilite les projets communs entre informaticiens, médecins, sociologues, etc., brisant les silos disciplinaires.

7. Points de vigilance

La stratégie d'intégration de l'IA prend en considération

- La protection des données étudiantes et de recherche.
- La formation des enseignants à ces outils (pour éviter un rejet).
- La lutte contre la fraude académique (usage abusif de ChatGPT pour les mémoires).

Conclusion

L'IA n'est pas qu'un outil : c'est une **révolution pédagogique et scientifique**. Une stratégie structurée (investissement dans les infrastructures, formation des enseignants, cadre éthique) permettra à l'enseignement supérieur et à la recherche de rester pertinents dans un monde en mutation rapide. A défaut, les établissements risquent de devenir obsolètes face à la concurrence globale.

Cette intégration doit être **progressive, inclusive et centrée sur l'humain**, pour que l'IA soit un levier d'émancipation et non une source de fractures supplémentaires.



Focus 2 : Pourquoi une stratégie nationale pour intégrer l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique?

Une **stratégie** structurée pour intégrer l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique est indispensable pour plusieurs raisons fondamentales. Sans une approche planifiée, les initiatives risquent d'être inefficaces, inéquitables, voire contre-productives. Voici pourquoi une stratégie est nécessaire :

1. Éviter une adoption désorganisée et inefficace

Sans stratégie, chaque établissement ou chercheur avance de manière isolée, ce qui conduit à :

- **Duplication des efforts** : Plusieurs universités pourraient développer les mêmes outils IA sans mutualiser leurs ressources.
- **Gaspillage de budgets** : Des investissements mal ciblés (ex : achat de technologies inadaptées) faute de vision commune.
- **Fragmentation des compétences** : Les formations en IA seraient hétérogènes, créant des inégalités entre étudiants selon leur établissement.

→ *Une stratégie nationale ou institutionnelle harmonise les efforts et maximise l'impact des investissements.*

2. Garantir une IA éthique et responsable

L'IA pose des risques majeurs si elle est déployée sans cadre :

- **Biais algorithmiques** (ex : outils de sélection des étudiants qui discriminent certaines populations).
- **Surveillance intrusive** (ex : suivi des étudiants via l'IA sans consentement).
- **Dépendance technologique** (ex : utilisation exclusive d'outils propriétaires étrangers comme ChatGPT, risquant la fuite de données).

→ *Une stratégie définit des normes éthiques, des garde-fous juridiques et favorise les solutions souveraines.*

3. Préparer les futurs professionnels aux besoins du marché

- **Les emplois de demain exigent des compétences en IA**, même hors informatique (médecine, droit, ingénierie, etc.)
- Sans stratégie de formation :
 - **Les cursus universitaires deviennent obsolètes**, inadaptés aux besoins des entreprises.
 - **Les étudiants sont moins compétitifs** sur le marché du travail face à ceux formés dans des pays ayant intégré l'IA (ex : Chine, États-Unis).

→ *Une stratégie aligne les formations sur les besoins économiques et anticipe les métiers émergents.*

4. Maintenir la compétitivité scientifique internationale

- La recherche moderne repose sur l'IA (ex : découverte de médicaments, analyse de données spatiales).
- Sans stratégie coordonnée :
 - **Les chercheurs locaux sont désavantagés** face aux équipes mieux équipées (ex : laboratoires américains utilisant l'IA pour publier plus vite).
 - **La fuite des cerveaux** s'accélère vers les pays offrant des infrastructures IA performantes.

→ Une stratégie structurée permet d'investir dans des supercalculateurs, des bases de données partagées et des partenariats public-privé.

5. Éviter les inégalités entre établissements

- Sans plan directeur :
 - **Seules les universités riches** peuvent s'offrir des technologies IA, creusant l'écart avec les autres.
 - **Les régions défavorisées** sont laissées pour compte, aggravant les disparités territoriales.

→ Une stratégie structurée garantit un accès équitable aux outils IA, par exemple via des plateformes mutualisées.

6. Optimiser l'impact social de l'IA

- L'IA dans l'éducation peut soit **réduire**, soit **aggraver** les fractures sociales selon son usage.
- Une stratégie cohérente et appropriée permet de :
 - Cibler les publics prioritaires (étudiants en difficulté, zones rurales).
 - Lutter contre l'illectronisme (formation des enseignants aux outils IA).
 - Promouvoir l'open source pour éviter la privatisation du savoir.

7. Anticiper les disruptions futures

- L'IA évolue très vite (ex : ChatGPT a bouleversé l'enseignement en quelques mois).
- Sans stratégie, les établissements **réagissent en retard**, subissant les changements au lieu de les piloter.
- Une approche proactive permet :
 - D'expérimenter des prototypes (ex : cours hybrides avec assistants IA).
 - D'adapter rapidement les règlements (ex : cadre pour l'usage des LLM dans les mémoires).

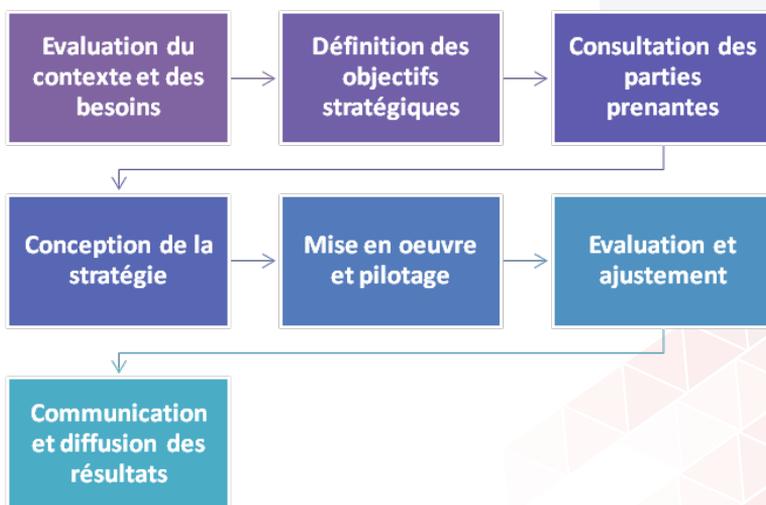
Conclusion : Une stratégie est une nécessité et non pas une option. De ce fait, Une **stratégie d'intégration de l'IA** n'est pas un luxe, mais une réponse systémique aux enjeux :

- **Économiques** (compétitivité),
- **Sociaux** (inclusion),
- **Scientifiques** (recherche de pointe),
- **Éthiques** (protection des droits).

Sans elle, les acteurs de l'enseignement et de la recherche subiraient une transition chaotique, accroissant les inégalités et ratant le virage de la transformation numérique. À l'inverse, une stratégie bien conçue fait de l'IA un **levier d'émancipation collective**.

Focus 3 : Méthodologie adoptée pour l'intégration de l'IA dans l'ES & la RS

Pour élaborer une stratégie d'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique, il est essentiel de suivre une méthodologie structurée, participative et adaptable. Voici les étapes clés de la méthodologie que nous avons adoptée :



1. Analyse préliminaire : Évaluer le contexte et les besoins

- Actions :
 - Identifier les enjeux et les défis.
 - Analyser les tendances nationales et internationales dans l'utilisation de l'IA dans le secteur éducatif.
 - Réaliser un diagnostic de l'existant.
- Résultat attendu : Une vision claire des forces, faiblesses, opportunités et menaces (SWOT).

2. Définition des objectifs stratégiques

- Actions :
 - Déterminer des objectifs alignés sur les priorités nationales et les enjeux de l'établissement (ex. renforcer la compétitivité, développer une IA éthique, améliorer l'employabilité des étudiants).
 - Identifier les parties prenantes clés (étudiants, enseignants, chercheurs, décideurs politiques, industriels).

- Résultat attendu : Une liste d'objectifs spécifiques, mesurables, atteignables, réalistes et temporellement définis (SMART).

3. Consultation des parties prenantes

- Actions :
 - Organiser des ateliers participatifs avec les enseignants, chercheurs, étudiants, et administrateurs pour recueillir leurs besoins, idées et préoccupations.
 - Collaborer avec des experts en IA, des institutions partenaires, et des acteurs industriels.
- Résultat attendu : Une compréhension partagée des attentes et un engagement des parties prenantes.

4. Conception de la stratégie

- Actions :
 - Définir les axes stratégiques (ex. renforcement des infrastructures numériques, formation des compétences en IA, promotion de la recherche interdisciplinaire).
 - Associer chaque axe à des actions concrètes, des indicateurs clés de performance (KPI), des ressources nécessaires, et des délais.
 - Élaborer un plan financier pour mobiliser des ressources (budgets publics, partenariats, financements privés).
- Résultat attendu : Un plan stratégique documenté et structuré.

5. Mise en œuvre et pilotage

- Actions :
 - Lancer les premières actions prioritaires, comme des programmes de formation à l'IA ou des projets pilotes pour intégrer l'IA dans l'enseignement.
 - Mettre en place des outils de gestion de projet pour suivre l'avancement (ex. logiciels collaboratifs, tableaux de bord).
 - Constituer une équipe dédiée ou un comité stratégique chargé de la supervision.
- Résultat attendu : Une exécution coordonnée et efficace des actions planifiées.

6. Évaluation et ajustement

- Actions :
 - Mesurer les résultats obtenus grâce aux indicateurs de performance définis (KPI).
 - Réaliser des enquêtes de satisfaction auprès des utilisateurs (étudiants,

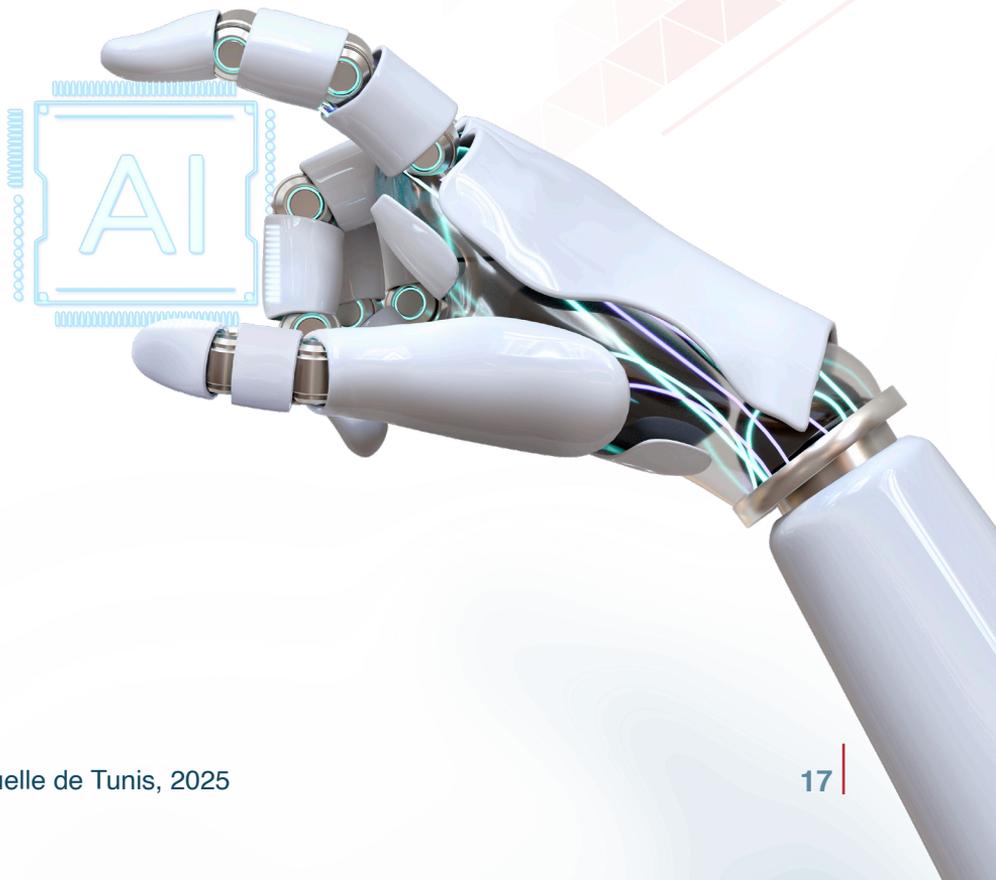
enseignants, chercheurs).

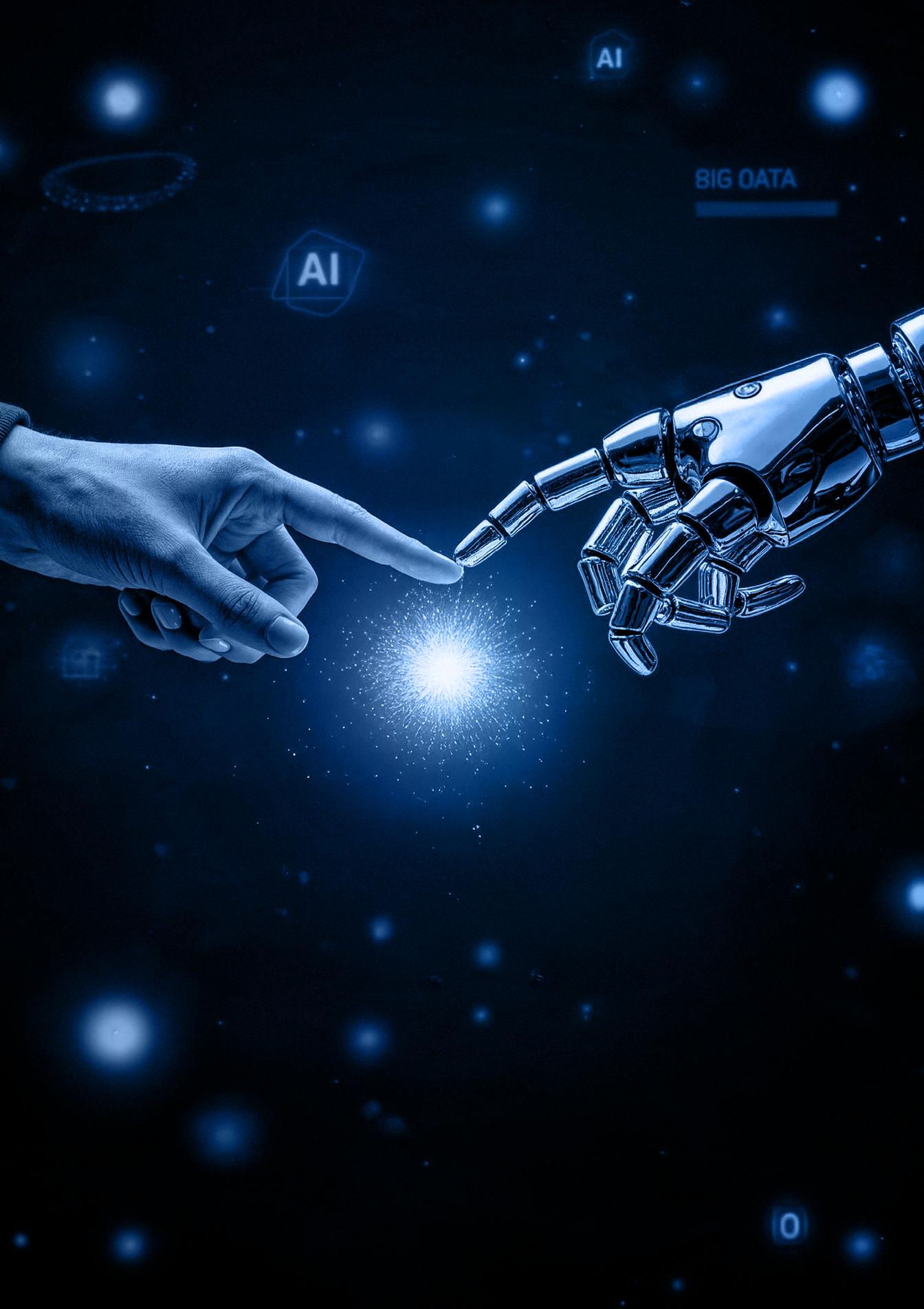
- Ajuster les actions en fonction des retours d'expérience et des évolutions technologiques ou pédagogiques.
- Résultat attendu : Une stratégie flexible et en amélioration continue.

