

Artificial Intelligence in Skills Development: The Impact on Adult Education and Training The Case of ENS-UF in Madagascar

Faly Tinasoa Andrianandrasanirina¹, Falinirina Andrianantenaina²

Science Step Journal / SSJ

2025/Volume 3 - Issue 11

To cite this article: Andrianandrasanirina, F. T., & Andrianantenaina, F. (2025). Artificial Intelligence in Skills Development: The Impact on Adult Education and Training - The Case Of ENS-UF in Madagascar. Science Step Journal, 3(11). ISSN: 3009-500X. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18167467>

Abstract

This study aims to evaluate the pedagogical integration and impact of artificial intelligence on skills development in the specific context of adult and teacher training at the “Ecole Normale Supérieure” (ENS – UF) in Madagascar. The study adopts a descriptive approach, combining a critical review of the literature on AI in education, based on Houssaye's pedagogical triangle model, with a contextual case study to identify local influencing factors. AI offers significant opportunities through adaptive learning (EAI/LXP) for the individualization of learning paths and teaching assistance. However, the realization of these benefits is subject to critical structural preconditions in Madagascar: the availability of equipment, reliable connectivity, and the development of specific digital skills among educational stakeholders. It is imperative to integrate a general culture of AI into teacher training and to establish an ethical and technical framework (interoperability standards) to maximize the impact of AI, thus ensuring alignment with SDGs 4 while preserving the principles of inclusion and equity.

Keywords:

Artificial intelligence, Pedagogy, adult education, impact of AI, teaching, Adaptive learning, education, didactics

¹ Senior Lecturer, Ecole Normale Supérieure, University of Fianarantsoa, Fianarantsoa, Madagascar, faly.andrianandrasanirina@univ-fianarantsoa.mg

² Master's Research Student, Ecole Nationale d'Informatique, University of Fianarantsoa, Fianarantsoa, Madagascar antnfaly@gmail.com

**L'Intelligence Artificielle dans le Développement des Compétences :
Les Impacts sur l'éducation et la Formation des Adultes.
Cas de l'ENS-UF de Madagascar**

Faly Tinasoa Andrianandrasanirina , Falinirina Andrianantenaina

Resumé

Ce travail vise à évaluer l'intégration pédagogique et l'impact de l'intelligence artificielle sur le développement des compétences dans le contexte spécifique de la formation des adultes et des enseignants à l'Ecole Normale Supérieure (ENS – UF) de Madagascar. L'étude adopte une approche descriptive, combinant une revue critique de la littérature sur l'IA en éducation, ancrée sur le modèle du triangle pédagogique de Houssaye, avec une analyse de cas contextuelle pour identifier les facteurs influents locaux. L'IA offre des opportunités significatives via l'apprentissage adaptif (EAI/LXP) pour l'individualisation des parcours et l'assistance didactique. Toutefois, la concrétisation de ces bénéfices est subordonnée à des préconditions structurelles critiques à Madagascar : la disponibilité d'équipements, la connectivité fiable et le développement de compétences numériques spécifiques chez les acteurs éducatifs. Il est impératif d'intégrer une culture générale de l'IA dans la formation des enseignants et d'établir un cadre éthique et technique (normes d'interopérabilité) pour maximiser l'impact de l'IA, assurant ainsi l'alignement sur l'ODD 4 tout en préservant les principes d'inclusion et d'équité.

Mots clés

L'intelligence artificielle, Pédagogie, formation des adultes, impact d'IA, enseignement, Apprentissage adaptif, éducation, didactique

I. Introduction et l'intelligence artificielle

On pourrait dire que l'intelligence artificielle (IA) est un ensemble de techniques permettant à des machines d'accomplir des tâches et de résoudre des problèmes normalement réservés aux humains et à certains animaux. Les tâches relevant de l'IA sont parfois très simples pour les humains, comme par exemple reconnaître et localiser les objets dans une image, planifier les mouvements d'un robot pour attraper un objet, ou conduire une voiture. Elles requièrent parfois de la planification complexe, comme par exemple pour jouer aux échecs ou au Go. Les tâches les plus compliquées requièrent beaucoup de connaissances et de sens commun, par exemple pour traduire un texte ou conduire un dialogue. Depuis quelques années, on associe presque toujours l'intelligence aux capacités d'apprentissage. C'est grâce à l'apprentissage qu'un système intelligent capable d'exécuter une tâche peut améliorer ses performances avec l'expérience. C'est grâce à l'apprentissage qu'il pourra apprendre à exécuter de nouvelles tâches et acquérir de nouvelles compétences. Le domaine de l'IA n'a pas toujours considéré l'apprentissage comme essentiel à l'intelligence. Par le passé, construire un système intelligent consistait à écrire un programme « à la main » pour jouer aux échecs (par recherche arborescente), reconnaître des caractères imprimés (par comparaison avec des images prototypes), ou faire un diagnostic médical à partir des symptômes (par déduction logique à partir de règles écrites par des experts). Mais cette approche « manuelle » a ses limites.

