

L'IA au service de l'enseignement des sciences de la vie et de la
terre au secondaire (Maroc oriental) :
potentiel et contraintes

Cherai Mohammed^{1 et 2*}, Reda Tazi Mohammed², Hamzaoui Mohammed²

¹Faculté des Sciences, Laboratoire de Géosciences, GéoEnvironnement et
Prospection Minière et Hydrique, BP 717, 60000 Oujda

²Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation
de l'Oriental Oujda

*Auteur correspondant : cheraibg@gmail.com
Maroc

Résumé

Cette recherche examine les perceptions et les pratiques des enseignants de sciences de la vie et de la terre (SVT) du secondaire du Maroc oriental face à l'intelligence artificielle (IA) éducative. À partir d'un questionnaire administré en ligne à 100 enseignants en novembre 2025, les résultats révèlent une notoriété très élevée (93 %) mais une adoption encore embryonnaire (37,9 %). Les usages se limitent essentiellement aux grands modèles de langage génératif et restent épisodiques. Les enseignants attribuent à l'IA un fort potentiel de personnalisation de l'apprentissage (82,6 %), de production d'explications interactives (72,8 %) et de création de simulations réalistes (47,8 %). Le manque de formation constitue le principal obstacle (91,3 %), loin devant les contraintes matérielles (58,7 %). Plus de 83 % souhaitent intensifier leur usage de l'IA, principalement sous réserve d'un accompagnement structuré. Ces résultats appellent à la mise en place urgente d'un plan national ambitieux de formation continue et de production de ressources pédagogiques contextualisées.

Mots-clés : Intelligence artificielle éducative ; Enseignants SVT ; Maroc oriental ; Adoption embryonnaire ; Manque de formation ; Personnalisation apprentissage.

I. Introduction

Depuis 2022, les technologies d'intelligence artificielle (IA) générative, dont ChatGPT est l'exemple le plus emblématique, ont rapidement mûri et démontré un potentiel significatif dans diverses tâches en aval (Lin et al., 2022 ; Bengesi et al., 2024). Ces avancées ont catalysé un intérêt croissant pour l'intégration des innovations antérieures en IA issues notamment du traitement du langage naturel et de la vision par ordinateur dans les milieux éducatifs, faisant de l'IA en éducation un domaine de recherche prééminent (Lo, 2023 ; Mai et al., 2024). Les chercheurs explorent activement comment ces technologies peuvent améliorer le processus d'enseignement et d'apprentissage grâce à des outils tels que les chatbots, les plateformes d'apprentissage assistées par l'IA, les systèmes d'aide à la décision basés sur les données et les outils d'analyse du comportement d'apprentissage (Zhang et Aslan, 2021 ; Tang et al., 2023). Le potentiel de l'IA à révolutionner l'enseignement est ainsi examiné dans l'ensemble du secteur éducatif.

Bien que cette intégration suscite des inquiétudes quant à la diminution du rôle des enseignants, à la qualité de l'enseignement et au développement cognitif des élèves (Edwards & Cheok, 2018 ; Chan & Tsi, 2023), la recherche reste centrée sur ses bénéfices. Avant l'IA générative, ses applications étaient limitées au soutien des tâches pédagogiques et d'évaluation (systèmes d'apprentissage intelligents, notation automatique) au profit des apprenants, enseignants et administrateurs (Baker et al., 2019 ; Zawacki-Richter et al., 2019 ; Wang, 2021). L'émergence des grands modèles de langage a ouvert des opportunités d'innovation sans précédent, permettant la génération de contenu, la programmation et l'écriture créative tout en augmentant l'efficacité et la personnalisation pédagogiques (Creely & Blannin, 2023 ; Kshetri, 2023 ; Denny et al., 2024).

Malgré cette abondance, le rôle et les besoins en développement professionnel des enseignants restent largement sous-explorés (Zawacki-Richter et al., 2019 ; Chiu et al., 2023 ; Ng et al., 2023), révélant un écart significatif entre la formation

proposée et les besoins réels, particulièrement depuis l'essor du deep learning et du traitement du langage naturel à partir de 2015 (LeCun et al., 2015 ; Luckin et al., 2016).

Cette arrivée massive des outils d'IA générative a provoqué une véritable onde de choc au sein des systèmes éducatifs mondiaux. L'UNESCO (2023), l'OCDE (2024) et la Banque mondiale (2024) soulignent unanimement leur potentiel transformateur pour l'équité, la qualité et l'efficacité de l'enseignement, tout en alertant sur les risques d'accroissement des inégalités numériques et cognitives sans accompagnement solide des enseignants.

Au Maroc, bien que la Vision stratégique 2015–2030 et la loi-cadre n°51–17 ne mentionnent pas explicitement l'intelligence artificielle, elles placent la transformation numérique, l'intégration des technologies éducatives et le développement des compétences digitales au cœur de la réforme. La Feuille de route 2022–2026 du ministère de l'Éducation nationale et le programme « Génération Digitales 2025–2030 » renforcent cette orientation en faisant du numérique, et progressivement de l'IA, un levier prioritaire de transformation pédagogique, notamment au secondaire.