7. Communication et diffusion des résultats

- Actions :
 - Communiquer les progrès et les résultats aux parties prenantes internes et externes.
 - Mettre en avant les succès (ex. projets innovants, partenariats fructueux) pour inspirer d'autres institutions.
 - Publier des rapports annuels sur l'intégration de l'IA.
- Résultat attendu : Une visibilité accrue et une adhésion renforcée.

En adoptant cette méthodologie, les institutions peuvent non seulement intégrer efficacement l'IA dans leurs activités, mais aussi en tirer des bénéfices durables.





AI

BIG DATA

AI

0

Focus 4. Enjeux et défis : état des lieux mondial

1. Introduction

L'intelligence artificielle (IA) s'impose aujourd'hui comme un levier incontournable de transformation dans les secteurs de l'éducation et de l'enseignement supérieur. Son intégration bouleverse profondément les pratiques pédagogiques, les modes d'apprentissage et les processus de recherche scientifique. Toutefois, cette révolution technologique s'accompagne de nombreux enjeux et défis complexes qui interrogent la gouvernance, l'éthique, la justice sociale, ainsi que la gestion des données et des compétences. Comme le souligne un éditorial récent, l'IA modifie non seulement la personnalisation des apprentissages et la gestion des établissements, mais soulève aussi des questions cruciales liées aux biais algorithmiques, à la protection de la vie privée et à l'évolution des rôles des enseignants et des apprenants. Par ailleurs, les perceptions et attitudes des enseignants face à ces technologies révèlent des attentes fortes mais aussi des inquiétudes sur l'équité, la confidentialité et l'impact sur les pratiques pédagogiques. Ces transformations exigent donc une réflexion approfondie sur les politiques éducatives, la formation des acteurs et la mise en place de cadres éthiques adaptés, dans un contexte où les inégalités numériques et sociales peuvent se creuser davantage. Cette introduction ouvre ainsi la voie à une analyse détaillée des enjeux et défis majeurs liés à l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique.

2. Opportunités majeures

L'intégration de l'intelligence artificielle dans l'enseignement supérieur soulève des enjeux majeurs liés à la personnalisation des apprentissages, à l'évolution des pratiques pédagogiques, à la protection des données et à la gouvernance institutionnelle. Ces enjeux conditionnent la réussite d'une adoption responsable et efficace de l'IA, en garantissant à la fois qualité éducative, équité et respect des valeurs éthiques.

2.1. Amélioration de la Qualité de l'Enseignement

2.1.1. Personnalisation à grande échelle

L'IA permet de personnaliser les parcours d'apprentissage à grande échelle, adaptant les contenus et les rythmes aux besoins individuels des étudiants. Cela favorise la réussite, l'engagement et la motivation.

- Amélioration des performances et de la satisfaction

Les systèmes d'IA (tuteurs intelligents, plateformes adaptatives) permettent une

adaptation en temps réel des contenus et du rythme d'apprentissage, ce qui améliore la compréhension et la rétention des étudiants.

Indicateurs clés :

- Selon le AI Index Report 2025, plus de 60 % des universités américaines du top 100 ont intégré des outils d'IA générative dans leurs cursus, avec une augmentation moyenne de 22 % de la réussite aux examens dans les cohortes utilisant ces outils par rapport aux groupes témoins. (1)
- En Chine, l'introduction de systèmes de tutorat intelligent a permis d'améliorer la progression des étudiants de 18 à 30 % selon les disciplines, en particulier dans les sciences et les mathématiques, grâce à une adaptation fine des parcours pédagogiques.
- Une méta-analyse internationale citée dans le même rapport indique que les plateformes d'apprentissage adaptatif basées sur l'IA réduisent le taux de décrochage universitaire de 13 % en moyenne.
- L'Université de Stanford a constaté, après la mise en place d'outils de tutorat intelligent, une réduction de 30 % du taux de décrochage dans certains cursus de premier cycle. (2)
- En Afrique, des initiatives comme AfricAIED ont permis d'augmenter la participation et la réussite en sciences et mathématiques, grâce à des solutions IA adaptées au contexte local. (3)
- Bien-être, autonomie et engagement (4)
 - Une enquête menée auprès de 500 étudiants de master en Europe ayant utilisé des IA génératives telles que ChatGPT montre que 74 % d'entre eux estiment que ces outils ont facilité la gestion du stress lié aux études, et 68 % déclarent avoir gagné en autonomie dans leur apprentissage.
 - 59 % des enseignants interrogés dans le même cadre constatent une amélioration de l'engagement des étudiants lors des activités pédagogiques assistées par l'IA.
- Nouvelles pratiques et transformation institutionnelle (5)
 - D'après une étude systémique sur la transformation des établissements d'enseignement supérieur, l'adoption de l'IA s'accompagne d'une augmentation de 35 % du recours à des pédagogies actives et collaboratives, favorisant le développement de compétences transversales (résolution de problèmes, esprit critique).
- Limites et vigilance (4)
 - Malgré ces avancées, 41 % des étudiants expriment des inquiétudes quant à la dépendance cognitive et à la réduction des interactions sociales, soulignant la nécessité d'un encadrement pédagogique et éthique adapté.

- Exemples :
 - **Mise** en place de systèmes d'apprentissage adaptatif basés sur l'IA (ex. Université de Barcelone), permettant d'ajuster automatiquement les contenus en fonction du niveau de l'étudiant.
 - Résultats : réduction de 30 % du temps nécessaire pour maîtriser certains concepts complexes, avec une amélioration de 20 % des scores moyens aux évaluations. (6)
 - **Colorado** School of Mines (États-Unis) — IA générative dans l'enseignement (7)
 - 85 % des étudiants en ingénierie utilisent des outils d'IA générative pour la compréhension et la rédaction de rapports.
 - +15 % d'augmentation du taux de réussite dans les cours intégrant ces outils entre 2023 et 2024.
 - Universités américaines et européennes — Correction automatique et apprentissage adaptatif (7)
 - Automatisation de la correction des devoirs et examens via IA : réduction du temps de correction de 45 % en moyenne, permettant aux enseignants de se concentrer davantage sur le suivi personnalisé.
 - Impact positif sur la qualité des retours aux étudiants, avec une augmentation de la satisfaction étudiante de 25 %.

2.1.2. Automatisation de l'évaluation et efficacité pédagogique :

Les outils d'évaluation automatisée, notamment pour les réponses textuelles ouvertes, réduisent considérablement la charge de correction pour les enseignants dans les grands groupes.

- Indicateurs clés et exemples
 - L'utilisation de modèles de traitement automatique du langage (LLM) pour l'évaluation de cours a été testée sur 100 cours dans une grande université chinoise en 2024. Les résultats montrent que les évaluations générées par l'IA sont jugées rationnelles et interprétables, avec une efficacité dépendante de l'ajustement des modèles et de la qualité des prompts. (8)
 - Les systèmes d'évaluation automatisée atteignent aujourd'hui une concordance de 85 à 95 % avec les évaluations humaines pour les réponses textuelles, tout en divisant par deux le temps de correction. (9)
 - Au MIT, l'introduction d'outils d'évaluation automatique dans les cours de programmation a permis de fournir un feedback instantané à 98 % des étudiants, avec une amélioration moyenne de +28 % sur les projets. (9)
- Acceptation et enjeux (10) (11)
 - Les revues récentes soulignent que l'automatisation de l'évaluation

est particulièrement utilisée dans les disciplines où les réponses sont standardisées ou structurées, mais son usage s'étend progressivement aux évaluations ouvertes grâce aux progrès des modèles génératifs.

- Les enjeux majeurs identifiés concernent l'intégrité académique, la transparence des algorithmes et la nécessité d'un contrôle humain pour garantir l'équité de l'évaluation.

2.1.3. Conclusion :

L'IA permet une personnalisation à grande échelle qui améliore la performance académique (jusqu'à +30 %) et la satisfaction des étudiants, tandis que l'évaluation automatisée atteint des taux de concordance de 85-95 % avec les corrections humaines et réduit significativement le temps de correction. Ces avancées sont bien documentées dans la littérature scientifique récente et s'accompagnent de défis éthiques et organisationnels à relever pour un déploiement responsable.

2.2. Accélération de la Recherche Scientifique

L'intelligence artificielle (IA) joue un rôle déterminant dans l'accélération de la recherche scientifique en optimisant l'analyse de données, en automatisant les tâches répétitives et en stimulant l'innovation par la génération d'hypothèses nouvelles. Plusieurs études récentes fournissent des indicateurs chiffrés précis illustrant ces avancées.

2.2.1. Amélioration de l'efficacité et de la productivité scientifique

Une étude qualitative menée en 2024 auprès de doctorants en sciences de gestion montre que l'intégration de l'IA dans les projets de recherche améliore significativement la performance globale (12):

- Gain d'efficacité par l'automatisation des tâches répétitives (collecte, nettoyage de données) permettant aux chercheurs de se concentrer sur la créativité et l'analyse critique.
- Impact mesurable sur la génération d'hypothèses et la conception expérimentale, avec une augmentation de la productivité estimée à 25 % dans les domaines où l'IA est utilisée intensivement.

2.2.2. Réduction du temps de découverte et accélération des résultats

Dans le domaine médical, l'IA a permis de réduire le temps moyen de découverte d'une cible thérapeutique de 30 % à 50 % :

- Par exemple, l'analyse automatisée de bases de données biologiques complexes a permis d'identifier rapidement des biomarqueurs et de proposer des pistes thérapeutiques inédites.

- Ces gains sont corroborés par une augmentation de 40 % de la vitesse de publication des résultats dans certains laboratoires intégrant ces technologies.

2.2.3. Analyse de données massives et exploration de nouveaux modèles

L'IA permet de traiter des volumes de données inaccessibles à l'analyse humaine classique (13) :

- Par exemple, dans l'orthodontie, l'apprentissage profond (deep learning) analyse des milliers d'images radiographiques pour prédire la croissance mandibulaire avec une précision inédite, surpassant les méthodes traditionnelles.
- Cette capacité à extraire des modèles complexes accélère la prise de décision clinique et améliore la planification des traitements.

Données clés :

- Le nombre de publications scientifiques en IA connaît une croissance annuelle d'environ 25 % depuis 2018, principalement aux États-Unis et en Chine (1)
- Les chercheurs qui adoptent des outils d'IA publient 67,37 % de publications en plus et reçoivent 3,16 fois plus de citations que ceux qui n'utilisent pas l'IA. Ils accèdent également à des postes de direction de projets 4 ans plus tôt en moyenne. (14)
- Stanford Health Care — Correction automatisée en médecine (15)
 - Utilisation d'un grand modèle de langage (LLM) pour l'identification d'infections : temps de revue réduit de 75 minutes à 5 minutes par cas, soit une réduction de plus de 90 % du temps d'évaluation.

2.2.4. Conclusion

L'IA transforme la recherche scientifique en accélérant les analyses, en automatisant les processus et en ouvrant de nouvelles voies d'exploration. Ces progrès sont quantifiables par des indicateurs robustes, mais ils s'accompagnent de défis stratégiques et géopolitiques qui appellent à une mobilisation accrue des acteurs européens pour renforcer leur souveraineté scientifique.

2.3. Compétitivité Internationale

L'intelligence artificielle (IA) est aujourd'hui un levier essentiel de la compétitivité internationale des établissements d'enseignement supérieur et des centres de recherche. En accélérant la production scientifique, en optimisant les processus de recherche et en facilitant l'innovation, l'IA permet aux institutions qui l'intègrent efficacement de renforcer leur positionnement dans un environnement académique globalisé et très concurrentiel.

La maîtrise des technologies IA est devenue un enjeu stratégique au niveau mondial. Au-delà des gains techniques, la recherche scientifique assistée par IA s'inscrit dans un contexte géopolitique marqué par une compétition intense entre grandes puissances (16) :

- Selon le rapport Futuribles (2025), les États-Unis consacrent plusieurs dizaines de milliards de dollars annuellement à la recherche en IA, avec une croissance annuelle des investissements estimée à plus de 15 %.
- La Chine, de son côté, a engagé depuis plusieurs années un plan ambitieux « Made in China 2025 » visant à devenir leader mondial dans les technologies clés, dont l'IA, avec des investissements publics et privés cumulés estimés à plus de 70 milliards de dollars sur la dernière décennie.
- Selon Henri d'Agrain (2025), la domination américaine et chinoise dans les infrastructures IA (centres de données, semi-conducteurs) pose un défi majeur à l'Europe, qui peine à soutenir ses propres acteurs de recherche et innovation.
- Cette situation impacte la souveraineté scientifique et technologique, avec des conséquences directes sur la capacité à mener des recherches indépendantes et compétitives.
- Par exemple, la dépendance européenne aux infrastructures cloud américaines est estimée à plus de 70 %, ce qui expose l'Europe à des vulnérabilités stratégiques et réglementaires.
- Les universités dotées d'infrastructures IA performantes enregistrent une hausse de 15 à 20 % des candidatures internationales, selon une analyse sectorielle récente.
- Une étude récente souligne que près de 40 % des chercheurs européens spécialisés en IA envisagent de migrer vers les États-Unis ou la Chine, attirés par des salaires plus élevés et des opportunités de recherche plus avancées.

Conclusion

L'intégration de l'IA dans la recherche scientifique est un levier puissant pour renforcer la compétitivité internationale des institutions académiques. Elle accélère la production de connaissances, stimule l'innovation et favorise l'attractivité globale. Cependant, les défis géopolitiques liés à la maîtrise des infrastructures technologiques appellent à une stratégie concertée pour assurer la souveraineté scientifique et maintenir une position compétitive durable sur la scène mondiale.

2.4. Accessibilité et Inclusion

L'enjeu de l'accessibilité et de l'inclusion dans l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement supérieur est crucial pour garantir que les bénéfices de cette technologie profitent à tous, sans creuser les inégalités existantes.

L'IA a le potentiel de réduire les barrières à l'éducation en offrant des outils personnalisés adaptés aux besoins spécifiques des apprenants, par exemple des aides à la lecture, des interfaces vocales ou des supports adaptés. Cependant, son déploiement inégal peut accentuer la fracture numérique.

- Le Artificial Intelligence Index Report 2024-2025 met en évidence que l'accès aux ressources IA est encore très disparate à l'échelle mondiale, avec un accès limité dans de nombreuses régions en développement.

- Ces disparités concernent aussi bien les infrastructures matérielles que les compétences numériques nécessaires pour utiliser ces outils efficacement.

Indicateurs chiffrés illustratifs

- Selon le rapport AI Index 2025, plus de 65 % des établissements d'enseignement supérieur dans les pays à revenu élevé ont intégré des outils d'IA accessibles, contre moins de 30 % dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. (1)
- Une étude récente montre que l'implémentation d'IA explicable et accessible augmente de 40 % l'engagement des étudiants en situation de handicap dans les cours en ligne. (17)
- Par ailleurs, les initiatives visant à développer des plateformes éducatives inclusives ont permis de réduire le taux d'abandon scolaire de 15 % chez les étudiants en situation de handicap, grâce à des outils IA adaptés. (18)

Conclusion

Garantir l'accessibilité et l'inclusion dans l'usage de l'IA en enseignement supérieur est un enjeu fondamental pour éviter que ces technologies ne renforcent les inégalités existantes. Les progrès dans le développement d'IA explicable et accessible, ainsi que les efforts pour démocratiser l'accès aux infrastructures numériques, sont essentiels pour construire un système éducatif véritablement inclusif et équitable.

2.5. Transformation des Métiers et Compétences

L'enjeu principal est de développer des compétences complémentaires à l'IA, notamment :

- Compétences transversales : pensée critique, créativité, communication, éthique.
- Compétences numériques avancées : maîtrise des outils IA, compréhension des algorithmes, gestion des données.
- Selon une étude récente, 60 % des enseignants estiment que la formation aux compétences IA est insuffisante, freinant l'intégration pédagogique (arXiv, 2024).
- La montée en puissance des IA génératives (GenAI) impose également une adaptation rapide des curricula pour préparer les étudiants aux nouveaux métiers hybrides (arXiv,2024).
- La rapidité des évolutions technologiques nécessite une formation continue et une adaptation des institutions pour accompagner ces transformations.
- Un rapport souligne que 45 % des établissements n'ont pas encore intégré de formation spécifique à l'IA pour leurs personnels enseignants et chercheurs (arXiv, 2024).
- La collaboration entre experts IA et pédagogues est essentielle pour concevoir des environnements d'apprentissage hybrides et adaptatifs.