L'utilisation de l'IA dans l'enseignement et l'apprentissage est désormais un thème fréquent de discussion dans le climat éducatif actuel. Chercheurs et praticiens ont introduit l'IA dans les débats relatifs à bon nombre de questions les plus farouches de l'éducation, telles que la qualité de l'enseignement, l'apprentissage différencié, l'éducation dans les situations d'urgence et la migration.

Le contexte de cet article est celui de l'intégration pédagogique de l'intelligence artificielle (IA) dans les systèmes d'enseignement à Madagascar. Il s'inscrit dans l'objectif de mieux comprendre la place, l'impact et le rôle de l'IA dans le système éducatif Malgache. L'IA présente des atouts pour l'atteinte des Objectifs de Développement Durable mais sous certaines conditions qui concernent les équipements informatiques, la connectivité et les compétences des différents acteurs.

Compte tenu de ce potentiel didactique et des contraintes structurelles observées (équipements, connectivité, et compétences des acteurs), l'étude vise à répondre à la question de recherche suivante :

Dans quelle mesure les potentiels didactiques et pédagogiques de l'Intelligence Artificielle, analysés à travers le prisme du Triangle Pédagogique de Houssaye, sont-ils réalisables et perçus par les acteurs éducatifs (formateurs et étudiants) de l'École Normale Supérieure de l'Université de Fianarantsoa (ENS-UF), et quels sont les obstacles structurels qui modèlent l'intégration effective de l'IA dans le développement des compétences à Madagascar ?

II. Méthodologie de Recherche

2.1. Approche de Recherche et Justification

Cette étude s'inscrit dans une **approche qualitative et descriptive**, combinant l'analyse théorique et une stratégie d'étude de cas unique. Le choix d'une étude de cas est justifié par la nécessité d'explorer en profondeur un phénomène contemporain : l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans l'enseignement au sein d'un contexte institutionnel réel et spécifique : l'École Normale Supérieure de l'Université de Fianarantsoa (ENS-UF) à Madagascar. Cette méthode permet d'identifier et d'analyser les facteurs humains, techniques et organisationnels qui influencent l'adoption de l'IA dans un environnement de formation d'adultes et d'enseignants.

2.2. Cadre Théorique d'Analyse

Pour structurer l'analyse et l'interprétation des impacts, le manuscrit s'ancre sur le **modèle du Triangle Pédagogique de Houssaye (1988)**. Ce cadre théorique permet de catégoriser les impacts de l'IA en fonction de ses effets potentiels sur les trois pôles fondamentaux de l'éducation :

1. **L'Enseignant/Formateur** (impacts sur la professionnalisation, la gestion de classe et la personnalisation des réponses pédagogiques).
2. **L'Apprenant/Étudiant** (impacts sur la motivation, le décrochage scolaire, l'individualisation des parcours via l'apprentissage adaptatif).
3. **Le Savoir** (impacts sur l'intégration curriculaire de l'IA et le développement de la pensée critique).

Les résultats de la recherche sont ainsi analysés non seulement en fonction de ces trois sommets, mais aussi des relations qui les unissent (didactique, pédagogique et d'apprentissage).

2.3. Sources des Données et Stratégie de Collecte

La collecte de données a été réalisée en deux phases complémentaires :

2.3.1. Revue Critique de la Littérature

Une revue approfondie de la littérature critique a été menée pour établir les fondements théoriques et les enjeux globaux de l'IA dans l'éducation. Cette phase a permis de définir les concepts clés (Adaptive Learning, EAI/LXP) et d'établir les balises de référence concernant le potentiel de l'IA pour le développement des compétences et la réduction des obstacles à

l'apprentissage. Les conclusions de cette revue servent de référentiel pour interpréter les observations spécifiques au cas Malgache.