Pourtant, malgré ces orientations institutionnelles, aucune étude empirique d'envergure nationale n'a encore analysé l'intégration réelle de l'IA dans les pratiques pédagogiques marocaines, notamment dans la région orientale. Ce manque est particulièrement criant dans la discipline des sciences de la vie et de la terre (SVT), qui, par sa forte composante visuelle, expérimentale et conceptuelle, constitue pourtant un terrain privilégié pour l'exploitation des outils d'IA.

L'objectif de cette étude est d'examiner le degré d'intégration des technologies d'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) par les enseignants du Maroc oriental. Elle vise également à analyser le potentiel perçu de l'IA ainsi que les contraintes rencontrées dans l'adoption de ces technologies.

II. Méthodologie

La méthode d'échantillonnage retenue est un échantillonnage de convenance, fondé sur la participation volontaire et libre des individus (Fortin et Gagnon, 2016). L'étude repose sur une enquête par questionnaire auto-administré en ligne (Google Forms) diffusée entre le 03 novembre et le 03 décembre 2025 auprès des enseignants de SVT du secondaire collégial et qualifiant. L'instrument comportait 12 questions majoritairement fermées avec quelques items ouverts pour les réponses « autre ». Le questionnaire a été pré-testé auprès de 5 enseignants afin d'assurer sa clarté et sa validité apparente.

L'échantillon final compte 100 réponses au questionnaire complètes. Bien que non probabiliste (diffusion par réseaux professionnels et délégations régionales), il reflète assez fidèlement la structure nationale : 78 % d'enseignants du cycle qualifiant et 22 % du cycle collégial. En termes d'ancienneté, 44 % des répondants exercent depuis quatre à six ans, 38 % depuis plus de six ans, 8 % entre un et trois ans, et 10 % depuis moins d'un an. L'échantillon est donc constitué majoritairement d'enseignants expérimentés. L'analyse a été réalisée à l'aide de statistiques descriptives (fréquences, pourcentages).

III. Résultats

1. Connaissance de l'IA éducative

Quatre-vingt-treize pour cent des enseignants déclarent avoir déjà entendu parler de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans l'enseignement des SVT. Cette connaissance provient très majoritairement des médias, articles, vidéos et réseaux sociaux (93,7 %), alors que seulement 7,4 % mentionnent une formation professionnelle continue, 4,2 % des conférences ou séminaires, et 6,3 % des échanges avec des collègues ou des expériences personnelles (Fig. 1). La prise de connaissance de l'IA reste donc presque exclusivement informelle et non institutionnelle.

L'IA AU SERVICE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE AU SECONDAIRE (MAROC ORIENTAL)

CHERAI MOHAMMED / REDA TAZI MOHAMMED / HAMZAOU MOHAMMED

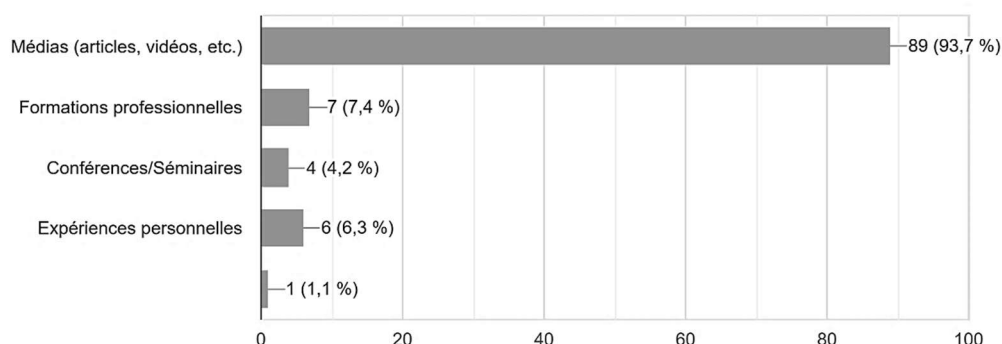


Figure 1. Sources d'information de l'utilisation de l'IA dans le domaine éducatif.

2. Adoption et fréquence d'utilisation

Les résultats de la fréquence d'utilisation de l'AI montrent que seulement 37,9 % des enseignants pratiquent actuellement des outils d'IA dans leurs cours de SVT (Fig.2).

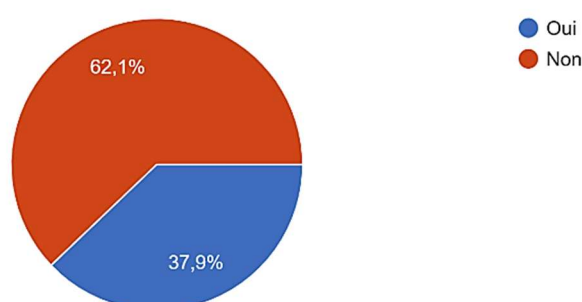


Figure 2. Taux d'utilisation actuelle des outils d'intelligence artificielle dans l'enseignement des SVT.