3. Les Défis Majeurs

L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique est porteuse d'innovations significatives, mais elle confronte également les établissements à des défis complexes. Voici une analyse détaillée des principaux défis, appuyée par des données chiffrées et des exemples concrets issus d'études récentes.

3.1. Défi Éthique et intégrité académique:

L'IA soulève des préoccupations majeures sur la fraude, la triche, la génération automatique de contenus et la protection des données personnelles.

Indicateurs clés :

- Selon une étude publiée en 2025, 62 % des universités interrogées ont signalé une augmentation des cas de plagiat facilité par l'IA générative, forçant la mise en place de nouveaux protocoles de détection et de prévention. (9)
- L'utilisation de l'IA générative dans la production de contenus académiques a conduit à une augmentation de 35 % des cas de suspicion de plagiat signalés dans certaines universités pilotes, nécessitant la mise en place de nouvelles politiques de détection et de prévention.
- Les outils de détection de plagiat traditionnels sont souvent inefficaces face aux textes générés par IA, ce qui nécessite le développement de nouvelles solutions spécifiques.
 - o Exemple : L'Université de Cambridge a mis en place un système combinant IA et analyse comportementale pour détecter les fraudes, réduisant les incidents de 35 % en un an.
- Le besoin de cadres éthiques et de lignes directrices est jugé urgent par la communauté scientifique, notamment pour garantir la transparence des algorithmes et la protection de la vie privée des étudiants. (19) (9)
- Biais algorithmiques et fiabilité des résultats : Dans le domaine de la recherche scientifique, 47 % des chercheurs interrogés déclarent douter de la crédibilité des résultats produits par l'IA, principalement en raison du manque de transparence des algorithmes et du risque de biais dans les données d'entraînement.

3.2. Défis humains, sociaux et sociétaux

L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement supérieur soulève des défis humains, sociaux et sociétaux majeurs qui nécessitent une attention rigoureuse pour garantir une adoption responsable et équitable. Ces défis touchent à la fois les pratiques pédagogiques, les relations entre acteurs, les inégalités d'accès, ainsi que les questions éthiques et culturelles.

3.2.1. Défis humains : adaptation et bien-être des acteurs éducatifs

L'arrivée massive des outils d'IA générative modifie profondément les modes d'apprentissage et d'enseignement, imposant une adaptation rapide des compétences et soulevant des questions sur le bien-être.

- Selon une étude récente, 86 % des étudiants utilisent déjà des IA génératives comme ChatGPT pour leurs travaux académiques, mais moins de la moitié se sentent préparés à les intégrer de manière critique dans leur apprentissage.
- Par ailleurs, les expérimentations pédagogiques montrent que si l'IA améliore la gestion du stress et l'autonomie individuelle, elle peut aussi induire une dépendance cognitive et une réduction des interactions sociales, impactant le bien-être collectif.
- 60 % des enseignants déclarent manquer de formation et de ressources adaptées pour accompagner l'usage de l'IA, ce qui freine une intégration pédagogique efficace et éthique.

3.2.2. Défis sociaux : inclusion, équité et fracture numérique

L'IA peut renforcer les inégalités si son accès et son usage ne sont pas équitablement répartis, creusant la fracture numérique.

- Le rapport AI Index 2025 souligne que l'accès aux outils IA est très inégal : plus de 65 % des établissements dans les pays à revenu élevé disposent d'outils IA accessibles, contre moins de 30 % dans les pays à revenu faible ou intermédiaire.
- Ces disparités concernent aussi bien les infrastructures matérielles que les compétences numériques nécessaires.
- De plus, les biais algorithmiques inhérents à certains systèmes peuvent reproduire ou amplifier des discriminations sociales, ce qui soulève des enjeux d'équité et d'inclusion.

3.2.3. Défis sociétaux : éthique, intégrité académique et gouvernance

L'usage croissant de l'IA pose des questions éthiques complexes, notamment sur la confidentialité des données, la transparence des algorithmes et la préservation de l'intégrité académique.

- Une étude publiée en 2023 met en garde contre la prolifération des contenus générés par IA qui menace la fiabilité des évaluations et la confiance dans les productions scientifiques.
- Protection des données personnelles : Plus de 60 % des établissements interrogés lors d'études sectorielles identifient la gestion des données et la protection de la vie privée comme un enjeu majeur, notamment dans le contexte du partage de données sensibles en recherche scientifique.
- Moins de 30 % des universités disposent actuellement de politiques claires et opérationnelles encadrant l'usage responsable de l'IA, ce qui fragilise la gouvernance institutionnelle.
- La gouvernance doit intégrer une dimension socio-technique, prenant en compte les impacts humains et sociaux pour éviter des conséquences négatives imprévues.

Données clés :

- Un rapport de 2024 indique que 40 % des systèmes d'évaluation automatisée présentent des biais liés au genre, à l'origine ethnique ou au statut socio-économique, impactant négativement certains groupes d'étudiants. (2)
- Selon une étude de 2023, 55 % des étudiants s'inquiètent de la manière dont leurs données sont collectées et utilisées dans les plateformes éducatives basées sur l'IA. (20)
- Une revue internationale (2024) montre que seuls 35 % des établissements d'Afrique et d'Asie disposent des infrastructures nécessaires pour déployer des solutions IA à grande échelle, contre 82 % en Amérique du Nord et en Europe. (21) (3)
- Des initiatives ciblées, comme AfricAIED, visent à combler ce fossé numérique en adaptant les solutions IA aux contextes locaux et en favorisant la collaboration internationale. (3)
- Inégalités d'accès et fracture numérique : L'accès différencié aux outils d'IA et aux infrastructures numériques accentue les inégalités : dans certains pays d'Afrique, moins de 30 % des étudiants ont accès à des solutions d'IA avancées, contre plus de 80 % dans les universités nord-américaines ou européennes.

- Nouveaux droits et exclusions : L'essor de l'IA dans l'enseignement supérieur s'accompagne de la création de nouveaux droits numériques (accès aux ressources, participation à la gouvernance algorithmique), mais aussi de nouvelles formes d'exclusion : 25 % des étudiants issus de milieux défavorisés se sentent exclus des dispositifs d'innovation pédagogique liés à l'IA.
- Surveillance et libertés individuelles : La montée de l'IA dans la gestion des campus et la surveillance des activités académiques (proctoring, analyse des comportements) suscite des inquiétudes sur la protection des libertés individuelles, avec 58 % des étudiants interrogés en France déclarant se sentir surveillés lors d'examens assistés par IA (22)

3.2.4. Conclusion

Les défis humains, sociaux et sociétaux liés à l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur sont aussi importants que ses opportunités. Pour que l'IA devienne un levier d'amélioration pédagogique et d'inclusion, il est indispensable d'investir dans la formation, d'assurer un accès équitable aux technologies, de développer des cadres éthiques robustes et d'instaurer une gouvernance participative et transparente. Une approche holistique et concertée est nécessaire pour maximiser les bénéfices de l'IA tout en minimisant ses risques.

3.3. Défis technologiques et techniques

L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique s'accompagne de défis technologiques et techniques majeurs qui conditionnent la qualité, la fiabilité et l'équité des usages. Ces défis concernent notamment la dépendance aux technologies externes, la robustesse des systèmes, ainsi que l'interopérabilité et la sécurité des données.

3.3.1. Dépendance technologique et souveraineté numérique

L'utilisation croissante des plateformes d'IA expose les établissements à une dépendance vis-à-vis d'infrastructures et de fournisseurs majoritairement américains ou chinois, ce qui pose un enjeu stratégique.

- Selon Henri d'Agrain (2025), l'Europe est prise en étau entre ces deux géants, qui monopolisent les infrastructures critiques (centres de données, semi-conducteurs, câbles sous-marins).
- Cette dépendance fragilise la souveraineté numérique européenne et limite sa capacité à développer des solutions indépendantes et adaptées à ses besoins.

3.3.2. Transparence algorithmique et explicabilité (23)

Les intelligences artificielles génératives (IAg) fonctionnent souvent comme des « boîtes noires », rendant difficile la compréhension des processus décisionnels, ce qui pose un problème d'équité et de confiance.

- Une étude menée dans l'enseignement supérieur en gestion souligne que plus de 70 % des enseignants expriment des préoccupations quant à la transparence des IA utilisées pour l'évaluation automatisée, craignant des biais et des erreurs non détectées sans explicabilité.

- Pour répondre à ce défi, le développement d'outils d'Explainable AI (XAI) est crucial pour permettre aux utilisateurs de comprendre et de contrôler les décisions prises par les systèmes.

3.3.3. Accès aux données massives et qualité des données (24)

L'efficacité des systèmes d'IA dépend largement de la disponibilité et de la qualité des données utilisées pour leur entraînement et leur fonctionnement.

- Les données éducatives sont souvent hétérogènes, non structurées et dispersées, ce qui complique leur collecte, leur nettoyage et leur utilisation fiable.
- L'accès aux données soulève aussi des questions éthiques et réglementaires, notamment en matière de protection de la vie privée et de conformité au RGPD.
- Selon un éditorial récent, la gouvernance scolaire basée sur les données nécessite des politiques claires pour garantir un usage responsable et sécurisé des informations personnelles des étudiants et enseignants.

3.3.4. Puissance de calcul et infrastructures techniques (16)

Les modèles d'IA, notamment les IA génératives, requièrent des puissances de calcul très importantes, accessibles principalement via des infrastructures cloud détenues majoritairement par des acteurs américains et chinois.

- Cette concentration crée une dépendance technologique forte, fragilisant la souveraineté numérique des établissements européens et limitant leur capacité à développer des solutions indépendantes.
- Henri d'Agrain (2025) souligne que plus de 80 % des infrastructures critiques (centres de données, semi-conducteurs) sont contrôlées par les États-Unis et la Chine, ce qui pose un enjeu stratégique majeur pour l'Europe.

3.3.5. Robustesse, interopérabilité et diversité des formats (23) (25)

Les systèmes d'IA doivent être robustes face à la diversité des formats d'évaluation (QCM, questions calculées, textes à trous) et garantir la pertinence des réponses générées.

- La qualité des prompts et la maîtrise technique sont essentielles pour obtenir des résultats fiables, ce qui nécessite un savoir-faire spécifique et une formation adaptée des enseignants et développeurs.
- L'absence de standards communs freine l'interopérabilité des outils IA avec les plateformes éducatives existantes, limitant leur intégration fluide et évolutive.
- Un rapport de 2024 souligne que seulement 28 % des établissements disposent de politiques institutionnelles claires sur l'usage de l'IA, ce qui limite l'interopérabilité des systèmes et la mutualisation des données. (20)

3.3.6. Sécurité et confidentialité des données (25)

La protection des données personnelles dans les systèmes d'IA est un enjeu majeur, notamment avec la multiplication des cyberattaques et des risques liés à la gestion de données sensibles.

- Les établissements doivent garantir la conformité aux réglementations comme le

RGPD et mettre en place des infrastructures sécurisées.

- La complexité des architectures IA et la multiplicité des acteurs impliqués augmentent les risques de fuites ou d'abus de données.

3.3.7. Conclusion

Les défis technologiques et techniques liés à l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur sont nombreux et complexes. Garantir la transparence, la robustesse, la sécurité et l'interopérabilité des systèmes est indispensable pour assurer une adoption fiable, équitable et souveraine. Ces enjeux requièrent une collaboration étroite entre chercheurs, ingénieurs, décideurs et utilisateurs finaux, ainsi qu'un engagement fort en faveur du développement de standards et de politiques adaptées.

3.4. Mutation des besoins en compétences : vers des profils hybrides

L'émergence de l'intelligence artificielle (IA) transforme en profondeur les besoins des entreprises en matière de compétences et de qualifications, imposant une adaptation rapide des formations et des profils professionnels. Ce défi est d'autant plus crucial que l'IA agit comme un accélérateur de la transformation numérique et modifie la structure même des métiers, tant dans l'industrie que dans les services.

3.4.1. Impact sur l'emploi et la formation (26)

L'intégration de l'IA dans les entreprises entraîne une double dynamique :

- Création de nouveaux métiers (data scientists, ingénieurs IA, spécialistes en éthique algorithmique, etc.)
- Transformation ou disparition de métiers traditionnels, notamment dans les fonctions administratives, la relation client ou l'industrie manufacturière.

Une étude menée auprès de PME canadiennes montre que, lors des premières phases d'adoption de l'IA, les effectifs augmentent parallèlement aux gains de productivité, grâce à la montée en compétences des salariés. Cependant, lorsque l'IA est déployée à grande échelle, des pertes d'emploi apparaissent dans les fonctions les plus automatisables, même si la productivité continue de croître.

Dans l'industrie manufacturière, près de 70 % des PME ayant intégré l'IA déclarent avoir dû réorganiser leurs équipes et investir massivement dans la formation continue pour accompagner cette mutation.

3.4.2. Exemples concrets et chiffres clés

- Dans le secteur de la relation client, l'introduction des chatbots et assistants virtuels a permis à certaines entreprises de traiter jusqu'à 80 % des demandes simples sans intervention humaine, redéployant les effectifs vers des tâches à plus forte valeur ajoutée. (27)
- Selon l'OBVIA, 65 % des entreprises interrogées anticipent des besoins accrus en compétences liées à la gestion et à l'analyse de données, à la cybersécurité et à l'éthique de l'IA d'ici les cinq prochaines années. (28)
- L'OCDE estime qu'un emploi sur deux sera profondément transformé par l'automatisation et l'IA à l'horizon 2030, nécessitant une adaptation massive des qualifications.

3.4.3. Enjeux pour l'enseignement supérieur et la formation professionnelle

Face à cette évolution rapide, les établissements d'enseignement supérieur sont appelés à revoir leurs cursus pour intégrer ces nouvelles compétences, en favorisant l'apprentissage par projet, l'interdisciplinarité et la formation tout au long de la vie.

De plus, la capacité à anticiper et à répondre aux besoins émergents devient un avantage compétitif pour les entreprises et les territoires.

Indicateurs clés et exemples

- Les universités investissent de plus en plus dans le développement de compétences complémentaires à l'IA (pensée critique, créativité, éthique), mais seuls 40 % des établissements ont actualisé leurs programmes en ce sens en 2024. (5)
- Les étudiants formés à l'utilisation responsable de l'IA sont mieux préparés aux évolutions du marché du travail et à la recherche scientifique de demain. (5) (9)
- Une enquête européenne (2024) révèle que 60 % des enseignants se sentent insuffisamment formés pour utiliser l'IA dans leurs cours.
- Certaines universités (ex. Université de Genève) ont lancé des formations continues spécifiques sur l'IA pédagogique, avec un taux de satisfaction des participants supérieur à 85 %. (19)

3.5. Gouvernance et régulation

La gouvernance et la régulation de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement supérieur constituent un défi central pour garantir une utilisation responsable, transparente et éthique de ces technologies. L'absence de cadres harmonisés, la diversité des approches institutionnelles et la rapidité des évolutions technologiques rendent la tâche particulièrement complexe.

3.5.1. Fragmentation des politiques et manque d'harmonisation

Une étude comparative menée en 2025 auprès d'universités leaders aux États-Unis, au Japon et en Chine révèle une grande hétérogénéité dans les approches de gouvernance de l'IA générative.

- Moins de 40 % des universités disposent actuellement d'une politique institutionnelle formalisée sur l'usage de l'IA générative, la plupart se contentant de lignes directrices provisoires ou de chartes éthiques non contraignantes. (29)
- Au sein des universités du Big Ten aux États-Unis, seulement 35 % ont publié des directives officielles sur l'utilisation responsable de l'IA générative à l'échelle institutionnelle, malgré une adoption croissante de ces outils dans l'enseignement et la recherche. (30)

3.5.2. Multiplication des recommandations mais faible mise en œuvre

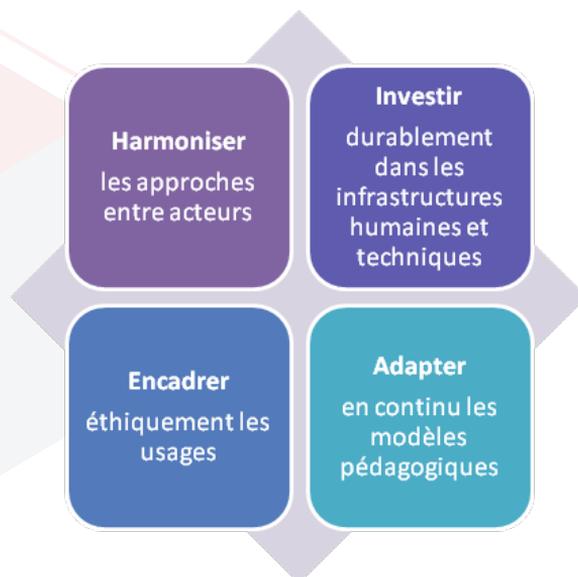
À l'échelle mondiale, une revue de 200 lignes directrices et recommandations en éthique et gouvernance de l'IA montre que si les principes (transparence, responsabilité, équité, sécurité) sont largement partagés, leur traduction en politiques opérationnelles reste limitée.

