

Intégration de l'ExAO au Maroc : Analyse des déterminants et défis pédagogiques

Dinar HAMCHA¹

ESEF, Université Ibnou Zohr

Taoufik HASSOUNI

Centre régional d'éducation et de formation, Meknès-Fès

Driss LAMRI

Centre régional d'éducation et de formation aux métiers, Salé-Kénitra

El Mehdi AL IBRAHMI

FS, Université Ibn Tofail

DOI : <https://doi.org/10.71895/PRSM/revue-rise.n7.118>

Résumé

Dans le cadre de sa modernisation, le système éducatif marocain a entrepris de digitaliser ses pratiques pédagogiques en intégrant l'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO) comme levier d'innovation pédagogique. L'objectif principal est d'explorer les facteurs qui influencent l'utilisation des ordinateurs dans l'enseignement des travaux pratiques, tout en tenant compte des perceptions et des défis rencontrés par les enseignants dans leurs pratiques pédagogiques. La recherche s'appuie sur une approche descriptive et analytique, utilisant un questionnaire pour collecter des données auprès de 192 enseignants de physique-chimie des lycées publics de la région de Rabat-Salé-Kénitra. Les résultats révèlent une relation significative entre l'usage de l'ExAO et les caractéristiques socio-démographiques ($p < 0,00$), professionnelles des enseignants ($p < 0,002$), ainsi que les conditions des établissements scolaires ($p < 0,006$). À la lumière de ces résultats, les décideurs doivent encourager les enseignants du secondaire à participer massivement à des ateliers de formation continue tout en facilitant leur participation.

¹ d.hamcha@uiz.ac.ma

Mots-clés : Expérimentation Assistée par Ordinateur, compétence technologique, Enseignant, secondaire qualifiant.

Abstract

As part of its modernization, the Moroccan education system has undertaken to digitalize its teaching practices by integrating Computer-Assisted Experimentation (CAE) as a lever for pedagogical innovation. The main objective is to explore the factors influencing the use of computers in teaching practical work, while taking into account the perceptions and challenges encountered by teachers in their teaching practices. The research is based on a descriptive and analytical approach, using a questionnaire to collect data from 192 physics-chemistry teachers in public high schools in the Rabat-Salé-Kénitra region. The results reveal a significant relationship between ExAO use and teachers' socio-demographic ($p < 0.00$), professional ($p < 0.002$) and school conditions ($p < 0.006$) characteristics. In the light of these results, decision-makers should encourage secondary school teachers to participate massively in in-service training workshops, while at the same time facilitating their participation.

Keywords: Computer-assisted experimentation, technological competence, Teacher, qualifying secondary school.

Introduction

Face à l'accélération des mutations numériques, les systèmes éducatifs sont confrontés à la nécessité de repenser en profondeur leurs approches pédagogiques et didactiques en adéquation avec cette révolution. Dans ce contexte, l'intégration des technologies numériques dans l'enseignement des sciences expérimentales apparaît comme un levier stratégique pour améliorer la qualité des apprentissages et favoriser le développement de compétences scientifiques et transversales chez les apprenants [1,2].

Parmi ces technologies, les expériences assistées par ordinateur (ExAO) occupent une place particulière. Il permet de connecter des dispositifs de mesure (capteurs et interfaces) à des outils numériques pour traiter et visualiser les données expérimentales, offrant ainsi des environnements d'apprentissage interactifs aux étudiants. Cependant, plusieurs études internationales indiquent qu'ExAO contribue à une meilleure compréhension des phénomènes scientifiques, au développement de compétences expérientielles et à une motivation et un engagement accrus des apprenants [3,4,5].

Internationalement, des travaux récents montrent que l'ExAO promeut l'apprentissage actif, l'appropriation des méthodes scientifiques et la pensée critique, tant dans l'enseignement secondaire que dans l'enseignement supérieur, lorsqu'il est intégré de manière éducative et réfléchi [6,7]. Cependant, de nombreuses études menées dans les pays du Sud révèlent des contraintes spécifiques inhérentes à une infrastructure inadéquate, une répartition inégale des équipements numériques, ainsi que des besoins en formation des enseignants [8,9]. Malgré ces défis, les recherches menées en Afrique, en Amérique latine et en Asie montrent que l'ExAO peut être un vecteur puissant d'innovation éducative, à condition qu'elle soit adaptée aux contextes locaux et accompagnée de systèmes de formation appropriés [10,11].