Parmi ces utilisateurs, les grands modèles de langage génératif (ChatGPT, Grok, Gemini) dominent très largement (75 %), suivis par les outils de création de contenu pédagogique (19,4%), les logiciels d'apprentissage adaptatif (16,7 %) et, très loin derrière, les outils de correction automatique (5,6 %) (Fig. 3).

L'IA AU SERVICE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE AU SECONDAIRE (MAROC ORIENTAL)

CHERAI MOHAMMED / REDA TAZI MOHAMMED / HAMZAOU MOHAMMED

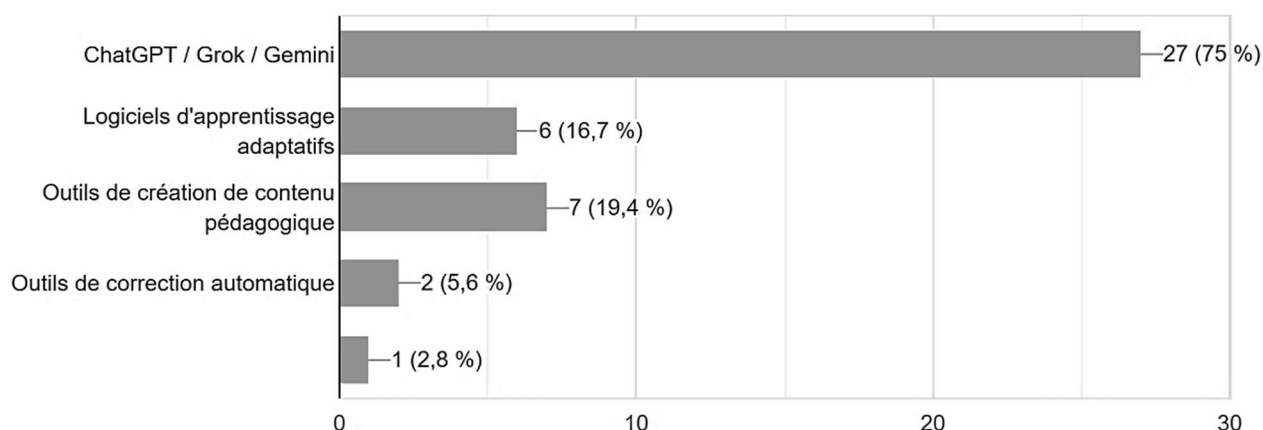


Figure 3. Types d'outils basés sur l'IA utilisés par les enseignants de SVT.

Aucun répondant n'indique un usage quotidien ; 48,6 % déclarent y recourir une à deux fois par mois, 28,6 % une fois par semaine et 22,9 % plusieurs fois par semaine (Fig. 4). L'usage reste donc expérimental et ponctuel.

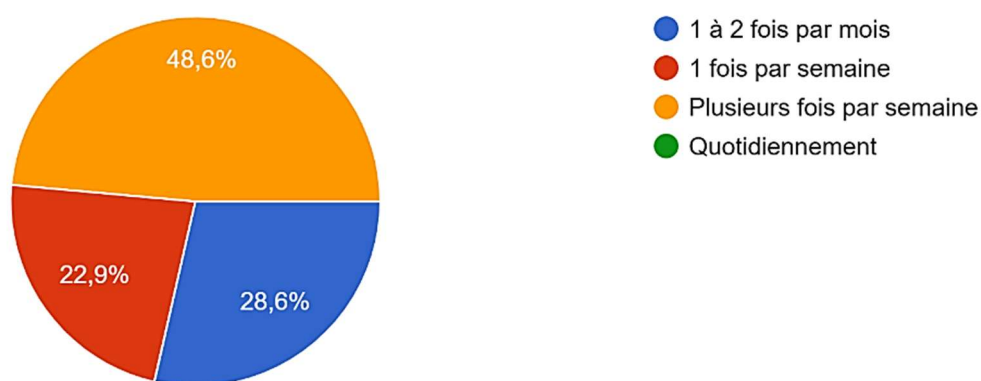


Figure 4. Fréquence d'utilisation de l'IA dans les cours de SVT.

3. Potentiel perçu de l'IA dans l'enseignement des SVT

Les répondants attribuent à l'IA un potentiel particulièrement élevé pour fournir des explications et des exemples adaptés aux élèves (52,2 %), suivi de près par la notation et la correction des travaux des élèves (47,8 %). Viennent ensuite la personnalisation de l'apprentissage et la proposition d'exercices différenciés (28,3 %), la création de simulations et de visualisations (21,7 %), l'évaluation (13 %) et enfin l'assistance à la préparation de cours (4,3 %) (Fig. 5).