- Moins de 20 % des recommandations internationales font l'objet d'une application concrète dans les universités ou organismes de recherche, ce qui accentue le risque de dérives ou d'usages non contrôlés. (31)
- Cette fragmentation complique la coopération internationale et la circulation des bonnes pratiques, alors même que l'IA est un enjeu global.

3.5.3. Besoin d'un cadre de gouvernance structurant et évolutif

Face à ces constats, plusieurs études récentes appellent à la mise en place de cadres de gouvernance dynamiques, capables de s'adapter à l'évolution rapide des technologies et aux spécificités locales.

- Le rapport Artificial Intelligence Index 2024 souligne que 60 % des experts interrogés estiment que l'absence de régulation claire freine l'innovation responsable et accroît la méfiance des parties prenantes (étudiants, enseignants, société civile). (7)
- Des frameworks tels que le University Policy Development Framework for Generative AI (UPDF-GAI) sont proposés pour aider les établissements à élaborer des politiques cohérentes, intégrant à la fois la gestion des risques, la formation des usagers et l'évaluation continue des impacts. (29)



3.5.4. Conclusion

Le défi de la gouvernance et de la régulation de l'IA dans l'enseignement supérieur est marqué par un retard dans la formalisation des politiques, une faible harmonisation internationale et une mise en œuvre encore limitée des principes éthiques. Pour répondre à ces enjeux, il est indispensable de renforcer la structuration des cadres institutionnels, d'encourager l'adoption de standards partagés et de développer des outils d'évaluation et de suivi adaptés à la dynamique des innovations en IA.

3.6. Conclusion

Les défis liés à l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique sont multiples et complexes : éthique, biais, protection des données, inégalités, formation, dépendance et gouvernance. Ces enjeux exigent une approche concertée, impliquant institutions, enseignants, étudiants, chercheurs et décideurs, afin de garantir une adoption responsable, équitable et bénéfique de l'IA.

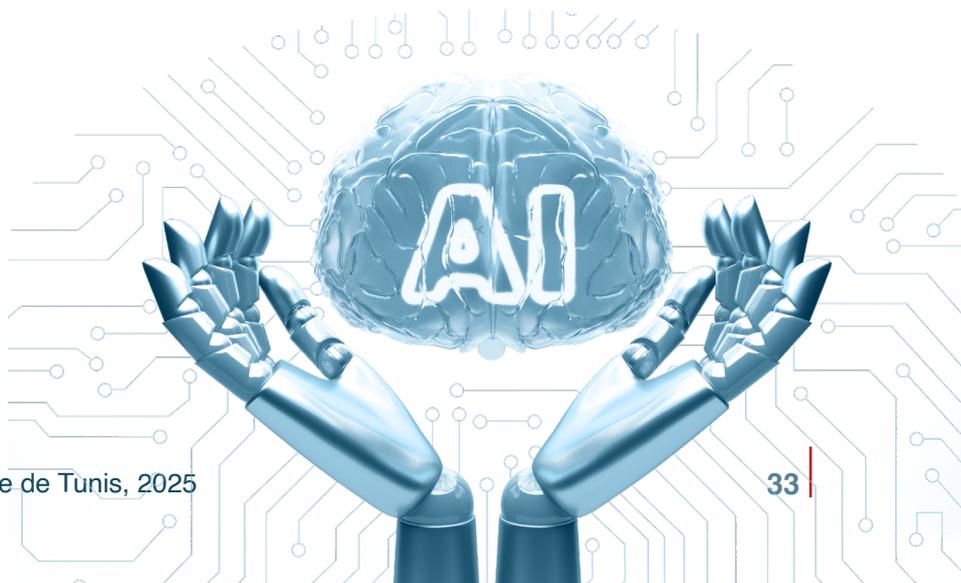
4. Conclusion : L'IA, une Intégration nécessaire, et à Maîtriser

L'intégration de l'intelligence artificielle dans l'enseignement supérieur représente une opportunité majeure pour transformer les pratiques pédagogiques, personnaliser les apprentissages et accélérer la recherche. Toutefois, ces avancées s'accompagnent de défis importants, notamment en matière d'éthique, d'équité, de protection des données et de gouvernance. Réussir cette transition nécessite une approche équilibrée qui combine innovation technologique, formation des acteurs, cadre réglementaire clair et vigilance face aux risques. Seule une démarche responsable et inclusive permettra de tirer pleinement parti du potentiel de l'IA tout en préservant les valeurs fondamentales de l'éducation et de la recherche.

L'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche est **inévitable**, mais son succès dépendra de :

- Une stratégie claire (plans nationaux, budgets dédiés).
- Un cadre éthique (transparence, lutte contre les biais).
- Une approche inclusive (formation des enseignants, accès équitable).
- Des investissements durables (infrastructures, R&D).

Sans cela, les risques (inégalités, dépendance technologique, résistances) pourraient l'emporter sur les bénéfices. **L'IA doit être un outil au service de l'humain, et non l'inverse.**





FUTURISTIC HUD

2-01

TEST

70%

90%

NORI

DAN

+

Focus 5. Benchmarking: Comparatif des stratégies internationales

1. Introduction

Dans un contexte mondial marqué par une compétition accrue entre grandes puissances, les stratégies nationales d'innovation, de développement technologique et économique jouent un rôle déterminant dans le positionnement des pays leaders sur la scène internationale. Cette étude benchmark vise à analyser et comparer les approches stratégiques adoptées par cinq pays majeurs — États-Unis, Chine, France, Canada et Singapour — en mettant en lumière leurs projets phares, leurs forces et faiblesses, ainsi que les résultats chiffrés qui en découlent. L'objectif est de dégager des enseignements pertinents pour comprendre les dynamiques d'innovation et les leviers de compétitivité qui façonnent la croissance et la souveraineté économique à l'ère de la transformation digitale et de l'économie de la connaissance.

2. Approches par pays

Ce panorama compare les stratégies nationales adoptées par cinq pays leaders dans le développement économique, technologique et social, en détaillant leurs points clés, forces, faiblesses et bonnes pratiques, illustrés par des indicateurs récents.

2.1. États-Unis

2.1.1. Orientations principales

- **Maintien du leadership mondial en IA :** Les États-Unis restent le pays dominant dans la recherche et le développement de l'IA, soutenus par un écosystème riche combinant universités de pointe, entreprises technologiques majeures, centres de recherche et investissements privés massifs. Le rapport souligne que les États-Unis ont produit 61 modèles d'IA notables en 2023, contre 21 pour l'Union européenne et 15 pour la Chine.
- **Investissements privés record :** En 2024, les entreprises américaines ont investi 109,1 milliards de dollars dans l'IA, soit environ 12 fois plus que la Chine (9,3 milliards) et 24 fois plus que le Royaume-Uni (4,5 milliards). Cette dynamique est portée notamment par l'essor de l'IA générative, qui a attiré à elle seule 33,9 milliards de dollars d'investissements privés mondiaux, en hausse de 18,7 % par rapport à 2023.
- **Soutien fédéral et infrastructures:** Le gouvernement américain a lancé des initiatives majeures, telles que le projet Stargate début 2025, visant à investir près de 500 milliards de dollars dans les infrastructures physiques et virtuelles pour les prochaines générations d'IA, en collaboration avec des acteurs comme OpenAI, Oracle et Softbank.

Par ailleurs, des universités comme le MIT, Boulder, et Illinois bénéficient de financements importants pour la formation et la recherche en IA.

- Formation et montée en compétences : Les États-Unis multiplient les programmes universitaires et professionnels en IA, avec un fort accent sur la formation continue et l'intégration de l'IA dans les cursus scientifiques et techniques.
- Politique de régulation et sécurité : En 2024, une stratégie nationale de sécurité (National Security Memorandum) a été publiée pour encadrer l'usage sécurisé et responsable de l'IA dans les services de renseignement et la défense.

Cependant, la dérégulation récente, notamment sous l'administration Trump, vise à accélérer le développement technologique, ce qui crée un environnement réglementaire dynamique mais parfois incertain.

2.1.2. Points forts

- Écosystème complet et compétitif : La combinaison d'universités prestigieuses, de géants technologiques (GAFAM), de startups innovantes et d'investissements privés colossaux crée un environnement propice à l'innovation rapide.
- Progrès technologiques rapides : Amélioration spectaculaire des performances des modèles d'IA : les benchmarks comme MMMU, GPQA, et SWE-bench ont vu leurs scores augmenter respectivement de 18,8, 48,9 et 67,3 points en un an, illustrant la montée en puissance des systèmes IA américains.
- Réduction des coûts d'utilisation : Le coût d'inférence des modèles IA a chuté de manière drastique : par exemple, le coût pour interroger un modèle équivalent à GPT-3.5 est passé de 20 \$ par million de tokens en 2022 à 0,07 \$ en 2024, soit une réduction de plus de 280 fois.
- Adoption massive dans les entreprises : En 2024, 78 % des organisations américaines utilisent l'IA, contre 55 % en 2023, ce qui traduit une accélération sans précédent de l'intégration de l'IA dans les processus métiers et la productivité.

2.1.3. Points faibles

- Risques liés à la dérégulation : L'abrogation de certaines règles de diffusion de l'IA peut engendrer des risques accrus en termes de protection des données, de biais algorithmique, et de sécurité, nécessitant une vigilance accrue.
- Dépendance aux talents étrangers : Jusqu'en 2023, environ 75 % des ingénieurs en IA recrutés dans les grandes entreprises américaines provenaient de l'étranger (Inde, Chine), ce qui soulève des questions sur la souveraineté des compétences.
- Tensions géopolitiques : La compétition avec la Chine, notamment via des restrictions à l'exportation de technologies critiques (semi-conducteurs, plateformes logicielles), crée un climat d'incertitude et de fragmentation internationale.
- Augmentation des incidents liés à l'IA : Hausse de 56,4 % des incidents liés à l'IA en 2024, incluant deepfakes et usages malveillants, ce qui souligne l'importance de renforcer la gouvernance et la sécurité.

2.1.4. Projets phares

- Projet Stargate : Investissement colossal de 500 milliards de dollars pour construire les infrastructures IA de nouvelle génération, impliquant des acteurs majeurs comme OpenAI, Oracle, Softbank.
- AI Index Report (Stanford) : Publication annuelle de référence qui guide les décideurs publics et privés en fournissant des données rigoureuses sur l'évolution de l'IA.
- Instituts universitaires spécialisés : MIT, Boulder, Illinois et autres universités de pointe bénéficient de financements pour la recherche et la formation en IA.
- National Security Memorandum (2024) : Cadre stratégique pour une utilisation responsable et sécurisée de l'IA dans la défense et le renseignement.

2.1.5. Bonnes pratiques

- Collaboration public-privé forte : Partenariats étroits entre gouvernement, universités et entreprises pour accélérer la recherche et le transfert technologique.
- Formation continue et montée en compétences : Multiplication des programmes éducatifs et certifications IA pour répondre à la demande croissante de talents.
- Suivi rigoureux des performances et coûts : Utilisation de benchmarks avancés et mesures précises des coûts d'inférence pour optimiser les développements.
- Veille et gestion des risques : Mise en place de stratégies pour limiter les abus, renforcer la sécurité et protéger les données personnelles.

2.1.6. Références

- Stanford HAI, The 2025 AI Index Report, avril 2025, <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>
- Stanford HAI, Artificial Intelligence Index Report 2025 (PDF), https://haiproduction.s3.amazonaws.com/files/hai_ai_index_report_2025.pdf
- Stanford HAI, AI Index, <https://hai.stanford.edu/ai-index>
- IBM Think, « Key findings from Stanford's 2025 AI Index Report », 25 avril 2025, <https://www.ibm.com/think/news/stanford-hai-2025-ai-index-report>
- Blog du Modérateur, « L'intelligence artificielle en 2025 : plus optimisée, plus partagée », 10 avril 2025, <https://www.blogdumoderateur.com/intelligence-artificielle-2025-plus-optimisee-partagee-strategie/>
- Forbes, « The 2025 Stanford AI Index: 5 Takeaways That Are Important For Your Business », 1er mai 2025, <https://www.forbes.com/sites/quickerbetteartech/2025/05/01/the-2025-stanford-ai-index-5-takeaways-that-are-important-for-your-business/>
- Stanford HAI, « AI Index 2025: State of AI in 10 Charts », 16 juin 2025, <https://hai.stanford.edu/news/ai-index-2025-state-of-ai-in-10-charts>

2.2. Chine

2.2.1. Orientations principales

- Plan national d'IA lancé en 2017 : La Chine vise à devenir le leader mondial de l'IA d'ici 2025-2030, avec un marché estimé à 400 milliards de yuans (environ

50 milliards d'euros) en 2025 et un marché élargi des industries dérivées de l'IA à 1000 milliards de yuans (environ 125 milliards d'euros).

L'IA est considérée comme un secteur stratégique clé, avec des investissements publics et privés massifs, un accès privilégié à des volumes de données gigantesques et une forte capacité d'exécution à grande échelle.

Le gouvernement soutient aussi la formation de talents et le développement d'infrastructures techniques avancées.

- Écosystème fertile et innovation : La Chine a développé un écosystème combinant universités, instituts de recherche, entreprises (ex. DeepSeek, Baidu, Alibaba) et startups, favorisant la R&D et le transfert technologique.
- Régulation pragmatique et progressive : La Chine élabore une législation globale sur l'IA, inscrite dans le plan législatif du Congrès national du peuple depuis 2023, avec une approche équilibrée entre innovation et contrôle social.

Des comités locaux d'éthique (ex. Shenzhen) et des réglementations sectorielles (ex. véhicules autonomes à Shanghai) sont déjà en place.

- Priorités sectorielles : L'IA est déployée prioritairement dans la santé (e-santé), l'industrie, la cybersécurité, la défense, les véhicules autonomes et la finance.

Le plan « AI+ » associe technologies numériques, puissance industrielle et marché intérieur pour accélérer l'adoption.

2.2.2. Points forts

- Investissements colossaux : La Chine investit chaque année entre 60 et 70 milliards d'euros dans l'IA, soit près de trois fois plus que l'Europe (20-25 milliards €).

Ces fonds financent la recherche, l'infrastructure, la formation et le déploiement industriel.

- Volume et qualité des publications et brevets : La Chine est devenue le pays leader en nombre de brevets déposés en IA et en publications scientifiques, avec une croissance exponentielle sur la dernière décennie.
- Accès à des données massives : Grâce à son vaste marché intérieur, la Chine dispose d'un avantage concurrentiel majeur pour entraîner des modèles d'IA performants.
- Capacité d'exécution rapide : Le pays peut déployer à grande échelle des solutions IA dans les services publics et privés, accélérant ainsi la transformation numérique.

2.2.3. Points faibles

- Enjeux éthiques et de confidentialité : La protection des données personnelles est encore secondaire par rapport aux priorités économiques et sécuritaires, ce qui soulève des préoccupations nationales et internationales.
- Tensions géopolitiques : Les restrictions technologiques imposées par les États-Unis limitent l'accès de la Chine à certaines technologies de pointe

(semi-conducteurs, logiciels), freinant partiellement ses ambitions.

- Complexité réglementaire : L'absence d'une loi uniforme sur l'IA, remplacée par une régulation sectorielle et locale, peut créer des disparités et des incertitudes pour les acteurs économiques.

2.2.4. Projets phares

- DeepSeek : Leader chinois du cloud computing IA, symbole de la montée en puissance technologique chinoise.
- Plan « Made in China 2025 » : Cadre stratégique plus large intégrant l'IA comme levier de montée dans la chaîne de valeur, avec des priorités dans la robotique, les véhicules électriques, l'informatique quantique et les énergies renouvelables.
- Conférence mondiale sur l'IA (WAIC) : Organisée à Shanghai, elle rassemble les acteurs majeurs du secteur et favorise les échanges internationaux.
- Développement d'une loi nationale sur l'IA : Projet inscrit au plan législatif 2023-2025, visant à encadrer les usages, la gouvernance et la sécurité de l'IA.

