

Maturité Numérique, Préparation A L'intelligence Artificielle Et Adoption Déclarée Dans Les Etablissements Scolaires Marocains : Une Analyse Quantitative Multi-Acteurs En Contexte De Revenu Intermédiaire

Driss Sadek¹, Laila Belhaj²

^{1,2}Dept. of Learning, Cognition and Educational Technology, Faculty of Educational Sciences University of Mohammed-V, Rabat, Morocco

Résumé :

Cet article examine la relation entre maturité numérique des établissements scolaires, préparation à l'intelligence artificielle (IA) et adoption déclarée des outils d'IA dans la région Rabat-Salé-Kénitra, au Maroc. Le point de départ est simple, mais rarement traité avec suffisamment de précision : l'IA n'entre pas dans l'école comme une couche technique supplémentaire venant se poser sur un environnement déjà prêt. Elle suppose, en amont, un état minimal de consolidation numérique, organisationnelle et professionnelle. L'étude repose sur un design quantitatif transversal, corrélationnel et comparatif conduit auprès de 372 répondants issus de quatre catégories d'acteurs : 65 administrateurs, 86 enseignants, 148 élèves et 73 familles. Quatre questionnaires structurés ont été administrés en ligne entre février et mai 2024. La maturité numérique est appréhendée à travers cinq dimensions interdépendantes - infrastructure, compétences, usages, leadership et culture - tandis que la préparation à l'IA est conçue comme un construit distinct. Chez les professionnels, cette préparation est mesurée à partir de dimensions cognitive, technique, organisationnelle ou pédagogique, et éthique ; la dimension affective, bien que décrite, est exclue du score global et des analyses inférentielles pour raisons psychométriques.

Les résultats dessinent un paysage nuancé. La maturité numérique apparaît globalement modérée chez les professionnels, mais hétérogène et dissymétrique : la culture numérique se situe à un niveau relativement plus favorable que les compétences et le leadership. La préparation à l'IA demeure plus faible que les attitudes positives envers l'innovation ne le laisseraient supposer. Chez les administrateurs, elle reste faible, surtout sur les plans technique, organisationnel et éthique. Chez les enseignants, elle est modérée, mais très déséquilibrée : la familiarité technique surpasse nettement la préparation pédagogique. L'adoption déclarée reste faible dans les deux groupes professionnels. Les analyses relationnelles montrent une association positive et significative entre maturité numérique et préparation à l'IA, d'ampleur modérée, ainsi qu'une contribution conjointe de la maturité numérique et de la préparation à l'IA à l'adoption déclarée, cette dernière jouant le rôle le plus proximal. Enfin, des écarts structurels importants apparaissent selon le secteur public/privé et selon le territoire urbain/périurbain.

L'article soutient ainsi une thèse prudente mais forte : la maturité numérique constitue une condition de passage vers l'IA, nécessaire mais non suffisante. Elle prépare le terrain sans garantir, à elle seule, la préparation spécifique à l'IA ni son adoption éducative stabilisée.

Mots-clés : maturité numérique ; préparation à l'intelligence artificielle ; adoption déclarée ; établissements scolaires ; Maroc ; sciences de l'éducation ; inégalités numériques ; gouvernance scolaire.

Abstract:

This article examines the relationship between schools' digital maturity, their preparedness for artificial intelligence (AI) and their reported adoption of AI tools in the Rabat-Salé-Kénitra region of Morocco. The starting point is simple, yet rarely addressed with sufficient precision: AI does not enter schools as an additional technical layer superimposed on an environment that is already in place. It requires, as a prerequisite, a minimum level of digital, organisational and professional consolidation. The study is based on a quantitative, cross-sectional, correlational and comparative design, conducted amongst 372 respondents from four categories of stakeholders: 65 school administrators, 86 teachers, 148 pupils and 73 families. Four structured questionnaires were administered online between February and May 2024. Digital maturity is examined through five interdependent dimensions – infrastructure, skills, usage, leadership and culture – whilst readiness for AI is treated as a distinct construct. Among professionals, this readiness is measured across cognitive, technical, organisational or pedagogical, and ethical dimensions; the affective dimension, although described, is excluded from the overall score and inferential analyses for psychometric reasons.

The results paint a nuanced picture. Digital maturity appears, on the whole, to be moderate amongst professionals, but it is varied and uneven: digital culture is at a relatively higher level than skills and leadership. Readiness for AI remains lower than positive attitudes towards innovation would suggest. Among administrators, it remains low, particularly in technical, organisational and ethical terms. Among teachers, it is moderate but highly unbalanced: technical familiarity significantly outweighs pedagogical readiness. Reported adoption remains low in both professional groups. Correlational analyses reveal a positive and significant association between digital maturity and readiness for AI, of moderate magnitude, as well as a joint contribution of digital maturity and readiness for AI to reported adoption, with the latter playing the most immediate role. Finally, significant structural differences emerge between the public and private sectors and between urban and peri-urban areas.

The article thus puts forward a cautious but strong argument: digital maturity is a necessary but not sufficient condition for the transition to AI. It paves the way without, on its own, guaranteeing specific readiness for AI or its stable adoption in education.

Keywords: digital maturity; preparation for artificial intelligence; reported adoption; schools; Morocco; educational sciences; digital inequalities; school governance.

1. Introduction

L'arrivée récente de l'intelligence artificielle dans les débats éducatifs a eu un effet paradoxal. D'un côté, elle a accéléré les imaginaires de transformation. L'école y est volontiers décrite comme un espace sur le point de basculer vers la personnalisation généralisée, l'assistance intelligente, la production automatisée de contenus ou encore l'optimisation du pilotage pédagogique. De l'autre, cette accélération rhétorique a

parfois eu pour effet de simplifier à l'excès la question décisive : dans quelles conditions l'IA devient-elle réellement intégrable dans les établissements scolaires ?

Poser la question ainsi impose un déplacement du regard. Il ne s'agit plus de partir des promesses de l'outil, ni même des usages les plus visibles, mais des capacités institutionnelles qui rendent ces usages possibles, stables, gouvernables et éducativement recevables. Cette inflexion rejoint les travaux qui ont montré que la transformation numérique en éducation ne se réduit ni à l'équipement, ni à la présence d'applications, ni à l'existence d'innovations ponctuelles (Kampylis, Punie, & Devine, 2015 ; Pettersson, 2018, 2021 ; Timotheou et al., 2023). Entre disponibilité d'une technologie et inscription durable dans l'activité scolaire, il existe toujours un intervalle. Cet intervalle n'est pas un simple retard à combler. Il est fait de ressources, de compétences, de routines, de leadership, de culture professionnelle, de médiations organisationnelles et d'inégalités de contexte.

L'IA rend cet intervalle plus visible encore que d'autres technologies antérieures. Elle n'exige pas seulement un accès aux outils. Elle suppose des capacités cognitives, techniques, pédagogiques ou organisationnelles, ainsi qu'un cadrage éthique, qui ne surgissent pas spontanément avec l'apparition de nouveaux services numériques (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019 ; Miao, Holmes, Huang, & Zhang, 2021 ; Ng et al., 2021 ; UNESCO, 2021). C'est pourquoi la notion de maturité numérique prend ici une importance particulière. Elle permet de penser l'état de consolidation d'un établissement non comme un label de modernité, mais comme une configuration institutionnelle plus ou moins robuste.