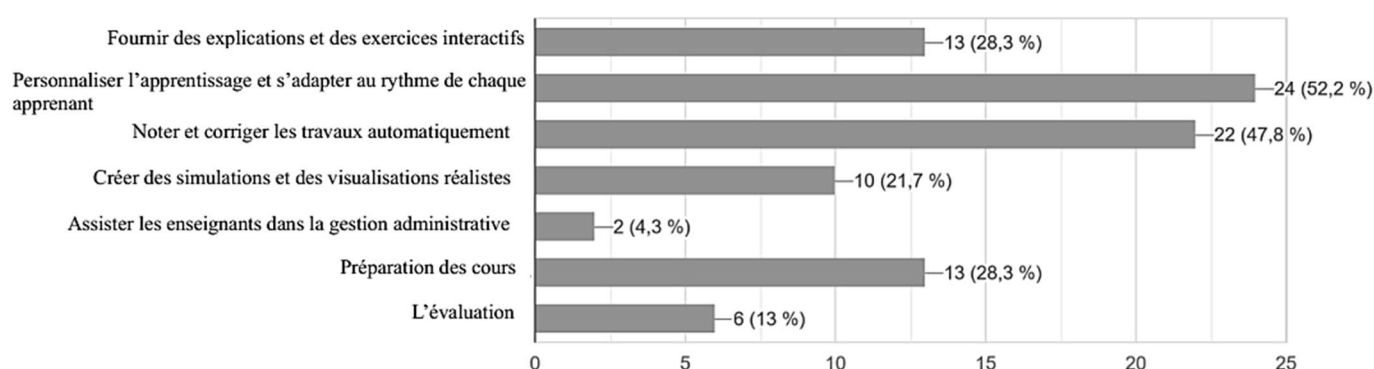


Figure 5. Usages perçus comme les plus utiles de l'IA dans l'enseignement des SVT.

4. Impact perçu sur la performance des élèves

Parmi les enseignants utilisant déjà l'IA, 45,7 % constatent une amélioration des résultats scolaires en SVT, 41,3 % restent incertains et 13 % n'observent aucun effet positif. L'amélioration est surtout perçue au niveau des exercices (58,3 %), des cours théoriques et des modélisations (37,5 % chacun) (Fig. 6).

L'IA AU SERVICE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE AU SECONDAIRE (MAROC ORIENTAL)

CHERAI MOHAMMED / REDA TAZI MOHAMMED / HAMZAOU MOHAMMED

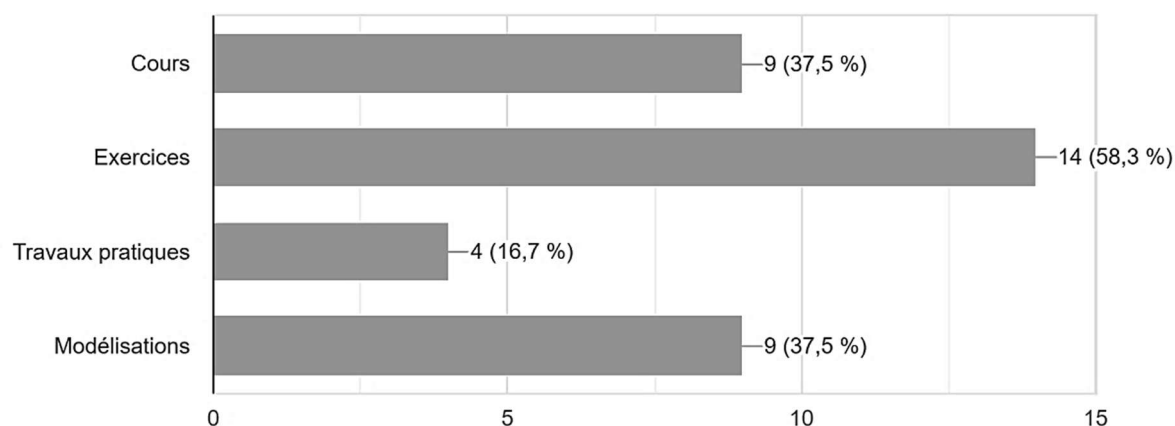


Figure 6. Domaines d'application privilégiés de l'IA en classe de SVT.

5. Contraintes principales à l'intégration de l'IA dans les pratique des enseignants

L'enquête a révélé que le manque de formation des enseignants arrive très largement en première position (91,3 %), suivi par l'accès limité aux outils, à l'équipement et une connexion faible (58,7 %). Les inquiétudes liées à la fiabilité des contenus générés et au risque de triche ou de plagiat sont citées respectivement par 21,7% et 23,9 %, puis la crainte d'une perte de contact humain et du temps de préparation trop long ont été signalé par le même taux de 17,4 %. Le manque de validation scientifique des outils est la contrainte qui a occupé la dernière place avec un pourcentage de 13% (Fig. 7).