2.3.2. Analyse de Cas Contextuelle (ENS-UF)

L'analyse de cas a visé à identifier les facteurs locaux influents. Cette phase a impliqué la collecte de données contextuelles concernant les conditions de déploiement de l'IA à l'ENS-UF, notamment :

- **Analyse documentaire** : Examen de documents institutionnels pour évaluer l'état des infrastructures informatiques, de la connectivité et des politiques d'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC).
- **Collecte empirique** : Bien que les données brutes ne soient pas le sujet de ce rapport, la démarche a reposé sur des outils de collecte visant à cerner la perception et le niveau de compétence des acteurs (formateurs et étudiants) quant à l'utilisation des outils numériques et des technologies émergentes comme l'IA. Cette collecte a permis de valider les défis structurels identifiés dans la conclusion (équipements, connectivité et compétences des acteurs).

2.4. Méthodes d'Analyse des Données

Les données issues de la revue de littérature et de l'analyse contextuelle ont fait l'objet d'une **Analyse Thématique de Contenu**. Cette méthode a permis de coder et de catégoriser les informations en fonction des thèmes préétablis par le cadre du Triangle Pédagogique (impacts sur la didactique, sur la gestion de l'apprentissage et sur la nature du savoir transmis). Cette approche garantit que les résultats de l'étude de cas notamment la prépondérance des défis infrastructurels à Madagascar sont rigoureusement liés au cadre théorique, assurant ainsi la validité et la cohérence de l'interprétation.

III. L'Intelligence artificielle dans le développement des compétences

Les problématiques comme l'abandon des formations, l'ennui ou l'inadéquation des besoins des apprenants avec le contenu et les objectifs des formations professionnelles sont clairement identifiées. L'idée du "one size fits all" perd de son souffle face à un besoin constant aussi bien de développer des compétences existantes que d'en développer des nouvelles. L'intelligence artificielle apporte une solution en permettant de créer des parcours individualisés et adaptables. Les outils sont capables de prendre en compte des critères multiples : profil pédagogique des apprenants, intérêts, progression dans le cours...

Le processus est similaire aux plateformes Netflix. Au fil du temps, les algorithmes affinent leur analyse. Ils sont aujourd'hui capables d'identifier les besoins et les préférences pédagogiques des utilisateurs. L'une des applications les plus populaires est la recommandation de contenu. Dans le cadre d'une formation professionnelle, il est possible aussi bien de déterminer quel type de contenu d'apprentissage (format, durée...) l'apprenant va suivre que de recommander des contenus additionnels spécifiques. Dans le cadre d'un parcours de formation professionnelle, cela permet de définir des voies personnalisées et adaptables, qui vont être capables d'évoluer constamment.

Les formats d'apprentissage développés sont aujourd'hui très variés, mais connaissent une embellie grâce à la généralisation de la formation à distance. MOOC, formations en Visio et plateformes de formation en ligne (LMS) sont très prisés des entreprises. Ces formats permettent de généraliser la formation à des coûts bien moins élevés que des formations en présentiel, et sont plus adaptés à des collaborateurs de plus en plus hybrides. Leur faiblesse se trouve cependant dans un aspect descendant, parfois peu interactif et qui requiert plus de concentration de la part des apprenants. Cela s'en ressent dans le taux d'abandon en moyenne plus élevé. Les environnements intelligents proposés par l'IA permettent d'offrir des environnements d'apprentissages plus immersifs et évolutifs.

L'intelligence artificielle génère ce qu'on appelle des Environnements d'Apprentissage Intelligents (EAI). Ces environnements prennent des formes variées. Les Learning Management Platforms proposent des designs capables de s'adapter aux besoins des utilisateurs grâce à l'adaptive Learning : l'IA peut configurer l'interface ou la séquence des activités en fonction des interactions de l'apprenant avec la plateforme. On utilise aujourd'hui le terme de LXP, plateforme d'expérience d'apprentissage, pour désigner ces écosystèmes donnant un accès à un univers totalement interactif et adaptable.

L'usage pédagogique de ces différentes technologies vise notamment à rapprocher l'école des jeunes dont on susciterait l'intérêt à l'aide de la technologie, et à lutter ainsi contre le décrochage scolaire, l'abandon des formations, etc.... En effet, les nouvelles générations auxquelles elles

s'adressent se sont familiarisées très jeunes avec l'IA et avec internet qu'ils utilisent à différentes fins : recherche d'information, usages relationnels et socialisation (médias sociaux), transactions, jeux, etc.... En intégrant ces technologies à l'école, on rapprocherait cette dernière de leur monde virtuel.