Le cas marocain offre, à cet égard, un terrain particulièrement éclairant. Le système éducatif a connu plusieurs dynamiques de numérisation, du programme GENIE à des stratégies plus récentes, tout en restant traversé par des consolidations inégales selon les secteurs, les territoires et les établissements (Dardary, Tridane, & Belaaouad, 2018 ; Ismaili, 2020 ; Lmortaji, 2024 ; Nejari & Bakkali, 2017). Dans un tel contexte, traiter les difficultés d'intégration de l'IA comme un simple défaut d'adoption reviendrait à ignorer la distribution concrète des capacités.

Le présent article se propose dès lors d'examiner dans quelle mesure la maturité numérique des établissements scolaires constitue une condition de passage vers la préparation à l'IA et vers l'adoption déclarée de ces outils. L'expression de *condition de passage* est choisie avec soin. Elle évite le déterminisme : il ne s'agit ni de soutenir que la maturité numérique cause mécaniquement la préparation à l'IA, ni de nier l'existence d'autres facteurs. Elle permet au contraire de désigner un socle institutionnel de possibilité, nécessaire mais non suffisant.

L'étude repose sur une enquête quantitative menée dans la région Rabat-Salé-Kénitra auprès de 372 répondants relevant de quatre catégories d'acteurs : administrateurs, enseignants, élèves et familles. Cette architecture multi-acteurs ne constitue pas un simple enrichissement descriptif. Elle répond à une exigence théorique : si la maturité numérique est un phénomène institutionnel, elle ne peut être correctement approchée depuis un seul point de vue. Les directions, les enseignants, les élèves et les familles n'observent ni les mêmes dimensions, ni les mêmes effets, ni les mêmes fragilités.

L'argument de l'article est double. D'une part, les résultats montrent que la maturité numérique observée n'est ni nulle ni suffisamment consolidée : elle est modérée, hétérogène, dissymétrique. D'autre part, ils indiquent que le principal obstacle à l'intégration de l'IA n'est pas d'abord l'hostilité des acteurs, mais un déficit de capacité institutionnelle et professionnelle. L'adhésion sociale précède la capacité plus souvent qu'elle ne l'accompagne.

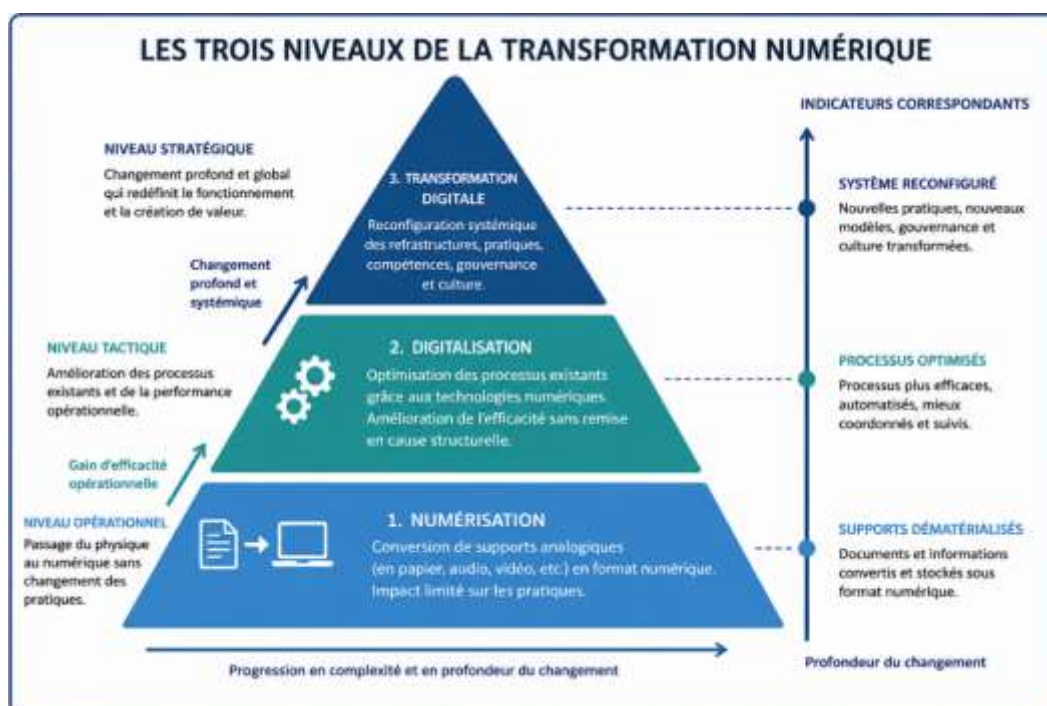


Figure 1 : Pyramide des trois niveaux de changement numérique

Source: Adapté de Vial, G. (2019). *Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda*. *The Journal of Strategic Information Systems*

L'article est organisé en six sections. Après avoir clarifié le cadre conceptuel, il présente la méthodologie de l'enquête. Il expose ensuite les résultats descriptifs relatifs à la maturité numérique, à la préparation à l'IA et à l'adoption déclarée. Il examine enfin les relations entre ces variables, les effets des inégalités structurelles, puis discute la portée scientifique des résultats et leurs limites.

2. Cadre conceptuel : de la maturité numérique à la préparation à l'IA

2.1. La maturité numérique comme capacité institutionnelle

Le concept de maturité numérique a d'abord un intérêt négatif : il empêche deux réductions fréquentes. La première ramène le numérique scolaire à l'équipement. La seconde dissout les écarts d'intégration dans les seules dispositions individuelles des acteurs. Entre ces deux pôles, la maturité numérique introduit un niveau d'analyse institutionnel. Elle désigne la manière dont un établissement articule ses ressources techniques, les compétences de ses acteurs, les usages effectifs, la gouvernance du changement et la culture partagée du numérique.

Cette perspective est cohérente avec les principaux cadres mobilisés dans la littérature. DigCompOrg considère l'établissement comme une organisation éducative dans son ensemble et insiste sur l'articulation entre leadership, développement professionnel, pratiques d'enseignement, évaluation, collaboration et infrastructure (Kampylis et al., 2015). SELFIE prolonge cette logique par une approche réflexive et multi-acteurs (European Commission, 2019 ; Kampylis & Sala, 2023). Les travaux de Pettersson rappellent, pour leur part, que la transformation numérique scolaire n'est jamais purement technique : elle touche les médiations organisationnelles, les routines professionnelles et les formes d'inertie propres à l'institution scolaire (Pettersson, 2018, 2021).

Dans le cadre de cette étude, la maturité numérique est retenue comme un construit pentadimensionnel : **infrastructure**, **compétences**, **usages**, **leadership** et **culture**. Ce choix n'est pas arbitraire. Il synthétise les régularités les plus stables des modèles existants tout en restant opératoire pour l'enquête.

