



Le développement professionnel des enseignants à et avec l'intelligence artificielle : une revue de littérature

<https://doi.org/10.52358/mm.vi18.407>

Viviane Vallerand, doctorante en psychopédagogie et chargée de cours
Université Laval, Canada
viviane.vallerand.1@ulaval.ca

Christine Hamel, professeure
Université Laval, Canada
christine.hamel@fse.ulaval.ca

RÉSUMÉ

Le développement professionnel (DP) des enseignants constitue un des moyens les plus efficaces pour améliorer la qualité de l'éducation et les préparer à de nouvelles réalités (Mukamurera, 2014). Face à l'arrivée de l'intelligence artificielle (IA) générative, plusieurs anticipent la nécessité de former les enseignants pour assurer un usage responsable de cette technologie émergente tout en constituant aussi une solution pour améliorer le parcours en DP des enseignants. Cette revue de littérature cherche donc à comprendre dans quelle mesure l'IA peut valoriser le DP des enseignants. Pour ce faire, 24 articles ont été analysés à partir des 7 caractéristiques de DP des enseignants de Darling-Hammond *et al.* (2017). L'IA peut valoriser dans une certaine mesure les caractéristiques de DP des enseignants, mais ses effets sur la pratique des enseignants nécessitent plus d'approfondissement. Pour de futures recherches, il est recommandé d'analyser la valorisation des caractéristiques de Darling-Hammond *et al.* (2017) par l'IA à l'aide du modèle SAMR à savoir dans quelles mesures ces caractéristiques pourraient être (S) substituées, (A) accrues, (M) modifiées ou (R) redéfinies par l'IA et quels effets ces changements pourraient avoir sur l'agentivité des enseignants (Puentedura, 2013).

Mots-clés : intelligence artificielle, enseignants, développement professionnel, formation, technologies éducatives



Problématique

Le développement professionnel des enseignants : état des connaissances

La plus-value du développement professionnel (DP) des enseignants n'a plus à être prouvée. Lorsque bien développé, il peut améliorer la réussite éducative des apprenants, soutenir les enseignants à pratiquer une profession qui se complexifie et favoriser l'implantation de nouvelles politiques et réformes éducatives (Kennedy, 2016; Conseil supérieur de l'éducation, 2014; Mukamurera, 2014; Desimone, 2009). Ce concept se définit comme un processus débutant dès la formation initiale dans lequel les enseignants s'engagent tout au long de leur carrière à « accroître le savoir professionnel, les compétences et les attitudes [...], de sorte qu'ils puissent en retour améliorer l'apprentissage des [apprenants] » (Lessard, 2021, p. 9). L'un des moyens les plus efficaces pour parfaire le DP des enseignants réside dans les dispositifs de DP qui se déclinent en trois catégories : l'accompagnement par les pairs (p. ex. mentorat), l'accompagnement professionnel (p. ex. consultation d'un conseiller pédagogique) et les activités de formation (p. ex. programme d'insertion professionnelle) (Gaudreau et Nadeau, 2015).

Depuis quelques années, les investissements des gouvernements dans les dispositifs de DP des enseignants sont en hausse malgré des résultats mitigés (Desimone et Garet, 2015; Mukamurera, 2014). Plusieurs raisons expliquent ces effets. Entre autres, les dispositifs de DP sont souvent ponctuels, c'est-à-dire qu'ils ne permettent pas une appropriation de savoirs et de nouvelles pratiques chez les enseignants sur une période prolongée (Boulay *et al.*, 2023; Hamel *et al.*, 2013). Leur forme est généralement traditionnelle : des savoirs théoriques sont transmis passivement aux enseignants sans leur donner l'opportunité de les connecter avec leur propre pratique (Boulay *et al.*, 2023; Korthagen, 2017; Hamel *et al.*, 2013). Enfin, la recherche sur le DP des enseignants est fragmentée et mériterait une plus grande rigueur scientifique (Kennedy, 2016; Desimone, 2009).

Pour pallier plusieurs de ces limites relevées, des chercheurs ont commencé à cerner les caractéristiques qui permettent aux dispositifs de soutenir efficacement le DP des enseignants (Boulay *et al.*, 2023; Darling-Hammond *et al.*, 2017; Desimone, 2009). Parmi les diverses caractéristiques relevées, nous avons choisi les sept de Darling-Hammond *et al.* (2017). Un dispositif de DP doit :

- 1) Être centré sur un contenu;
- 2) Favoriser un apprentissage actif;
- 3) Soutenir la collaboration;
- 4) Utiliser des pratiques efficaces;
- 5) Offrir du soutien et de l'accompagnement;
- 6) Inclure des rétroactions et de la réflexion;
- 7) Durer sur une période suffisante.

Certaines de ces caractéristiques ont été depuis nuancées : la collaboration et la durée ne sont pas les mêmes d'un dispositif à l'autre et dépendent de l'objectif du dispositif de DP (Kennedy, 2016). La valorisation de ces caractéristiques permet notamment aux dispositifs de DP de mieux préparer les enseignants à vivre avec de nouvelles réalités (Darling-Hammond *et al.*, 2017; Mukamurera, 2014; Desimone, 2009).



Le développement professionnel à et avec l'intelligence artificielle : entre potentiels et défis

Une de ces nouvelles réalités est l'émergence de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de l'éducation, plus particulièrement l'IA générative, un type d'IA qui permet de générer une variété de contenus en peu de temps grâce à une grande quantité de données (UNESCO, 2024). Récemment, de nombreux systèmes d'IA (SIA) générative voient le jour, repoussant les possibilités d'usage par les enseignants dans diverses tâches comme la création de matériel pédagogique, la planification, l'évaluation, la différenciation pédagogique et bien d'autres (UNESCO, 2024). Il reste que l'IA en général pose de nombreux enjeux éthiques en éducation comme le renforcement de biais à l'égard des élèves (Collin *et al.*, 2023), la perte d'agentivité des enseignants (Collin *et al.*, 2023), la transformation de leur rôle (Lepage et Roy, 2023) et l'étiollement de la relation enseignant-élève (Holmes *et al.*, 2023), bien que ces enjeux soient surtout de l'ordre des préoccupations et nécessitent plus de recherches (UNESCO, 2024).

Mais que signifie cette technologie précisément? Parmi les définitions existantes, nous avons préféré celle du Parlement européen :

Un système basé sur une machine qui est conçu pour fonctionner avec différents niveaux d'autonomie et qui peut, pour des objectifs explicites ou implicites, générer des résultats tels que des prédictions, des recommandations ou des décisions qui influencent les environnements physiques ou virtuels (Parlement de l'Union européenne, 2023, art. 3).

Ce choix s'explique principalement par le fait que cette définition évite de comparer l'IA à l'intelligence humaine, une comparaison contre laquelle Andler (2023) met en garde étant donné le mode de fonctionnement et les capacités qui diffèrent entre l'IA et l'intelligence humaine. La définition met aussi de l'avant le niveau d'autonomie variable du système, soulignant que cette autonomie dépend du niveau d'incidence du système : plus cette incidence est grande, plus une présence humaine éclairée et vigilante doit se faire (Parlement de l'Union européenne, 2023).

En éducation, l'un des acteurs les plus importants pouvant incarner cette présence humaine demeure l'enseignant. Son DP à et avec l'IA demeure donc nécessaire pour lui permettre de maximiser les potentiels de cette technologie tout en mitigeant les enjeux éthiques associés (UNESCO, 2024; Conseil de l'innovation du Québec, 2024; Conseil supérieur de l'éducation et Commission éthique en sciences et technologies, 2024).

Plusieurs initiatives pour former les enseignants à et avec l'IA ont vu le jour depuis quelques années (UNESCO, 2024). Parmi elles se trouve *AI for Teachers* (AI4T) (traduction libre : L'IA pour les enseignants). Mis sur pied en 2020, AI4T rassemble 17 partenaires dans 5 pays de l'Europe : la France, l'Italie, l'Irlande, le Luxembourg et la Slovénie. Le projet a permis à près de 950 enseignants de se former à l'usage de l'IA grâce à plusieurs dispositifs de DP tels qu'un *Massive Open Online Course (MOOC)*, des ateliers et des formations, un guide d'utilisation et des projets pilotes dans les établissements scolaires. L'évaluation de ces dispositifs a démontré un engagement marqué des enseignants grâce à la formule flexible, structurée et formelle du programme, mais que ceux-ci ont mentionné manquer de temps pour s'y impliquer (AI for Teachers, 2023). Par ailleurs, il n'est pas précisé quels aspects du programme ni dans quelle mesure il a permis de soutenir le DP des enseignants particulièrement depuis l'arrivée de l'IA générative.



À l'heure actuelle, l'un des documents les plus exhaustifs à s'être penché d'un point de vue scientifique sur le DP des enseignants depuis l'arrivée de l'IA générative s'intitule le *Professional Development for Teachers in the Age of AI* (traduction libre : Le DP des enseignants à l'ère de l'IA) (Cukurova *et al.*, 2024). L'équipe de recherche constate un manque d'évidence scientifique quant au fait que les SIA pour soutenir les enseignants dans leur DP sont aussi efficaces que les systèmes numériques n'en utilisant pas. Les chercheurs soulèvent aussi la nécessité de rechercher les effets que l'IA pourrait avoir sur une possible perte de compétences ou une surcharge cognitive chez les enseignants. Un flou persiste tout de même dans cette recherche quant à comment l'IA peut s'intégrer au DP des enseignants, comment les enseignants peuvent s'y former et quels contenus doivent être abordés.

Pour conclure cette section, rappelons que la valorisation des caractéristiques de DP des enseignants représente un des moyens les plus efficaces pour mieux les préparer à de nouvelles réalités (Darling-Hammond *et al.*, 2017; Mukamurera, 2014; Desimone, 2009), comme l'arrivée de l'IA. Plusieurs organisations recommandent de soutenir le DP des enseignants à et avec l'IA (UNESCO, 2024; Conseil de l'innovation du Québec, 2024; Conseil supérieur de l'éducation et la Commission éthique en sciences et technologies, 2024), mais pas assez d'études ne permettent de conclure les orientations nécessaires à un tel DP (Cukurova *et al.*, 2024). C'est pourquoi, pour mieux orienter les recherches futures sur le DP des enseignants à et avec l'IA ainsi que pour guider le développement et l'usage responsables de cette technologie en enseignement, une revue de littérature sur le DP des enseignants à et avec l'IA nous paraissait nécessaire.