Cependant, l'adoption et l'utilisation efficace d'ExAO par les enseignants ne dépendent pas uniquement de la disponibilité du matériel. La littérature spécialisée souligne l'impact critique des facteurs individuels, organisationnels et contextuels, tels que les compétences numériques des enseignants, les concepts pédagogiques, le soutien institutionnel, ainsi que les politiques de formation continue [12,13].

Ces dimensions peuvent être analysées à la lumière des modèles théoriques d'adoption technologique, notamment le Technology Acceptance Model (TAM) [14] et le modèle UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) proposé par [15]. Ces modèles théoriques soulignent la grande importance de la perception de l'utilité, de la simplicité d'utilisation, de l'impact social et des facteurs favorables à l'adoption des technologies éducatives par les membres du corps professoral.

Au royaume du Maroc, malgré des investissements importants consacrés à l'acquisition d'équipements numériques pour les établissements scolaires, la mise en œuvre concrète de technologies, plus précisément ExAO, se caractérise par des disparités significatives en termes de régions géographiques et d'entités institutionnelles [16]. Ces disparités, couplées aux obstacles à la formation des enseignants et à l'assistance éducative, peuvent parfois limiter l'impact attendu des outils numériques sur les méthodes d'enseignement des sciences.

Dans cette perspective, cet article vise à analyser les facteurs spécifiques et les enjeux pédagogiques liés à l'intégration de l'ExAO dans l'enseignement secondaire au Maroc, en se concentrant sur les méthodes et défis rencontrés lors de leur mise en œuvre dans le contexte éducatif marocain. Basée sur une revue de la littérature internationale et nationale ainsi que des éléments contextuels du système éducatif marocain, cette étude vise à mieux comprendre les mécanismes qui favorisent l'intégration durable, appropriée et efficace d'ExAO dans les pratiques pédagogiques.

1. Méthodologie

1.1 Population de l'étude

Pour notre recherche, nous avons mis au point une enquête aléatoire horizontale. 192 Enseignants de la discipline physique chimie en secondaire qualifiant exerçant dans différents établissements publics de l'académie régionale de l'éducation et de la formation public du Rabat-Salé-Kénitra.

1.2 Échantillonnage

Les données ont été collectées sur la base d'un questionnaire structuré sous deux axes :

- Axe I : Profil Socio-Démographique & Professionnelle
- Axe II : Etat de L'établissement

Pour une population finie la taille d'échantillonnage :

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot P \cdot (1 - P)}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot P \cdot (1 - P)}$$

- Niveau de confiance de 95% : Le score Z est 1.96
- Marge d'erreur de 5% : E=0.05.
- Proportion estimée : p=0.5.
- Population totale : N=192.

Le calcul a conduit à un échantillon représentatif de n=128, garantissant la fiabilité statistique des résultats.

1.3 Analyse statistique

Les données recueillies ont été saisies sur Excel. Après filtration et codage, ils ont été transférés sur SPSS. Les deux axes du questionnaire ont été vérifiés pour assurer la fiabilité interne des items (alpha de Cronbach de 0,79). Des tests de khi2 à 5% d'erreur ont choisi pour quantifier la liaison entre les variables.

2. Résultats

Caractéristiques sociodémographiques et professionnelles

Les résultats de la répartition des professeurs enquêtés en fonction de l'âge, le sexe, le nombre d'années d'ancienneté dans le poste et la province où ils exercent, sont mentionnés dans le tableau (1). En effet, 64.5% ont un âge compris entre 30 et 50 ans et 72.9% sont de sexe féminin. Toutefois, 56.1% des enseignants ont une ancienneté de 5 à 15 ans dans le poste. 46% ont une licence et 38% ont eu un master. Par ailleurs, 68,7% ont une spécialité de physique et 31,3% ont une spécialité chimie.