Dimension	Définition opératoire	Ce qu'elle permet de saisir
Infrastructure	Disponibilité, fiabilité et accessibilité des ressources techniques	Connectivité, équipements, maintenance, accès fonctionnel
Compétences	Maîtrise du numérique par les acteurs dans leur activité scolaire ou professionnelle	Capacité d'usage, formation, sentiment de compétence
Usages	Degré d'intégration effective du numérique dans l'enseignement, l'apprentissage, la communication et la gestion	Passage de la présence des outils à leur mobilisation réelle
Leadership	Vision stratégique, coordination, pilotage et accompagnement du développement numérique	Capacité institutionnelle de formaliser et de soutenir le changement
Culture	Normes, valeurs, coopération et ouverture collective à l'innovation numérique	Légitimité du numérique, climat d'expérimentation, circulation des pratiques

Le point décisif est que ces dimensions ne s'additionnent pas mécaniquement. Un établissement peut disposer d'une culture relativement favorable tout en demeurant faible sur le leadership. Il peut être équipé sans être réellement capable d'intégrer ces outils dans les routines pédagogiques. Il peut afficher une stratégie sans disposer des compétences nécessaires pour la faire vivre. La maturité numérique doit donc être pensée comme une **configuration**.

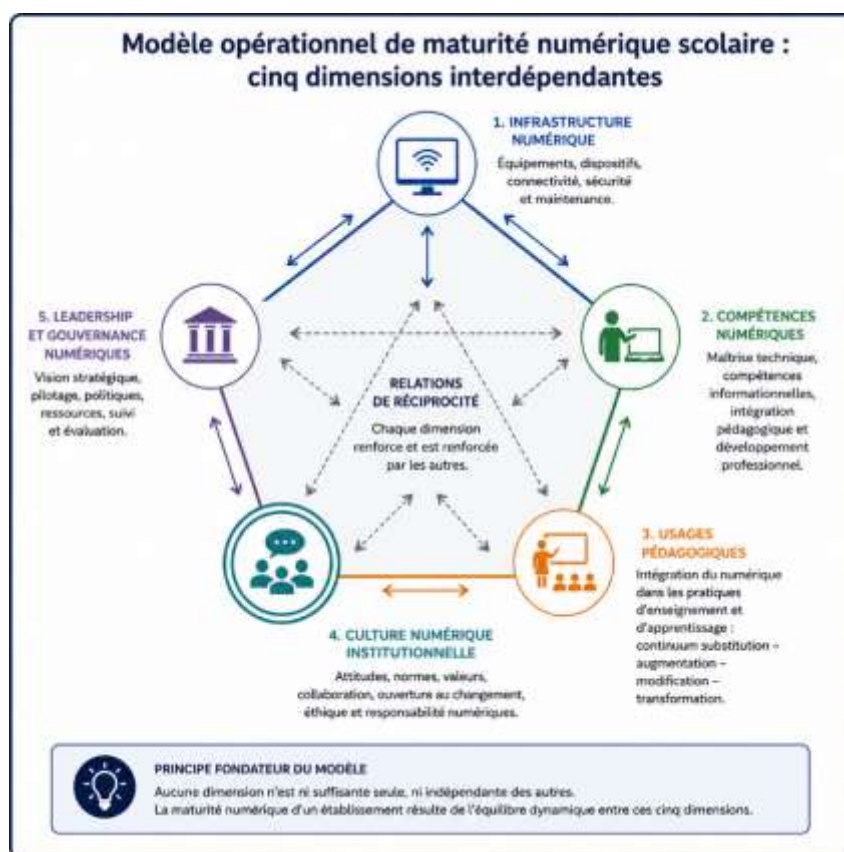


Figure 2: Schéma du modèle pentadimensionnel de la maturité numérique scolaire.

Source : Adapté de Kampylis, P., Punie, Y. et Devine, J. (2015). *Promoting Effective Digital-Age Learning: A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations (DigCompOrg)*.: Publications Office of the European Union.)

Cette lecture institutionnelle est essentielle pour l'argument de l'article. Si l'IA doit être comprise comme une technologie plus exigeante que le numérique scolaire ordinaire, alors le problème n'est pas simplement de savoir si des outils existent, mais si l'environnement scolaire est suffisamment articulé pour absorber un niveau supplémentaire de complexité.

2.2. La préparation à l'IA : un construit distinct

La préparation à l'IA ne se confond pas avec la maturité numérique. Elle s'en distingue par son objet et par sa proximité avec l'action. Alors que la maturité numérique décrit l'état d'un environnement institutionnel, la préparation à l'IA renvoie à la capacité des acteurs à comprendre, utiliser, intégrer et encadrer l'IA dans un cadre éducatif.

Dans l'étude, cette préparation est conçue comme multidimensionnelle. Chez les administrateurs, elle comprend des dimensions **cognitive**, **technique**, **organisationnelle**, **éthique** et **affective**. Chez les enseignants, la dimension organisationnelle est remplacée par une dimension **pédagogique**, plus ajustée au cœur du travail enseignant. La dimension affective est décrite mais exclue du score global et des analyses inférentielles en raison d'une cohérence interne insatisfaisante.

Dimension	Sens dans l'étude	Mise en garde analytique
Cognitive	Compréhension des concepts, possibilités et limites de l'IA	Ne vaut pas maîtrise pratique

Technique	Capacité à manipuler des outils d'IA et à interagir avec eux	Ne garantit ni intégration pédagogique ni gouvernance
Organisationnelle / Pédagogique	Capacité à préparer l'établissement à l'IA ou à intégrer l'IA dans l'enseignement	Ne peut être déduite d'un usage ponctuel
Éthique	Capacité à identifier les biais, à protéger les données et à encadrer les usages	Ne se réduit pas à une sensibilisation abstraite
Affective	Intérêt, confiance, anxiété, appréhension vis-à-vis de l'IA	Ne doit pas être assimilée à la préparation effective

Ce point est central pour toute la lecture des résultats. Une attitude favorable envers l'IA, même élevée, ne vaut ni compétence, ni intégration, ni préparation institutionnelle. Cette distinction rejoint la littérature sur l'AI literacy, qui insiste sur la nécessité de dépasser la seule familiarité instrumentale pour penser l'usage responsable et situé de l'IA en éducation (Holmes et al., 2019 ; Ng et al., 2021 ; UNESCO, 2021).

2.3. De la préparation à l'IA à l'adoption déclarée

Pour comprendre le passage entre conditions et usages, l'article s'appuie également sur les cadres de l'acceptation technologique et de la diffusion des innovations. Le TAM rappelle que l'usage dépend notamment de l'utilité perçue et de la facilité d'utilisation perçue (Davis, 1989). L'UTAUT y ajoute l'influence sociale et les conditions facilitatrices (Venkatesh et al., 2003). Rogers (2003), enfin, invite à considérer la compatibilité de l'innovation avec les routines, sa visibilité, sa complexité perçue et la possibilité de l'essayer.

Ces cadres sont utiles, à condition de ne pas les isoler du contexte scolaire. En éducation, l'utilité perçue d'un outil ne se réduit pas à un gain de temps : elle dépend aussi de sa compatibilité avec les apprentissages, l'évaluation, le travail enseignant et les responsabilités éducatives. Un outil peut sembler efficace du point de vue instrumental, et pourtant demeurer pédagogiquement incertain ou institutionnellement peu gouvernable.