Question de recherche

Cette revue de littérature répond à la question suivante :

Dans quelle mesure les caractéristiques des dispositifs en DP des enseignants de Darling-Hammond *et al.* (2017) peuvent être valorisées avec l'IA et dans la formation à l'IA?

Méthodologie

Cet article a été réalisé à l'aide de la méthode de la revue de littérature systématique de Newman et Gough (2020) qui sera précisée dans les trois parties suivantes : cadre conceptuel, sélection des articles et analyse des articles.

Cadre conceptuel

Une fois la question de recherche établie, le cadre conceptuel du dispositif de DP de Darling-Hammond (2017) a été retenu étant donné qu'il est l'un des plus éprouvés en recherche sur la formation des enseignants, bien que des nuances y ont été depuis apportées (Kennedy, 2016). Une grille de codes (annexe A) a donc été développée comme outil d'analyse et regroupant sept thèmes qui représentent les sept caractéristiques du cadre conceptuel. Ces 7 thèmes ont été développés en 15 codes représentant le cadre conceptuel de Darling-Hammond (2017); les 15 codes ont ensuite été enrichis à l'aide de la validation des 7 critères des activités de DP par Kennedy (2016).



Sélection des articles

L'approche PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) a été choisie pour sélectionner les articles de cette revue de littérature systématique (Newman et Gough, 2020; Moher *et al.*, 2016). Les bases de données EdSource, Eric et Google Scholar ont été préférées pour réaliser la recherche des articles, les deux premières parce qu'elles contiennent des articles scientifiques en éducation, la dernière parce qu'elle est plus flexible et ratisse plus largement que les deux premières (Berkeley Library, 2023).

À l'aide des thésaurus des bases de données d'EdSource et Eric, les concepts clés ont été sélectionnés comme critères d'inclusion (tableau 1).

Tableau 1

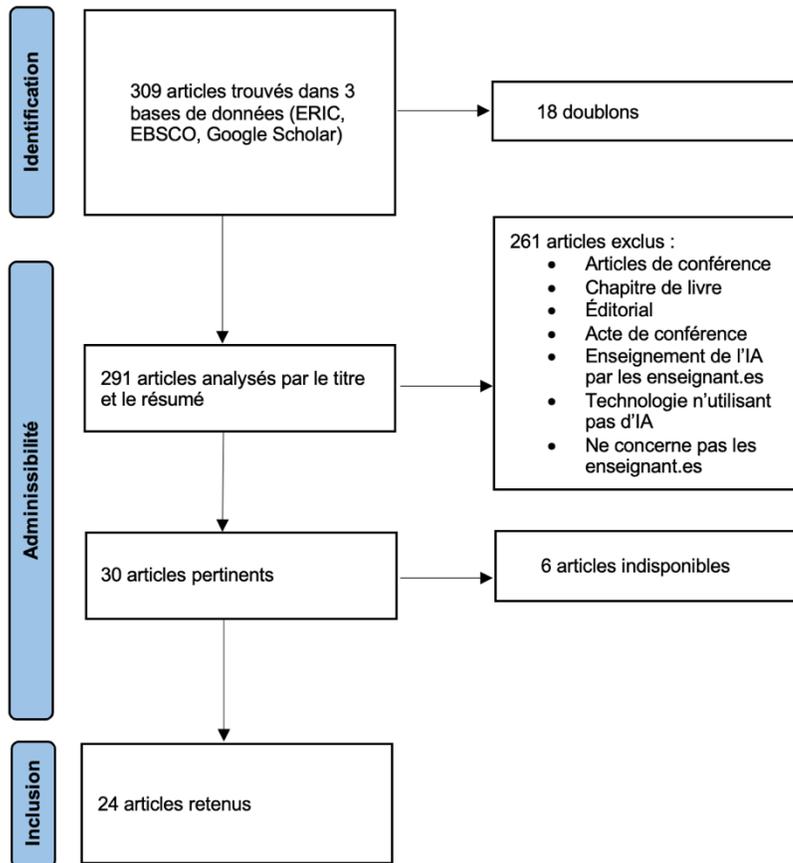
Critères d'inclusion et d'exclusion

Critère d'inclusion	Valeurs
Année de publication	2013 à 2023
IA	Titre, résumé ou mots-clés contiennent : « artificial intelligence » OU « intelligence artificielle » OU « intelligent tutoring system » OU « système de tutorat intelligent »
DP des enseignants	Titre, résumé ou mots-clés contient : « Teacher career development » OU « Développement de carrière en enseignement » OU « Teacher training » OU « Formation des enseignants » OU « Teacher education » OU « Formation initiale des enseignants » OU « In-service training of teachers » OU « Formation continue des enseignants » OU « Reflective teaching » OU « Pratique réflexive en enseignement » OU « Teacher professional development » « développement professionnel des enseignants »
Langue	N'est pas en français ni en anglais
Type d'article	Éditorial; article théorique; acte de conférence; livre ou chapitre
Sujet	Enseignement de l'IA par les enseignants; technologies n'utilisant pas d'IA; ne concerne pas les enseignants

Le processus de sélection des articles est illustré à la figure 1. D'abord, 309 articles qui ont été exportés sur Zotero pour les classifier et enlever les 18 doublons amenant le décompte à 291. Puis 261 articles ont été exclus selon les critères d'exclusion à partir de leur titre et leur résumé, 6 autres articles ont été retirés parce qu'indisponibles, menant le nombre d'articles analysés à 24.



Figure 1
Processus de sélection des articles selon la méthode PRISMA



Analyse des articles

Une analyse déductive a été réalisée sur les 24 articles à l'aide des trois critères de Newman et Gough (2020) : A) la description des articles, B) leur objectif de recherche en lien avec la question de recherche et C) les résultats des articles pour répondre à la question de recherche. Pour ce faire, les articles ont été résumés dans un tableau (annexe B) puis codés en 804 segments à partir de la grille de codes dans le logiciel MaxQDA.

Résultats

La présente section se divise en trois parties selon les critères de Newman et Gough (2020) : A) une description générale des articles, B) une synthèse de leur objectif et C) une analyse des articles à partir des sept caractéristiques du DP de Darling-Hammond *et al.* (2017).

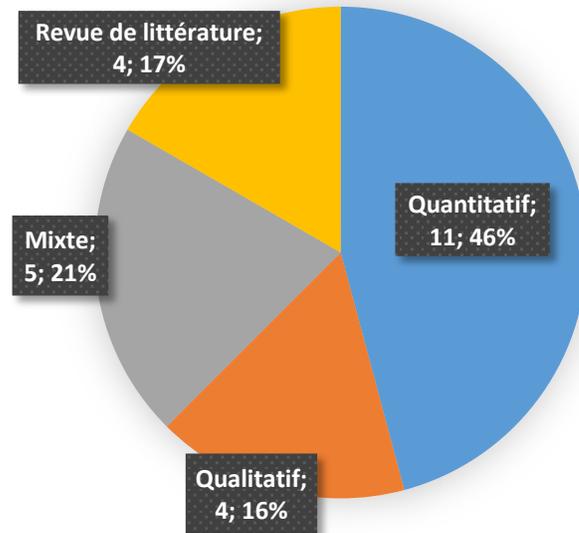


A. Description des articles

Parmi les 24 articles analysés, 4 sont des revues de littérature, 20 des recherches empiriques, dont 11 quantitatives, 5 mixtes et 4 qualitatives (figure 2).

Figure 2

Types de recherche des articles retenus (n = 24)





Ces articles abordent principalement des enseignants en pratique (n = 8, figure 3) en enseignement supérieur (n = 12, figure 4). Pour les articles portant précisément sur un SIA, une description de chacun d'eux a été donnée dans le tableau B (annexe B).

Figure 3

Analyse des publics cibles dans les articles retenus, lorsque précisé (n = 14/24)