Tableau 1: Caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des enseignants.

Variable	Modalité	Ni	%
Âge	De moins de 30 ans	16	8,3
	30 à 40 ans	60	31,3
	40 à 50 ans	64	33,3
	Plus de 50 ans	52	27,1
Genre	Homme	52	27,1
	Femme	140	72,9
Etat matrimonial	Célibataire	32	16,7
	Marié	160	83,3
Résidence	Rural	176	91,7
	Urbain	16	8,3
Ancienneté	De moins de 5 ans	60	31,3
	5 à 10 ans	76	39,6
	10 à 15 ans	32	16,7
	Plus de 15 ans	24	12,5
Province	Kénitra	92	47,9
	Rabat	32	16,7
	Salé	20	10,4
	Témara	12	6,3
	Sidi Slimane	12	6,3
	Sidi Kassem	8	4,2
	Khémeisat	16	8,3
Dernier diplôme universitaire	License	88	45,8
	Maître	72	37,5
	Doctorat	32	16,7
Matière enseignée	Chimie	60	31,3
	Physique	132	68,8

Le tableau (2) ci-dessous présente les résultats de l'analyse de variances « effet sexe » en fonction de l'âge. Le test de Fisher montre une différence hautement significative entre l'âge moyen des deux sexes ($F=12.10$; $p<0.001$). En effet l'âge moyen des enseignants de sexe masculin est de $45,40\pm 0.81$ ans (min =30 ans ; max=63 ans) contre 39.77 ± 1.52 ans (min=27ans ; max =63 ans) chez les féminins.

Tableau 2:Description de l'âge chez les deux sexes.

Sexe	N	Moy	Σ	E STD	IC à 95% pour la moyenne		Min	Max
					Borne inf	Borne sup		
Femme	52	39.77	10.977	1.522	36.71	42.83	27	63
Homme	140	45.40	9.570	.809	43.80	47.00	30	63
Total	192	43.88	10.253	.740	42.42	45.33	27	63

N : effectif, **Moy** :moyenne, σ :écart type, **E STD** :erreur standard,
IC : intervalle de confiance, **Min** :minimal, **Max** :maximal, **inf** :inferieur, **sup** :supérieur.

L'état d'établissement

La figure (1) présente les résultats des réponses des enquêtés aux items correspondants à l'état des établissements d'enseignement secondaire qualifiant. En effet ,68.8% ont répondu que leur établissement est doté d'une salle équipée d'outils informatique. Toutefois, 85.4% des répondants confirmés avoir un ordinateur personnel et 81.3% ont répondu avoir une connexion internet. De ce fait, cette situation des enquêtés favorise en quelque sorte, l'application de l'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO) dans leur établissement.

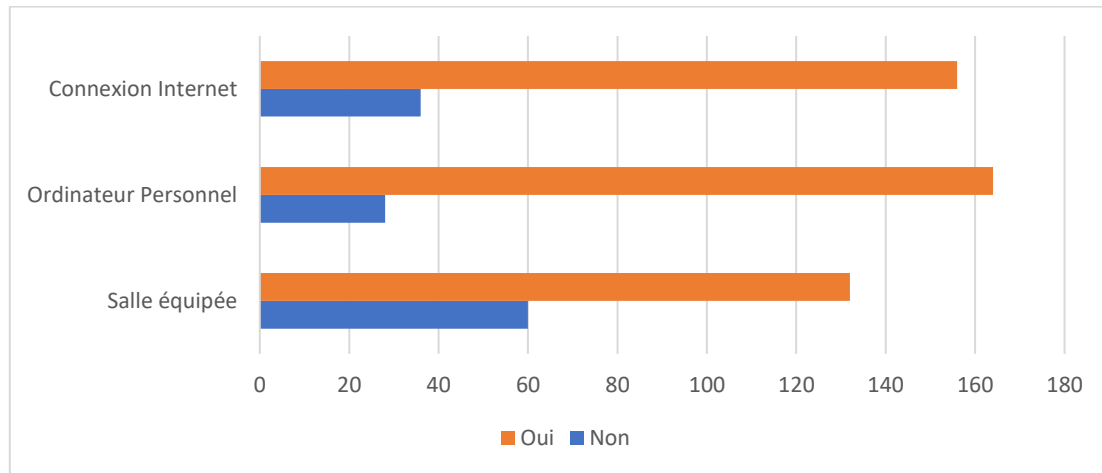


Figure 1: L'état d'établissement de la région Rabat-Salé-Kénitra.