Le cadre TPACK et ses prolongements vers l'AI-TPACK apportent ici une précision supplémentaire. Ils permettent de distinguer maîtrise technique et intégration pédagogique. Dans le cas de l'IA, cette distinction devient particulièrement importante : savoir utiliser un outil génératif ne signifie pas savoir en faire une médiation didactique pertinente (Mishra & Koehler, 2006).

Au total, le modèle conceptuel retenu dans cet article articule trois niveaux :

1. la **maturité numérique** comme capacité institutionnelle générale ;
2. la **préparation à l'IA** comme capacité spécifique, plus proche de l'action ;
3. l'**adoption déclarée** comme entrée rapportée dans l'usage.

La question empirique devient alors la suivante : ces trois niveaux entretiennent-ils des relations suffisamment cohérentes pour soutenir la thèse selon laquelle la maturité numérique constitue une condition de passage vers l'IA ?

3. Méthodologie

3.1. Design de recherche et terrain

L'étude repose sur un design quantitatif transversal, corrélationnel et comparatif. Elle a été menée dans la région Rabat-Salé-Kénitra, entre février et mai 2024, au moyen de questionnaires auto-administrés en

ligne via Google Forms. Le choix de ce dispositif répondait à un double objectif : rendre possible une collecte multi-acteurs sur un territoire diversifié, tout en standardisant la passation.

Le terrain n'a pas été constitué selon une logique probabiliste. L'échantillonnage est raisonné et non probabiliste. Cette propriété du dispositif doit être maintenue au premier plan de l'interprétation : les résultats permettent de décrire des tendances situées, non d'inférer statistiquement à l'ensemble du système éducatif marocain.

3.2. Échantillon

L'échantillon final comprend 372 répondants répartis en quatre catégories d'acteurs.

Catégorie d'acteurs	n	%
Élèves	148	39,8
Enseignants	86	23,1
Familles	73	19,6
Administrateurs	65	17,5
Total	372	100,0

Cette structure donne à l'étude une véritable profondeur multi-acteurs, mais toutes les analyses ne portent pas avec la même intensité sur les quatre groupes. Les analyses relationnelles centrales concernent les administrateurs et les enseignants, seuls groupes pour lesquels la maturité numérique, la préparation à l'IA et l'adoption déclarée sont mesurées de manière complète.

La composition sectorielle de l'échantillon appelle une vigilance particulière. Les administrateurs relèvent très majoritairement du public (93,8 %), les enseignants se répartissent entre public (57,0 %) et privé (43,0 %), les élèves sont surtout issus du public (82,4 %), tandis que les familles relèvent massivement du privé (84,9 %). Ces asymétries ne sont pas accessoires : elles interdisent de traiter les perceptions de chaque groupe comme si elles représentaient des populations équivalentes.

3.3. Instruments

Quatre questionnaires distincts ont été élaborés, un par catégorie d'acteurs. Cette différenciation est méthodologiquement décisive. Tous les groupes n'ont pas la même visibilité sur le phénomène étudié ; vouloir leur faire évaluer les mêmes dimensions aurait produit une comparabilité factice plutôt qu'une meilleure validité.

Le questionnaire administrateurs comprend 73 items. Il mesure la maturité numérique perçue (25 items, cinq dimensions), la préparation à l'IA (20 items, cinq dimensions) et l'adoption déclarée (3 items). Le questionnaire enseignants comprend 77 items et reprend la même architecture générale, en remplaçant la dimension organisationnelle de la préparation à l'IA par une dimension pédagogique. Le questionnaire élèves, administré en arabe dialectal, comprend 28 items centrés sur les dimensions perceptibles de la maturité numérique (infrastructure et usages) ainsi que sur les attitudes envers l'IA. Le questionnaire familles est plus resserré encore et se concentre sur l'infrastructure perçue et les attitudes envers l'IA en éducation.

Public	Maturité numérique	Préparation / attitudes IA	Adoption déclarée
Administrateurs	Infrastructure, compétences, usages, leadership, culture	Cognitive, technique, organisationnelle, éthique, affective	Oui
Enseignants	Infrastructure, compétences, usages, leadership, culture	Cognitive, technique, pédagogique, éthique, affective	Oui
Élèves	Infrastructure, usages	Attitudes envers l'IA	Non

Familles	Infrastructure	Attitudes envers l'IA	Non
----------	----------------	-----------------------	-----

Toutes les échelles reposent sur des formats de Likert en cinq points. Les scores dimensionnels sont calculés comme des moyennes d'items, puis les scores globaux comme des moyennes de dimensions. Cette procédure donne aux scores une lisibilité commune sur une échelle allant de 1 à 5.

3.4. Fiabilité psychométrique et traitement de la dimension affective

La cohérence interne des échelles professionnelles a été évaluée par l'alpha de Cronbach. Pour la maturité numérique globale, l'alpha atteint 0,87 chez les administrateurs et 0,89 chez les enseignants. Pour la préparation à l'IA globale — après exclusion de la dimension affective — il atteint respectivement 0,82 et 0,84. Les dimensions individuelles se situent, dans l'ensemble, dans des zones compatibles avec les standards d'une recherche exploratoire en sciences de l'éducation (Taber, 2018), même si certaines dimensions restent proches des seuils bas d'acceptabilité.

Le point psychométrique le plus important concerne la dimension affective de la préparation à l'IA. Sa cohérence interne s'est révélée insatisfaisante dans les deux sous-échantillons professionnels. Cette fragilité n'a pas été masquée. La décision a consisté à exclure cette dimension du score global de préparation à l'IA et de toutes les analyses inférentielles, tout en la conservant à titre descriptif. Ce choix a une portée conceptuelle aussi bien que méthodologique : il empêche de confondre enthousiasme, curiosité ou appréhension avec une préparation effective.

3.5. Stratégie d'analyse

L'analyse statistique suit une progression sobre et cohérente avec la nature des données. Les analyses descriptives mobilisent moyennes, médianes, écarts-types et fréquences. Pour l'inférence, le recours privilégié au non-paramétrique est justifié par la nature ordinale des réponses, la taille modérée des sous-échantillons professionnels et les écarts à la normalité observés sur plusieurs distributions.

Les hypothèses ont été examinées à l'aide des tests suivants : corrélations de Spearman accompagnées d'intervalles de confiance bootstrap à 95 %, tests de Mann-Whitney pour les comparaisons de groupes, test de Friedman pour les comparaisons intra-individuelles entre dimensions de préparation à l'IA, et régression multiple à visée explicitement exploratoire pour estimer la contribution relative de la maturité numérique et de la préparation à l'IA à l'adoption déclarée.

Trois limites méthodologiques doivent être rappelées avant la présentation des résultats :

- les données sont **auto-déclarées** ;
- le design est **transversal**, et n'autorise donc aucune démonstration causale forte ;
- une **variance de méthode commune** est plausible puisque, chez les professionnels, plusieurs construits sont renseignés par les mêmes répondants au même moment (Podsakoff et al., 2003).