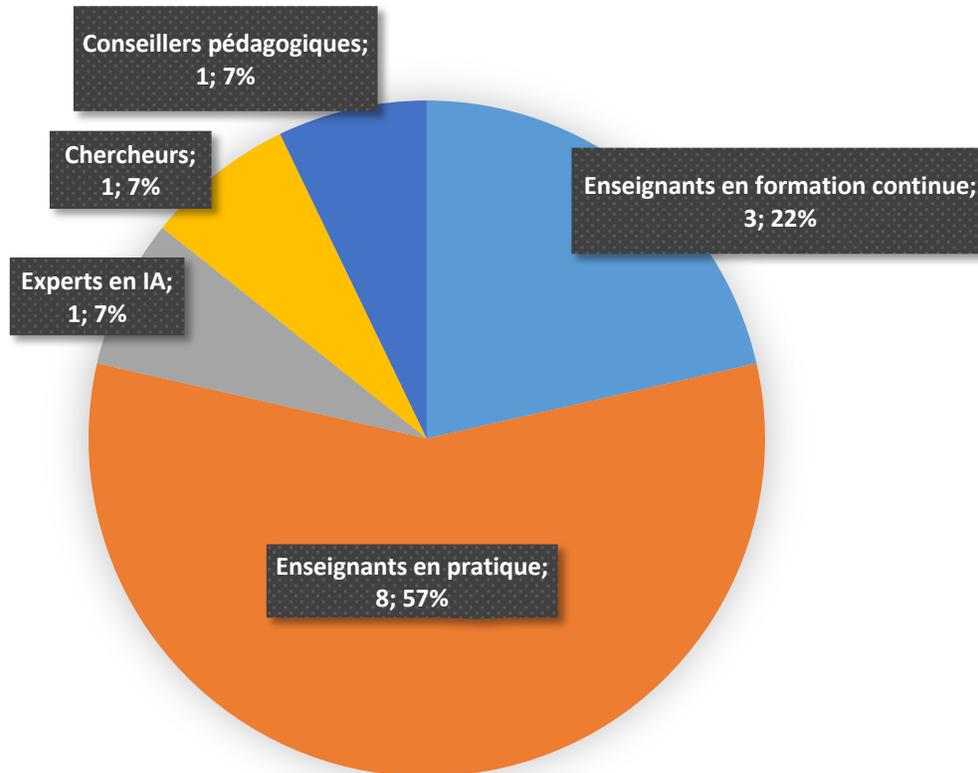
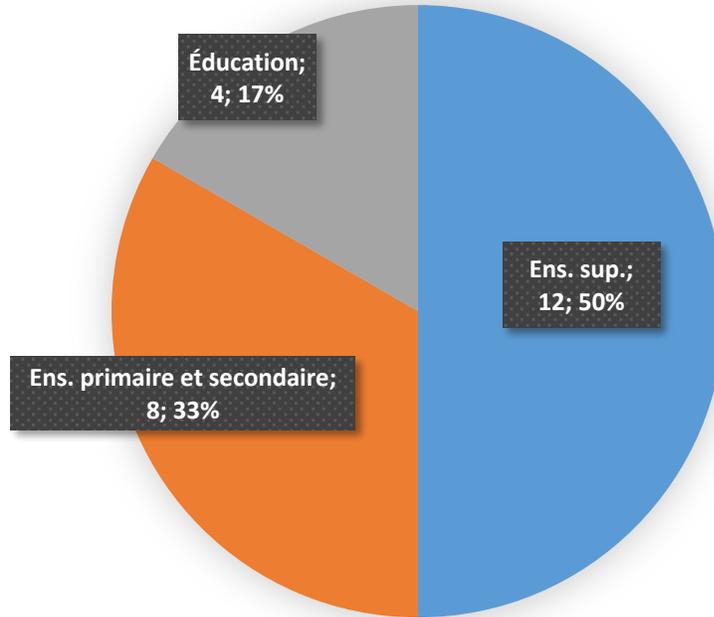




Figure 4
Analyse des niveaux d'éducation dans les articles retenus (n = 24)

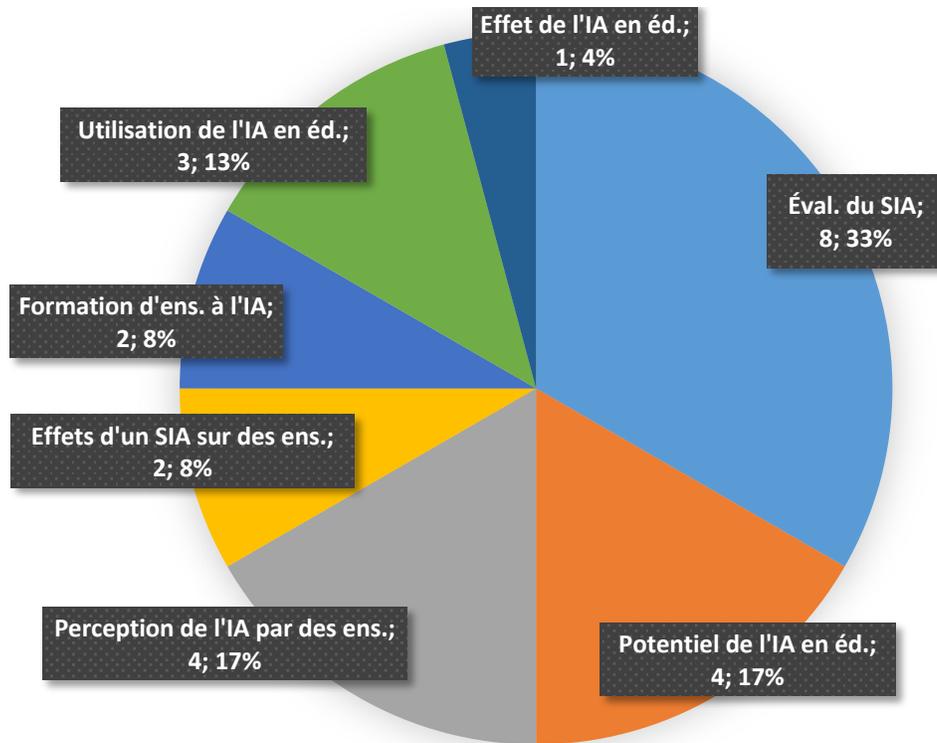


B. Objectif des articles

L'objectif des articles analysés porte en grande partie sur l'évaluation d'un SIA (n = 8). Peu d'articles se sont intéressés à la formation des enseignants à l'IA (n = 2), aux effets que les dispositifs de DP sur et avec l'IA peuvent avoir sur les pratiques enseignantes (n = 2) et plus généralement aux effets de l'IA sur l'éducation.



Figure 5
Objectif de recherche (n = 24)



C. Caractéristiques des activités en DP (7)

Selon les travaux de Darling-Hammond *et al.* (2017) révisés par Kennedy (2016), une activité de DP efficace doit inclure sept caractéristiques :

- 1) la centration sur les contenus,
- 2) l'apprentissage actif,
- 3) la collaboration,
- 4) les modèles et modélisations de pratiques efficaces,
- 5) le soutien d'experts,
- 6) la réflexion et la rétroaction,
- 7) une durée adaptée à l'objectif de l'activité.

La centration sur les contenus est la seule caractéristique abordée par tous les articles et pouvant être valorisée aisément dans le DP à et avec l'IA (n = 24), tandis que le recours à des modèles et modélisation de pratiques efficaces est celle la moins mentionnée (n = 7).



1. CENTRATION SUR LES CONTENUS

Pour qu'une activité de DP pour les enseignants soit efficace, elle doit porter sur des contenus spécifiques (Darling-Hammond *et al.*, 2017). Plus précisément, ces contenus doivent répondre à un défi pédagogique vécu par l'enseignant : enseigner les contenus du programme, gérer les comportements, mobiliser la participation des élèves et accéder à la pensée des élèves (Kennedy, 2016). Plusieurs SIA étudiés ont pu répondre à l'un de ces quatre défis dans une certaine mesure.

En premier lieu, souvent abordé (n = 7), le soutien de l'enseignement des contenus par l'IA est non seulement un potentiel perçu par les enseignants (Kuleto *et al.*, 2022; Hrastinski *et al.*, 2019), c'est aussi un besoin pressant pour plusieurs d'entre eux (Chounta *et al.*, 2022). Concrètement, l'IA peut soutenir les enseignants à mieux enseigner les contenus dans le choix du matériel (Chounta *et al.*, 2022; Kuleto *et al.*, 2022), dans la planification des activités d'apprentissage (Celik *et al.*, 2022; Lamas et Arnab, 2021; Zawacki-Richter *et al.*, 2019), dans l'atteinte des objectifs d'apprentissage (Celik *et al.*, 2022; Kuleto *et al.*, 2022; Zawacki-Richter *et al.*, 2019) et dans l'analyse du déroulement d'une activité d'apprentissage (Zawacki-Richter *et al.*, 2019). Les contenus à enseigner portent principalement dans le cadre de cours en informatique en enseignement supérieur (Zawacki-Richter *et al.*, 2019). Ces articles traitent du potentiel que l'IA pourrait avoir pour le DP des enseignants, mais aucun d'eux ne traite des effets de l'IA sur le développement de compétences à mieux enseigner les contenus.

En deuxième lieu, la gestion des comportements chez les apprenants est mentionnée dans trois articles comme défi pouvant être soutenu par l'IA malgré le potentiel perçu par les enseignants (Kuleto *et al.*, 2022; Lamas et Arnab, 2021; Lampos *et al.*, 2021). Dans leur revue de littérature exploratoire de 87 articles abordant la place de l'IA en éducation, Lamas et Arnab (2021) recommandent de recourir à l'IA pour soutenir les enseignants à diagnostiquer les émotions de leurs élèves et à sélectionner les meilleures interventions pour permettre à leurs élèves d'en prendre conscience. Cette recommandation se base sur deux recherches empiriques démontrant que l'IA peut détecter avec robustesse les émotions des élèves et les soutenir à mieux en prendre conscience (Bosch *et al.*, 2016; Burleson *et al.*, 2007), bien que ce genre d'implication pose des questions éthiques qui nécessitent une plus grande vigilance (McStay, 2020).

En troisième lieu, soutenir l'engagement des apprenants est un défi pédagogique mentionné seulement dans trois articles. Il reste perçu comme un potentiel de l'IA important aux yeux des enseignants qui peinent souvent à garder leurs élèves engagés dans leurs apprentissages (Kuleto *et al.*, 2022). Dans une recherche empirique sur la perspective de 140 enseignants de l'Estonie par rapport à l'IA, Chounta *et al.* (2022) constatent que les enseignants anticipent que l'IA pourrait les soutenir sur ce plan en formant des groupes d'apprenants selon leurs niveaux de difficulté. Pour leur revue de littérature systématique de 146 articles sur les applications de l'IA en enseignement supérieur, Zawacki *et al.* (2019) abordent de leur côté 3 SIA en mesure de diagnostiquer les forces et les besoins d'étudiants puis de leur fournir des rétroactions automatiques s'y adaptant (Zhu *et al.*, 2015; Jain *et al.*, 2014; Samarakou *et al.*, 2015). Malgré la robustesse de tels SIA pour soutenir l'engagement des élèves dans leurs apprentissages, la façon dont ils s'intègrent à la pratique enseignante et comment les enseignants se les approprient ne sont jamais explicités.