On cherche aussi à améliorer les performances des élèves par de nouveaux outils éducatifs, à faciliter l'accès à l'information et la communication entre les élèves et les enseignants, de même qu'à personnaliser le trajet scolaire de l'élève. De plus, on vise à mieux préparer les jeunes à la vie professionnelle qui exige de plus en plus de compétences relatives à l'utilisation d'IA.

La problématique de l'utilisation des nouvelles technologies (internet, TIC, IA, etc...) dans le système éducatif se pose à plusieurs niveaux selon l'approche et la finalité attendues qu'il s'agisse de leur utilisation comme outil de gestion ou, sous un angle pédagogique, comme contenus d'enseignement.

Les principaux domaines de notre théorique concernent les recherches sur les enjeux de la professionnalisation des enseignants et l'importance d'intégration de l'IA, les apports et les opportunités des technologies éducatives en classe, et les obstacles et facteurs influençant l'introduction de l'IA dans le système éducatif.

La présence de la technologie dans la société influence les lieux du savoir. Alors, l'école se retrouve appelée à exploiter et intégrer la technologie en son sein, pour qu'elle puisse faire face aux exigences de la société et répondre aux besoins des apprenants.

En effet, cela exige de l'individu de développer de nouvelles compétences, et de développer un regard critique vis-à-vis de la technologie, d'IA et de l'Internet et etc... pour en faire un usage réfléchi, efficient et efficace.

IV. L'impact de l'Intelligence artificielle sur l'éducation

Les apports de l'intelligence artificielle (IA) en éducation sont loin d'être magiques. Nous n'en sommes pas du tout à la substitution des pratiques enseignantes par des algorithmes mathématiques, mais ses bénéfices potentiels dans l'environnement d'enseignement et d'apprentissage ne semblent pas négligeables. En se basant uniquement sur le triangle pédagogique (Houssaye, 1988), il est possible d'entrevoir des impacts qui pourraient faire l'objet de nombreuses spéculations. Les trois pôles du triangle (l'enseignant, l'apprenant et le savoir) ainsi que les relations entre ceux-ci (didactique, pédagogique et d'apprentissage) seraient potentiellement affectés par l'IA.

L'intérêt du triangle pédagogique comme angle d'attaque pour catégoriser les impacts réside dans le fait que c'est un modèle relativement efficace et qu'il nous force à s'interroger sur plusieurs aspects de l'éducation en contexte scolaire. Voici donc une très brève entrée en matière avec une série d'idées à explorer selon chacun de ses trois sommets et trois relations.