4. Résultats

4.1. Un paysage de maturité numérique modérée mais dissymétrique

4.1.1. Administrateurs et enseignants

Chez les administrateurs, la maturité numérique globale est évaluée à **2,876** (ET = 0,647), soit un niveau modéré. Chez les enseignants, elle atteint **2,623** (ET = 0,977), également modéré, mais sensiblement plus faible. Ce premier contraste doit être lu avec prudence, puisque les groupes ne portent pas nécessairement sur les mêmes établissements. Il n'en reste pas moins instructif : les enseignants décrivent un environnement moins consolidé que ne le font les directions.

Le profil dimensionnel est plus important encore que la moyenne globale. Dans les deux groupes professionnels, la **culture numérique** occupe la position la plus favorable, tandis que les **compétences** et le **leadership** demeurent plus fragiles.

Dimension	Administrateurs M (ET)	Enseignants M (ET)
Culture numérique	3,359 (0,712)	2,980 (1,042)
Infrastructure	2,936 (0,891)	2,660 (1,103)
Usages numériques	2,941 (0,804)	2,519 (1,021)
Compétences numériques	2,593 (0,782)	2,355 (0,977)
Leadership numérique	2,410 (0,856)	2,600 (0,985)
Score global MN	2,876 (0,647)	2,623 (0,977)

Chez les administrateurs, la culture numérique est la seule dimension approchant clairement le versant supérieur de la zone modérée. À l'inverse, le leadership constitue le point bas du profil. Ce résultat a une force particulière : la faiblesse du leadership est rapportée par les acteurs mêmes censés exercer cette fonction de pilotage. Le numérique paraît ainsi davantage accepté et partiellement visible qu'institutionnellement coordonné.

Chez les enseignants, la fragilité la plus nette concerne les compétences numériques. Le résultat déplace l'attention du seul accès matériel vers la capacité effective des professionnels à mobiliser le numérique dans leur activité. Même lorsque l'équipement existe, le socle de compétences partagées reste faible.

La distribution des scores renforce cette lecture. Chez les enseignants, **52,3 %** se situent dans les niveaux faible ou très faible sur le score global de maturité numérique. La moyenne modérée ne décrit donc pas un milieu homogène, mais un entre-deux institutionnel traversé par des écarts importants.

4.1.2. Élèves et familles

Les élèves et les familles enrichissent le diagnostic, mais dans les limites des dimensions effectivement mesurées. Les élèves attribuent à l'infrastructure perçue une moyenne de **3,273** et aux usages numériques à l'école une moyenne de **2,702**. L'équipement visible apparaît donc relativement présent, sans se traduire pour autant en usages fortement développés dans l'expérience scolaire ordinaire.

Les familles, quant à elles, évaluent l'infrastructure perçue à **4,195**, soit un niveau élevé. Pris isolément, ce résultat pourrait suggérer un environnement fortement équipé. Mais il doit immédiatement être recontextualisé : le sous-échantillon familles relève à **84,9 %** du secteur privé. Le score renseigne donc d'abord un segment spécifique du terrain.

Groupe	Dimension(s) mesurée(s)	Score	Niveau
Élèves	Infrastructure perçue	3,273	Modéré
Élèves	Usages numériques à l'école	2,702	Modéré
Familles	Infrastructure perçue	4,195	Élevé

La diversité des perceptions ne constitue pas un bruit méthodologique à éliminer. Elle fait partie du résultat. La maturité numérique, dans le cadre de cette enquête, apparaît comme un construit distribué entre plusieurs points de vue partiels. L'établissement n'est pas observé de manière identique par tous ses acteurs.

4.2. Préparation à l'IA : une capacité plus fragile que les attitudes positives ne le laissent penser

4.2.1. Les administrateurs : sensibilisation sans capacité suffisante

La préparation à l'IA des administrateurs se situe à un niveau global **faible** : **2,322** (ET = 0,581). Le profil est particulièrement net. Parmi les dimensions intégrées au score global, la dimension cognitive arrive en

tête (2,235), suivie de l'organisationnelle (1,768), de l'éthique (1,737) et de la technique (1,648). La dimension affective, décrite mais exclue du score global, atteint 2,695, soit un niveau modéré.

Dimension PIA – administrateurs	M	Niveau
Affective*	2,695	Modéré
Cognitive	2,235	Faible
Organisationnelle	1,768	Faible
Éthique	1,737	Faible
Technique	1,648	Faible
Score global PIA	2,322	Faible

* Dimension rapportée à titre descriptif, exclue du score global.

Ce profil dit quelque chose d'important : les directions semblent davantage exposées conceptuellement à l'IA qu'elles ne sont capables de l'utiliser, de l'encadrer ou de la gouverner. Autrement dit, il existe une sensibilisation, mais elle ne se convertit pas en capacité opérationnelle. La faiblesse technique constitue ici un point critique. Elle suggère qu'un pilotage institutionnel crédible de l'IA se heurte à un manque d'expérience pratique avec les outils eux-mêmes.

La distribution des scores confirme ce constat : 40,0 % des administrateurs se situent au niveau de non-préparation et 43,1 % au niveau d'initiation. Seuls 3,1 % relèvent du niveau « bien préparés ». Le noyau de directions réellement prêtes à organiser de façon structurée l'entrée dans l'IA est donc extrêmement réduit dans l'échantillon étudié.

4.2.2. Les enseignants : familiarité technique relative, déficit pédagogique marqué

Le profil des enseignants est plus favorable, mais aussi plus dissymétrique. Le score global de préparation à l'IA atteint 2,969 (ET = 0,716), soit un niveau modéré. Cette moyenne pourrait prêter à une lecture trop rapide. Elle doit être immédiatement nuancée par la structure des dimensions.

Dimension PIA – enseignants	M	Niveau
Affective*	3,434	Élevé
Technique	3,199	Modéré
Éthique	2,568	Faible
Cognitive	2,248	Faible
Pédagogique	2,120	Faible
Score global PIA	2,969	Modéré

* Dimension rapportée à titre descriptif, exclue du score global.

Le résultat le plus structurant du profil enseignant est l'écart entre la dimension technique et la dimension pédagogique. Les enseignants paraissent plus capables d'utiliser certains outils d'IA que de les intégrer dans des séquences d'enseignement. La préparation pédagogique à l'IA constitue le point bas du profil. La dimension cognitive reste elle aussi faible, de même que la dimension éthique. Le matériau ne décrit donc pas une profession pleinement préparée, mais des acteurs qui commencent à manipuler l'outil sans disposer encore, pour une large part, des médiations intellectuelles, pédagogiques et normatives nécessaires à une intégration professionnelle stabilisée.

La distribution des scores montre que 41,8 % des enseignants atteignent le niveau modérément préparé ou supérieur, contre 16,9 % chez les administrateurs. Le contraste est net. Il ne doit pourtant pas conduire à un optimisme excessif : la majorité des enseignants demeure dans la non-préparation ou l'initiation.

Quelques items faiblement cotés permettent de donner au diagnostic une texture concrète. Les scores les plus bas concernent la formation à l'intégration pédagogique de l'IA (1,67), la communication d'une

stratégie claire de l'établissement concernant l'IA (1,74), la capacité à concevoir une séquence didactique intégrant l'IA (1,82), l'existence de protocoles éthiques (1,85) et la présence d'un plan de développement numérique formalisé (1,91). La difficulté principale ne réside donc pas dans l'existence d'une curiosité individuelle, mais dans le déficit de formation structurée, de cadrage et d'intégration pédagogique.