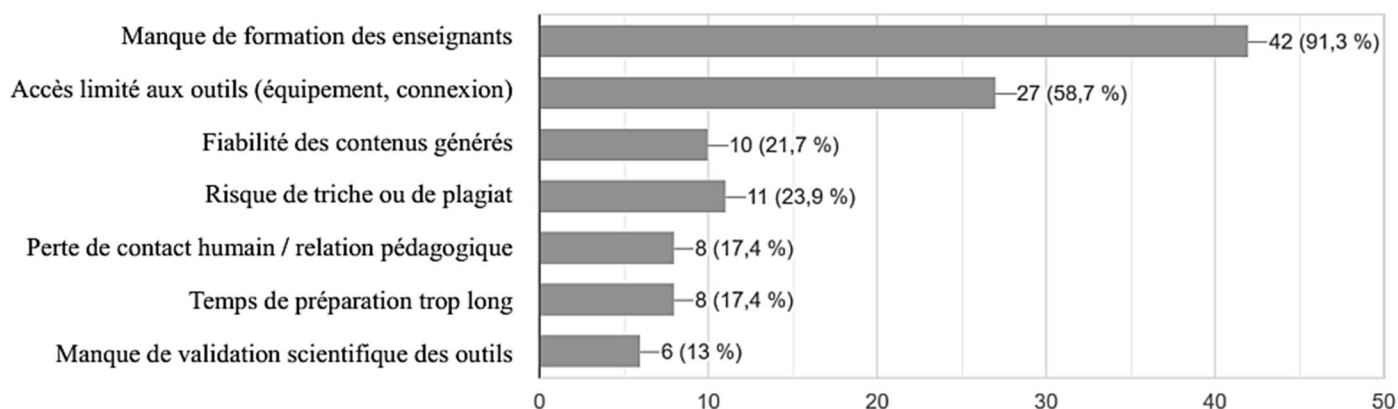


Figure 7. Principales contraintes perçues à l'utilisation de l'IA dans l'enseignement des SVT

6. Volonté d'approfondir l'usage de l'IA

L'étude met en évidence que 83% des répondants souhaitent intégrer davantage l'IA dans leurs pratiques : 55,9 % répondent « oui, dès que possible » et 27,1 % « oui, mais seulement avec une formation ». Seulement 16,9 % estiment que ce n'est pas nécessaire, et aucun ne juge que l'IA présente un risque (Fig. 8).

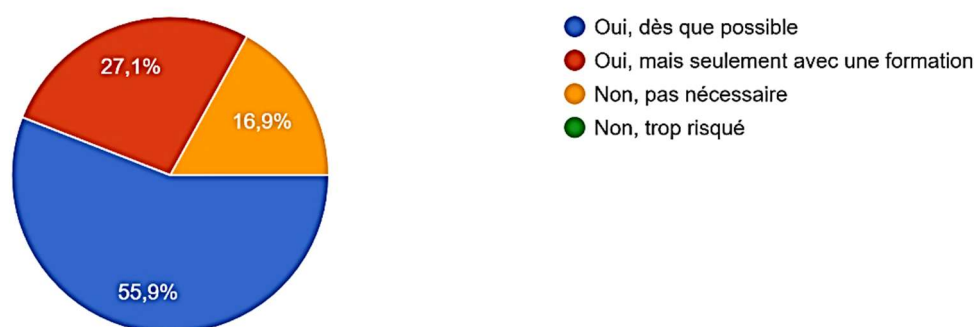


Figure 8. Volonté d'intégrer davantage l'IA dans les cours de SVT.

7. Besoins exprimés en formation et ressources

Les attentes exprimées par les participants apparaissent nettes et hiérarchisées. Une large majorité (85,2 %) souhaite bénéficier d'ateliers pratiques centrés sur l'utilisation d'outils concrets. Viennent ensuite les demandes d'exemples de séquences pédagogiques prêtes à l'emploi (51,9 %). Un tiers des répondants (31,5 %) exprime le besoin d'un guide dédié à la fiabilité et à la vérification des contenus générés par l'IA. Par ailleurs, 22,2 % souhaitent recevoir une formation sur l'éthique de l'IA en éducation, et autant réclament un accès à des outils gratuits et validés

scientifiquement. Enfin, une minorité (7,4 %) indique ne pas avoir de besoins particuliers (Fig. 9).