En quatrième lieu, accéder aux pensées des apprenants est un défi pédagogique abordé dans cinq articles de cette revue. Avec l'arrivée de l'IA, ce défi représente un potentiel prometteur à relever par cette technologie (Chounta *et al.*, 2022; Kuleto *et al.*, 2022) particulièrement auprès des enseignants en formation initiale qui ont moins d'opportunités de travailler directement avec des élèves (Sailer *et al.*, 2023; Lee et Yeo, 2022). Sailer *et al.* (2023) ont évalué l'usage d'un SIA simulant un élève en difficulté et donnant



des rétroactions personnalisées automatiques auprès de 178 enseignants en formation initiale, les chercheurs ont constaté que les rétroactions ont permis aux participants de développer leur capacité à justifier leurs interventions, mais pas à diagnostiquer avec précision les besoins des élèves en difficulté. Ainsi, malgré les capacités de certains SIA de simuler la pensée de l'élève pour former l'enseignant à mieux y accéder, les preuves scientifiques ne permettent pas de conclure que cet usage permet aux enseignants de développer cette capacité par eux-mêmes.

2. APPRENTISSAGE ACTIF

La conception d'une activité de DP doit porter une attention particulière à la façon dont les enseignants apprennent (Darling-Hammond *et al.*, 2017). Pour ce faire, cette activité doit s'ancrer dans une ou des théories d'apprentissage des adultes et offrir une possibilité de personnaliser le parcours d'apprentissage de chacun.

2.1 Théorie d'apprentissage

Quelques articles mentionnent le recours à une théorie d'apprentissage comme la pratique réflexive de Hatton et Smith (1995, cités dans Phillips *et al.*, 2022) et Ozogul *et al.* (2018, cités dans Phillips *et al.*, 2022), la théorie d'apprentissage des adultes de Knowles (Chaipidech *et al.*, 2022), le Situated Model of Instructional Decision-Making (Kasepalu *et al.*, 2022), l'apprentissage adaptatif (*Adaptive learning*) (Vlasova *et al.*, 2019) et la Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) (Celik *et al.*, 2022; Chaipidech *et al.*, 2022). Par exemple, le TPACK consiste en un modèle permettant aux enseignants de réfléchir aux savoirs technologiques, pédagogiques et didactiques nécessaires pour utiliser de façon responsable les technologies du numérique (Celik *et al.*, 2022; Chaipidech *et al.*, 2022). Or, comme le constate Zawacki-Richter *et al.* (2019) dans sa revue de littérature systématique de 146 articles selon laquelle les théories d'apprentissage des adultes sont rarement utilisées dans le domaine de l'IA en éducation. Ce constat s'explique, entre autres, par le peu de chercheurs issus du domaine de l'éducation s'intéressant à l'IA et par les recherches actuelles orientées surtout vers l'évaluation de SIA et non vers ses effets sur les enseignants (Zawacki-Richter *et al.*, 2019).

2.2 Personnalisation

L'IA peut valoriser la personnalisation du parcours de DP des enseignants en leur demandant leurs expériences antérieures ou encore le contexte de classe dans lesquels ils se retrouvent pour personnaliser le parcours d'apprentissage de chacun (Lameras et Arnab, 2021; Lamos *et al.*, 2021). Souvent mentionnés comme potentiel de l'IA, la personnalisation des apprentissages par l'IA reste rarement détaillée particulièrement au niveau du DP des enseignants (Zawacki-Richter *et al.*, 2019). Le seul article précisant une personnalisation des apprentissages par l'IA est celui de Chaipidech *et al.* (2022). Les chercheurs ont ici évalué un SIA s'intégrant à un dispositif de DP qui personnalise le parcours d'apprentissage de 141 enseignants en pratique selon le modèle TPACK. Pour ce faire, chaque enseignant réalise une évaluation à choix multiples pour que le SIA puisse déterminer le style d'apprentissage et leurs apprentissages lacunaires en technologies, en pédagogie et/ou en didactique. Le SIA personnalise ensuite les contenus, leur forme et les activités d'apprentissage en fonction du profil de l'enseignant et ses défis. Dans cette recherche, le caractère personnalisable du SIA a contribué à un apprentissage significatif des enseignants sur le plan des savoirs technologiques, pédagogiques et didactiques (Chaipidech *et al.*, 2022).



3. COLLABORATION

Cette caractéristique fait ici référence au partage d'idées, d'expériences et de pratiques efficaces pour résoudre des problèmes vécus en classe entre enseignants (Darling-Hammond *et al.*, 2017; Kennedy, 2016). Valoriser la collaboration entre usagers peut bonifier leur utilisation de SIA (Celik, 2023; Dai, 2023; Hrastinski *et al.*, 2019) notamment grâce aux échanges entre enseignants sur leur utilisation de l'IA (Chen et Xu, 2022; Chapidech *et al.*, 2022). Dans leur recherche où six enseignants du primaire ont pu collaborer avec des experts en IA dans le cadre d'un dispositif de DP, Dai (2023) a remarqué que le rôle actif qu'ont joué les enseignants à négocier avec les experts en IA sur la forme et les contenus du dispositif a permis de renforcer leur compréhension de l'IA et d'intégrer cette technologie à leur pratique.

Certains articles ont abordé que l'IA pourrait constituer un « facilitateur de l'enseignement » (UNESCO, 2024, p. 31) avec lequel les enseignants peuvent collaborer pour résoudre des problèmes en classe (Fidan et Gencel, 2022; Celik, 2023). Par exemple, Fidan et Gencel (2022) ont développé un SIA pouvant donner des rétroactions aux commentaires d'enseignants devant visionner des vidéos de pratiques enseignantes, les résultats de cette recherche seront précisés dans la section suivante. Néanmoins, ce genre de perspective pose plusieurs considérations éthiques notamment au niveau du modèle unique de l'IA qui risque une homogénéisation des pratiques enseignantes sans prise en compte des particularités culturelles et professionnelles d'un enseignant à l'autre.

4. MODÈLES ET MODÉLISATION

Pour ancrer les compétences développées par un dispositif de DP, les enseignants doivent être exposés à des modèles de pratiques efficaces comme des plans de cours, des exemples de travaux d'élèves ou des études de cas (Darling-Hammond *et al.*, 2017). Il s'agit de la caractéristique la moins mentionnée ($n = 7$). L'IA peut être un complément pour mieux s'approprier des modèles par les enseignants (Chen et Xu, 2022; Fidan et Gencel, 2022; Kasepalu *et al.*, 2022; Lee et Yeo, 2022). Fidan et Gencel (2022) donnent un exemple d'un tel usage dans leur activité de DP. À la suite du visionnement de vidéos présentant des pratiques, les enseignants sont invités à répondre à des questions sur leur interprétation de la vidéo, un SIA donne ensuite des rétroactions sur ces réponses. Cette recherche démontre que les enseignants qui ont reçu des rétroactions juste-à-temps données par le SIA ont renforcé leurs apprentissages comparativement au groupe contrôle d'enseignants commentant les vidéos sans rétroaction.

Pour le DP à l'IA, des modèles pour une utilisation responsable de l'IA peuvent être présentés. C'est ce que propose Dai (2023) en jumelant six enseignants du primaire à des chercheurs universitaires en IA, les premiers ont été en mesure de transformer de manière générale leur rapport passif à l'IA à un co-créatif en observant entre autres les pratiques des seconds (Dai *et al.*, 2020). Le chercheur précise toutefois que pour que la présence d'experts pour former à l'IA soit justifiée, celle-ci doit se faire en assurant que les contenus enseignés soient directement liés à la pratique des enseignants (Dai, 2023).

5. SOUTIEN D'EXPERTS

Les enseignants doivent être accompagnés par une autre personne ayant une expertise sur le sujet abordé par l'activité de DP tel un mentor ou un formateur (Darling-Hammond *et al.*, 2017).

5.1 Mentor

Un mentor consiste en un enseignant expérimenté qui partage ses pratiques et expériences avec un autre plus novice (Darling-Hammond *et al.*, 2017). Chen et Xu (2022) mentionnent que le mentorat peut être complémentaire à l'usage de l'IA en DP. Grâce à un SIA évaluant les compétences d'enseignants, le



mentor peut prendre connaissance de ces compétences évaluées, soient celles maîtrisées ou celles à améliorer, et apporter un soutien s'adaptant à l'enseignant novice. L'enseignant novice peut parfois se sentir moins à l'aise dans sa relation avec son mentor qui peut porter un jugement sur sa pratique, avec qui un rapport d'autorité peut s'établir et/ou qui est parfois peu disponible, le recours à l'IA représente un complément pour pallier certaines limites associées au mentorat (Fidan et Gencel, 2022). Aucune recherche ne permet toutefois de conclure si le recours à un SIA comparativement à un enseignant expérimenté pour accompagner un enseignant novice peut lui être bénéfique ou peut au contraire limiter son DP. Pour l'instant, il reste donc préférable que les SIA soient employés en complémentarité au mentorat entre l'enseignant expérimenté et celui novice.

5.2 Formateur

Tandis que le rapport avec les mentors se fait selon une approche individuelle, prescriptive et informelle, celle des formateurs est davantage collaborative, réflexive et formelle grâce, entre autres, à l'animation de discussions entre participants (Darling-Hammond *et al.*, 2017). Sans y recourir directement, Lee et Yeo (2022) recommandent que leur agent conversationnel simulant des élèves ayant des difficultés d'apprentissage puisse dans le futur suggérer comment le formateur peut soutenir les enseignants à l'aide des interventions qu'ils ont choisies avec l'agent conversationnel. Phillips *et al.* (2022) entrevoyent aussi ce potentiel avec le *AI toolkit*, un SIA prédisant avec robustesse le niveau de difficulté de cours collégiaux en sciences à partir du langage et du matériel utilisé par des enseignants collégiaux en sciences ainsi que les résultats à des évaluations formatives de leurs étudiants. Pour permettre à ces résultats prédits de soutenir les réflexions de l'enseignant, les chercheurs recommandent que des formateurs les utilisent pour favoriser la discussion et permettre aux enseignants d'interpréter plus en profondeur leur pratique.