4.2.3. L'hétérogénéité des dimensions est statistiquement confirmée

Les tests de Friedman confirment que la préparation à l'IA n'est pas homogène. Chez les administrateurs, $\chi^2 = 48,73$, $p < 0,001$, avec un coefficient de Kendall $W = 0,25$. Chez les enseignants, $\chi^2 = 62,41$, $p < 0,001$, avec $W = 0,24$. Dans les deux cas, l'hétérogénéité est réelle, sans être extrême.

Le sens de cette dissymétrie diffère selon la position institutionnelle. Chez les administrateurs, la cognition surplombe l'action. Chez les enseignants, la technique surplombe la pédagogie. L'impréparation n'est donc pas uniforme ; elle varie selon la place occupée dans l'établissement.

4.3. Attitudes envers l'IA et adoption déclarée : l'écart entre réceptivité et usage

Les élèves et les familles expriment des attitudes très positives envers l'IA. Chez les élèves, la moyenne atteint 4,873 (ET = 0,624 ; médiane = 5,00). Chez les familles, elle atteint 4,571 (ET = 0,589 ; médiane = 4,63). L'hostilité à l'IA est donc absente du matériau recueilli dans ces deux groupes.

Il faut cependant maintenir ici un garde-fou conceptuel absolu : ces scores mesurent une **attitude**, non une préparation effective. Ils documentent une réceptivité sociale élevée, mais ne permettent pas d'inférer des compétences, des capacités pédagogiques ou un cadrage éthique.

Groupe	Mesure	M	ET	Niveau
Élèves	Attitudes envers l'IA	4,873	0,624	Très élevé
Familles	Attitudes envers l'IA en éducation	4,571	0,589	Très élevé

Le contraste est alors particulièrement éclairant : les groupes les plus enthousiastes ne sont pas ceux pour lesquels la capacité opérationnelle apparaît la plus étayée empiriquement.

Du côté des professionnels, l'indicateur le plus proche de l'entrée dans l'usage est l'adoption déclarée. Les résultats sont ici sans ambiguïté. Les scores restent **faibles** dans les deux groupes : 2,519 chez les enseignants et 2,300 chez les administrateurs.

Catégorie	Adoption déclarée M	ET	Niveau
Enseignants	2,519	0,943	Faible
Administrateurs	2,300	0,812	Faible

La distribution des scores d'adoption confirme la faiblesse de l'usage structuré. Les deux tiers des administrateurs (66,1 %) et plus de la moitié des enseignants (52,3 %) se situent dans les deux tranches les plus basses de l'échelle, correspondant à l'absence d'usage ou à un usage très occasionnel. À l'autre extrémité, la part de ceux qui déclarent un usage intégré reste très réduite : 3,1 % chez les administrateurs et 8,1 % chez les enseignants.

Chez les enseignants déjà utilisateurs ($n = 41$), les usages déclarés concernent d'abord le travail préparatoire: préparation de cours et de supports (78,0 %), recherche d'informations et de ressources (73,2 %), création d'exercices et évaluation (46,3 %). Les usages plus directement liés à une transformation de l'interaction pédagogique restent plus limités : correction et rétroaction (34,1 %), différenciation pédagogique (19,5 %), communication avec les parents (7,3 %). Même lorsque l'usage existe, l'IA apparaît donc surtout comme un outil d'appui au travail individuel en amont de la classe.

4.4. Relations entre variables : la maturité numérique compte, mais la préparation à l'IA est plus proximale

4.4.1. Corrélation entre maturité numérique et préparation à l'IA

L'hypothèse centrale de l'étude portait sur l'existence d'un lien positif entre maturité numérique et préparation à l'IA chez les professionnels. Les résultats confirment cette hypothèse, tout en appelant la prudence.

Sous-échantillon	ρ de Spearman	p	IC 95 % bootstrap	Taille d'effet
Administrateurs	0,39	0,001	[0,17 ; 0,57]	Modérée
Enseignants	0,33	0,002	[0,13 ; 0,51]	Modérée

Dans les deux groupes, l'association est positive, significative et d'ampleur modérée. C'est précisément ce qui donne sa justesse à la formule de *condition de passage*. Si la corrélation avait été nulle, la maturité numérique aurait perdu une grande partie de sa pertinence empirique pour penser l'IA. Si elle avait été très forte, on aurait risqué de rabattre la préparation à l'IA sur le seul socle numérique. Le résultat observé occupe l'espace intermédiaire attendu : la maturité numérique compte, mais elle n'épuise pas la préparation spécifique à l'IA.

4.4.2. Contribution conjointe à l'adoption déclarée

L'analyse par régression multiple, menée à visée exploratoire, permet d'examiner la contribution relative de la maturité numérique et de la préparation à l'IA à l'adoption déclarée. Les conditions d'application sont globalement satisfaisantes : les VIF sont faibles (1,18 chez les administrateurs ; 1,12 chez les enseignants), la linéarité est confirmée, l'homoscédasticité jugée acceptable, avec une légère asymétrie des résidus chez les administrateurs.

Les deux modèles convergent vers la même structure.

Groupe	Prédicteur	β standardisé	p	R ² du modèle
Enseignants	Préparation à l'IA	0,648	< 0,001	0,694
Enseignants	Maturité numérique	0,249	0,001	0,694
Administrateurs	Préparation à l'IA	0,975	< 0,001	0,556
Administrateurs	Maturité numérique	0,257	0,016	0,556

Chez les enseignants comme chez les administrateurs, la préparation à l'IA constitue le prédicteur dominant de l'adoption déclarée. La maturité numérique conserve cependant une contribution additionnelle significative. La hiérarchie est claire : la maturité numérique joue le rôle de **condition de possibilité générale**, tandis que la préparation à l'IA agit comme **levier plus proximal** de l'entrée dans l'usage.

Ce résultat doit être interprété avec discipline. Les coefficients n'autorisent pas une inférence causale. Ils n'établissent pas non plus une médiation démontrée. Ils montrent néanmoins un ordonnancement analytique cohérent : un environnement numériquement plus mûr soutient la préparation spécifique, laquelle est plus directement associée à l'adoption déclarée.

4.5. Inégalités structurelles : un effet massif du secteur et du territoire

Les résultats relationnels perdraient une part de leur sens s'ils étaient lus comme flottant dans un espace institutionnel homogène. Or l'étude montre au contraire des écarts structurels importants, surtout selon le secteur et le territoire.

Chez les enseignants, la comparaison public/privé sur la maturité numérique globale fait apparaître l'écart le plus massif du matériau : $U = 402,5$; $Z = -4,28$; $p < 0,001$; $d = -1,175$. Les enseignants du privé

rapportent une maturité numérique moyenne de **3,213**, contre **2,178** dans le public. La taille d'effet est très grande.

L'écart urbain/périurbain est lui aussi substantiel, ici mesuré sur la dimension infrastructure : **U = 529,0 ; Z = -2,63 ; p = 0,008 ; d = 0,866**. Les enseignants urbains rapportent un score moyen de **2,914**, contre **2,136** dans le périurbain. Le cycle d'enseignement, en revanche, ne produit pas de différence détectable sur la maturité numérique globale : **p = 0,921 ; d = -0,047**.