L'implication de ExAO

Le tableau ci-dessous montre que la moitié des enseignants de physique-chimie déclarent utiliser l'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO) dans leur pratique pédagogique. En ce qui concerne les difficultés liées à son intégration, les répondants ont identifié plusieurs obstacles (voir tableau 3) : 43.7% ont dit qu'il n'était pas assez formé, 18.8% ont dit que, c'est à cause du manque du temps, 16.7% ont dit que, c'est à cause de l'absence du matériel didactiques et 20.8% ont dit que c'est à cause de l'effectif assez important des élèves par classe. À la lumière de ces résultats les enseignants sont probablement tous d'accord que les difficultés rencontrées sont le manque de formation et de matériels.

Tableau 3: Niveau d'implication et difficultés associées à l'ExAO.

Variable	Modalité	Ni	%
Usage de l'ExAO	Non	96	50%
	Oui	96	50%
Difficultés	Je n'ai pas assez formé	84	43.7%
	Manque du temps	36	18.8%
	Absence du matériel	32	16.7%
	Nombre élevé d'élèves	40	20.8%

Test d'hypothèse : χ^2 d'indépendance

L'intégration hétérogène de l'ExAO invite à explorer les déterminants individuels et structurels de leur répartition pédagogique. Cette recherche vise à déterminer si les disparités dans les pratiques sont liées aux profils des enseignants ou aux ressources des institutions. Le défi consiste à confirmer la dépendance statistique entre l'utilisation réelle et ces variables explicatives. Le tableau (4) suivant résume les hypothèses formulées pour vérifier l'existence de ces liens.

Tableau 4: Formulation des Hypothèses pour le Test d'Indépendance du Khi-deux.

Hypothèse	Description
Hypothèse nulle (H_0)	L'usage de l'ExAO ne dépend ni du profil socio-démographique et professionnel de l'enseignant, ni des caractéristiques de l'état l'établissement. Ces variables sont indépendantes.
Hypothèse alternative (H_1)	L'usage de l'ExAO dépend de manière significative des variables socio-professionnelles des enseignants ainsi que des caractéristiques de l'établissement. Ces variables sont liées.

Répartition des items de l'implication en ExAO en fonction de deux axes

Le tableau (5) ci-contre expose les résultats du test du khi-deux appliqué à certaines variables socio-démographiques et professionnelles, ainsi qu'aux caractéristiques de l'état des établissements, en relation avec l'usage de l'ExAO. Par ailleurs, ce test d'indépendance révèle une association significative entre ces différentes dimensions et l'intégration de l'ExAO dans le processus d'enseignement.

Les résultats de l'analyse du test du khi-deux révèlent une association significative forte, ce qui conduit au rejet de l'hypothèse nulle (H_0). Par conséquent, l'hypothèse alternative (H_1) est confirmée : les trois variables et l'usage de l'ExAO sont liés.

Tableau 5: Test de chi carré entre quelques éléments socio-démographique, professionnels et l'état d'établissement et usage l'ExAO.

Axes	Variable	Modalité	ExAO		Total	Khi2	Ddl	Signification
			Non	Oui				
Socio-démographique	Sexe	Femme	44	8	52	34.18	1	P<0.00***
		Homme	52	88	140			
Professionnel	Dernier diplôme universitaire	Licence	44	44	88	27.681	2	P<0.002***
		Master	36	36	72			
		Doctorat	16	16	32			
Etat d'établissement	Salle équipée	Non	28	32	60	12.516	1	P<0.006*
		Oui	68	64	132			