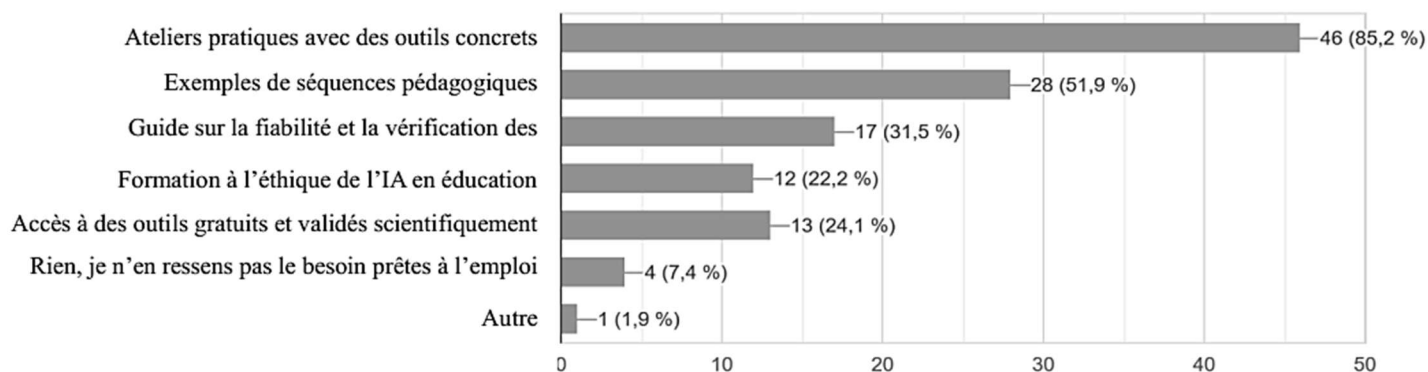


Figure 9. Formations et ressources souhaitées pour une utilisation efficace de l'IA en SVT.

IV. Discussion

Les résultats de cette enquête dessinent un paysage contrasté et nuancé de l'appropriation de l'intelligence artificielle par les enseignants de SVT au Maroc, révélant un paradoxe désormais bien documenté dans l'histoire des innovations éducatives : une technologie omniprésente dans le discours public et médiatique, mais encore très marginalement intégrée dans les pratiques de classe, avec un taux d'usage régulier qui ne dépasse pas 37,9 %. Ce taux d'usage régulier de l'IA, bien qu'en progression sensible par rapport aux années précédentes (passant de 12 % en 2021 à 28,6 % en 2024 selon les enquêtes nationales (Ghazoui et al., 2025), demeure toutefois particulièrement faible. Il reste très nettement inférieur aux niveaux atteints dans plusieurs pays africains plus avancés – notamment l'Égypte (54 %), l'Afrique du Sud (49 %) et la Tunisie (46 %) (Azaroual, 2024) –, ainsi que dans certains leaders asiatiques tels que Singapour (75 %) et les Émirats arabes unis (68 %) (OCDE, 2024 ; Azaroual, 2024). À titre de comparaison, des pays européens reconnus pour leur avance en éducation numérique affichent des taux nettement supérieurs : Finlande (59 %), Estonie (57 %) et France (51 %) (OCDE, 2024).

Cette étude montre plusieurs obstacles qui limitent l'utilisation des outils de l'IA dans l'enseignement. Le manque de formation est désigné comme la contrainte majeure par 91,3 % des répondants, confirmant ainsi les conclusions convergentes de la littérature internationale récente (UNESCO, 2025). Ce résultat n'est pas surprenant : l'IA générative introduit des paradigmes pédagogiques et éthiques nouveaux (personnalisation extrême, risques de plagiat, hallucination des modèles, etc.) qui nécessitent une appropriation conceptuelle et pratique approfondie. Le deuxième obstacle, l'accès limité aux infrastructures matérielles et à une connexion stable (58,7 %), bien que significatif, apparaît nettement secondaire et pourrait être résolu plus rapidement par des investissements ciblés.

Notre constat marquant concerne les usages effectifs de l'IA. Près de 75 % des enseignants qui déclarent l'utiliser se limitent aux grands modèles génératifs génériques (ChatGPT, Gemini, Copilot, etc.), sans recourir à des outils éducatifs spécialisés. La situation révèle un paradoxe. Les enseignants ont un accès facile aux plateformes d'IA généralistes, majoritairement en français ou en anglais. Cependant, ils manquent cruellement d'outils pensés spécifiquement pour leurs besoins. Ces outils devraient être alignés sur les programmes nationaux marocains et intégrer un contexte pédagogique et culturel local. Cette lacune crée une double difficulté. D'une part, elle limite la pertinence immédiate des contenus générés pour la classe. D'autre part, elle renforce une dépendance envers des solutions externes qui ne répondent pas aux spécificités du système éducatif marocain (Cherai et al., 2025 ; Ghazoui et al., 2025).

Sur le plan des attentes et des aspirations, les répondants attribuent à l'IA un potentiel particulièrement élevé pour fournir des explications et des exemples adaptés aux élèves (52,2%), suivi de près par la notation et la correction automatisée des travaux (47,8 %). Viennent ensuite la personnalisation de l'apprentissage et la différenciation pédagogique (28,3%), la création de simulations et de visualisations (21,7 %), l'évaluation sommative (13%) et, très loin derrière, l'assistance à la

préparation de cours (4,3 %). Ce classement est révélateur : les enseignants marocains de SVT voient avant tout dans l'IA un levier d'adaptation à l'hétérogénéité des élèves et un moyen de réduire la charge de correction, deux préoccupations centrales dans un contexte de classes souvent surchargées (Cherai et al., 2025 ; Ghazoui et al., 2025).