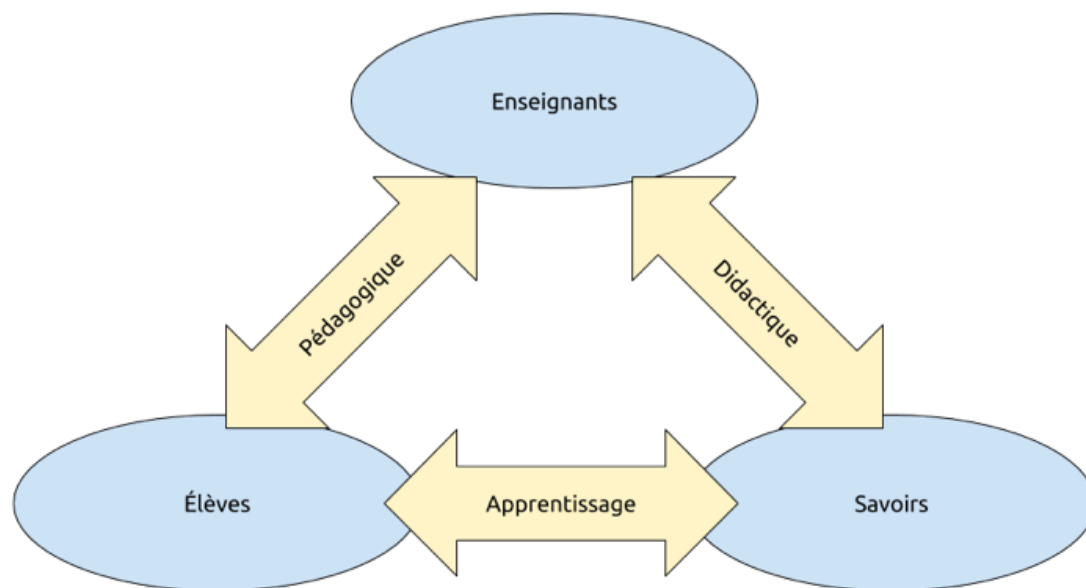


Figure 1 : Triangle pédagogique

❖ L'impact sur l'enseignant

Dans beaucoup d'esprits, l'Intelligence Artificielle (IA) évoque encore une technologie futuriste aux contours flous alors qu'elle est utilisée par énormément d'outils numériques de notre quotidien : réseaux sociaux, application météo, sites e-commerce etc. Pourtant les outils exploitant l'IA aux bénéfices de l'éducation ne sont pas encore inscrits dans les usages quotidiens des

enseignants et restent associés à de l'innovation. Faisons, dans cet article, un tour d'horizon des bénéfices que les enseignants peuvent tirer de ces outils et analysons les freins qu'il reste à lever afin de générer leur adoption massive.

Par définition, l'intelligence artificielle vise à reproduire les capacités cognitives humaines à une large échelle en traitant un volume de données qu'un cerveau humain ne saurait traiter dans un temps raisonnable. Aujourd'hui les outils d'apprentissage numériques génèrent justement un grand nombre de données à propos des élèves, des ressources pédagogiques et de l'impact de l'enseignement prodigué. Mais face à une classe de 30 étudiants ou plus, un enseignant n'aura pas le temps de prendre connaissance de toutes les traces d'apprentissage laissées par chacun pour en tirer les informations essentielles à la compréhension de son niveau et mettre en place la réponse pédagogique la plus adaptée.

L'IA appliquée à l'éducation peut justement modéliser les apprenants en analysant les données à disposition pour améliorer la connaissance de l'enseignant sur ses élèves. Quel est leur niveau de maîtrise pour un sujet donné ? Qui dans la classe présente le risque le plus fort de décrochage ? Comment associer les élèves de la meilleure manière pour les faire travailler en groupe ? Autant de questions de l'enseignant auxquelles l'IA peut proposer des réponses basées sur les données d'apprentissage.

Les bénéfices potentiels de l'IA appliquée à l'éducation ne s'arrêtent pas là ! Une fois que l'on connaît mieux chaque élève, des algorithmes d'Adaptive Learning (Apprentissage Adaptatif) permettent de trouver le contenu pédagogique le plus adapté afin de leur faire travailler leurs points faibles et de maximiser l'impact de l'enseignement prodigué. C'est encore à partir de l'analyse des données générées par l'élève lui-même mais également par les autres élèves et par ceux des années précédentes que l'IA est capable d'identifier les bons contenus et exercices et de faire ses recommandations à l'enseignant.

❖ L'impact sur l'élève

La question se pose même si elle peut sembler farfelue : est-ce que l'IA peut avoir un impact sur l'élève lui-même ? On ne parle certainement pas de remplacer l'élève par une IA. Le simple fait de penser que l'IA pourrait s'immiscer dans la relation pédagogique causera probablement un rejet automatique de l'idée chez plusieurs personnes lisant ces lignes. Encore une fois, ce n'est pas parce qu'une technologie existe que nous souhaitons nous en servir. Par exemple, oser envisager que l'IA puisse être dans la gestion de classe ouvre la porte à l'écriture d'un scénario de la série *Black Mirror* (série télévisée britannique dystopique où sont présentées des dérives technologiques). Cela dit, on ne peut ignorer cette possibilité, ne serait-ce que pour se prémunir contre les usages abusifs de l'IA.