6. RÉTROACTION ET RÉFLEXION

6.1 Pratique réflexive

La pratique réflexive est un processus structuré où l'enseignant analyse sa propre pratique à partir de problèmes vécus en classe dans le but de s'améliorer (Darling-Hammond *et al.*, 2017). Les quelques fois où cette composante est soutenue par l'IA, les appuis théoriques semblent peu élaborés (Phillips *et al.*, 2022; Hrastinski *et al.*, 2019; Porayska-Pomsta, 2016). Par exemple, le SIA de Phillips *et al.* (2022) qui indique le niveau de difficulté de cours donnés par des enseignants intègre le concept de réflexion enseignante (*Teaching Reflection*) basé sur les travaux de Hatton et Smith (1995, cités dans Phillips *et al.*, 2022) et Ozogul *et al.* (2018, cités dans Phillips *et al.*, 2022). Ce concept s'insère au SIA en fournissant à l'enseignant une donnée – ici, le niveau de difficulté d'un cours à partir du langage utilisé et des résultats des étudiants – comme objet réflexif. Les chercheurs mentionnent que le SIA soutient ainsi le jugement professionnel de l'enseignant sans toutefois préciser comment cette réflexion peut être soutenue (Phillips *et al.*, 2022, p. 19). Il semble donc que la pratique réflexive n'est pas assez bien définie pour réellement être soutenue par ce SIA. Il reste que l'arrivée de l'IA en éducation représente une opportunité pour les enseignants de réfléchir sur différents aspects de leur pratique comme leur rôle qui pourrait être amené à se transformer (Celik *et al.*, 2022, Hrastinski *et al.*, 2019), la forme que les activités de DP pourraient prendre (Lameris et Arnab, 2021), les enjeux éthiques qui en découlent (Celik *et al.*, 2022) et même l'éducation (Vlasova *et al.*, 2019).



6.2 Rétroaction

La rétroaction est une information transmise aux enseignants pour les renseigner sur leur pratique actuelle et s'améliorer (Darling-Hammond *et al.*, 2017). À partir des données du terrain (p. ex. résultats scolaires, langage oral ou écrit, interventions choisies, etc.), l'IA peut les analyser et fournir des rétroactions éclairantes auprès d'enseignants (Celik *et al.*, 2022; Fidan et Gencel, 2022; Zawacki-Richter *et al.*, 2019), ce qui représente un potentiel de l'IA souvent nommé (Hrastinski *et al.*, 2019; Chounta *et al.*, 2022). Les rétroactions données par un SIA peuvent se faire sur les contenus pédagogiques abordés par la formation (Sailer *et al.*, 2023; Fidan et Gencel, 2022) ou sur l'usage même de l'IA (Fidan et Gencel, 2022). Fidan et Gencel (2022) évaluent les effets de Bilge, un SIA développé par l'équipe de recherche et donnant des rétroactions sur les réponses d'enseignants en formation initiale devant réagir à des vidéos présentant des pratiques. Les chercheurs ont constaté que les 54 participants ayant reçu des rétroactions du SIA ont réalisé des apprentissages beaucoup plus importants comparativement aux 40 autres n'ayant reçu aucune rétroaction suivant le visionnement de vidéos. Toutefois, il est à noter que 50 enseignants ayant reçu des rétroactions différées par leurs pairs ont réalisé des apprentissages sensiblement similaires aux 54 ayant reçu celles du SIA.

7. DURÉE PROLONGÉE

Pour avoir des effets notables, un dispositif de DP doit être soutenu pendant une longue période selon l'objectif du dispositif (plusieurs semaines, plusieurs mois ou une année scolaire) (Darling-Hammond, 2017; Kennedy, 2016). La durée de l'utilisation des SIA varie grandement d'une recherche à l'autre allant de quelques heures (Sailer *et al.*, 2023), à quelques semaines (Dai, 2023; Lee et Yeo, 2022) et même de plusieurs années (Porayska-Pomsta, 2016; Vlasova *et al.*, 2019). Dans le cas de Sailer *et al.* (2023), dont la formation dure 12 heures, cette durée ne semble pas suffisante pour permettre le développement de nouvelles perspectives quant aux conceptions erronées que peuvent avoir des élèves ayant des difficultés d'apprentissage selon Kennedy (2016). Quoi qu'il en soit, la capacité juste-à-temps de l'IA d'assister les enseignants représente un complément aux dispositifs de DP qui pourrait transformer la durée prolongée nécessaire aux dispositifs de DP (Zawacki-Richter *et al.*, 2019), plus de recherche demeure nécessaire pour étudier ce possible phénomène.

Discussion

Les caractéristiques des dispositifs en DP des enseignants de Darling-Hammond *et al.* (2017) peuvent être valorisées avec l'IA et dans la formation à l'IA dans une certaine mesure. De manière générale, les articles analysés sont surtout de nature quantitative, ils s'intéressent aux enseignants en pratique et s'inscrivent en enseignement supérieur. Plus de recherche semble donc nécessaire, particulièrement auprès d'enseignants en formation initiale en enseignement primaire et secondaire selon une méthodologie qualitative.

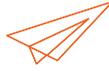
Sur le plan des objectifs des articles analysés, cette revue de littérature démontre que les SIA peuvent de manière générale simuler ou prédire avec robustesse certains comportements d'élèves (p. ex. un élève rencontrant des difficultés en mathématiques (Lee et Yeo, 2022)), d'enseignants (p. ex. évaluer le niveau de compréhension de ses étudiants (Phillips *et al.*, 2022)) et de formateurs (p. ex. donner des rétroactions sur une réponse donnée par un enseignant en formation initiale (Fidan et Gencel, 2022)). Non seulement ces applications permettent de répondre à des besoins des enseignants (Kuleto *et al.*, 2022), mais ils peuvent à certains égards améliorer leurs apprentissages et soutenir leur engagement (Sailer *et al.*, 2023;



Chaipidech *et al.*, 2022; Fidan et Gencel, 2022; Lee et Yeo, 2022). Toutefois, aucun article n'aborde dans quelle mesure le recours à l'IA permet réellement aux enseignants d'être plus compétents et d'avoir une plus grande agentivité. Ces constats rejoignent ceux de Holmes *et al.* (2023) qui critiquent les orientations actuelles du développement des SIA en éducation : ces derniers semblent chercher à imiter le comportement enseignant au lieu de soutenir les enseignants à développer les compétences nécessaires à leur profession. Est-ce que les constats de cette revue prouvent sans conteste que le DP des enseignants devrait s'éloigner du recours à l'IA? Pour l'instant, un manque de données scientifiques empêche d'arriver à de telles conclusions. Il demeure toutefois crucial qu'une plus grande vigilance soit faite à l'égard du développement et du recours à l'IA dans le DP des enseignants afin de déterminer si elle peut leur être bénéfique et, si oui, dans quelle mesure. Pour orienter les futures recherches, il paraît donc pertinent de continuer l'exploration de la place des caractéristiques du DP dans la formation à et avec l'IA des enseignants afin de déterminer comment cette technologie peut rendre les enseignants plus compétents, comment elle peut soutenir leur agentivité et quelles compétences paraissent nécessaires pour un usage judicieux de cette technologie.

Pour ce qui est de la valorisation des caractéristiques par l'IA, celles-ci sont rarement approfondies et se basent très peu sur des théories robustes en éducation. Quelques théories en éducation sont parfois mentionnées, mais leur intégration reste généralement en surface. Par exemple, Phillips *et al.* (2022) mentionnent que leur SIA, qui fournit le niveau de difficulté d'un cours en fonction du langage utilisé et des résultats scolaires, soutient la pratique réflexive (caractéristique 6 : rétroaction et réflexions) parce que le niveau de difficulté présenté par le SIA représente un objet de réflexion. Or, la pratique réflexive constitue un processus à la fois cyclique et à plusieurs niveaux qui nécessite un accompagnement structuré et prolongé (Korthagen, 2017). De cette façon, un objet de réflexion comme le propose le SIA de Phillips *et al.* (2022) est une composante essentielle à la pratique réflexive, mais elle n'est pas suffisante. Ce manque d'approfondissement des caractéristiques de DP par l'IA confirme les constats de plusieurs études du peu d'appuis théoriques dans le domaine des technologies éducatives en général (Zawacki-Richter *et al.*, 2019; Hew *et al.*, 2019; Bartolomé *et al.*, 2018). Les futures recherches sur l'IA en DP des enseignants devraient donc se baser sur des théories et travaux issus de l'apprentissage des adultes et du DP des enseignants, être menées par des chercheurs issus des sciences de l'éducation en faisant participer le personnel enseignant au DP à et avec l'IA (Dai, 2023; Celik *et al.*, 2022; Zawacki-Richter *et al.*, 2019; Porayska-Pomsta, 2016).

Pour orienter les réflexions éthiques sur l'agentivité des enseignants en DP par l'IA, les quatre orientations du modèle SAMR développé par Puentedura (2013) représentent un cadre pertinent. Ce modèle permet d'analyser les caractéristiques du DP des enseignants (Darling-Hammond *et al.*, 2017) afin de déterminer si elles doivent être (S) substituées, (A) accrues, (M) modifiées ou (R) redéfinies par l'IA. Nous recommandons, pour de futures recherches, d'étudier dans quelle mesure le changement de nature selon le modèle SAMR de ces caractéristiques de DP permet de préserver l'agentivité des enseignants ainsi que les effets qu'il peut avoir sur les relations avec leurs formateurs et leurs apprenants.



Conclusion

Face aux effets anticipés de l'IA sur la profession enseignante et sur la place qu'elle prendra en éducation, cette revue de littérature systématique a pour objectif de déterminer dans quelle mesure l'IA peut valoriser le DP des enseignants. À partir de 24 articles analysés, les résultats démontrent que l'IA peut valoriser de différentes façons les sept caractéristiques de DP des enseignants de Darling-Hammond *et al.* (2017) dans une certaine mesure.

1) Caractéristique la plus souvent mentionnée, la centration sur les contenus constitue une attente chez les enseignants, particulièrement pour les SIA pouvant les assister à mieux enseigner des contenus; les effets de tels SIA sur leur compétence à mieux enseigner mériteraient d'être recherchés.

2) Pour l'apprentissage actif, peu de SIA ou de recherches se basent sur des théories d'apprentissage des adultes robustes. Un SIA offre une personnalisation de leur parcours de formation, même si ce dernier point est ciblé comme un potentiel important de l'IA.