Comparaison	Variable	Valeur-clé	Taille d'effet	Lecture
Public / Privé	Maturité numérique globale (enseignants)	2,178 vs 3,213	d = -1,175	Très grand écart sectoriel
Urbain / Périurbain	Infrastructure (enseignants)	2,136 vs 2,914	d = 0,866	Grand écart territorial
Collège / Lycée	Maturité numérique globale (enseignants)	2,641 vs 2,607	d = -0,047	Effet négligeable

L'inégalité sectorielle ne se réduit pas à l'infrastructure. Elle est systémique. Dans le sous-échantillon enseignant, le privé se situe au-dessus du public sur les cinq dimensions de la maturité numérique : infrastructure (**2,210** vs **3,256**), compétences (**1,998** vs **2,828**), usages (**2,112** vs **3,058**), leadership (**2,318** vs **2,974**), culture (**2,654** vs **3,412**). Même les dimensions plus diffuses, comme le leadership et la culture, restent substantiellement plus favorables dans le privé.

Les élèves confirment cette logique : leurs attitudes envers l'IA sont très élevées dans les deux secteurs (**4,836** dans le public ; **4,981** dans le privé), mais l'infrastructure perçue (**3,092** vs **4,123**) et les usages numériques perçus (**2,489** vs **3,704**) sont nettement plus élevés dans le privé. L'inégalité ne porte donc pas sur la désirabilité sociale de l'IA, mais sur l'expérience concrète du numérique scolaire.

4.6. Formation et préparation à l'IA : un levier proximal secondaire mais net

La formation n'est pas l'objet central de l'article, mais elle éclaire utilement le rôle de la préparation à l'IA. Chez les enseignants, la comparaison entre formés et non formés montre un écart marqué sur la préparation à l'IA globale (**3,489** vs **2,690 ; d = 0,916**) et sur l'adoption déclarée (**3,044** vs **2,238 ; d = 0,720**). L'effet le plus fort concerne la dimension technique (**d = 0,993**), tandis que les dimensions cognitive, pédagogique et éthique présentent elles aussi des écarts, mais plus modestes.

Variable	Groupe formé M	Groupe non formé M	d de Cohen
PIA globale	3,489	2,690	0,916
PIA technique	3,783	2,886	0,993
PIA cognitive	2,617	2,050	0,538
PIA pédagogique	2,433	1,952	0,486
PIA éthique	2,833	2,426	0,418
Adoption déclarée	3,044	2,238	0,720

Le résultat est important, mais doit rester à sa place. La formation agit comme levier proximal de préparation, en particulier sur le plan technique, sans corriger à elle seule le déséquilibre du profil enseignant. L'étude ne permet pas de trancher entre effet direct de la formation et auto-sélection des acteurs déjà les plus intéressés ou les plus avancés.

5. Discussion

5.1. Une condition nécessaire mais non suffisante

Le premier apport des résultats est de valider, tout en la limitant, la thèse centrale de l'article. Oui, la

maturité numérique apparaît comme une condition de passage vers l'IA. L'association positive entre maturité numérique et préparation à l'IA, observée chez les administrateurs comme chez les enseignants, ainsi que la contribution additionnelle de la maturité numérique à l'adoption déclarée, permettent de soutenir cette proposition empiriquement.

Mais cette validation n'a rien d'univoque. La corrélation est modérée ; la préparation à l'IA joue un rôle plus directement associé à l'adoption déclarée. C'est précisément ce qui justifie la formulation de **condition nécessaire mais non suffisante**. La maturité numérique crée un environnement plus ou moins propice. Elle offre des infrastructures, des usages antérieurs, des routines, une culture et une capacité de coordination. Elle ne produit pas automatiquement, cependant, la compréhension critique de l'IA, la compétence technique avec les outils, l'intégration pédagogique ou le cadrage éthique.

L'intérêt scientifique de ce résultat est double. D'une part, il permet de sortir d'une lecture techniciste selon laquelle l'IA se diffuserait presque d'elle-même par la seule force de sa nouveauté. D'autre part, il évite la réduction inverse qui consisterait à faire de la maturité numérique la cause unique de toute préparation à l'IA. Le matériau étudié montre au contraire un emboîtement : un socle institutionnel plus ou moins consolidé, une préparation spécifique plus ou moins développée, puis une entrée dans l'usage plus ou moins probable.

5.2. Le système étudié souffre moins d'un déficit d'adhésion que d'un déficit de capacité

L'un des paradoxes les plus éclairants du matériau tient au décalage entre réceptivité et capacité. Les élèves et les familles se montrent très favorables à l'IA. Les enseignants présentent une dimension affective élevée. Les administrateurs ne se situent pas dans une posture de rejet frontal. Pourtant, l'adoption déclarée demeure faible chez les professionnels, et les dimensions les plus proches de l'action sont précisément celles qui apparaissent les plus fragiles.

Ce paradoxe déplace utilement le problème. Le frein principal à l'intégration de l'IA n'est pas d'abord l'hostilité des acteurs. Il est la faiblesse des capacités institutionnelles et professionnelles capables de transformer l'intérêt en usage éducatif soutenable. L'article permet ainsi de distinguer trois niveaux souvent confondus :

1. la **réceptivité sociale**, c'est-à-dire l'ouverture, l'intérêt ou l'enthousiasme envers l'IA ;
2. la **préparation opérationnelle**, c'est-à-dire la capacité à comprendre, utiliser, intégrer et encadrer l'IA ;
3. la **stabilisation institutionnelle**, c'est-à-dire l'existence de cadres, de protocoles et de routines permettant de rendre ces usages durables.

Dans le terrain étudié, le premier niveau est plus avancé que les deux autres. Ce constat a une portée importante pour les sciences de l'éducation. Il évite de rabattre les difficultés d'intégration sur un problème de mentalités ou de résistance au changement. Il invite au contraire à les lire comme un problème de médiations incomplètes.

5.3. Des profils d'impréparation différenciés selon la position institutionnelle

L'approche multi-acteurs révèle que l'impréparation à l'IA n'a pas partout la même forme. Chez les administrateurs, le profil dominant peut être résumé comme celui d'un rapport davantage **conceptuel** qu'opérationnel à l'IA. La cognition y surplombe la technique, l'organisationnel et l'éthique. Les directions paraissent plus exposées aux discours sur l'IA qu'à sa traduction en pilotage effectif.

Chez les enseignants, le profil est différent. La technique y surplombe nettement la pédagogie. Autrement dit, les enseignants paraissent plus capables d'utiliser certains outils qu'en mesure d'en faire des médiations didactiques ajustées. Leur difficulté principale n'est pas d'ignorer l'objet, mais de ne pas

disposer des conditions pédagogiques et institutionnelles qui permettraient de l'intégrer de manière plus cohérente.

Groupe	Point relativement plus fort	Point critique	Effet probable
Administrateurs	Cognitif	Technique, organisationnel, éthique	Difficulté à formaliser et gouverner une stratégie d'IA
Enseignants	Technique	Pédagogique	Usages préparatoires possibles, intégration didactique limitée

Cette dissymétrie n'est pas un détail descriptif. Elle montre que la préparation à l'IA doit être pensée comme un construit **positionnel**. On ne peut pas parler de préparation à l'IA sans préciser qui est préparé, à quoi, et dans quelle fonction.