Toutefois, les scénarios de science-fiction mis à part, des développeurs travaillent déjà à l'heure actuelle sur des produits augmentés par l'IA qui peuvent aider les élèves dans leurs apprentissages. En fait, depuis plusieurs années, les MOOC (Massive Open Online Courses) connaissent du succès en Occident. Les élèves peuvent maintenant apprendre ce qu'ils veulent, quand ils veulent et, surtout, au rythme qui leur convient. Cependant, cette abondance d'opportunités et cette liberté peuvent créer une certaine confusion à l'égard de ce qu'il faut apprendre ainsi que l'ordre selon lequel il faudrait procéder. Certains élèves ne savent donc pas ce qu'ils veulent apprendre parce qu'ils n'ont pas l'expertise d'un enseignant qui peut structurer et optimiser les phases d'apprentissage. Cela engendre souvent de la démotivation et l'abandon du processus de formation. L'IA peut contribuer à prévenir ce phénomène. À l'aide de données amassées sur un profil, l'IA est en mesure de proposer des séquences de cours ou d'exercices qui sont les plus pertinents pour l'élève. On peut même imaginer qu'elle puisse jouer un rôle de soutien dans l'orientation scolaire et professionnelle de l'élève. Aussi, pour contrer une éventuelle baisse de motivation, les tuteurs intelligents pourraient prédire le moment où l'élève commence à perdre de l'intérêt et avertir leurs enseignants. Ceux-ci peuvent anticiper le comportement et réagir à l'aide du renforcement adéquat.

❖ L'impact sur le savoir

L'impact de l'intelligence artificielle sur le savoir semble se situer à deux niveaux : tout d'abord, la formation que les élèves devraient recevoir pour comprendre et utiliser l'IA. Ensuite, il y a le savoir que les humains devraient posséder pour vivre dans un monde où l'IA est appelée à devenir omniprésente, dans un monde de plus en plus digitalisé. Il est donc important que les programmes d'enseignement s'y adaptent afin de répondre au besoin d'expertise ou de développement de la pensée critique des élèves.

❖ L'impact didactique

Comme mentionné précédemment, une partie de la tâche d'un enseignant est potentiellement automatisable. L'IA viendrait donc libérer l'enseignant de certaines tâches plus administratives afin qu'il puisse s'occuper davantage de la pédagogie. La valeur ajoutée de l'IA à cet égard n'est pas au niveau du contenu comme tel à enseigner, elle est au niveau du processus de sélection du contenu et des outils en salle de classe. Ces nouvelles technologies permettent les analyses individuelles des élèves en une fraction du temps et peuvent aider les enseignants à personnaliser l'apprentissage de chacun.

❖ L'impact pédagogique

Dans le dernier rapport prospectif de l'Université Stanford dans le cadre d'un programme d'étude sur cent ans de l'IA dans toutes ses possibilités d'impact sur nos vies, les chercheurs prévoient une présence accrue des tuteurs intelligents en assistance aux enseignants (Stone & al., 2016). En effet, en récoltant des données scolaires et en les combinant aux habitudes d'apprentissage des élèves,

certain algorithmes vont être en mesure de tailler un programme d'apprentissage sur mesure qui favorise la différenciation pédagogique. Imaginez un programme qui est capable de classer les élèves selon les méthodes de travail qui sont les plus efficaces pour eux en très peu de temps. Cette démarche qui autrefois consommait beaucoup de temps en observation, compilation de données et calculs statistiques peut être optimisée par l'IA. Elle permettrait donc d'augmenter l'impact de l'enseignement sur l'apprentissage de l'élève. Dans ce contexte, nous sommes loin d'un remplacement, mais plutôt d'un renforcement de l'importance de l'enseignant auprès des élèves. « Si certaines situations d'échec sont peut-être inéluctables (circonstances personnelles, mauvaise adaptation des désirs de l'apprenant à la formation proposée), une bonne partie d'entre elles pourraient être évitées par un dépistage précoce qui donnerait lieu à un recadrage et un suivi plus attentif et personnalisé. » (Bovo, Sanchez, Héguy, Duthem, 2013).

❖ L'impact sur l'apprentissage

En ce qui concerne la relation entre l'élève et les savoirs, comme pour l'enseignant, peut-être que certaines tâches accomplies par les élèves seraient automatisables, ou du moins, pourraient être optimisées par l'IA. Il s'agit toutefois d'effectuer des choix éclairés sur le plan pédagogique, car l'IA, comme toute technologie, doit procurer un avantage sur le plan de l'apprentissage et surtout, ne pas nuire à celui-ci. Au-delà des outils de suivi des élèves, l'IA peut amener ou raffiner certains outils de production et de traitement des informations. Prenons le cas du correcteur automatique, un exemple d'outil de travail qui s'est raffiné avec le temps. Nous nous souvenons de ses premières versions, où plusieurs suggestions s'accordaient mal avec les intentions de l'auteur. Depuis, une cueillette et une analyse d'un grand nombre de textes à l'aide des sciences des données ont permis de raffiner son efficacité. Aujourd'hui, nous bénéficions d'un outil de correction automatique qui satisfait beaucoup de besoins pédagogiques. Cela dit, l'IA pourrait permettre d'aller bien au-delà de la correction de phrases. Certains travaux visent même l'évaluation du contenu d'un texte à long développement en se basant sur des balises prédéfinies (Wang, Chang, Li, 2008). Le potentiel des outils de rétroaction dans le domaine linguistique est évident avec l'arrivée de l'intelligence artificielle.