* : significatif ; *** : très significatif

3. Discussion

Le Maroc a effectué d'importantes réformes dans le système éducatif pour améliorer la qualité du processus d'enseignement et d'apprentissage. Le programme GENIE concrétise la stratégie nationale de généralisation des TIC [17]. La modernisation des pratiques pédagogiques et le renforcement de l'usage des technologies en éducation sont facilités par l'intégration d'outils innovants, tels que l'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO). Les résultats de cette recherche montrent que 50 % des enseignants intègrent l'ExAO dans leur pratique pédagogique, ce taux d'adoption reste médian par rapport à d'autres contextes émergents. À titre de comparaison, des études menées en Turquie ou dans certains pays d'Asie du Sud-Est montrent des taux d'intégration dépassant les 70 % lorsque l'infrastructure suit la formation [18]. Néanmoins, divers obstacles freinent une adoption optimale, notamment le manque de formation (43,7 %), le manque de temps (18,8 %) et l'absence de matériel adéquat (16,7 %). Ces données corroborent les travaux de [19], qui identifient ces facteurs comme des freins persistants à l'échelle internationale. L'analyse des données socio-démographiques montre que l'âge moyen des enseignants masculins est plus élevé que celui de leurs homologues féminins, ce qui peut affecter leurs programmes d'études et leur volonté d'utiliser les TIC, et donc avoir des répercussions sur leurs pratiques professionnelles.

Les résultats de l'analyse du test du Khi-deux révèlent des liaisons significatives entre certaines variables sociodémographiques et professionnelles, et l'état des établissements avec l'utilisation de l'ExAO. Ils mettent en évidence la nécessité de renforcer la formation continue et de disposer d'infrastructures adaptées pour encourager l'adoption des nouvelles technologies pédagogiques. Les recherches de plusieurs auteurs examinent l'effet des facteurs socio-démographiques et des infrastructures sur l'adoption des technologies éducatives[20]. Par ailleurs,[21,22] ont souligné l'importance de la formation des enseignants pour surmonter les obstacles à l'intégration des TICE dans les pratiques pédagogiques.

Conclusion

L'intégration de l'Expérimentation Assistée par Ordinateur dans le système éducatif marocain constitue un levier important pour la modernisation des pratiques pédagogiques, notamment dans l'enseignement des sciences. Dans cette analyse, nous nous penchons sur les facteurs socio-démographiques, professionnels et les conditions des établissements qui influent sur l'adoption et l'utilisation de l'ExAO par les enseignants de physique-chimie à Rabat-Salé-Kénitra. Cependant, cette adoption dépend de leur niveau de formation et de la discipline enseignée. La qualité des infrastructures informatiques et l'accès aux équipements personnels tels que les ordinateurs et l'internet facilitent l'intégration de l'enseignement assisté par ordinateur. Malgré ces facteurs favorables, des formations spécifiques pour les enseignants et une amélioration de la maintenance des équipements et de la connectivité sont essentielles pour garantir une adoption efficace et équitable des technologies éducatives.

Remerciements

- Le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement préscolaire et des Sports, le directeur de l'Académie, Mohamed Aderdour. <https://www.men.gov.ma/fr/>
- Direction provinciale de l'éducation nationale Rabat.
- Direction provinciale de l'éducation nationale Salé.
- Direction provinciale de l'éducation nationale Kénitra.

Références :