5.4. L'IA rencontre un espace scolaire déjà hiérarchisé

Le poids des inégalités structurelles constitue sans doute la dimension la plus décisive des résultats. Le contraste public/privé, l'écart urbain/périurbain et le caractère systémique des différences dimensionnelles montrent que le passage à l'IA se déploie dans un espace éducatif très inégalement préparé.

Le risque n'est pas seulement celui d'un retard d'adoption. Il est celui d'une **amplification des asymétries**. Les établissements les mieux placés numériquement disposent aussi, dans l'ensemble, de meilleures compétences collectives, de plus d'usages stabilisés, d'un leadership plus lisible et d'une culture plus favorable. Ils rencontrent donc l'IA depuis un socle plus robuste. Les établissements les plus fragiles, au contraire, affrontent une technologie plus exigeante à partir d'un terrain déjà insuffisamment consolidé.

Cette lecture rejoint les analyses de la fracture numérique de second niveau (Hargittai, 2002 ; Warschauer, 2004). L'inégalité ne se joue pas seulement dans l'accès à l'outil, mais dans la capacité à convertir cet accès en usages significatifs et en avantages éducatifs. L'IA, dans le contexte étudié, ne se pose pas sur un terrain neutre. Elle arrive dans des écologies institutionnelles déjà hiérarchisées.

5.5. Apports pour les sciences de l'éducation

L'article apporte d'abord une articulation conceptuelle explicite entre maturité numérique, préparation à l'IA et adoption déclarée. Ces trois niveaux sont souvent étudiés séparément. Leur mise en relation permet ici de mieux comprendre ce qui se joue entre capacités institutionnelles, capacités professionnelles spécifiques et usages rapportés.

Il apporte ensuite un éclairage multi-acteurs précieux. Les écarts de perception entre directions, enseignants, élèves et familles ne doivent pas être traités comme des anomalies ; ils renseignent la nature distribuée de l'objet étudié.

Enfin, l'étude enrichit la littérature en inscrivant l'analyse dans un contexte de revenu intermédiaire, où la question de l'infrastructure, de la maintenance, du leadership, de la formation et des inégalités structurelles devient particulièrement visible. L'originalité du travail ne tient pas seulement à son objet, mais à la manière dont il le situe.

6. Limites, conclusion et portée de l'étude

6.1. Limites

Plusieurs limites bornent la portée des conclusions. L'échantillonnage est non probabiliste ; les résultats ne sont donc pas généralisables à l'ensemble du système éducatif marocain. L'enquête est régionale et circonscrite à Rabat-Salé-Kénitra. Les données sont auto-déclarées ; elles mesurent des perceptions et des

usages rapportés, non des pratiques observées ni des audits externes. Le design est transversal, ce qui interdit toute démonstration causale forte. Une variance de méthode commune est plausible, puisque plusieurs construits sont renseignés par les mêmes répondants au même moment. Les catégories d'acteurs ne mesurent pas toutes les mêmes dimensions, ce qui limite la comparabilité directe. Enfin, la collecte en ligne a pu surreprésenter les acteurs les plus à l'aise avec le numérique.

Ces limites n'invalident pas les résultats. Elles leur donnent leur périmètre exact. L'article produit un diagnostic analytique situé, prudent et robuste dans les bornes du terrain étudié.

6.2. Conclusion générale

La question centrale de l'article peut désormais recevoir une réponse resserrée. Dans les établissements scolaires étudiés de la région Rabat-Salé-Kénitra, la maturité numérique apparaît bien comme une **condition de passage** vers l'intelligence artificielle. Elle n'est ni un synonyme de préparation à l'IA, ni une garantie d'adoption déclarée, ni une cause suffisante. Elle constitue un socle institutionnel à partir duquel la préparation spécifique à l'IA peut se développer plus favorablement, et sans lequel cette préparation tend à rester plus difficile, plus fragmentaire ou plus inégalement distribuée.

L'étude montre une école partiellement numérisée : le numérique y est présent, mais non pleinement stabilisé. Elle montre aussi une école socialement réceptive à l'IA : les attitudes des élèves et des familles sont très positives, et les professionnels ne sont pas majoritairement hostiles. Elle montre surtout une école professionnellement inégalement préparée : des administrateurs plus sensibilisés que réellement outillés, des enseignants plus techniquement familiers que pédagogiquement prêts, et une adoption déclarée encore faible dans les deux groupes.

Enfin, elle montre une école structurellement différenciée. Les écarts entre public et privé, entre urbain et périurbain, pèsent fortement sur la distribution des ressources, des usages et des possibilités de préparation. L'IA ne s'introduit donc pas dans un espace homogène. Elle rencontre un système déjà traversé par des asymétries profondes.

C'est pourquoi la maturité numérique doit être pensée comme une condition de passage : non comme une cause suffisante, mais comme le seuil institutionnel à partir duquel l'IA peut cesser d'être une promesse abstraite pour devenir, éventuellement, une pratique éducative gouvernable.

Références

1. Dardary, O., Tridane, M., & Belaaouad, S. (2018). Constraints related to the integration of information and communication technologies in the teaching of the physical sciences at the level of the Moroccan educational system. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(44), 1–15.
2. Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
3. European Commission. (2019). *SELFIE: Self-reflection on effective learning by fostering the use of innovative educational technologies*.
4. Hargittai, E. (2002). Second-level digital divide: Differences in people's online skills. *First Monday*, 7(4).
5. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
6. Ismaili, J. (2020). Evaluation of information and communication technology in education programs for middle and high schools: GENIE program as a case study. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5067–5086.

7. Kampylis, P., Punie, Y., & Devine, J. (2015). *Promoting effective digital-age learning: A European framework for digitally competent educational organisations*. Publications Office of the European Union.
8. Kampylis, P., & Sala, A. (2023). Improving the digital capacity of schools by using the SELFIE tool for collective reflection. *European Journal of Education*, 58(2), 331–346.
9. Lmortaji, H. (2024). An in-service teacher training model as a basis for an effective integration of ICT in education in Morocco. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 21, Article e202421003.
10. Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO.
11. Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
12. Nejari, A., & Bakkali, I. (2017). L’usage des TIC à l’école marocaine : État des lieux et perspectives. *Hermès, La Revue*, 78(2), 55–62.
13. Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100041.
14. Pettersson, F. (2018). On the issues of digital competence in educational contexts: A review of literature. *Education and Information Technologies*, 23(3), 1005–1021.
15. Pettersson, F. (2021). Understanding digitalization and educational change in school by means of activity theory and the levels of learning concept. *Education and Information Technologies*, 26(1), 187–204.
16. Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903.
17. Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
18. Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach’s alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296.
19. Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Sobrino, S. V., Giannoutsou, N., Cachia, R., Martínez-Monés, A., & Ioannou, A. (2023). Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools’ digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6695–6726.
20. UNESCO. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*.
21. Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
22. Warschauer, M. (2004). *Technology and social inclusion: Rethinking the digital divide*. MIT Press.