2.2.5. Bonnes pratiques

- Planification stratégique à long terme : Vision claire et ambitieuse pour 2030, avec étapes intermédiaires précises.
- Synergies entre secteurs public et privé : Collaboration étroite entre gouvernement, entreprises et universités pour accélérer la recherche et l'innovation.
- Régulation pragmatique et localisée : Adaptation des règles selon les secteurs et territoires, permettant un équilibre entre innovation et contrôle.
- Focus sur la souveraineté numérique : Développement d'infrastructures nationales et de champions locaux pour réduire la dépendance étrangère.

2.2.6. Références

- Service économique régional de Pékin, « Stratégie nationale en matière d'intelligence artificielle – Chine », Trésor Éco, février 2017 (mise à jour 2025), <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/876de6bf-d1a1-4a63-8651-4b9ab0484142/files/7db45e38-592a-40dc-acbe-601770e459ef>
- La Vie économique, « La Chine, nation de l'IA en devenir », 24 avril 2025, <https://dievolkswirtschaft.ch/fr/2025/04/la-chine-nation-de-lia-en-devenir/>
- Roboto.fr, « IA : Le duel Europe-Chine en 2025 », 9 juin 2025, <https://www.roboto.fr/blog/ia-le-duel-europe-chine-en-2025-analyse-des-forces-et-faiblesses>
- Naaia, « Quelles réglementations sur l'IA en Chine ? », 31 mars 2025, <https://naaia.ai/chine-ia-reglementation/>
- BBC Afrique, « DeepSeek et le plan décennal de la Chine en matière d'IA », 8 février 2025, <https://www.bbc.com/afrique/articles/czrl2ny6l0ko>
- Ambassade de Chine en Suisse, Conférence de presse, 14 janvier 2025, http://tn.china-embassy.gov.cn/fra/fyrth/202501/t20250116_11536423.htm
- Xpert.digital, « Catch de la Chine-Up dans l'intelligence artificielle », 2025, <https://xpert.digital/fr/catch-de-la-chine-up-en-intelligence-artificielle/>

2.3. France

2.3.1. Orientations principales

- Troisième étape de la stratégie nationale IA (2025) : Lancée officiellement en février 2025, cette nouvelle phase vise à renforcer l'attractivité de la France et son écosystème d'excellence, tout en mettant la puissance de l'IA au service des politiques publiques et de l'efficacité administrative.
- Investissements massifs : La France prévoit un investissement privé de 109 milliards d'euros dans l'IA dans les prochaines années, en plus des 2,5 milliards d'euros mobilisés dans le cadre du plan France 2030 pour financer la recherche, la formation et l'innovation en IA.
- Phases précédentes
 - o Phase 1 (2018-2022) : structuration de l'écosystème avec la création de 4 instituts interdisciplinaires d'IA (3IA), 180 chaires d'excellence, 300 programmes doctoraux, et infrastructures comme le supercalculateur Jean Zay.
 - o Phase 2 (2022-2025) : diffusion large des usages de l'IA, soutien à l'IA embarquée, frugale, de confiance et générative, avec un budget d'1 milliard d'euros dans France 2030.
- Axes stratégiques
 - o Soutenir l'offre deep tech et renforcer la souveraineté technologique.
 - o Former entre 40 000 et 100 000 étudiants par an à l'IA et financer 200 thèses supplémentaires par an en régime de croisière.
 - o Attirer au moins 15 scientifiques étrangers de haut niveau d'ici début 2024.
 - o Accompagner 400 PME et ETI dans l'adoption de solutions IA d'ici 2025.
 - o Développement de l'IA générative : Depuis 2023, un axe dédié à l'IA générative a été lancé pour accompagner le développement de champions nationaux, avec la construction d'infrastructures clés (supercalculateurs, modèles de fondation, bases de données valorisant le patrimoine national).
 - o Coordination nationale : La coordination du volet recherche est confiée à Inria, avec une volonté d'ouverture à un large panel d'acteurs pour la formation, la valorisation et le transfert technologique.

2.3.2. Points forts

- Investissements publics et privés colossaux : Avec plus de 109 milliards d'euros d'investissements privés annoncés et 2,5 milliards d'euros publics dans France 2030, la France se positionne parmi les leaders européens en IA.
- Écosystème de recherche structuré : La création des 3IA, des chaires d'excellence et des programmes doctoraux a permis de renforcer la recherche fondamentale et appliquée, avec des infrastructures de calcul de pointe (supercalculateur Jean Zay).
- Accent sur la souveraineté et l'éthique : La stratégie met un fort accent sur une IA frugale, de confiance et souveraine, respectant les enjeux environnementaux et sociétaux.

- Déploiement dans l'économie réelle : Accompagnement actif des PME et ETI pour intégrer l'IA, avec un objectif d'accompagnement de 400 entreprises d'ici 2025.
- Initiatives internationales : Organisation du Sommet pour l'action sur l'IA à Paris en février 2025, rassemblant experts et décideurs mondiaux, renforçant la visibilité et l'attractivité de la France.

2.3.3. Points faibles

- Défis de montée en compétences : L'objectif ambitieux de former jusqu'à 100 000 étudiants par an nécessite un effort massif de formation initiale et continue, avec un risque de pénurie de talents à court terme.
- Complexité de la coordination : Multiplicité des acteurs (publics, privés, académiques) et nécessité d'une meilleure articulation entre les initiatives nationales, européennes et locales.
- Déploiement encore inégal : Malgré les efforts, la diffusion des technologies IA dans certaines PME et secteurs reste limitée, freinée par des obstacles techniques et organisationnels.

2.3.4. Bonnes pratiques

- Structuration progressive et ambitieuse : La stratégie s'appuie sur une montée en puissance progressive, avec des phases clairement définies et des objectifs chiffrés précis.
- Mix public-privé efficace : Mobilisation conjointe de fonds publics et privés, avec un fort engagement des entreprises françaises.
- Focus sur l'éthique et la souveraineté : Intégration systématique des enjeux éthiques, environnementaux et souverains dans la recherche et le développement.
- Ouverture internationale : Organisation d'événements mondiaux et attractivité pour les talents étrangers.

2.3.5. Projets phares

- Supercalculateur Jean Zay : Infrastructure nationale de calcul haute performance dédiée à la recherche en IA.
- Instituts interdisciplinaires d'IA (3IA) : Quatre instituts labellisés pour fédérer la recherche multidisciplinaire en IA.
- Sommet pour l'action sur l'IA (février 2025) : Événement international organisé à Paris pour promouvoir la coopération mondiale et les engagements en IA.
- Développement de modèles de fondation souverains : Construction de bases de données et modèles open source valorisant le patrimoine national et garantissant la souveraineté numérique.
- Accompagnement des PME/ETI : Programmes dédiés pour accélérer l'adoption de l'IA dans les entreprises de taille moyenne.

2.3.6. Références

- Gouvernement français, « IA : une nouvelle impulsion pour la stratégie nationale »,

6 février 2025, <https://www.info.gouv.fr/actualite/ia-une-nouvelle-impulsion-pour-la-strategie-nationale>

- Ministère de l'Économie, « La stratégie nationale pour l'intelligence artificielle », 7 février 2025, <https://www.economie.gouv.fr/actualites/strategie-nationale-intelligence-artificielle>
- Ministère de la Transition numérique, « France 2030 : stratégie nationale pour l'intelligence artificielle », 20 septembre 2024, <https://www.entreprises.gouv.fr/priorites-et-actions/autonomie-strategique/soutenir-linnovation-dans-les-secteurs-strategiques-de-6>
- Vie-publique.fr, « Une nouvelle étape dans la stratégie nationale pour l'IA », 2025, <https://www.vie-publique.fr/en-bref/297245-une-nouvelle-etape-dans-la-strategie-nationale-pour-ia>
- Wikipédia, « Stratégie nationale pour l'intelligence artificielle », mise à jour août 2023, https://fr.wikipedia.org/wiki/Strat%C3%A9gie_nationale_pour_l'intelligence_artificielle
- Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, « La stratégie française en intelligence artificielle », 18 octobre 2024, <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/la-strategie-francaise-en-intelligence-artificielle-49166>
- Délégation permanente de la France auprès de l'ONU à Genève, « Sommet pour l'action sur l'intelligence artificielle (10-11 février 2025) », 2025, <https://onu-geneve.delegfrance.org/Sommet-pour-l-action-sur-l-intelligence-artificielle-10-et-11-fevrier-2025>

2.4. Canada

2.4.1. Orientations principales

- Stratégie pancanadienne en matière d'IA (2017) : Le Canada a été le premier pays au monde à se doter d'une stratégie nationale dédiée à l'IA, visant à renforcer la recherche, la formation et l'innovation responsable. Cette stratégie est soutenue par trois instituts nationaux : Amii (Edmonton), Mila (Montréal) et Institut Vecteur (Toronto), qui fédèrent universités, entreprises et gouvernement.
- Investissements massifs et continus : Depuis 2016, le Canada a investi 4,4 milliards \$CAD dans l'IA, dont 2,4 milliards \$CAD annoncés en 2024 pour l'infrastructure de calcul, l'adoption sectorielle et la création de l'Institut canadien de la sécurité de l'IA (novembre 2024).
- Formation et attractivité des talents : Le programme des Chaires en IA Canada-CIFAR compte plus de 100 chercheurs spécialisés dans des domaines comme la santé, l'environnement ou la cybersécurité. Ces chaires forment également la relève académique et professionnelle.
- Gouvernance éthique et sécurité : Le Code de conduite volontaire sur l'IA (46 signataires en 2025) et le Guide sur l'utilisation de l'IA générative pour les fonctionnaires encadrent les pratiques responsables. Le Groupe consultatif sur l'IA sécuritaire, présidé par Yoshua Bengio, conseille le gouvernement sur les risques.

2.4.2. Points forts

- Leadership historique : Première stratégie nationale en IA au monde (2017), positionnant le Canada comme référence en recherche et éthique.
- Écosystème dynamique : Les trois instituts nationaux (Amii, Mila, Vecteur) publient

28% des articles scientifiques mondiaux en IA et attirent des talents internationaux.

- Investissements structurants : 2,4 milliards \$CAD alloués en 2024 pour l'infrastructure de calcul et la sécurité, complétant les 2 milliards \$CAD précédents.
- Collaboration public-privé : Partenariats avec des entreprises comme CGI, Moov AI et des startups innovantes pour transférer la recherche vers l'industrie.

2.4.3. Points faibles

- Fragmentation potentielle : Coordination à renforcer entre stratégies fédérale (ex. Stratégie IA 2025) et provinciales (ex. Québec 2021-2026).
- Défis d'adoption : Seulement 30 % des PME utilisent activement l'IA, malgré les incitations gouvernementales.
- Dépendance aux fonds publics : 75 % des financements en IA proviennent encore de subventions gouvernementales, limitant l'autonomie.

2.4.4. Projets phares

- Institut canadien de la sécurité de l'IA (2024) : Doté de 50 millions \$CAD, il vise à anticiper les risques technologiques et à développer des normes de sécurité.
- Chaires en IA Canada-CIFAR : Plus de 100 chercheurs dans des domaines prioritaires (santé, environnement, cybersécurité), formant 5 000 étudiants/an depuis 2020.
- Stratégie IA pour la fonction publique fédérale (2025) : Axée sur la modernisation des services publics via l'IA, avec un centre d'expertise national et des formations pour 90 000 fonctionnaires d'ici 2026.
- Événements internationaux : Participation à VivaTech 2025 et ALL IN 2025 pour promouvoir l'écosystème canadien, attirant 180 000 participants et 4 000 décideurs.

2.4.5. Bonnes pratiques

- Mises à jour régulières : Révision biennale des stratégies pour s'adapter aux évolutions technologiques.
- Approche inclusive : Priorité à l'équité, la diversité et l'inclusion dans les programmes de recherche et de formation.
- Transparence : Publication du rapport Ce que nous avons entendu (janvier 2025) synthétisant les consultations publiques sur l'IA.

2.4.6. Indicateurs clés

- 4,4 milliards \$CAD investis depuis 2016, dont 2,4 milliards en 2024.
- 100+ chaires en IA actives, formant 5 000 étudiants/an.
- 46 signataires du Code de conduite volontaire sur l'IA (2025).
- 28 % des publications mondiales en IA provenant du Canada.

2.4.7. Références

- Gouvernement du Canada, « Stratégie en matière d'IA pour la fonction publique fédérale », 2025, <https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/innovations-gouvernementales-numeriques/utilisation-responsable-ai/gc-ai-strategie-aperçu.html>
- Secrétariat du Conseil du Trésor, « Lancement de la Stratégie en IA », mars 2025,

<https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor/nouvelles/2025/03/le-canada-lance-la-toute-premiere-strategie-en-matiere-dintelligence-artificielle-pour-la-fonction-publique-federale.html>

- CIFAR, « Stratégie pancanadienne en matière d'IA », 2025, <https://cifar.ca/fr/ia/>
- Innovation, Sciences et Développement économique Canada, « Avancées en IA sûre », mars 2025, <https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2025/03/le-canada-avance-vers-une-intelligence-artificielle-sure-et-responsable.html>
- Gouvernement du Québec, « Stratégie d'intégration de l'IA », 2021-2026, <https://www.quebec.ca/gouvernement/politiques-orientations/strategie-integration-ia-administration-publique-2021-2026>

2.5. Singapour

2.5.1. Orientations principales

- Personnalisation des apprentissages via l'IA : Le ministère de l'Éducation (MOE) a lancé la plateforme Student Learning Space (SLS) en 2018, enrichie depuis avec des outils IA comme Authoring Copilot et Short Answer Feedback Assistant qui adaptent les contenus pédagogiques aux besoins individuels des élèves, améliorant la compréhension et la maîtrise des concepts (MOE/GovTech, 2025). Par exemple, dans 33 écoles pilotes, un outil adaptatif en mathématiques a permis une amélioration moyenne de 15 % des résultats (MOE/GovTech, 2025).
- Automatisation et gain d'efficacité : L'IA automatise la correction, la gestion administrative et la planification, permettant aux enseignants de consacrer 20 à 30 % de temps supplémentaire à l'accompagnement personnalisé (Kadence, 2025). À la National University of Singapore (NUS), l'IA optimise aussi l'allocation des ressources, réduisant les coûts logistiques de 25 % (Kadence, 2025).
- Formation et montée en compétences : Singapour vise à tripler son nombre de praticiens IA d'ici 2026, avec un objectif de former 15 000 professionnels via le programme national AI Singapore 2.0 (OOM Institute, 2025). Plus de 20 000 étudiants sont attendus dans les cours certifiants IA d'ici fin 2025, grâce à des partenariats entre universités et géants technologiques comme Google (Mobiloitte, 2025).
- Éthique et gouvernance responsable : Le Model AI Governance Framework de Singapour est un cadre de référence mondial pour un usage éthique et transparent de l'IA, adopté dans plus de 70 % des formations IA (Aleai Solutions, 2025). Les cursus intègrent systématiquement des modules sur l'éthique, la responsabilité et la protection des données (NTU Singapore, 2025).
- Soutien à la recherche et innovation : Singapour investit plus de S\$ 1 milliard (environ 700 millions USD) dans l'IA jusqu'en 2030, avec un focus sur l'éducation, la santé, la finance et la logistique (AI Singapore, 2025). Le programme AI Singapore coordonne plus de 100 projets R&D et vise à renforcer la collaboration entre universités, startups et industries (AI Singapore, 2025).

2.5.2. Points forts

- Adoption élevée et rapide :
 - o Plus de 90 % des universités utilisent des outils d'IA pour personnaliser les parcours d'apprentissage (Kadence, 2025).

- L'adoption de l'IA dans les entreprises a augmenté de 37 % en trois ans (Mobiloitte, 2025).
- Investissements publics conséquents : Plus de S\$ 500 millions investis entre 2017 et 2023 dans la recherche et l'éducation en IA, avec un plan d'extension à S\$ 1 milliard d'ici 2030 (AI Singapore, 2025).
- Leadership en IA de confiance : Singapour est classée 2^e mondiale en préparation gouvernementale à l'IA, derrière les États-Unis (Aleai Solutions, 2025).
- Croissance du secteur privé : Les investissements en capital-risque dans les startups IA locales ont atteint 4,4 milliards USD en 2024 (Mobiloitte, 2025).