Le très faible intérêt pour la correction automatique approfondie s'explique aisément par la nature même des productions attendues en SVT : schémas légendés, comptes rendus d'expériences, raisonnements hypothético-déductifs, tableaux d'observation, etc. Ces tâches mobilisent des compétences complexes (représentation graphique, articulation entre observation et théorie, maîtrise du vocabulaire scientifique précis) que les modèles actuels peinent encore à évaluer de façon fiable et nuancée.

Les enseignants de SVT au Maroc veulent utiliser l'IA. 83% sont prêts si on les aide. Même les plus anciens sont motivés. Ils ne refusent pas la technologie. Ils attendent simplement un vrai soutien : des formations, des outils adaptés au Maroc, et de meilleures conditions. Si aucune aide n'arrive, il y aura un grand écart entre les promesses et ce qui se passe réellement en classe.

V. Conclusion

Cette recherche révèle une situation paradoxale mais porteuse d'avenir. Bien que la quasi-totalité (93 %) des enseignants de SVT du Maroc oriental connaissent l'IA éducative, moins de 40 % (37,9 %) l'utilisent activement, et de manière occasionnelle. Leurs attentes sont fortes, notamment pour la personnalisation de l'apprentissage (82,6 %), la production d'explications interactives (72,8 %) et la création de simulations réalistes (47,8 %). Cependant, le manque criant de formation constitue le principal obstacle (91,3 %), loin devant les contraintes matérielles (58,7 %). Le signal le plus encourageant est la volonté massive (plus de 83 %) de s'engager, à condition d'être soutenus.

L'IA AU SERVICE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE AU SECONDAIRE (MAROC ORIENTAL)

CHERAI MOHAMMED / REDA TAZI MOHAMMED / HAMZAOU MOHAMMED

En effet, les enseignants marocains de SVT se trouvent aujourd'hui à la croisée des chemins. Ils perçoivent clairement le potentiel transformateur de l'intelligence artificielle pour leur discipline, mais son adoption effective reste limitée par un déficit important de formation initiale et continue, ainsi que par l'absence de ressources pédagogiques adaptées au contexte national.

Par conséquent, cette étude ne se contente pas de diagnostiquer une adoption limitée ; elle met en lumière une demande claire du corps enseignant. Pour transformer cet élan en réalité, une réponse institutionnelle urgente et structurée est nécessaire. Il s'agit de lancer un plan national ambitieux centré sur deux piliers : un programme massif de formation continue pour développer les compétences numériques et pédagogiques, et la production de ressources pédagogiques fiables, éthiques et alignées sur le contexte marocain. Sans cela, le risque est réel de creuser un fossé entre les promesses de l'IA et sa mise en œuvre effective dans les salles de classe.

Références

- Aiken, R., & Epstein, R. (2000). Ethical guidelines for AI in education: Starting a conversation. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 163–176.
- Azaroual, F. (2024). L'intelligence artificielle en Afrique : Défis et opportunités (Policy Brief No. 23/24). Policy Center for the New South.
 - https://www.policycenter.ma/sites/default/files/2024-05/PB_23_24%20%28Azaroual%29.pdf
- Baker, T., Smith, L., & Anissa, N. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. Nesta.
 - https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf
- Bengesi, S., El-Sayed, H., Sarker, M. K., Houkpati, Y., Irungu, J., & Oladunni, T. (2024). *Advancements in generative AI: A comprehensive review of GANs, GPT, autoencoders, diffusion model, and transformers*. IEEE Access, 12, 69812–69837.
 - <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3397775>
- Canfield, W. (2001). ALEKS: A web-based intelligent tutoring system. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 1–10.
- Chan, C. K. Y., & Tsi, L. H. Y. (2023). *The AI revolution in education: Will AI replace or assist teachers in higher education?* (arXiv:2305.01185). arXiv.
 - <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.01185>
- Cherai, M., Omar, S., Mernissi, I., Arsi, Z., Zarouk, A., Cherai, A., & Dahia, I. (2025). Mise en lumière du taux d'utilisation des outils d'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement des matières scientifiques dans l'Est du Maroc et de leur impact sur les pratiques pédagogiques. *Revue Marocaine de l'Education et des Recherches Scientifiques* (3)

- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, Article 100118.
 - <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- COMEST (UNESCO World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology). (2019). Preliminary study on the ethics of artificial intelligence. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367823>
- Creely, E., & Blannin, J. (2023). The implications of generative AI for creative composition in higher education and initial teacher education. In T. Cochrane et al. (Eds.), *ASCILITE 2023 conference proceedings: People, partnerships and pedagogies* (pp. 357–361).
 - <https://doi.org/10.14742/apubs.2023.618>
- DeMonte, J. (2013). *High-quality professional development for teachers: Supporting teacher training to improve student learning*. Center for American Progress.
 - <https://eric.ed.gov/?id=ED561095>
- Denny, P., Prather, J., Becker, B. A., Finnie-Ansley, J., Hellas, A., Leinonen, J., Luxton-Reilly, A., Reeves, B. N., Santos, E. A., & Sarsa, S. (2024). Computing education in the era of generative AI. *Communications of the ACM*, 67(2), 56–67. <https://doi.org/10.1145/3624720>
- Edwards, B. I., & Cheok, A. D. (2018). Why not robot teachers: Artificial intelligence for addressing teacher shortage. *Applied Artificial Intelligence*, 32(4), 345–360.
 - <https://doi.org/10.1080/08839514.2018.1464286>