3) La collaboration entre enseignants pour approfondir leur compréhension de l'IA peut contribuer à un usage plus responsable bien que plus de recherche demeure nécessaire pour corroborer de tels constats.

4) Pour les modèles et modélisations, caractéristique la moins mentionnée, les enseignants peuvent également apprendre à utiliser de façon responsable l'IA en modélisant leur pratique auprès d'usagers plus expérimentés.

5) En plus de ce type de soutien, il peut se faire de la part d'un pair ou d'un formateur pour approfondir les apprentissages sur l'IA ou pour renforcer ce soutien.

6) L'IA pourrait aussi soutenir la pratique réflexive des enseignants malgré qu'une absence de théorie robuste de la pratique réflexive soit constatée. Les rétroactions données par un SIA à des enseignants peuvent améliorer leurs apprentissages, bien que les rétroactions humaines doivent continuer d'être valorisées.

7) La possibilité pour l'IA d'apporter un soutien juste-à-temps pourrait affecter l'effet de la durée comme caractéristique de DP des enseignants.

Ainsi, les caractéristiques peuvent être intégrées en plus d'être un potentiel perçu par plusieurs acteurs, mais la revue ne permet pas de conclure si cette intégration a des effets bénéfiques auprès des enseignants et ultimement auprès de leurs apprenants. Plus de recherche pour établir les effets des dispositifs de DP à et avec l'IA demeure pertinent en se basant sur des théories d'apprentissage et en évaluant notamment leurs effets sur l'agentivité des enseignants.



Liste de références¹

- AI for Teachers. (2023). *Comparative European evaluation report*.
https://www.ai4t.eu/wp-content/uploads/2024/07/AI4T_WP3_D3.3_Comparative-European-Evaluation-Report.pdf
- Andler (2023). *Intelligence artificielle, intelligence humaine : la double énigme*. Gallimard.
- Bartolomé, A., Castañeda, L., et Adell, J. (2018). Personalisation in educational technology: The absence of underlying pedagogies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(14).
<https://doi.org/10.1186/s41239-018-0095-0>
- Berkeley Library. (2023, 26 octobre). *Education 268: First-Year Doctoral Seminar-Education Research and Practices: Find Articles*.
- Boulay, M. F., Hamel, C. et Hamel, S. (2023, 16 avril). *Core Features of Effective Professional Development for Teachers: What Should PD Programs be Aligned With?* [Présentation]. AERA Annual Meeting, Chicago, IL, États-Unis.
- Bosch, N., D'Mello, S. K., Baker, R. S., Ocumpaugh, J., Shute, V., Ventura, M., et Zhao, W. (2016, 9-15 juillet). *Detecting Student Emotions in Computer-Enabled Classrooms*. IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence, New York, NY, États-Unis. <https://www.ijcai.org/Proceedings/16/Papers/615.pdf>
- Burleson, W., et Picard, R. W. (2007). Gender-Specific Approaches to Developing Emotionally Intelligent Learning Companions. *IEEE Intelligent Systems*, 22(4), 62-69. <https://doi.org/10.1109/MIS.2007.69>
- Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468>
- *Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., et Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends*, 66(4), 616-630.
<https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>
- *Chaipidech, P., Srisawasdi, N., Kajornmanee, T., et Chaipah, K. (2022). A personalized learning system-supported professional training model for teachers' TPACK development. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100064>
- *Chen, Y., et Xu, S. (2022). Cultivation Method Analysis for Teachers' Teaching Ability Driven by Artificial Intelligence Technology. *Advances in multimedia*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5298291>
- *Chounta, I. A., Bardone, E., Raudsep, A., et Pedaste, M. (2022). Exploring teachers' perceptions of Artificial Intelligence as a tool to support their practice in Estonian K-12 education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 725-755. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00243-5>
- Collin, S., Lepage, A., et Nebel, L. (2023). Enjeux éthiques et critiques de d'intelligence artificielle en éducation : une revue systématique de la littérature. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 49(4), 1-29.
<https://doi.org/10.21432/cjlt28448>
- Conseil de l'innovation du Québec (2024). *Prêt pour l'IA : réflexion collective sur l'encadrement de l'IA*.
https://conseilinnovation.quebec/wp-content/uploads/2024/02/Rapport_IA_CIQ.pdf
- Conseil supérieur de l'éducation et Commission éthique en sciences et technologies (2024). *Intelligence artificielle générative en enseignement supérieur : enjeux pédagogiques et éthiques*. <https://tinyurl.com/26x43e9x>
- Conseil supérieur de l'éducation (2014). *Le développement professionnel, un enrichissement pour toute la profession enseignante*. <https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2014/06/50-0483-AV-developpement-professionnel.pdf>
- Cukurova, M., Kralj, L., Hertz, B., et Saltidou, E. (2024). Professional Development for Teachers in the Age of AI.
<http://www.eun.org/news/detail?articleId=11193331>

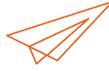
¹ Les documents faisant partie du corpus sont marqués d'un astérisque.



- *Dai, Y. (2023). Negotiation of epistemological understandings and teaching practices between primary teachers and scientists about artificial intelligence in professional development. *Research in Science Education*, 53(3), 577-591. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10072-8>
- Dai, Y., Chai, C. S., Lin, P. Y., Jong, M. S. Y., Guo, Y., et Qin, J. (2020). Promoting students' well-being by developing their readiness for the artificial intelligence age. *Sustainability*, 12(16), 6597. <https://doi.org/10.3390/su12166597>
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., et Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. <https://tinyurl.com/baep8xi>
- *Deng, H., Jia, W., et Chai, D. (2022). Discussion on Innovative Methods of Higher Teacher Education and Training Based on New Artificial Intelligence. *Security and Communication Networks*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3899413>
- Desimone, L. M., et Garet, M. S. (2015). Best practices in teacher's professional development in the United States. *Psychology, Society, & Education*, 7(3), 252-263. <https://ojs.ual.es/ojs/index.php/psye/article/view/515>
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), 181-199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- *Ding, Y. (2021). Performance analysis of public management teaching practice training based on artificial intelligence technology. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(2), 3787-3800. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189412>
- *Fidan, M. et Gencil, N. (2022). Supporting the Instructional Videos with Chatbot and Peer Feedback Mechanisms in Online Learning: The Effects on Learning Performance and Intrinsic Motivation. *Journal of Educational Computing Research*, 60(7). <https://doi.org/10.1177/07356331221077901>
- Gaudreau, N., et Nadeau, M. F. (2015). Enseigner aux élèves présentant des difficultés comportementales : dispositifs pour favoriser le développement des compétences des enseignants. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, (4), 27-45. <https://doi.org/10.3917/nras.072.0027>
- Hamel, C., Laferrière, T., Turcotte, S., et Allaire, S. (2013). Un regard rétrospectif sur le développement professionnel des enseignants dans le modèle de l'École éloignée en réseau. *Sticef (Sciences et technologies de l'information et de la communication pour l'éducation et la formation)*, 20, 1-30. https://constellation.uqac.ca/id/eprint/3327/1/Hamel_et_al_sticef_2013.pdf
- Hew, K. F., Lan, M., Tang, Y., Jia, C., et Lo, C. K. (2019). Where is the "theory" within the field of educational technology research? *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 956-971. <https://doi.org/10.1111/bjet.12770>
- Holmes, W., et Porayska-Pomsta, K. (2023). *The ethics of artificial intelligence in education*. Routledge Taylor.
- *Hrastinski, S., Olofsson, A. D., Arkenback, C., Ekström, S., Ericsson, E., Fransson, G., Jaldemark, J., Ryberg, T., Öberg, L.-M., Fuentes, A., Gustafsson, U., Humble, N., Mozelius, P., Sundgren, M., et Utterberg, M. (2019). Critical Imaginaries and Reflections on Artificial Intelligence and Robots in Postdigital K-12 Education. *Postdigital Science and Education*, 1(2), 427-445. <https://doi.org/10.1007/s42438-019-00046-x>
- *Hu, J. (2021). Teaching evaluation system by use of machine learning and artificial intelligence methods. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(5), 87-101. <https://www.learntechlib.org/p/220079/>
- Jain, G. P., Gurupur, V. P., Schroeder, J. L., et Faulkenberry, E. D. (2014). Artificial intelligence-based student learning evaluation: A concept map-based approach for analyzing a student's understanding of a topic. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(3), 267-279. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2330297>
- *Kasepalu, R., Prieto, L. P., Ley, T., et Chejara, P. (2022, February). Teacher artificial intelligence-supported pedagogical actions in collaborative learning coregulation: A wizard-of-oz study. *Frontiers in Education*, 7, 736194. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.736194>
- Kennedy, M. M. (2016). How does professional development improve teaching? *Review of educational research*, 86(4), 945-980. <https://doi.org/10.3102/0034654315626800>
- Korthagen, F. (2017). Inconvenient truths about teacher learning: Towards professional development 3.0. *Teachers and teaching*, 23(4), 387-405. <https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1211523>
- *Kuleto, V., Ilić, M. P., Bucea-Manea-Țoniș, R., Ciocodeică, D. F., Mihălcescu, H., et Mindrescu, V. (2022). The Attitudes of K-12 Schools' Teachers in Serbia towards the Potential of Artificial Intelligence. *Sustainability*, 14(14), 8636. <https://doi.org/10.3390/su14148636>