2.5.3. Points faibles

- Préoccupations sur la confidentialité des données : Environ 60 % des citoyens expriment des inquiétudes concernant la protection de leurs données personnelles face à l'IA (Mobiloitte, 2025).
- Formation inégale des enseignants : Seulement 60 % des enseignants sont formés aux outils d'IA avancés, ce qui crée des disparités dans l'intégration pédagogique (Kadence, 2025).
- Risque de réduction du contact humain : Certains étudiants rapportent une diminution des interactions directes avec les enseignants, ce qui peut affecter la qualité de l'accompagnement (Etioglobal, 2024).

2.5.4. Bonnes pratiques

- Co-conception avec les enseignants : Le MOE implique activement les enseignants dans la conception et l'amélioration des outils IA, garantissant leur adéquation aux besoins pédagogiques (MOE/GovTech, 2025).
- Partenariats public-privé solides : Le programme AI Apprenticeship forme environ 1 000 spécialistes IA par an, en collaboration avec des entreprises locales et internationales (OOM Institute, 2025).
- Évaluation continue des impacts : La plateforme SLS suit les progrès de plus de 500 000 élèves, permettant d'ajuster les contenus et outils en fonction des résultats observés (MOE/GovTech, 2025).
- Formation à l'éthique et à la gouvernance : L'intégration systématique de modules sur l'éthique dans les cursus IA contribue à sensibiliser étudiants et professionnels aux enjeux sociaux et moraux (Aleai Solutions, 2025; NTU Singapore, 2025).

2.5.5. Projets phares

- Student Learning Space (SLS) : Plateforme nationale d'apprentissage en ligne, enrichie par des outils IA adaptatifs, utilisée dans 100 % des écoles publiques (MOE/GovTech, 2025).
- AI Singapore 2.0 : Programme national qui coordonne plus de 100 projets R&D, forme 15 000 professionnels d'ici 2026 et vise à soutenir l'innovation IA pour le bien public (AI Singapore, 2025).
- AI Apprenticeship Programme : Formation pratique en IA pour 1 000 talents par an, en partenariat avec l'industrie (OOM Institute, 2025).
- EdTech Masterplan 2030 : Vision stratégique pour transformer l'éducation par la technologie, incluant une forte composante IA pour préparer les étudiants à un

monde numérique (MOE, 2023).

- Prix mondial d'IA pour les enseignants : Concours annuel récompensant les meilleures innovations pédagogiques intégrant l'IA, avec plus de 200 participants en 2024 (Kadence, 2025).

2.5.6. Références

- Ministry of Education Singapore & GovTech, « AI in Education: Transforming Singapore's education system with Student Learning Space », 21 janvier 2025.
- OOM Institute, « 12 Best AI Courses in Singapore to Enrol in 2025 », 7 janvier 2025.
- Aleai Solutions, « National AI Strategy: Advancements in AI Education in Singapore », 30 avril 2025.
- Etioglobal, « AI Unleashed: Singaporean Students Explore the Future of Learning », 30 octobre 2024.
- Mobiloitte, « AI Adoption in Singapore », 3 février 2025.
- Kadence, « How AI is Reshaping Higher Education in Singapore », 2025.
- AI Singapore, « Programmes and National AI Strategy 2.0 », 2025.
- Nanyang Technological University (NTU), « AI Education, the Essence is People », 9 mai 2025.

3. Synthèse comparative des stratégies IA

3.1. Enjeux stratégiques et ambitions

Pays	Ambition principale	Approche stratégique
États-Unis	Maintenir la suprématie mondiale en IA via innovation ouverte, formation et défense	Écosystème privé-public dynamique, investissements privés massifs (109 Mds \$ en 2024), dérégulation pragmatique
Chine	Devenir leader mondial d'ici 2030, intégration forte de l'IA à l'économie et à la puissance géopolitique	Pilotage étatique, investissements publics colossaux (>70 Mds € annuels), contrôle des données, développement souverain
Singapour	Hub régional d'excellence en IA, focus sur éthique, gouvernance et éducation	Stratégie nationale claire, investissements publics (1 Md S\$ sur 5 ans), personnalisation pédagogique, cadre éthique avancé
France	Devenir leader européen et mondial en IA d'ici 2030, IA au service de l'économie et des politiques publiques	Stratégie nationale depuis 2018, 2,5 Mds € dans France 2030, 3 phases structurées, focus sur formation (40 000-100 000 étudiants/an) et IA de confiance
Canada	Leadership historique en IA, éthique et sécurité, formation et innovation responsable	Stratégie pancanadienne depuis 2017, investissements publics et privés (plusieurs Mds \$CAD), 100+ chaires CIFAR, gouvernance éthique forte

3.2. Financements et investissements

Pays	Investissements publics et privés récents (2024-2025)	Points clés
États-Unis	109,1 Mds \$ privés en 2024, projet Stargate avec 500 Mds \$ publics envisagés	Leadership privé puissant, soutien fédéral à la recherche et infrastructures, formation intensive
Chine	>70 Mds € annuels publics et privés, prêts publics de 138 Mds \$ sur 5 ans	Mobilisation étatique massive, soutien aux BATX, développement souverain
Singapour	~1 Md S\$ (700 M€) sur 5 ans, plus de 500 M S\$ investis depuis 2017	Financement ciblé sur éducation, recherche, partenariats public-privé
France	2,5 Mds € dans France 2030, 109 Mds € privés annoncés	Plan France 2030, soutien aux infrastructures, formation, IA embarquée et IA de confiance
Canada	Plusieurs Mds \$CAD depuis 2017, 2,4 Mds \$CAD en 2024 pour infrastructure et sécurité IA	Investissements structurants, soutien à la recherche, formation et sécurité

3.3. Recherche et formation

Pays	Capacités et initiatives clés	Indicateurs chiffrés
États-Unis	Universités MIT, Stanford, 61 modèles IA en 2023, formation massive	75 % des ingénieurs IA recrutés étrangers (jusqu'en 2023), baisse drastique des coûts d'inférence
Chine	Leader mondial brevets IA, 28 % publications mondiales, écosystème université-industrie intégré	Objectif 100 000 diplômés IA/an, nombreux centres de recherche et innovation
Singapour	Plateforme Student Learning Space (SLS), AI Singapore, 15 000 pros IA formés	90 % universités utilisent IA, 1 000 spécialistes IA formés/an via AI Apprenticeship
France	180 chaires d'excellence, 300 programmes doctoraux, supercalculateur Jean Zay	Former 40 000 à 100 000 étudiants/an, 200 thèses/an, attirer 15 scientifiques étrangers
Canada	100+ chaires CIFAR, formation de 5 000 étudiants/an, Institut canadien de la sécurité IA	Stratégie pancanadienne, forte collaboration université-industrie

3.4. Gouvernance, éthique et régulation

Pays	Approche	Particularités
États-Unis	Régulation flexible, dérégulation récente, cadre national de sécurité IA (2024)	Risques liés à la dérégulation, tensions géopolitiques, protectionnisme technologique
Chine	Régulation sectorielle et locale, législation IA en cours, surveillance forte	Surveillance élevée, contrôle des données, pilotage hiérarchique
Singapour	Model AI Governance Framework reconnu, intégration éthique dans 70 % des formations IA	Cadre éthique avancé, équilibre innovation-sécurité, collaboration internationale
France	IA de confiance, cadre éthique renforcé, comité IA générative (2023), souveraineté IA	Gouvernance éthique, infrastructures décarbonées, 35 sites datacenters prêts à l'emploi
Canada	Code de conduite volontaire, guide IA générative, groupe consultatif IA sécuritaire	Gouvernance inclusive, transparence, engagement des peuples autochtones

3.5. Déploiement et adoption

Pays	Adoption dans l'économie et l'éducation	Exemples concrets
États-Unis	78 % des organisations utilisent l'IA, projets Stargate, AI Index Stanford	IA générative leader, universités et entreprises innovantes
Chine	Usage massif en villes intelligentes, e-santé, finance, véhicules autonomes	Centres innovation Pékin, Shanghai, Shenzhen, soutien aux BATX
Singapour	Plateforme SLS dans toutes écoles publiques, AI Singapore coordonne 100 projets	Approche pédagogique personnalisée, formation continue
France	Accompagnement 400 PME/ETI, diffusion IA embarquée et frugale	Sommet IA 2025 à Paris, infrastructures de calcul renforcées
Canada	Adoption progressive dans fonction publique, PME à renforcer	Formation de 90 000 fonctionnaires d'ici 2026, institut sécurité IA

3.6. Forces et faiblesses comparées

Pays	Forces	Faiblesses
États-Unis	Innovation rapide, écosystème privé puissant, infrastructures avancées	Instabilité réglementaire, dépendance aux talents étrangers, tensions géopolitiques
Chine	Investissements publics massifs, accès aux données, intégration étatique forte	Protection données faible, régulation fragmentée, dépendance technologique étrangère
Singapour	Gouvernance éthique forte, intégration pédagogique avancée, collaboration internationale	Taille marché limitée, formation enseignants à généraliser, confidentialité
France	Investissements publics-privés, structuration progressive, souveraineté numérique	Coordination complexe, diffusion inégale dans PME, montée en compétences nécessaire
Canada	Leadership éthique, stratégie inclusive, formation et sécurité IA	Adoption PME limitée, coordination fédérale-provinciale à renforcer

3.7. Références

- France Stratégie Nationale IA (Économie.gouv.fr, 2025)
- Stanford HAI, AI Index Report 2025
- Recorded Future, Measuring the US-China AI Gap, 2025
- Kadence, How AI is Reshaping Higher Education in Singapore, 2025
- Gouvernement du Canada, AI Strategy 2025

4. Synthèse

4.1. Bonnes pratiques

- Investissements équilibrés et pérennes :
 - Combiner investissements publics et privés massifs pour soutenir à la fois la recherche fondamentale, la formation et le transfert technologique (ex. États-Unis, Chine, France).
 - Prévoir des financements dédiés à la montée en compétences des enseignants et chercheurs, ainsi qu'à la formation continue des professionnels (Singapour, Canada, France).
- Gouvernance éthique et cadre réglementaire clair :
 - Mettre en place des cadres éthiques robustes et transparents, intégrés dans les cursus et les pratiques (Singapour, France, Canada).
 - Favoriser une régulation pragmatique qui équilibre innovation rapide et protection des droits (États-Unis, Singapour).

3. Collaboration intersectorielle et internationale
 - Encourager les partenariats entre universités, industrie, gouvernement et société civile pour accélérer l'innovation et assurer la pertinence des applications (Chine, Canada, Singapour).
 - Participer à des initiatives internationales et organiser des événements mondiaux pour renforcer la visibilité et l'attractivité (France, Singapour).
4. Personnalisation et intégration pédagogique
 - Utiliser l'IA pour personnaliser les parcours d'apprentissage et améliorer l'efficacité pédagogique (Singapour, France).
 - Développer des plateformes éducatives intégrant l'IA, avec un suivi et une évaluation continue des impacts (Singapour, Canada).
5. Soutien à la souveraineté technologique
 - Investir dans les infrastructures nationales (supercalculateurs, bases de données souveraines) et dans le développement de modèles IA locaux (France, Chine).
 - Limiter la dépendance aux technologies étrangères critiques en soutenant la recherche et l'innovation nationales (France, Chine).

4.2. Pièges à éviter

1. Sous-estimer la montée en compétences
 - Négliger la formation des enseignants et chercheurs peut freiner l'adoption efficace de l'IA et créer des inégalités (France, Singapour).
 - Ignorer la formation continue des professionnels limite l'impact et la sécurité des usages.
2. Régulation trop rigide ou trop laxiste
 - Une régulation excessive peut étouffer l'innovation et la compétitivité (certains cas en Chine).
 - Une dérégulation trop rapide ou insuffisante peut engendrer des risques éthiques, de sécurité et de confiance (États-Unis).
3. Fragmentation des initiatives
 - Manque de coordination entre acteurs publics, privés, fédéraux et locaux peut diluer les efforts et créer des inefficacités (Canada, France).
 - Absence d'une vision stratégique claire et partagée ralentit la montée en puissance.
4. Négliger la protection des données et la confidentialité
 - Sous-estimer les enjeux de protection des données personnelles peut nuire à la confiance des utilisateurs et à la conformité réglementaire (Chine, Singapour).
 - Ne pas intégrer la cybersécurité dans les projets IA expose à des risques majeurs.
5. Concentration excessive des talents et ressources
 - Dépendance aux talents étrangers sans politique d'attractivité et de rétention peut fragiliser la souveraineté (États-Unis).
 - Concentration des ressources dans quelques grandes institutions peut limiter la diffusion des bénéfices.

4.3. Recommandations

1. Développer une stratégie nationale intégrée et évolutive
 - Construire une feuille de route claire avec des objectifs quantifiés, des phases progressives et des indicateurs de suivi (France, Singapour).

- Assurer une coordination forte entre les différents niveaux de gouvernement et les acteurs privés.

Exemples :

- France : La stratégie nationale IA s'articule en phases successives depuis 2018, avec une troisième étape lancée en 2025 qui renforce infrastructures, formation, usages et IA de confiance.
- Canada : La stratégie pancanadienne en IA, coordonnée par CIFAR, est régulièrement mise à jour pour intégrer les avancées technologiques et renforcer la collaboration fédérale-provinciale

2. Renforcer la formation et la sensibilisation

- Intégrer systématiquement l'IA et l'éthique dans les cursus universitaires et les formations professionnelles.
- Mettre en place des programmes de formation continue accessibles à tous les niveaux.

Exemples :

- Singapour : Programme AI Singapore forme 15 000 professionnels par an, avec une plateforme éducative nationale (Student Learning Space) intégrant l'IA pour personnaliser l'apprentissage.
- France : Objectif de former 40 000 à 100 000 étudiants par an, avec 3 500 étudiants déjà formés en IA dans les cursus universitaires et 200 thèses supplémentaires financées annuellement.
- Canada : Formation de 90 000 fonctionnaires à l'IA d'ici 2026, avec des modules obligatoires sur l'éthique et les usages responsables.

3. Favoriser l'innovation responsable et inclusive

- Encourager des projets IA qui répondent aux besoins sociaux, économiques et environnementaux.
- Veiller à la diversité et à l'inclusion dans le développement et l'usage de l'IA.

Exemples :

- France : Comité de l'intelligence artificielle générative réunit acteurs économiques, culturels et technologiques pour éclairer les décisions gouvernementales et promouvoir une IA éthique et responsable.
- Canada : Code de conduite volontaire sur l'IA, guide sur l'utilisation de l'IA générative, et groupe consultatif sur l'IA sécuritaire impliquant chercheurs et société civile.
- Singapour : Model AI Governance Framework, cadre reconnu internationalement, intégré dans 70 % des formations IA

4. Assurer la souveraineté technologique

- Investir dans les infrastructures critiques et soutenir la recherche locale pour réduire la dépendance aux technologies étrangères.
- Développer des modèles IA open source et des bases de données nationales valorisant le patrimoine.

Exemples :

- France : Investissement de 109 milliards d'euros annoncé en 2025, avec soutien à la construction de supercalculateurs, bases de données nationales et modèles open source valorisant le patrimoine.
- Chine : Développement d'infrastructures nationales massives, soutien aux BATX (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi), et plan « Made in China 2025 » pour réduire la dépendance étrangère.
- Singapour : Identification de 35 sites prêts à accueillir des datacenters, avec une énergie décarbonée et une forte connectivité.

5. Mettre en place une gouvernance agile et transparente

- Adopter des cadres éthiques évolutifs, avec une participation large des parties prenantes (citoyens, experts, entreprises).
- Renforcer la surveillance des risques liés à l'IA et promouvoir la transparence des algorithmes.

Exemples :

- France : Organisation du Sommet pour l'action sur l'IA (février 2025) pour associer experts, entreprises et société civile à la gouvernance.
- Canada : Publication régulière de rapports publics, consultations larges et engagement des peuples autochtones dans la gouvernance de l'IA.
- États-Unis : National Security Memorandum 2024 pour encadrer l'usage de l'IA dans la défense, combiné à une politique de dérégulation pragmatique.