- Fan Ouyang. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100015.
- <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100015>
- Fortin, M. F., Gagnon, J. (2016). Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes
• quantitatives et qualitatives (3e édition). *Montréal, Québec: Chenelière éducation*
- Ghazoui, H., El Hakouni, H., & Outhami, B. (2025). L'impact de l'Intelligence Artificielle sur l'apprentissage au Maroc : opportunités et défis. *African Scientific Journal*, 3(29).
- Gold, A. H., Malhotra, A., & Segars, A. H. (2001). Knowledge management: An organizational capabilities perspective. *Journal of Management Information Systems*, 18(1), 185–214.
- <https://doi.org/10.1080/07421222.2001.11045669>
- Hixon, E., & So, H.-J. (2009). Technology's role in field experiences for preservice teacher training. *Educational Technology & Society*, 12(4), 294–304.
- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542–570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504–526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Jabraoui, S., & Vandapuye, S. (2024). L'intelligence artificielle dans l'enseignement : histoire et présent, perspectives et défis. *Dossiers de Recherches en Économie et Management des Organisations*, 118–128.

- Kahn, K., & Winters, N. (2021). Constructionism and AI: A history and possible futures. *British Journal of Educational Technology*, 52(3), 1130–1142. <https://doi.org/10.1111/bjet.13088>
- Kaw, A. (2019). Analyzing the use of adaptive learning in a flipped classroom for pre-class learning. *Computer Applications in Engineering Education*. <https://doi.org/10.1002/cae.22106>
- Kshetri, N. (2023). The future of education: Generative artificial intelligence's collaborative role with teachers. *IT Professional*, 25(6), 8–12. <https://doi.org/10.1109/MITP.2023.3333070>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lin, H. C., Ho, C. F., & Yang, H. (2022). Understanding adoption of artificial intelligence-enabled language e-learning system: An empirical study of UTAUT model. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 16(1), 74–99.
<https://doi.org/10.1504/IJMLO.2022.119966>
- Lo, C. K. (2023). What is the impact of ChatGPT on education? A rapid review of the literature. *Education Sciences*, 13(4), 410. <https://doi.org/10.3390/educsci13040410>
- Luan, H., Geczy, P., Lai, H., & Li, P. (2020). Challenges and future directions of big data and artificial intelligence in education. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 580820. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.580820>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Mai, D. T. T., Da, C. V., & Hanh, N. V. (2024). The use of ChatGPT in teaching and learning: A systematic review through SWOT analysis approach. *Frontiers in Education*, 9, Article 1328769. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1328769>

- Ministère de l'Éducation nationale, du Préscolaire et des Sports (2022). Feuille de route stratégique 2022–2026.
- Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., & Chu, S. K. W. (2023). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and Information Technologies*, 28(7), 8445–8501. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w>
- OECD (2024). Gouverner avec l'intelligence artificielle. Organisation de coopération et de développement économiques. Publishing. <https://doi.org/10.1787/6816434b-fr>
- Popenici, S. A. D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12, Article 22. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Ritter, S., Anderson, J. R., Koedinger, K. R., & Corbett, A. (2007). Cognitive Tutor: Applied research in mathematics education. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 249–255. <https://doi.org/10.3758/BF03194060>
- Sinapin, M.-N. (2020). L'intelligence artificielle : Entre opportunités et risques légitimes. *18e colloque francophone sur le risque (ORIANE 2020)*, Bayonne, France.
- Tang, K.-Y., Chang, C.-Y., & Hwang, G.-J. (2023). Trends in artificial intelligence-supported e-learning: A systematic review and co-citation network analysis (1998–2019). *Interactive Learning Environments*, 31(4), 2134–2152. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1875001>
- UNESCO Office in Rabat. (2024). Maroc : Rapport d'évaluation de l'état de préparation à l'intelligence artificielle (Document code SHS/BIO/2024/AI-RAM/CR/1/SUM). UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389744>
- Villani, C. (2018). *Santé et intelligence artificielle*. Cnrs. Biologie et neuroscience.

- Wang, X. (2021). Research on the application of AI technology in computer-assisted instruction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1992, Article 022030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1992/2/022030>
- Westwood, P. (2020). Effective teaching. *Australian Journal of Teacher Education*, 21(1), 34–45. <https://doi.org/10.3316/aeipt.72317>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, Article 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: Recent research & future directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100025. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025>
- Zhong, Y. (2006). A cognitive approach to artificial intelligence research. In Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Cognitive Informatics (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/COGINF.2006.365682>