V. Conclusion et Discussion

4.1. Synthèse des Résultats et Implications

La présente étude, menée à travers l'analyse des enjeux théoriques de l'Intelligence Artificielle dans l'éducation et l'examen contextuel du cas de l'ENS-UF de Madagascar, confirme l'importance cruciale de l'IA pour le développement des compétences et l'atteinte de l'ODD 4.

Nos travaux ont mis en lumière un résultat fondamental : l'IA, notamment par l'apprentissage adaptatif (Adaptive Learning) et les Environnements d'Apprentissage Intelligents (EAI), offre un potentiel considérable pour l'individualisation des parcours, l'optimisation des réponses pédagogiques et le dépistage précoce des situations d'échec chez les étudiants. Contrairement à la crainte d'une substitution, les outils IA (tuteurs intelligents, correcteurs affinés) renforcent le rôle de l'enseignant en le libérant de tâches administratives pour lui permettre de se concentrer sur la didactique et la pédagogie.

Toutefois, les résultats spécifiques au contexte Malgache soulignent que l'exploitation de ce potentiel est subordonnée à des conditions d'intégration critiques. L'amélioration de l'impact de la formation, en particulier à distance, exige impérativement :

1. Le comblement des déficits infrastructurels (équipements informatiques et connectivité fiable).
2. Le développement de la confiance et des compétences chez les acteurs éducatifs, ce qui passe par une meilleure formation du corps enseignant à l'usage des TIC et une culture générale sur l'Intelligence Artificielle et le fonctionnement des algorithmes.

En définitive, le déploiement des outils basés sur l'IA sera bénéfique aux enseignants si son déploiement est rigoureusement accompagné de la formation nécessaire et des réflexions éthiques qui s'imposent.

4.2. Invitation à la Recherche Future

Pour consolider l'intégration de l'IA dans l'enseignement supérieur à Madagascar et au-delà, cette étude ouvre plusieurs pistes de recherche qui nécessitent une exploration approfondie :

1. **Recherche sur l'Interopérabilité Technique** : Les travaux doivent se poursuivre sur les standards d'échange d'informations. Bien que des protocoles comme SCORM et xAPI existent, ils demeurent incomplets. Il est essentiel de mener des recherches pour développer des solutions facilitant les échanges de données entre outils, classes et

établissements pour créer un véritable écosystème communicant capable de soutenir des EAI efficaces.

2. **Gouvernance Éthique et Réglementaire** : Les réflexions éthiques sur l'exploitation de l'IA et de la *data* doivent se poursuivre activement. Des recherches sont nécessaires pour élaborer des cadres éthiques et réglementaires spécifiques au contexte éducatif Malgache, assurant que l'intégration de l'IA est guidée par les principes fondamentaux d'inclusion et d'équité, conformément aux objectifs de l'UNESCO.
3. **Évaluation d'Impact Longitudinal** : Il est nécessaire de mener des études d'impact à long terme pour valider l'efficacité pédagogique de l'IA. Ces recherches devraient évaluer si l'utilisation des tuteurs intelligents et des programmes personnalisés conduit effectivement à une amélioration mesurable des performances académiques et à un développement accru des compétences critiques chez les étudiants de l'ENS-UF et dans d'autres établissements malgaches.