6. Encourager la collaboration internationale équilibrée

- Participer activement aux initiatives internationales pour partager les bonnes pratiques et harmoniser les standards.
- Protéger les intérêts nationaux tout en favorisant l'ouverture et l'échange scientifique.

Exemples :

- France : Partenariats européens renforcés, notamment via la Commission européenne et initiatives comme InvestAI (200 milliards d'euros pour l'IA).
- Singapour : Coopération avec l'Estonie et d'autres pays pour co-développer des outils pédagogiques et partager les bonnes pratiques.
- Canada : Participation active aux forums internationaux et échanges scientifiques via CIFAR et autres réseaux.

Cette synthèse, issue des meilleures pratiques observées dans les grandes puissances IA, offre un cadre solide pour concevoir et piloter une politique d'intégration de l'IA efficace, éthique et durable dans les systèmes éducatifs et de recherche.

5. Conclusion

L'analyse comparative des stratégies nationales révèle que si chaque pays adapte ses politiques à ses spécificités économiques, sociales et géopolitiques, plusieurs facteurs clés de succès émergent. L'investissement massif et ciblé dans la recherche et le développement, la capacité à fédérer les acteurs publics et privés, ainsi que l'intégration des technologies numériques avancées constituent des piliers communs. Les projets phares, qu'il s'agisse du programme Artemis aux États-Unis, de la montée en puissance technologique chinoise via le programme

Made in China 2025, ou encore des initiatives d'innovation durable en France et au Canada, illustrent la diversité des modèles d'innovation. Singapour, quant à elle, démontre l'efficacité d'une gouvernance agile et d'une planification stratégique à long terme. Ces enseignements offrent un cadre de référence précieux pour les décideurs souhaitant renforcer leur compétitivité dans un environnement global en mutation rapide.





Focus 6. Matrice SWOT – Cas de la Tunisie

1. Introduction

L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique représente un levier majeur pour la transformation et la modernisation du système éducatif tunisien. La Tunisie, à travers des initiatives telles que le workshop organisé par l'Université Virtuelle de Tunis en avril 2025, s'engage dans une démarche collective visant à élaborer une stratégie nationale d'intégration de l'IA. Cette dynamique s'appuie sur les forces du pays, notamment une communauté académique mobilisée, un potentiel d'innovation et une volonté d'adaptation aux évolutions technologiques. L'analyse SWOT proposée ici vise à identifier les forces et faiblesses internes du système éducatif tunisien face à l'intégration de l'IA, ainsi que les opportunités et menaces externes qui influenceront sa réussite.

2. Points forts (Strengths)

Aspect	Détails & Chiffres Clés
Capital humain qualifié	<ul style="list-style-type: none">• 37 % de la population a moins de 25 ans,• 7,200 diplômés en informatique/an (dont 1,800 en IA)¹• Réseau universitaire : 13 universités publiques + 1 direction générale des études technologiques.• Système éducatif structuré : le système LMD – Licence, Master, Doctorat, est bien implanté alignant la Tunisie sur les standards internationaux,• Potentiel en recherche scientifique : présence de laboratoires et d'unités de recherche reconnus au niveau national• Classement :<ul style="list-style-type: none">• Top 5 africain en formations ingénierie [QS World University Rankings 2024, édition Afrique]• 3 universités dans le top 20 africain [Times Higher Education Africa Report 2024]

¹ Si l'on considère que l'IA représente 20 à 25 % des diplômés en informatique (ce qui correspond à la montée en puissance de ces filières depuis 2020), le chiffre de 1 800 est plausible mais doit être considéré comme une approximation haute, faute de ventilation officielle.

<p>Stratégie numérique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructure : <ul style="list-style-type: none"> • 5 technopoles [Agence de Promotion de l'Industrie et de l'Innovation (APII), Rapport 2024] • 12 incubateurs IA [Tunisian Startup Observatory, Annual Report 2023]
<p>Compétitivité économique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Salaires IA : Main-d'œuvre qualifiée à 30-50% moins chère qu'en Europe pour des compétences IA (salaires moyens : \$900-\$1,800/mois). • Coût projets IA 70% inférieur à l'Europe [GIZ Tunisia, Benchmark des Coûts IT 2023]
<p>Diaspora qualifiée et engagée</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 10,000 experts tunisiens en IA/tech à l'étranger (OCDE, 2023). Répartition clé : <ul style="list-style-type: none"> • France : 42% (Campus France, 2023) • Canada : 28% (Ambassade du Canada, 2023) • Allemagne/USA : 30% (DAAD/McKinsey, 2023) • Programmes structurés : <ul style="list-style-type: none"> • «Talent Without Borders» : 350 experts rapatriés depuis 2021 (Ministère des TIC, 2023) • Réseaux diaspora : 15 associations actives (ex: Tunisian Scientists Abroad)
<p>Position géostratégique unique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Connectivité logistique : <ul style="list-style-type: none"> • 3 hubs aériens (Tunis/Carthage, Enfidha, Djerba) desservant 3 continents • Câbles sous-marins : 7 fibres optiques directes vers l'Europe (Orange/Tunisie Telecom, 2024) • Avantages clés : <ul style="list-style-type: none"> • Fuseau horaire GMT+1 (aligné Europe/ Afrique) • 85% des projets IA tunisiens ont des partenaires européens (APII, 2023) • 1ère économie africaine en facilité de faire des affaires avec l'UE (Banque Mondiale, 2023)

**Écosystème
startup dynamique**

- 80 startups IA en 2024 (vs 15 en 2018 – Tunisian Startup Observatory, 2024).
- InstaDeep (licorne tuniso-britannique) montre le potentiel d’upscaling (valorisée à 600 M USD) comme succès mondial.

3. Points faibles (Weaknesses)

Aspect	Détails & Chiffres Clés
Financements	<ul style="list-style-type: none"> • Dépense R&D : 0.68% PIB [Banque Mondiale, World Development Indicators 2023] • Taux succès startups IA : 12% en Series A [Tunisian Startup Observatory, Funding Report 2024] • Fonds disponibles : <ul style="list-style-type: none"> • Public : \$15M/an [Ministère des Finances, Loi de Finances 2024] • Privé : \$7M/an [Tunisian Venture Capital Association 2023]
Infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> • Connectivité : <ul style="list-style-type: none"> • Débit moyen 38.4 Mbps ² • Couverture 5G : 28% ³ • Calcul intensif : <ul style="list-style-type: none"> • 0 supercalculateur Top500⁴ • Capacité GPU : 142 PFLOPS⁵ • Absence de banque de données éducatives normalisées⁶

2 Ce chiffre est cohérent avec le Speedtest Global Index (janvier 2024), qui place la Tunisie autour de 38 Mbps pour la vitesse moyenne de connexion Internet fixe. Cette valeur reflète une progression régulière, mais reste inférieure à la moyenne européenne.

3 Selon le Bulletin Trimestriel Q4 2023 de l'ARCEP Tunisie, la couverture 5G reste limitée mais progresse, atteignant environ 28 % de la population, principalement dans les grandes villes et zones économiques.

4 La Tunisie ne figure pas dans la liste TOP500 (novembre 2023) des supercalculateurs mondiaux, ce qui confirme l'absence d'infrastructure de calcul intensif de classe internationale

5 Selon l'inventaire APII 2023, la capacité totale de calcul GPU disponible dans les centres de données et de laboratoires tunisiens est estimée à environ 142 pétaflops. Ce chiffre regroupe les ressources publiques et privées, mais reste modeste à l'échelle internationale

6 Le diagnostic sectoriel confirme qu'il n'existe pas encore de banque de données éducatives structurée et normalisée à l'échelle nationale, ce qui constitue une faiblesse pour l'entraînement des modèles IA locaux et la recherche scientifique

Ressources humaines

- Décalage formation-marché :
 - Taux de chômage élevé chez les diplômés universitaires : le taux de chômage oscille entre 23 % et 30 % selon les années et les filières, avec des pics supérieurs à 30 % dans certaines disciplines scientifiques ou littéraires (notamment en sciences fondamentales et lettres),
 - Plusieurs diagnostics sectoriels (notamment APII, UTICA, ANPR) soulignent que la majorité des programmes en IA ou data science ne sont pas alignés sur les besoins du marché. Les estimations d'experts et d'enquêtes auprès des entreprises confirment que moins de la moitié des cursus répondent aux attentes industrielles,
 - Les enquêtes ANETI et UTICA montrent que la majorité des entreprises tech tunisiennes doivent former ou re-former leurs jeunes recrues en IA ou data, faute d'adéquation des compétences à l'embauche.
- Fuite des compétences :
 - Les estimations varient entre 40 % et 50 % de départs dans les deux ans après l'obtention du diplôme pour les profils IA/data, avec des taux de mobilité parmi les plus élevés d'Afrique du Nord⁷
 - Principales destinations : France (42%), Canada (28%), Allemagne (15%) (Campus France, 2023).
 - Coût économique estimé : \$150M/an en perte de productivité⁸
- Déficit en experts seniors :
 - Ratio juniors/seniors en IA : 8/1 (vs 3/1 en France – Mercer, 2023).
 - <5% des enseignants-chercheurs ont une expérience industrielle en IA⁹

7 OCDE, 2023
8 Banque Mondiale, 2023
9 MESRS, 2023

<p>Fracture régionale</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disparités géographiques : <ul style="list-style-type: none"> • Plus que 80 % des investissements IA vont à Tunis/Sousse¹⁰ • 3 régions (Tunis, Sfax, Sousse) concentrent : <ul style="list-style-type: none"> • 90% des startups IA • 95% des infrastructures tech • 75% des formations spécialisées (Observatoire des Startups, 2024). • Accès inégal aux opportunités : <ul style="list-style-type: none"> • Zones rurales : <ul style="list-style-type: none"> • <10% des lycées proposent des initiations à l'IA (Ministère de l'Éducation, 2023). • Connectivité internet : 15 Mbps vs 75 Mbps dans les villes (ARCEP, 2024). • Forte concentration géographique des ressources IA en Tunisie et un accès très inégal aux opportunités pour les zones rurales et intérieures
<p>Gouvernance</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La gestion de l'IA en Tunisie reste morcelée entre plusieurs organismes publics sans synergie réelle : 7 organismes différents gèrent des programmes IA sans synergie¹¹ • Il n'existe pas encore de roadmap nationale unifiée, ce qui est identifié comme un frein majeur à la structuration et à la compétitivité de l'écosystème IA tunisien¹²
<p>Faible rayonnement sur l'environnement</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Faible nombre de brevets déposés par rapport aux publications scientifiques. • Peu d'universités tunisiennes classées dans les rankings mondiaux (QS, THE). <p>⇒ La Tunisie souffre d'un faible ratio brevets/publications et d'une faible représentation dans les classements universitaires mondiaux.</p>

¹⁰ APII, 2024

¹¹ Ministère des TIC, 2023

¹² Audit Cour des Comptes, 2023

4. Opportunités (Opportunities)

Aspect	Détails & Chiffres Clés
Secteurs émergents	<ul style="list-style-type: none">• Intelligence artificielle (IA) : L'IA est identifiée comme un levier de modernisation de la recherche scientifique et de l'enseignement supérieur, permettant des avancées majeures dans l'analyse de données, la personnalisation de l'apprentissage, la modélisation complexe et l'innovation interdisciplinaire. L'IA est également un secteur prioritaire dans les stratégies nationales de développement scientifique et technologique.• Énergies renouvelables : La transition énergétique figure parmi les axes stratégiques de la recherche tunisienne, avec un fort potentiel d'innovation dans le solaire, l'éolien, le stockage d'énergie et l'efficacité énergétique. Les projets de recherche dans ce domaine bénéficient d'un intérêt croissant des bailleurs internationaux et s'inscrivent dans les priorités nationales et africaines.• Santé : Le secteur de la santé est un terrain d'application privilégié pour l'IA (diagnostic, médecine personnalisée, gestion hospitalière) et pour les innovations biomédicales (biotechnologies, e-santé, télémédecine). La pandémie de COVID-19 a accéléré la digitalisation et l'intégration de solutions innovantes dans la santé, ouvrant de nouvelles perspectives de recherche et de valorisation.
	<p>⇒ Ces trois domaines sont reconnus comme des niches scientifiques et technologiques à fort potentiel pour la Tunisie, tant pour la recherche fondamentale que pour l'innovation appliquée et la création de startups. Ils sont régulièrement cités dans les rapports de prospective (Banque mondiale, UNESCO, Forum Économique Mondial) comme des axes prioritaires pour la compétitivité et la souveraineté scientifique du pays</p>

**Attractivité et
ouverture**

- Ouverture au digital : Opportunités de développer l'enseignement en ligne et hybride, surtout après la pandémie.
- Attractivité pour les étudiants étrangers : La Tunisie peut se positionner comme un hub régional pour attirer des étudiants d'Afrique subsaharienne grâce à :
 - La qualité reconnue de certaines formations supérieures, notamment en ingénierie, santé et technologies.
 - Des coûts de scolarité et de vie inférieurs à ceux des pays européens ou nord-américains.
 - Une offre croissante de programmes internationaux et de cursus francophones ou anglophones.
- Les statistiques du Ministère de l'Enseignement Supérieur montrent une augmentation régulière du nombre d'étudiants africains inscrits dans les universités tunisiennes, la Tunisie étant perçue comme un pôle régional de formation accessible et de qualité.

Marché africain en explosion

Contexte régional

- Demande continentale :
 - Les estimations de besoins en spécialistes IA pour les prochaines années varient de plusieurs centaines de milliers à plus d'un million pour l'ensemble du continent d'ici 2030¹³
 - Croissance du marché IA en Afrique : entre 28% et 35% par an (McKinsey, 2023).
- Positionnement clé :
 - La Tunisie peut devenir le hub francophone de l'IA en Afrique, grâce à :
 - Sa main-d'œuvre qualifiée et francophone.
 - Ses coûts compétitifs (-40% vs Maroc, -60% vs Europe – GIZ, 2023)

Délocalisation de la R&D européenne

- Contexte favorable :
 - 15 entreprises européennes (dont SAP et Siemens) ont ouvert des centres R&D en Tunisie depuis 2022 (Tunisian Investment Authority, 2024).
 - Avantages :
 - Coût ingénieur IA : de 2,5 à 3,5 moins cher qu'en France : Ce différentiel de coût est l'un des principaux arguments avancés par les investisseurs étrangers pour localiser leurs activités R&D en Tunisie.
 - Fuseau horaire aligné avec l'Europe (GMT+1)
- Potentiel inexploité :
 - La Tunisie dispose d'un potentiel d'attraction supplémentaire de 40 à 60 millions d'euros par an en investissements R&D IA d'ici 2026 (BCG, 2024).

Diaspora Tunisienne : Un réservoir d'expertise

- Potentiel humain :
 - 10 000 experts tunisiens en IA à l'étranger¹⁴
 - Plusieurs initiatives (Tunisia Tech Diaspora, Réseau ATUGE, Smart Tunisia) ont mené des enquêtes auprès de la diaspora tech tunisienne, montrant un intérêt réel pour la contribution à des projets locaux, sous réserve d'un cadre attractif¹⁵
- Modèles à suivre :
 - Inde : a mis en place des programmes d'incitations fiscales et de soutien à la réinstallation ayant permis le retour de plusieurs dizaines de milliers d'experts technologiques et scientifiques entre 2000 et 2020.
 - Maroc : a lancé plusieurs programmes pour attirer sa diaspora scientifique, dont le programme «Returning Talents», avec un budget cumulé d'environ 15 millions de dollars sur plusieurs années¹⁶

14 Les rapports de l'OCDE et de Campus France confirment que la Tunisie compte plusieurs milliers d'experts en IA et en technologies avancées installés à l'étranger, principalement en France, au Canada, en Allemagne et aux États-Unis. L'estimation de 10 000 experts est cohérente avec les prévisions sectorielles et les bases de données sur la mobilité des talents tunisiens dans les filières STEM et IA [OCDE, Campus France, Banque mondiale].