- S. Khezami, « Les institutions d'apprentissage à distance. stratégies (politique, pédagogique et communicationnelle) et processus d'autorégulation d'apprentissage: le cas de l'Université virtuelle de Tunis », PhD Thesis, Université de Toulon, 2016. Consulté le: 28 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-01523736/>
- C. Redecker et Y. Punie, « Digital competence of educators », Ed. Yves Punie, 2017, Consulté le: 20 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://upcommons.upc.edu/bitstreams/bce06e9d-51f8-45bc-ac39-766cbc8e45db/download>
- A. Hofstein et V. N. Lunetta, « The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century », *Sci. Educ.*, vol. 88, no 1, p. 28-54, janv. 2004, doi: 10.1002/sce.10106.
- L. K. Smetana et R. L. Bell, « Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature », *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 34, no 9, p. 1337-1370, juin 2012, doi: 10.1080/09500693.2011.605182.
- Z. C. Zacharia et G. Olympiou, « Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning », *Learn. Instr.*, vol. 21, no 3, p. 317-331, 2011.
- T. De Jong, M. C. Linn, et Z. C. Zacharia, « Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education », *Science*, vol. 340, no 6130, p. 305-308, avr. 2013, doi: 10.1126/science.1230579.
- S. Hennessy, « Analysing educational dialogue around shared artefacts in technology-mediated contexts: a new coding framework », *Classr. Discourse*, vol. 16, no 2, p. 172-206, avr. 2025, doi: 10.1080/19463014.2024.2339346.
- « Prix UNESCO pour l'utilisation des TIC dans l'éducation | UNESCO ». Consulté le: 28 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.unesco.org/fr/prizes/ict-education>
- J. Tondeur, J. Van Braak, P. A. Ertmer, et A. Ottenbreit-Leftwich, « Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: a systematic review of qualitative evidence », *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 65, no 3, p. 555-575, juin 2017, doi: 10.1007/s11423-016-9481-2.
- A. Chigona, H. Crompton, et N. Tunjera, *Global Perspectives on Teaching with Technology*. Taylor & Francis, 2024. Consulté le: 20 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9781003406631&type=googlepdf>

- M. A. Graham, G. Stols, et R. Kapp, « Teacher Practice and Integration of ICT: Why Are or Aren't South African Teachers Using ICTs in Their Classrooms. », *Int. J. Instr.*, vol. 13, no 2, p. 749-766, 2020.
- P. A. Ertmer et A. T. Ottenbreit-Leftwich, « Teacher Technology Change: How Knowledge, Confidence, Beliefs, and Culture Intersect », *J. Res. Technol. Educ.*, vol. 42, no 3, p. 255-284, mars 2010, doi: 10.1080/15391523.2010.10782551.
- E. Kant, « Horizons numériques en éducation », *Compétence Numér. En Contexte Éducatif*, p. 511.
- F. D. Davis, « Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology », *MIS Q.*, 1989, Consulté le: 20 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.jstor.org/stable/249008>
- V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, et F. D. Davis, « User acceptance of information technology: Toward a unified view », *MIS Q.*, p. 425-478, 2003.
- P. A. Abdelouahed-Maroc et al., « Le RIRS », *Rev. Réseau Interuniv. Pour Rech. Sci. Numéro*, 2022, Consulté le: 20 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: https://www.academia.edu/download/108525627/Revue_20du_20RIRS_20num_C3_A9ro_206_20f_C3_A9vrier_202023.pdf
- A. L. J. Omar et N. Benjelloun, « Intégration des TIC dans l'enseignement des sciences physiques au Maroc dans le cadre du programme GENIE: difficultés et obstacles », *Rev. Int. Technol. En Pédagogie Univ.*, vol. 10, no 2, p. 49-65, 2013.
- A. M. A. Ansi et I. Fatmawati, « Integration of ICT in higher education during COVID-19 pandemic: a case study », *Int. J. Learn. Change*, vol. 15, no 4, p. 430-442, 2023, doi: 10.1504/IJLC.2023.132132.
- C. Mercader et J. Gairín, « University teachers' perception of barriers to the use of digital technologies: the importance of the academic discipline », *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 17, no 1, p. 4, déc. 2020, doi: 10.1186/s41239-020-0182-x.
- J. M. González-Anleo, L. Delbello, J. M. Martínez-Gonzálo, et A. Gómez, « Sociodemographic Impact on the Adoption of Emerging Technologies », *J. Small Bus. Strategy*, vol. 34, no 2, p. 42-50, sept. 2024, doi: 10.53703/001c.122089.
- C. Mercader et J. Gairín, « University teachers' perception of barriers to the use of digital technologies: the importance of the academic discipline », *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 17, no 1, p. 4, mars 2020, doi: 10.1186/s41239-020-0182-x.
- « 5 Key Barriers to Educational Technology Adoption in the Developing World « Educational Technology Debate ». Consulté le: 23 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://edutechdebate.org/2014-ict4edu-trends/5-key-barriers-to-educational-technology-adoption-in-the-developing-world/>