Références bibliographiques et webographies

- Baron, G.-L., & Bruillard, E. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Presses Universitaires de France.
- BECTA. (2002). *ImpaCT2: The impact of information and communication technologies on pupil learning and attainment*. BECTA ICT Research.
- Bovo, A., Sanchez, S., Héguy, O., & Duthen, Y. (2013). *L'apprentissage automatique comme base du suivi d'élèves et de l'amélioration de formations*. Journée EIAH & IA 2013. <https://hal.science/hal-00824278>
- Class'Code & INRIA. (2020). *L'intelligence artificielle... avec intelligence !* <https://pixees.fr/classcode-v2/iai/>
- Collin, S., & Karsenti, T. (2013). Usages des technologies en éducation. *Éducation et francophonie*, 41(1), 192–210. <https://www.erudit.org/fr/revues/ef/2013-v41-n1-ef0525/1015065ar>
- Commission de l'éthique de la science et des technologies. (2005). *Le plagiat électronique dans les travaux scolaires : Une pratique qui soulève des questions éthiques* (Avis CEST – Jeunesse). Gouvernement du Québec. https://www.ethique.gouv.qc.ca/wpcontent/uploads/bdnbdztb_plagiat_avis_fr.pdf
- Commission de l'éthique de la science et des technologies. (2009). *Cyberintimidation : Un regard éthique posé par les jeunes* (Avis CEST – Jeunesse). Gouvernement du Québec. https://www.ethique.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/tclniudi_cest_avis_cybercitoyennete_fr_vf_web.pdf
- Desjardins, A., Tran, A., & Girard, M. (2017, janvier 19). *La programmation et le développement de la pensée informatique*. École branchée. <https://ecolebranchee.com/dossier-programmation-developpement-de-pensee-informatique/>
- Devauchelle, B. (2012). *Comment le numérique transforme les lieux du savoir*. FYP Éditions. <https://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2013-01-0104-003>
- Ezratty, O. (2017, octobre 19). *Les usages de l'intelligence artificielle*. Opinions Libres. <https://www.oezratty.net/wordpress/2017/usages-intelligence-artificielle-ebook/>
- Ezratty, O. (2020, avril 3). *Les applications de l'intelligence artificielle dans l'éducation*. MAGRH. <https://www.magrh.reconquete-rh.org/index.php/articles/formation/455-les-applications-de-l-intelligence-artificielle-dans-l-education>
- Fourgous, J.-M. (2012). *Apprendre autrement à l'ère numérique*. <https://www.vie-publique.fr/files/rapport/pdf/124000169.pdf>
- Hirschsprung, N. (2005). *Apprendre et enseigner avec le multimédia*. Hachette.
- Houssaye, J. (1988). *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire (I) : Le triangle pédagogique*. Peter Lang.
- Isabelle, C. (2002). *Regard critique et pédagogique sur les technologies de l'information et de la communication*. Chenelière/McGraw-Hill.
- Karsenti, T. (2018). Intelligence artificielle en éducation : L'urgence de préparer les futurs enseignants aujourd'hui pour l'école de demain ? *Formation et profession*, 26(3), 112–119. <https://doi.org/10.18162/fp.2018.a159>
- Lebrun, M. (2002). *Des technologies pour enseigner et apprendre* (2^e éd.). De Boeck. <http://www.ipm.ucl.ac.be/marcell/livre.html>

- Lebrun, M. (2005). eLearning pour enseigner et apprendre. In *Courants pédagogiques et technologies de l'éducation*. Academia Bruylant.
- McCarthy, J. (1977). Epistemological problems of artificial intelligence. In R. J. Brachman & H. J. Levesque (Eds.), *Readings in knowledge representation* (pp. 23–30). Morgan Kaufmann.
- Muir-Herzig, R. G. (2004). Technology and its impact in the classroom. *Computers & Education*, 42, 111–131.
- Pouts-Lajus, S., & Riché-Magnier, M. (1998). *L'école à l'heure d'Internet : Les enjeux du multimédia dans l'éducation*. Nathan Pédagogie.
- Rauzy, G. (1992). L'informatique conduit-elle à des mathématiques nouvelles ? In B. Cornu (Ed.), *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques* (pp. 97–117). Presses Universitaires de France.
- Self, J. (1988). *Artificial intelligence and human learning*. Chapman and Hall.
- Shortliffe, E. H. (1976). *Computer-based medical consultations: MYCIN*. American Elsevier.
- Sleeman, D. H. (1982). Inferring (mal)rules from pupils' protocols. In *Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence* (pp. 160–164).
- Stone, P., et al. (2016). *Artificial intelligence and life in 2030*. Stanford University.
<http://ai100.stanford.edu/2016-report>
 - TeachThought. (2018, septembre 16). *10 roles for artificial intelligence in education*.
<https://www.teachthought.com/the-future-of-learning/10-roles-for-artificial-intelligence-in-education/>