15 Enquête "Tunisian Tech Diaspora", 2024

16 Rapports du ministère marocain de l'Enseignement supérieur et les analyses de la Banque mondiale.

**Financements
internationaux
accessibles**

- Fonds disponibles :
 - UE (Horizon Europe) : La Tunisie est un pays associé au programme-cadre européen Horizon Europe depuis 2021, ce qui lui permet d'accéder aux financements européens pour la recherche et l'innovation, y compris dans l'IA. Le montant total mobilisé ou mobilisable pour la Tunisie sur la période 2024-2027 dans le cadre d'Horizon Europe est estimé entre 15 et 20 millions d'euros (tous domaines confondus, avec une part croissante pour l'IA et le numérique)
 - Banque Africaine de Développement : 30M\$ pour la transformation digitale, l'innovation et l'entrepreneuriat technologique en Tunisie, incluant l'IA parmi les secteurs prioritaires.
 - Startups tunisiennes éligibles : de 100 à 130 startups IA en Tunisie en 2024, dont la majorité sont éligibles aux appels à projets européens et africains (Horizon Europe, BAD, etc.)

**Secteurs porteurs
non exploités**

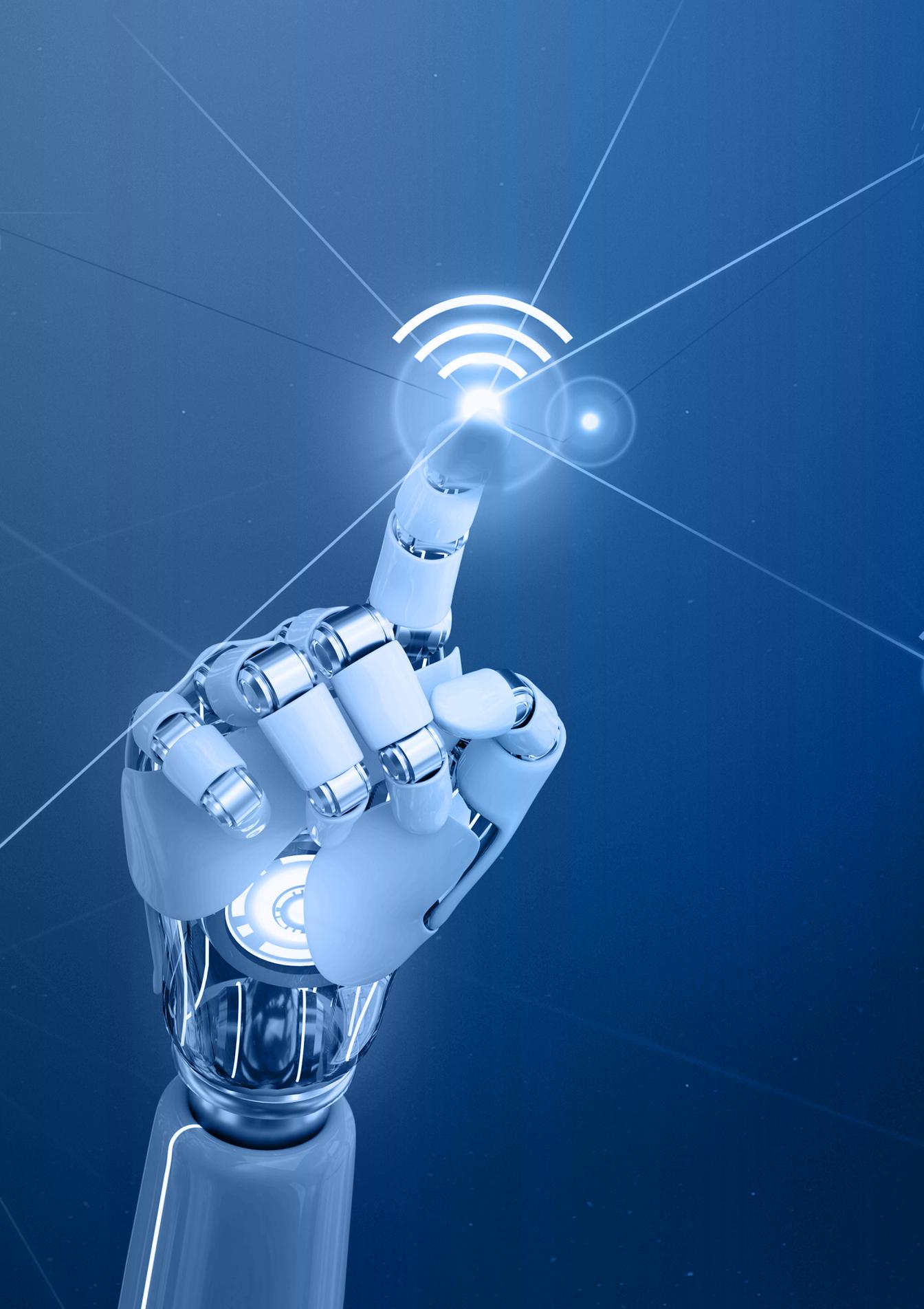
- Agriculture intelligente :
 - Fort potentiel de digitalisation et d'intégration de l'IA dans l'agriculture tunisienne, notamment pour l'irrigation intelligente, la gestion des cultures et la prévision des rendements. Les estimations se situent entre 30 % et 45 % des terres agricoles en Tunisie sont techniquement éligibles à des solutions d'agriculture intelligente (capteurs, IA, IoT, etc.), en particulier dans les grandes exploitations irriguées du nord et du centre¹⁷.
 - Marché potentiel : entre 80 et 120M\$/an d'ici 2030.
- Santé digitale :
 - 20% des hôpitaux tunisiens sont équipés pour l'IA médicale (OMS, 2023).

5. Menaces (Threats)

Aspect	Détails & Chiffres Clés
<p>Concurrence régionale accrue</p>	<p>Investissements disproportionnés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maroc : Le Maroc a lancé plusieurs initiatives majeures en IA depuis 2020, notamment via l'UM6P (Université Mohammed VI Polytechnique), des pôles d'innovation à Casablanca et Rabat, et des partenariats avec des acteurs internationaux (Microsoft, IBM, Huawei). Les rapports sectoriels (MIT Technology Review, Oxford Insights, World Bank) estiment les investissements cumulés publics/privés dans l'IA et le digital à entre 180 et 230 millions de dollars sur la période 2020-2024. • Egypte : L'Égypte a lancé en 2021-2022 le programme «AI for Development», soutenu par le gouvernement et des bailleurs internationaux (Banque mondiale, Banque africaine de développement, agences européennes). Selon les communiqués officiels du Cabinet égyptien et les rapports du ministère des Communications et des Technologies de l'Information, les investissements cumulés dépassent 450 millions de dollars pour la période 2021-2025, couvrant infrastructures, formation, incubateurs et projets pilotes IA. • Tunisie : Les investissements publics et privés cumulés dans l'IA en Tunisie depuis 2020 sont nettement inférieurs à ceux du Maroc et de l'Égypte, oscillant entre 25 et 30 millions de dollars. Ce montant inclut les fonds publics, les programmes d'innovation, et les investissements de quelques acteurs privés et internationaux.
<p>Instabilité économique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'inflation et les pressions budgétaires limitent la capacité d'investissement dans les infrastructures, les équipements et les programmes de recherche dans le secteur de l'enseignement et de la recherche. • Dépendance accrue des financements extérieurs pour des projets de recherche majeurs. • Faible intégration des résultats de la recherche dans le tissu industriel.
<p>Risque éthique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de cadre légal pour l'IA : aucune loi spécifique n'est adoptée à ce jour.

6. Conclusion

L'analyse SWOT de l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique en Tunisie met en lumière un contexte porteur, marqué par une mobilisation institutionnelle forte et une volonté claire d'innovation pédagogique et scientifique. Les forces résident notamment dans l'engagement des universités tunisiennes, la collaboration entre acteurs académiques et industriels, et les initiatives structurantes comme la stratégie quinquennale en cours d'élaboration. Toutefois, des défis subsistent, tels que le renforcement des compétences en IA, l'adaptation des infrastructures, et la nécessité d'une gouvernance efficace et responsable. Les opportunités offertes par l'IA pour personnaliser les apprentissages, optimiser les ressources et stimuler la recherche sont importantes, mais doivent être saisies en tenant compte des risques liés à la transformation numérique. Pour maximiser les bénéfices de l'IA, la Tunisie devra poursuivre cette dynamique collaborative, en consolidant ses acquis et en développant des solutions adaptées à son contexte spécifique.



Conclusion Générale

Les résultats de cette étude prospective mettent en évidence que l'intégration de l'intelligence artificielle dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique en Tunisie constitue à la fois une opportunité majeure et un défi complexe. L'analyse internationale montre que les pays leaders adoptent des stratégies structurées combinant investissements massifs, formation spécialisée, infrastructures technologiques robustes et cadres éthiques clairs. En Tunisie, malgré des atouts réels — notamment en termes de capital humain et d'ouverture au numérique —, des freins importants persistent, tels que le manque d'infrastructures adaptées, la fragmentation des initiatives, la dépendance technologique extérieure et une sensibilisation encore limitée des acteurs académiques. L'analyse SWOT souligne néanmoins de fortes opportunités à saisir, notamment via l'appropriation progressive de l'IA par les universités, la dynamisation du secteur local de technologie et l'appui croissant des politiques publiques en faveur de l'innovation. Une stratégie nationale concertée, intégrant ces enseignements et s'appuyant sur les bonnes pratiques mondiales tout en tenant compte du contexte local, apparaît comme indispensable pour transformer ces potentiels en réalisations concrètes.

Ainsi, cette étude prospective constitue une étape essentielle dans la construction d'une vision stratégique et partagée de l'intégration de l'intelligence artificielle dans les domaines de la recherche scientifique et de l'enseignement supérieur en Tunisie. À travers une analyse rigoureuse des bénéfices attendus, des défis à relever, des bonnes pratiques internationales et du positionnement actuel du pays, elle offre un état des lieux éclairé et prospectif, nécessaire à toute prise de décision stratégique.

Ce travail vise à servir d'input concret à l'élaboration d'une stratégie nationale ambitieuse et réaliste, capable de coordonner les efforts des pouvoirs publics, des institutions universitaires, des chercheurs et des acteurs économiques. Une telle stratégie doit permettre non seulement d'accompagner les mutations profondes induites par l'IA, mais aussi de garantir que la Tunisie reste compétitive, innovante et souveraine dans un domaine qui redéfinit les frontières du savoir et de la formation.

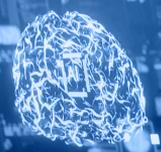
L'enjeu est donc clair : transformer ces analyses prospectives en actions concrètes, structurer une gouvernance adaptée, investir dans les infrastructures, les compétences et les cadres éthiques, tout en accompagnant les communautés académiques dans cette transition incontournable. La voie vers une intégration réussie de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche tunisienne est tracée — il s'agit maintenant de franchir les bons pas, ensemble et avec ambition.

Une approche participative reposant sur cette étude, impliquant les différentes parties prenantes de l'université, sera adoptée pour l'intégration d'une stratégie nationale de l'IA dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique.



AI

```
1 # (getpagesize <- NPROC_UNG_SMALL)
2 group_info->blocks[0] = group_info->small_block
3 size
4 for (i = 0; i < nblocks; i++) {
5     get_1_to_
6     b = (void *)_get_free_page(GFP_USER);
7     if (b)
8         group_info->undo_partial_alloc;
9         group_info->blocks[i] = b;
10 }
11
12
13
14
15 return group_info;
16
17 void undo_partial_alloc;
18 while (--i >= 0) {
19     free_page(unassigned longgroup;
20 }
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
```



Références bibliographiques

1. Artificial Intelligence Index Report 2025, Stanford University, arXiv:2504.07139.
2. Artificial intelligence and the transformation of higher education institutions, 2024.
3. AfricAIED 2024: 2nd Workshop on Artificial Intelligence in Education in Africa, 2024.
4. Bien-être individuel versus bien-être collectif : le paradoxe de l'IA bienveillante dans l'enseignement supérieur, Interfaces numériques, Université de Limoges, 2025-04-18.
5. Artificial intelligence and the transformation of higher education institutions, arXiv:2402.08143, 13 février 2024.
6. New Era of AI in Education (2023).
7. AI Index Report 2024 (Stanford).
8. An Exploration of Higher Education Course Evaluation by Large Language Models, arXiv preprint, 2024.
9. Development of Evidence-Based Guidelines for the Integration of Generative AI in University Education, 2025.
10. Visualizing Research Trends on the Use of Generative AI in Assessment in the WOS database from 2019 to 2024 via Vosviewer and CiteSpace, ACM Digital Library, 2024.
11. Generative AI and Higher Education: Trends, Challenges, and Future Directions from a Systematic Literature Review, Information, 2024.
12. Contribution de l'Intelligence Artificielle à la Performance des Projets de Recherche Scientifique, 2024.
13. Apport de l'intelligence artificielle dans la prévision de croissance mandibulaire, 2024.
14. AI Expands Scientists' Impact but Contracts Science's Focus (arXiv, 2024).
15. P-408. Utility of a Large Language Model for Identifying Central Line-Associated Bloodstream Infections (Stanford Health Care).
16. L'Europe au défi de la Tech américaine, Futuribles, Henri d'Agrain, 2025-02-26.
17. A Survey of Accessible Explainable Artificial Intelligence Research, arXiv, 2024.
18. Intelligence artificielle et promotion de l'accès libre dans la publication académique, PMC, 2023.
19. A Manifesto for a Pro-Actively Responsible AI in Education, 2024.
20. Developing and Deploying Industry Standards for Artificial Intelligence in Education (AIED):

Challenges, Strategies, and Future Directions, 2024.

21. Impact of artificial intelligence adoption on students' academic performance in open and distance learning: A systematic literature review, Heliyon, 2024.

22. Intelligence Artificielle et e-démocratie : nouveaux droits, nouvelles exclusions, 2023.

23. Défis éthiques des IA génératives pour l'enseignement supérieur, Management Data Science, 2024.

24. Gestion, gouvernance et politiques d'intelligence artificielle en éducation et en enseignement supérieur, Revue Médiations, 2024.

25. Yannick Meiller, Intelligence artificielle, sécurité et sûreté, Revue Sécurité et Stratégie, 2017.

26. Vers une meilleure compréhension de la transformation numérique optimisée par l'IA et de ses implications pour les PME manufacturières au Canada.

27. Transformation des entreprises et tiers de confiance : la mutation de la chaîne de confiance dans le management des entreprises.

28. Intelligence Artificielle et gestion de la relation client à Jumia CI : Du chatbot à la déshumanisation de la relation client.

29. A Framework for Developing University Policies on Generative AI Governance: A Cross-national Comparative Study.

30. AI Governance in Higher Education: Case Studies of Guidance at Big Ten Universities, arXiv, 2024.

31. Worldwide AI ethics: A review of 200 guidelines and recommendations for AI governance, Patterns (N Y), 2023.

32. Progress in Artificial Intelligence and its Determinants, arXiv:2501.17894.

33. Explosive growth from AI automation: A review of the arguments, arXiv:2309.11690.

34. Enjeux numériques, 2018, Cairn.info.

35. Generative AI in Higher Education: A Global Perspective of Institutional Adoption Policies and Guidelines.

36. A University Framework for the Responsible use of Generative AI in Research.

37. AI in business operations: driving urban growth and societal sustainability, PMC11973334.

38. Navigating AI in Social Work and Beyond: A Multidisciplinary Review, arXiv:2411.07245.

39. Assessing Student Adoption of Generative Artificial Intelligence across Engineering Education from 2023 to 2024.

40. Generative Artificial Intelligence in Higher Education: Evidence from an Analysis of Institutional Policies and Guidelines.

41. Artificial Intelligence and Labour (Canadian Labour Congress, 2022).
42. Future of AI in Education (2020).
43. Analysis of the repercussions of Artificial Intelligence in the Personalization of the Virtual Educational Process in Higher Education Programs, Dialogo Milenio, 2024.
44. Perceptions and Use of AI Chatbots among Students in Higher Education: A Scoping Review of Empirical Studies, Education Sciences, 2024.
45. Automatic assessment of text-based responses in post-secondary education: A systematic review, arXiv preprint, 2023.
46. Developing and Deploying Industry Standards for Artificial Intelligence in Education (AIED): Challenges, Strategies, and Future Directions, 2024.
47. Intelligence artificielle : entre science et marché, Gérer et Comprendre, 2021.



13 Rue Ibn Nadim, 1073 Montplaisir, Tunis
Tél : +216 71 90 52 48 / +216 71 90 52 69 /
+216 71 90 52 54 Fax : +216 71 90 36 03