- *Lameras, P., et Arnab, S. (2021). Power to the teachers: an exploratory review on artificial intelligence in education. *Information*, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/info13010014>
- *Lamos, V., Mintz, J., et Qu, X. (2021). An artificial intelligence approach for selecting effective teacher communication strategies in autism education. *npj Science of Learning*, 6(1), 25. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00102-x>
- *Lee, D., et Yeo, S. (2022). Developing an AI-based chatbot for practicing responsive teaching in mathematics. *Computers & Education*, 191, 104646. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104646>
- Lepage, A., et Roy, N. (2023). Une recension des écrits de 1970 à 2022 sur les rôles de l'enseignant et de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'IA en éducation. *Médiations et médiatisations*, (16), 9-50. <https://doi.org/10.52358/mm.vi16.304>
- Lessard, C. (2021). *Évaluation des effets du développement professionnel des acteurs de l'éducation : rapport de recherche*. Centre national d'étude des systèmes scolaires. <https://cnam.hal.science/hal-03245284/>
- *Li, B., Fei, Y., et Liu, H. (2021). An artificial intelligence based model for evaluation of college students' ability and characteristics through teaching evaluation. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(2), 3397-3407. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189378>
- McStay, A. (2020). Emotional AI, soft biometrics and the surveillance of emotional life: An unusual consensus on privacy. *Big Data & Society*, 7(1). <https://doi.org/10.1177/2053951720904386>
- Moher, D., Stewart, L., et Shekelle, P. (2016). Implementing PRISMA-P: recommendations for prospective authors. *Systematic reviews*, 5, 1-2. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0191-y>
- Mukamurera, J. (2014). Le développement professionnel et la persévérance en enseignement. Dans L. Portelance, S. Martineau et J. Mukamurera (dir.), *Le développement professionnel et la persévérance en enseignement. Développement et persévérance professionnels dans l'enseignement : oui, mais comment?* (p. 12-33). Presses de l'Université du Québec.
- Newman, M., et Gough, D. (2020). Systematic Reviews in Educational Research: Methodology, Perspectives and Application. Dans O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond, et K. Buntins (dir.), *Systematic Reviews in Educational Research* (p. 3-22). Springer VS.
- *Phillips, T. M., Saleh, A., et Ozogul, G. (2022). An AI toolkit to support teacher reflection. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00295-1>
- Parlement de l'Union européenne (2023). *Législation sur l'IA*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
- *Porayska-Pomsta, K. (2016). AI as a methodology for supporting educational praxis and teacher metacognition. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 679-700. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0101-4>
- Puentedura, R. R. (2013). *SAMR and TPACK: An introduction*. Sous licence CC BY-NC-SA. <https://tinyurl.com/yv2kpvtx>
- *Sailer, M., Bauer, E., Hofmann, R., Kiesewetter, J., Glas, J., Gurevych, I., et Fischer, F. (2023). Adaptive feedback from artificial neural networks facilitates pre-service teachers' diagnostic reasoning in simulation-based learning. *Learning and Instruction*, 83. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101620>
- Samarakou, M., Fylladitakis, E. D., Früh, W. G., Hatzia Apostolou, A., et Gelegenis, J. J. (2015). An advanced eLearning environment developed for engineering learners. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 10(3), 22-33. <https://doi.org/10.3991/ijet.v10i3.4484>
- *Tao, B., Díaz, V., et Guerra, Y. (2019). Artificial intelligence and education, challenges and disadvantages for the teacher. *Arctic Journal*, 72(12), 30-50. <https://tinyurl.com/yc549rur>
- UNESCO. (2024). Orientations pour l'intelligence artificielle générative dans l'éducation et la recherche. <https://doi.org/10.54675/HBCX3851>
- *Vlasova, E. Z., Avksentieva, E. Y., Goncharova, S. V., et Aksyutin, P. A. (2019). Artificial intelligence-The space for the new possibilities to train teachers. *Espacios*, 40(9), 17. <https://ksra.eu/wp-content/uploads/2020/06/1999678332b84d1e3c79887e91b0e3293c4f.pdf>



*Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., et 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(1), 1-27. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Zhu, W., Marquez, A., et Yoo, J. (2015). "Engineering economics jeopardy!" Mobile app for university students. *Engineering Economist*, 60(4), 291-306. <https://doi.org/10.1080/0013791X.2015.1067343>

Professional Development of Teachers to and Through Artificial Intelligence: A Literature Review

ABSTRACT

Professional development (PD) for teachers is one of the most effective ways of improving the quality of education and preparing them for new realities (Mukamurera, 2014). Faced with the arrival of generative artificial intelligence (AI), many anticipate the need to train teachers to ensure responsible use of this emerging technology while also providing a solution for improving teachers' PD pathways. This literature review therefore seeks to understand the extent to which AI can enhance teachers' PD. To this end, 24 articles were analyzed based on the 7 teacher PD characteristics of Darling-Hammond et al. (2017). AI can value teachers' PD characteristics to some extent, but its effects on teachers' practice require further investigation. For future studies, it is recommended that Darling-Hammond et al.'s (2017) characteristics be analyzed for their value through AI trained with the SAMR model in view of uncovering the extent to which such characteristics could be (S) substituted, (A) enhanced, (M) modified or (R) redefined by AI use as well as the effects such changes could have on teacher's agency.

Keywords: artificial intelligence, teachers, professional development, training, educational technologies

El desarrollo profesional de los docentes con el apoyo y uso de la inteligencia artificial: Una revisión de la literatura

RESUMEN

El desarrollo profesional (DP) de los docentes constituye una de las formas más efectivas para mejorar la calidad de la educación y prepararlos para nuevas realidades (Mukamurera, 2014). Ante la llegada de la Inteligencia Artificial (IA) generativa, muchos anticipan la necesidad de formar a los docentes para garantizar un uso responsable de esta tecnología emergente al tiempo que también se presenta como una solución para mejorar el recorrido de DP de los docentes. Esta revisión bibliográfica busca, por tanto, comprender en qué medida



la IA puede enriquecer el DP de los docentes. Para ello, se analizaron 24 artículos a partir de las 7 características del DP docente propuestas por Darling-Hammond *et al.* (2017). La IA puede en cierta medida fortalecer las características del DP de los docentes, pero sus efectos sobre la práctica docente requieren una investigación más profunda. Para futuras investigaciones, se recomienda analizar cómo la IA puede potenciar las características de Darling-Hammond *et al.* (2017) con ayuda del modelo SAMR, con el fin de descubrir en qué medida estas características podrían ser (S) sustituidas, (A) aumentadas, (M) modificadas o (R) redefinidas por la IA (Puentedura, 2013), así como los efectos que dichos cambios podrían tener en la agencia del docente.

Palabras clave: inteligencia artificial, docentes, desarrollo profesional, formación, tecnologías educativas

O desenvolvimento profissional dos professores com e através da inteligência artificial: Uma revisão da literatura

RESUMO

O desenvolvimento profissional dos professores (DP) é uma das formas mais eficazes de melhorar a qualidade da educação e de os preparar para novas realidades (Mukamurera, 2014). Perante a chegada da Inteligência Artificial (IA) generativa, muitos antecipam a necessidade de formar os professores para garantir uma utilização responsável desta tecnologia emergente, constituindo também uma solução para melhorar os percursos de DP dos professores. Por conseguinte, esta revisão da literatura procura compreender em que medida a IA pode melhorar o DP dos professores. Para este fim, foram analisados 24 artigos com base nas 7 características de DP dos professores de Darling-Hammond *et al.* (2017). A IA pode, em certa medida, valorizar as características do DP dos professores, mas os seus efeitos na prática dos professores exigem uma investigação mais aprofundada. Para investigação futura, recomenda-se que se analise a valorização das sete características de Darling-Hammond *et al.* (2017) pela IA, utilizando o modelo SAMR, para determinar em que medida estas características podem ser (S) substituídas, (A) aumentadas, (M) modificadas ou (R) redefinidas pela IA e quais os efeitos que estas alterações podem ter na capacidade de ação dos professores (Puentedura, 2013).

Palavras-chave: inteligência artificial, professores, desenvolvimento profissional, formação, tecnologias educativas



Annexes

ANNEXE A

Tableau A – Grille de codage des articles sélectionnés

Catégorie	Nom du code	Définition	Exemple	Segment	Article
Centration sur les contenus	Défi pédagogique	Les activités de développement professionnel centrées sur les contenus permettent de répondre à un ou plusieurs des quatre principaux défis pédagogiques : enseigner les contenus du programme, gérer les comportements, mobiliser la participation des élèves, accéder à la pensée des élèves (Kennedy, 2016).	Results indicated that the model was effective at identifying the most difficult topics within the course material. (Phillips <i>et al.</i> , 2022, p. 12)	379	19



Catégorie	Nom du code	Définition	Exemple	Segment	Article
Apprentissage actif				187	17
	Personnalisation	Chaque adulte devrait voir ses apprentissages personnalisés en fonction de ses intérêts, ses expériences et ses besoins en classe (Darling-Hammond, 2017).	In this study, the results indicated a superior effect of integrating a personalized learning system into an andragogical TPD intervention program that in-service adult teachers significantly improved their TPACK of integrated STEM education for all TPACK sub-components (Chaipidech <i>et al.</i> , 2022, p. 8).	91	14
	Théorie d'apprentissage	Les activités de développement professionnel centrées sur l'apprentissage actif se basent généralement sur une ou des théories d'apprentissage des adultes (Darling-Hammond, 2017).	According to Knowles (1980)'s perspective on andragogy, Chan (2010) summarized six main assumptions based on the andragogy: (i) Self-concept, (ii) Role of experience, (iii) Readiness to learn, (iv) Orientation to learning, (v) Internal motivation, and (vi) Need to know (Chaipidech <i>et al.</i> , 2022, p. 6).	96	10
Collaboration	Communauté de pratique	Effet réalisé grâce aux contenus et à la nature du travail intellectuel dans lesquels s'engagent plusieurs personnes enseignantes (Darling-Hammond, 2017; Kennedy, 2016).	The researchers used these results to recommend and open discussion to the participants, specifically on the TPACK outcomes (Chaipidech <i>et al.</i> , 2022, p. 7).	83	13



Catégorie	Nom du code	Définition	Exemple	Segment	Article
Modèles et modélisation des pratiques efficaces	Types de modèles et modélisation	Pour renforcer leur vision des bonnes pratiques en enseignement, il est recommandé de présenter des modèles de pratiques efficaces comme des vidéos, des démonstrations, de l'observation ou des échantillons (Darling-Hammond, 2017).	In this session, teacher trainees are guided in an experiential session of learning how-to-teach to simulate how to use digital learning tools from the previous phase then apply them into their teaching context (Chaipidech <i>et al.</i> , 2022, p. 6-7).	32	7
Soutien d'experts				24	6
	Pair	Effet réalisé grâce au partage des pratiques et expériences d'une personne enseignante experte (pair) vers une plus novice (apprentissage un à un) (Darling-Hammond, 2017).	lmentoring: mentoring and teaching (helping colleagues) in the implementation of the solution (Kuleto <i>et al.</i> , 2022, p. 5).	16	5



Catégorie	Nom du code	Définition	Exemple	Segment	Article
	Formateur	Effet réalisé grâce au formateur et des pratiques qu'elle maîtrise telles que la modélisation de pratiques ou l'animation de discussion entre les membres participants (apprentissage en groupe) (Darling-Hammond, 2017).	As previously discussed, teacher reflection often relies on an outside actor or support to foster discussions and interpretations of practice. The AI toolkit explore in this study could act as an additional support (Phillips <i>et al.</i> , 2022, p. 19).	8	2
Rétroaction et réflexions				240	19
	Rétroaction	Informations transmises au personnel enseignant ayant pour but d'améliorer sa pratique (Darling-Hammond, 2017).	By directly connecting the language used by the teacher in instructing their students to the student's outcomes, the toolkit can inform teachers of what may and may not be working in the classroom (Phillips <i>et al.</i> , 2022, p. 19).	153	15
	Pratique réflexive	Processus de réflexion critique sur la propre pratique du personnel enseignant dans le but de l'améliorer (Darling-Hammond, 2017).	Despite differences in language between lecture and assessment content, we found that by training a model to predict assessment content difficulty, we could shed light on the difficulty of lecture material, giving teachers a potential asset for quickly reflecting on the quality of their lecture material (Phillips <i>et al.</i> , 2022, p. 19).	87	17



Catégorie	Nom du code	Définition	Exemple	Segment	Article
Durée prolongée	Période	Pour avoir des effets notables, une activité de développement professionnel doit être soutenue pendant une longue période de temps (plusieurs semaines, mois ou une année scolaire) lorsqu'elle est axée sur des stratégies ou de nouvelles perspectives (<i>insights</i>) (Darling-Hammond, 2017; Kennedy, 2016).	Ideally, the dashboard could be used across multiple semesters to view how modifications to curriculum affect student performance (Philipps <i>et al.</i> , 2022, p. 7).	39	12

Note. © Auteurs.



© Auteurs. Cette œuvre est distribuée sous licence [Creative Commons 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

revue-mediations.telug.ca | N° 18, automne 2024



ANNEXE B

Tableau B – Résumé des articles sélectionnés

Référence	Recherche	Niveau éducation	Domaine	Type d'IA	Usage d'IA (Z-R et al.)	Description du système d'IA	Objectif de recherche	Participants
Celik (2023)	Quant.	Ens. primaire et secondaire	Éducation	N/A	N/A	N/A	Formation des enseignant.es à l'IA	Enseignants
Celik et al. (2022)	Revue de littérature	Ens. primaire et secondaire	Éducation	N/A	N/A	N/A	Utilisation de l'IA par les enseignants	N/A
Chaipidech et al. (2022)	Quant.	Ens. primaire et secondaire (secondaire)	Éducation	N/A	N/A	N/A	Formation des enseignants à l'IA	Enseignants
Chen et Xu (2022)	Quant.	Ens. sup.	N/A	Modèle analytique et prédictif	Évaluation; prédiction	Système d'IA qui évalue et prédit les compétences acquises par des enseignant.es en enseignement supérieur.	Évaluation d'un système d'IA	N/A
Chounta et al. (2022)	Qual.	Ens. primaire et secondaire	Éducation	N/A	N/A	N/A	Perception des enseignant.es face à l'IA	Enseignant.es



Référence	Recherche	Niveau éducation	Domaine	Type d'IA	Usage d'IA (Z-R et al.)	Description du système d'IA	Objectif de recherche	Participants
Dai (2023)	Qual.	Ens. primaire et secondaire (primaire)	Éducation (sciences et technologies)	N/A	N/A	N/A	Perception des enseignants face à l'IA	Enseignants; experts en IA
Deng et al. (2022)	Quant.	Ens. sup.	N/A	Modèle analytique et prédictif	Évaluation; prédiction	N/A	Potentiel de l'IA en éducation	N/A
Ding (2021)	Qual.	Ens. sup.	Gestion publique	Modèle analytique	Évaluation	Système d'IA qui évalue les pratiques d'enseignants en formation initiale dans un programme pour enseigner la gestion publique.	Évaluation d'un système d'IA	N/A
Fidan et Gencil (2022)	Mixte	Ens. sup.	Éducation (sciences et technologie, mathématiques, univers social)	Agent conversationnel	Évaluation; personnalisation	Système d'IA qui donne des rétroactions à des enseignants en formation sur des savoirs et compétences à développer à la suite du visionnement de vidéos instructives.	Effet d'un système d'IA sur des enseignants	Enseignants en formation initiale



Référence	Recherche	Niveau éducation	Domaine	Type d'IA	Usage d'IA (Z-R et al.)	Description du système d'IA	Objectif de recherche	Participants
Hrastinski et al. (2019)	Qual	Ens. primaire et secondaire	Éducation	N/A	N/A	N/A	Perception des enseignants face à l'IA	Enseignants; conseillers pédagogiques; chercheurs
Hu (2021)	Quant.	Ens. sup.	N/A	Modèle prédictif	Évaluation; prédiction	Système d'IA qui prédit le résultat aux évaluations de la performance d'enseignants en enseignement supérieur.	Évaluation d'un système d'IA	N/A
Kasepalu et al. (2022)	Mixte	Ens. primaire et secondaire (secondaire)	Biologie	Modèle analytique	Personnalisation	Système d'IA qui analyse des activités d'apprentissage collaboratives réalisées par des élèves et qui donnent des suggestions aux enseignants afin de rendre leurs élèves plus autonomes (<i>coregulation</i>).	Évaluation d'un système d'IA	Enseignants
Kuleto et al. (2022)	Quant.	Ens. primaire et secondaire	Éducation	N/A	N/A	N/A	Perception des enseignants face à l'IA	Enseignants



Référence	Recherche	Niveau éducation	Domaine	Type d'IA	Usage d'IA (Z-R et al.)	Description du système d'IA	Objectif de recherche	Participants
Lameras et Arnab. (2021)	Revue de littérature	N/A	Éducation	N/A	N/A	N/A	Effet de l'IA en éducation	N/A
Lamos et al. (2021)	Quant.	N/A	Éducation (adaptation scolaire)	Modèle prédictif	Prédiction	Système d'IA qui prédit les réponses d'élèves atteint du trouble du spectre de l'autisme (TSA) pour améliorer les stratégies de communication adoptée par des enseignants en classe.	Évaluation d'un système d'IA	N/A
Lee et Yeo (2022)	Qual.	Ens. sup.	Éducation (enseignement primaire et secondaire)	Agent conversationnel	Personnalisation	Système d'IA qui simule des élèves ayant des conceptions erronées en mathématiques auprès d'enseignants pour pratiquer leur compétence à enseigner les mathématiques.	Effet d'un système d'IA sur des enseignants	Enseignants



Référence	Recherche	Niveau éducation	Domaine	Type d'IA	Usage d'IA (Z-R et al.)	Description du système d'IA	Objectif de recherche	Participants
Li et al. (2021)	Quant.	Ens. sup.	N/A	Modèle analytique et prédictif	Évaluation; prédiction	Système d'IA qui évalue les pratiques d'enseignants en enseignement supérieur et prédit le potentiel développemental et les résultats des étudiants à partir de l'évaluation des pratiques d'enseignants.	Évaluation d'un système d'IA	N/A
Phillips et al. (2022)	Mixte	Ens. sup.	Biologie	Modèle analytique	Évaluation	Système d'IA qui évalue le niveau de difficulté d'un cours donné par des enseignants pour les informer sur leur pratique.	Évaluation d'un système d'IA	Enseignants
Porayska-Pomsta (2016)	Mixte	N/A	Éducation	Modèle analytique; agent conversationnel	Personnalisation	2 systèmes d'IA qui soutiennent des apprenants dans l'acquisition de compétences (résolution de problèmes mathématiques; entrevue pour un emploi) et qui informent leurs	Potentiel de l'IA en éducation	N/A



Référence	Recherche	Niveau éducation	Domaine	Type d'IA	Usage d'IA (Z-R et al.)	Description du système d'IA	Objectif de recherche	Participants
						enseignants sur leur progrès.		
Sailer et al. (2023)	Quant.	Ens. sup.	Éducation	Agent conversationnel	Évaluation	Système d'IA qui simule des élèves ayant des difficultés d'apprentissage auprès d'enseignants en formation initiale pour développer leur compétence à diagnostiquer leurs difficultés et qui fournit des rétroactions.	Évaluation d'un système d'IA; effet d'un système d'IA sur des enseignants	Enseignants en formation initiale
Salas-Pilco et al. (2022)	Revue de littérature	N/A	Éducation	N/A	N/A	N/A	Utilisation de l'IA par les enseignants	N/A
Tao et al. (2019)	Mixte	Ens. sup.	N/A	N/A	N/A	N/A	Perception des enseignants face à l'IA	Enseignants



Référence	Recherche	Niveau éducation	Domaine	Type d'IA	Usage d'IA (Z-R et al.)	Description du système d'IA	Objectif de recherche	Participants
Vlasova et al. (2019)	Quant.	Ens. sup.	Éducation (technologie éducative)	Agent conversationnel; web sémantique (<i>web semantic</i>); système d'apprentissage adaptatif (<i>adapative e-learning technologies</i>)	Personnalisation	3 systèmes d'IA qui personnalisent le parcours d'apprentissage d'enseignants en formation initiale en technologie éducative.	Potentiel de l'IA en éducation	Enseignants en formation initiale
Zawacki-Richter et al. (2019)	Revue de littérature	Ens. sup.	Éducation	N/A	N/A	N/A	Utilisation de l'IA en enseignement supérieur	N/A